



20º Seminario Iberoamericano
de Arquitectura y Construcción con Tierra
Trinidad - Cuba, 4 al 9 de abril de 2022

20º SIACOT
Revive la tierra



Memorias

editores:
Alejandro Ferreiro
Zazanda Salcedo Gutierrez
Célia Neves



ISBN 978-959-294-263-9

A stylized, colorful illustration of a church tower with a red dome and yellow walls, set against a background of rolling hills in shades of green and yellow. The foreground features a red roof and a path leading towards the church.

Alejandro Ferreiro
Zazanda Salcedo Gutierrez
Célia Neves
(Editores)

20º SIACOT
"Revive la tierra"

Trabajos presentados en el
20º Seminario Iberoamericano
de Arquitectura y Construcción con Tierra

Trinidad – Cuba
Oficina del Conservador / PROTERRA
2022

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con
Tierra (2022: abril 4-9: Trinidad, Cuba).
**20º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción
con Tierra: revive la tierra**
editores Alejandro Ferreiro, Zazanda Salcedo Gutierrez, Célia
Neves. -- Trinidad : PROTERRA / Oficina del Conservador, 2022
904 p.

ISBN 978-959-294-263-9

1. Arquitectura y construcción con tierra. 2. Técnicas
constructivas. I. Ferreiro, Alejandro. II. Salcedo Gutierrez,
Zazanda. III. Neves, Célia. IV. Título.

ISBN 978-959-294-263-9

Los criterios y opiniones expresados en los artículos de esta publicación son de exclusiva
responsabilidad de cada uno de sus autores.

La autoría de las ilustraciones sin crédito en los artículos pertenece a los autores de los respectivos
textos donde están incluidas.

Sugerencia para hacer referencia a estas memorias

a) Memorias como un todo:

Ferreiro, A.; Salcedo, Z.; Neves, C. (eds.) (2022). Seminario Iberoamericano de Arquitectura y
Construcción con Tierra, 20. *Memorias...* Trinidad, Cuba: PROTERRA/Oficina del Conservador.
90p p.

b) Artículo específico (un ejemplo):

Zequera, D. (2022). Actuación sobre las construcciones con tierra en Trinidad y el Valle de los
Ingenios, Cub. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 20.
Memorias... Trinidad, Cuba: PROTERRA/Oficina del Conservador. p. 381-391.

Diagramación del libro: Célia Neves (PROTERRA / TerraBrasil)

Foto de portada: Plano general de la Plaza Mayor, Centro de Documentación Casa Malibrán (foto
editada por Célia Neves y Obede B. Faria, 2022)

Dibujo de las guías y contraportada: Obra del diseñador gráfico Guillermo Esquerra Díaz, de la
Oficina del Conservador (imagen editada por Célia Neves y Obede B. Faria, 2022)

Imágenes de propiedad del Centro de Documentación Casa Malibrán seleccionadas por la Per. Karen
Reyes de la misma institución.



Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra

Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra



Coordinación 2021 – 2025: **Arq. Camilo Giribas**
(UTEM – Chile)

Coordinación 2017 – 2021: **Inga. Rosa Delmy Núñez**
(FUNDASAL – El Salvador)

Coordinación 2014 – 2017: **Arq. Hugo Pereira Gigogne**
(UTM – Chile)

Coordinación 2011 – 2014: **Dra. Arq. Mariana Correia**
(ESG – Portugal)

Coordinación 2008 – 2011: **Dr. Arq. Luis Fernando Guerrero Baca**
(UAM-Xochimilco – México)

Coordinación 2001 – 2008: **MSc. Inga. Célia Neves**
(CEPED – Brasil)

Consejo Consultivo: Arq. Alejandro Ferreiro (UDELAR – Uruguay)
(2018 – 2022) Dra. Arqueol. Annick Daneels (UNAM – México)
MSc. Inga. Célia Neves (Rede TerraBrasil – Brasil)
Dr. Arq. Guillermo Rolón (UNT – Argentina)
Dr. Arq. Luis Fernando G. Baca (UAM – México)

Consejo Científico: Dr. Arq. Jorge Tomasi (CONICET – Argentina)
(2018 – 2022) Dra. Hist.del Arte Juana Font Arellano (Fund. Antonio Font de Bedoya – España)
Dra. Arq. Mariana Correia (ESG – Portugal)
Arq. Bakonirina Rakotomamonjy, (CRATERRE – Francia)
MSc. Arq. Francisco Uviña (UNM – USA)

Breve historia de PROTERRA



La Red Iberoamericana PROTERRA es un organismo internacional dedicado a la cooperación técnica y científica en el ámbito iberoamericano, que reúne especialistas de diferentes países, los cuales, voluntariamente, promueven, de modo integrado con las comunidades, diversas acciones tendientes al desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra en América Latina. La generación y difusión del conocimiento, así como la práctica constructiva y la preservación de la diversidad cultural y del patrimonio material e inmaterial son objetivos asumidos por PROTERRA.

La Red Iberoamericana PROTERRA surgió en 2006, y fue creada por la conclusión del proyecto de investigación temporal de cuatro años auspiciado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). El proyecto de investigación tenía el objetivo de incentivar el uso de la tierra como material de construcción en la producción masiva de habitaciones de interés social, a través de la transferencia de la tecnología de arquitectura y construcción con tierra a los sectores productivos, así como su posible inserción en las políticas sociales de los países iberoamericanos. Para cumplir sus objetivos, fueron también incorporados profesionales del área de conservación, a fin de rescatar y mantener viva la tradición y memoria del conocimiento. Al finalizar el proyecto de investigación, se contaba con un acervo de ocho libros impresos y diez publicaciones digitales.

Con el fin de uniformizar un lenguaje internacional, se preparó la terminología sobre técnicas de construcción con tierra, bajo la coordinación del Centro de Investigación de la *Escola Superior Gallaecia* (Ci-ESG). Además de las Memorias publicadas en los seminarios anuales que realiza, PROTERRA elabora manuales e instructivos para talleres de sensibilización y, en 2016, en pacería con el editorial ARGUMENTUM, publicó el libro *Arquitectura de Tierra en América Latina*, que muestra la variedad y singularidad de la arquitectura y construcción con tierra en esta Región, compuesto con casi 100 artículos, la mayoría de autoría de miembros de PROTERRA.

Actualmente, PROTERRA tiene 129 especialistas y 14 instituciones asociadas y cuatro redes asociadas, teniendo al español y portugués como idiomas oficiales. El establecimiento de Estatutos formaliza su estructura, misión, objetivos, organización y procedimientos. PROTERRA es un organismo sin personalidad jurídica, que opera sin recursos financieros formales, contando con el esfuerzo de cada miembro para la búsqueda de recursos para organizar y participar de los eventos, desarrollar investigaciones y cooperación, intercambios de especialistas y demás actividades.

A diferencia de la mayoría de las redes, PROTERRA cuenta con el liderazgo de un Coordinador, asesorado por un Consejo Consultivo (que se compone por cinco miembros de la Red) y un Consejo Científico (compuesto por tres miembros de la Red y dos especialistas no miembros). Estos Consejos apoyan la definición de la estrategia y de actividades, especialmente aquellas de carácter científico.

Objetivos de PROTERRA

Desde su creación, PROTERRA buscó, a través de diversos eventos, relacionar y potenciar a profesionales dedicados a la arquitectura y construcción con tierra, promoviendo su integración y estimulando el intercambio de conocimiento y asociación en diversos trabajos.

En su principio, el foco era la vivienda de interés social con tierra y la propuesta era disponer de un grupo de especialistas iberoamericanos que pudieran dar soporte técnico a los programas de construcción desarrollados en los diversos países. Luego se percibió que el uso de la tierra en programas de habitación de interés social no se materializaría solamente con la formación de un equipo internacional de profesionales, pues en cada país ya existían profesionales competentes para dar el apoyo técnico necesario. Sin embargo, era necesario estimular y difundir el uso de la tierra a través de otras acciones, de modo que se diera el soporte científico a la “Arquitectura y Construcción

con Tierra” a través de la elaboración de un acervo bibliográfico actualizado, adecuado a las circunstancias actuales de cada país y región.

No obstante su carácter original orientado a la construcción contemporánea, PROTERRA incorporó actividades y profesionales dedicados a la preservación del patrimonio, por comprender el fuerte nexo existente entre el conocimiento producido, la construcción actual de vivienda y la restauración y rehabilitación de edificaciones. Es imperativo para todo ello disponer de la base tecnológica desarrollada que permita construir, rescatar y mantener viva la tradición y la memoria del uso de la tierra en construcción.

PROTERRA, como equipo de profesionales con distintas especialidades, funciona en forma horizontal, sin jerarquías por títulos: todos los miembros tienen siempre mucho que aportar y mucho que aprender. Las ideas creativas de los jóvenes profesionales y los desafíos de las condiciones de producción cuestionan directa y saludablemente a los especialistas, obligándoles a reflexionar, argumentar y desarrollar soluciones. Para cada miembro de PROTERRA, el intercambio posibilita el estímulo en la forma de pensar, en la evolución de sus investigaciones, en sus actividades y conocimiento.

La integración de profesionales a una red como PROTERRA busca promover la integración de los mismos en el campo de las ciencias y de la tecnología. Además de esto, PROTERRA incentiva la formación de redes regionales y de temas específicos de modo que se incremente el número de personas interesadas en aprender y construir con tierra.

Sobre los SIACOT

Los Seminarios Iberoamericanos de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) tienen como finalidad reunir a los científicos, tecnólogos y profesionales que trabajan en torno al tema de la arquitectura y de la construcción con tierra, desde su desarrollo histórico hasta el uso actual de este material. Se trata de un espacio de discusión académica, pero abierto a la ciudadanía en general, donde se evalúa el desarrollo de los programas científicos y proyectos en marcha, así como los avances a escala global de la difusión de esta temática.

La recuperación en la práctica del uso de estas antiguas tecnologías, por medio del conocimiento de la conservación y restauración de las construcciones de tierra, es útil tanto para la conservación del patrimonio edificado como para el desarrollo futuro. El mejoramiento técnico en la construcción con tierra estabilizada así como la búsqueda de una respuesta eficaz frente a los sismos, tienen un impacto tanto sobre el campo de la restauración como de las construcciones nuevas.

Este espacio también permite apoyar la formación de recursos humanos técnicos, tanto a nivel profesional como artesanal, mediante una aplicación práctica de dichas técnicas que permita la reinserción de estas técnicas en el diseño y edificación actual del espacio humano.



20º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra

Revive la tierra

Trinidad – Cuba

4 al 9 de abril de 2022

Coordinación General

MSc. Ing. Duznel Zerquera	Coordinador general del 20º SIACOT
Arq. Camilo Giribas	Coordinador de PROTERRA (2021-2025)
Ing. Delmy Núñez	Ex-coordinadora de PROTERRA (2017-2021)

Comisión Organizadora Local

MSc. Ing. Duznel Zerquera	Oficina del Conservador, Cuba
Lic. Cont. Radelex Cartaya Matamoras	Oficina del Conservador, Cuba
Per. Karen Reyes Aróstica	Esp. Ppal. Centro de Documentación Casa Malibrán, Cuba
Lic. Com. Social Margot de Jesús Durán Cuevas	Oficina del Conservador, Cuba
Lic. Construcción Civil Marianela Herrera Martínez	Oficina del Conservador, Cuba

Comité Científico

(responsable por la evaluación de los artículos)

Arq. Alejandro Ferreiro	FADU – UDELAR – Uruguay (coordinador)
Dr. Quim. Andrea Cavicchioli	EACH – USP – Brasil
Arq. Àngel Castellarnau Visus	Edra Arquitectura km 0 – España
Dra. Ciencia del Arte Alicia García Santana	Academia de la Historia de Cuba – Cuba
Dra. Arqueol. Annick Daneels	UNAM – México
M.Sc. Arqa. Carmem Gómez Maestro	DUOC UC Valparaíso – Chile
MSc. Inga. Célia Neves	PROTERRA / Rede TerraBrasil – Brasil
Dr. Arq. Alexandre Mascarenhas	IFMG – Ouro Preto – Brasil
MSc. Arqa. Cecilia López Pérez	Pontificia Universidad Javeriana – Colombia
MSc. Arq. Dulce María Guillen	Investigadora independiente – Nicaragua
Arqa. Elena Carrillo	Colectivo Zompopo / Red MesoAmeri-Kaab – España
Arqa. Frédéric Jordan	Terramano Atelier d'architecture – Francia
Dra. Arqa. Graciela María Viñuales	Centro Barro – CEDODAL – Argentina
Dr. Arq. Guillermo Rolón	CONICET / INTEPH – CRIATiC – UNT – Argentina
Arq. Jon de la Rica	Colectivo Zompopo / Red MesoAmeri-Kaab – España
Arq. Jorge Ignacio Brought	Broughton Asociados Ltda. – Chile
Dr. Arq. Jorge Tomasi	CONICET / LAAyCT – UNJu – Argentina
Dra. Hist. del Arte Juana Font	Fundación Antonio Font de Bedoya – España
Dra. Arqa. Julieta Barrada	CONICET / LAAyCT – UNJu – Argentina
Dra. Arqa. Lidia García Soriano	Universitat Politècnica de València – España
MSc. Arqa. Jenny Vargas	IIE – Universidad Nacional de Colombia – Colombia
PhD. Arqa. Maria Fernandes	CEAACP / CdT – Portugal
Dra. Arqa. Maria Isabel Kanan	ICOMOS – ISCEAH – Brasil
Arq. Miguel Rocha	TERRAPRAXIS – Portugal
MSc. Arqa. Mirta Eufemia Sosa	CRIATiC – UNT – Argentina
Arq. Nancy Benítez Vázquez	ICOMOS – Cuba

<i>Dra. Arq. Natalia Jorquera Silva</i>	UChile / Universidad de la Serena – Chile
<i>Dra. Arq. Natália Lelis</i>	UFOP – Brasil
<i>Arq. Natalia Rey</i>	Profesional independiente – Colombia
<i>MSc. Arq. Pacha Yapucha Yampara Blanco</i>	FAADU – UMSA / Yapu Tierra – Bolivia
<i>Dra. Inga. Paulina Faria</i>	Universidade NOVA de Lisboa – Portugal
<i>Dr. Arq. Rodolfo Rotondaro</i>	CONICET / UBA – Argentina
<i>Ing. Santiago Cabrera</i>	Grupo Tierra Firme / FRSE – UTN – Argentina
<i>Arq. Stella Maria Latina</i>	CRIATIC – UNT – Argentina

Comité de Exposición

(responsable por la evaluación de memorias de diseño y obra, pósteres y videos)

<i>MSc. Arq. Zazanda Salcedo Gutierrez</i>	UMSA / ICOMOS – Bolivia (coordinadora)
<i>MSc. Arq. Adriana M. Durán Gamba</i>	Consultora Independiente – Francia/Colombia
<i>Arq. Arianna Domínguez Camacho</i>	Oficina del Conservador – Cuba
<i>Arq. Bernadette Esquivel</i>	ICOMOS – ISCHEA/Universidad de Costa Rica – Costa Rica
<i>MSc. Inga. Ligia María Vélez Moreno</i>	Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia
<i>Lic. Luis Orlando León Carpio</i>	Oficina del Conservador – Cuba
<i>MSc. Arq. Marcela Elena de Lara García</i>	Oficina del Conservador – Cuba
<i>Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez</i>	Facultad de Arquitectura / UAdeC – México
<i>MSc. Arq. Sandra Selma Saraiva</i>	Universidade Federal do Piauí – Brasil
<i>MSc. Arq. Tulio José Mateo</i>	Catholic Relief Services – República Dominicana
<i>Arq. Wilfredo Carazas Aedo</i>	Ecole Nat. Superior d'Architecture de Grenoble – Francia

Coordinación de Talleres

(responsable por la organización de los talleres)

<i>Arq. Alvaro Riquelme</i>	Chile (por PROTERRA)
<i>Arq. Camilo Giribas</i>	Chile (por PROTERRA)
<i>Dr. Arq. Fernando Cardoso</i>	Brasil (por PROTERRA)
<i>Máster Lic. Const. Civil Marianela Herrera Martínez</i>	Cuba (por los organizadores locales)



Vista Calle Amargura
(Foto: David Marrero / Centro de Documentación Casa Malibrán)



Vista desde el frente de la Iglesia Parroquial Santísima Trinidad
(Foto: Centro de Documentación Casa Malibrán)

INSTITUCIONES ORGANIZADORAS



PROTERRA –Rede Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra
www.redproterra.org



Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios
<http://www.conservadortrinidad.co.cu/>

APOYO INSTITUCIONAL



Empresa ALDABA–Trinidad a su puerta
<https://www.facebook.com/aldabatrinidad/>



IBOMEX - Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales
<http://www.ibomex.org/>



Cochero Trinitario transitando por la calle Cristo

Fachada de la galería
Restaurante Los Conspiradores



(Fotos: David Marrero / Centro de Documentación Casa Malibrán)

Contenido

Presentación 18

Camilo Giribas

Palabras de la organización 19

Duznel Zerquera

Programa general 21

Conferencistas magistrales 22

Programa de los talleres 23

Talleres – informaciones 24

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS e INFORMES TÉCNICOS

Tema 1

MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS 38

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Análisis estructural de construcciones históricas de adobe. Aplicación del método de elementos finitos en casos de estudio, Jujuy, Argentina 39

Nicolás Rodolfo Losa

El tepetate como material de construcción prehispánica en los Valles Altos de Tlaxcala, México 51

Esmeralda Avila Boyas, Luis Fernando Guerrero Baca

Los suelos y el hacer del tapial en las comunidades de Nazareno, en Salta, Argentina 60

Natalia Véliz

Caracterización de una nueva técnica de tapia calicostrada con costras de mortero aligerado 71

Àngels Castellarnau Visús

Adobes caroyenses – un desarrollo experimental innovador 84

Luis Eduardo Canavesi

Caracterización de un sistema de cerramiento para vivienda utilizando tierra y caña de maíz 97

Werner Josué Chic Camey, Saulo Moisés Méndez Garza, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Edgar Virgilio Ayala Zapata

Uso de ceniza de cáscara de almendra y de arroz en la estabilización de suelos 108

Oussama Khodjet el Fehem, Lourdes Soriano, Maria Victoria Borrachero, Jordi Payá, José María Monzó

Estabilización de suelos entisoles salinizados para conservación de estructuras de adobe históricas	115
Guillermo Rolón, Gonzalo García Villar, Mariana Romiti	
Cal química para la estabilización de suelos arcillosos	127
Elena Guadalupe Navarro Mendoza, Elia Mercedes Alonso Guzmán, Luis Alfredo Ayala Ortega, Adría Sánchez Calvillo	
Propiedades mecánicas, estéticas y dinámicas de arcillas estabilizadas	133
Elia Mercedes Alonso-Guzman, Wilfrido Martinez-Molina, Adrià Sanchez-Calvillo, Hugo Luis Chavez-Garcia, José Luis Ruvalcaba-Sil	
Influencia de los tipos de arcillas y características físicas de suelos tucumanos en la adherencia de revoques de tierra	143
Gonzalo García Villar, Enzo Marcial, Guillermo Rolón	
Mortero de tierra modificado con extractos orgánicos aplicado en elementos estructurales	154
Mildred Navarro; S. Beatriz Sibaja; Josué F. Pérez	
Estabilización de una mezcla a base de tierra por medio de tratamiento térmico	163
Araí S. Rieppi Godoy, Lucas E. Peisino, Rosana Gaggino, Guillermo Rolón, Bárbara Belén Raggiotti	
Bloques de tierra comprimida estabilizada con cal y adiciones minerales	174
Virginia Clausen, Santiago Cabrera, Ariel González	
Capa sobre capa. Alteraciones y recuperación de la torta de barro de la Iglesia de Uquia, Jujuy, Argentina	187
Jorge Tomasi, Julieta Barada	
Ensayos de materiales de acabado a base de cal y sintéticos para el mantenimiento del enlucido del Templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú	200
Benjamin Marcus, Elena Macchioni, Clemencia Vernaza, Claudia Cancino	
Evaluación de la adherencia de capas de agarre para revoques de tierra sobre paredes de técnica mixta	210
Gonzalo García Villar	
Resistência à abrasão e poder de cobertura de pinturas produzidas com pigmentos obtidos de solos	220
Fernando de Paula Cardoso, Leonardo Gonçalves Pedroti, Anôr Fiorini de Carvalho, Milene Gil Duarte Casal, Kai Loh	
Resistência ao intemperismo natural de pinturas produzidas com pigmentos obtidos de solos	234
Fernando de Paula Cardoso, Leonardo Gonçalves Pedroti, Anôr Fiorini de Carvalho, Milene Gil Duarte Casal, Kai Loh	
Ecoacabados: revestimientos coloreados con pigmentos terrosos	247
Oscar José Becerra Mejía, Gloria Lucia Medina Barona	
INFORMES TÉCNICOS	
Comportamiento de la resistencia mecánica de tierra vertida con ixtle y mucílago de nopal	260
Edgardo J. Suárez-Domínguez, Yolanda G. Aranda-Jiménez, Josué F. Pérez-Sánchez	

Paneles aislantes pré-fabricados de tierra para cielos rasos Marco Aresta, Fábio Mendes, Bárbara Correia	266
Producción de viviendas de BTC y núcleos socio-productivos a partir de tierra de excavación Mirta Eufemia Sosa, Stella Maris Latina, Irene Cecilia Ferreyra	273
Análisis del impacto ambiental de los materiales de un sistema de técnica mixta de construcción German Alberto Parma Valenzuela, Rafael Alavéz Ramírez, José Luis Caballero Montes	284
Paneles de bahareque decorativo Monica Pesantes Rivera, Camila Jimenez Ullauri, Johanna Guillén Peñalosa	290
Parámetros para el mejoramiento de la vivienda popular de tierra en el Norte de Nicaragua Fátima Sánchez Medina, Claudia Ochoa Altamirano, María Fernanda Pineda Calero, Heyding Ruíz	300
Los riegos para la salud en las construcciones con tierra Anabel Romero Alvarez de la Campa, Graciela Leyva Alvarez de la Campa	312
Tema 2	323
PATRIMONIO CULTURAL	
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Un ejemplo único de construcción vernácula en la Mixteca Poblana: muro con tierra e techos de oreja Laura Rodríguez Cano, Luis Fernando Guerrero Baca, Rodolfo Rosas Salinas	324
Hornos de Salamanca: técnicas vernáculas de la producción de tabaco en Chile entre 1960 y 1990 Carmen Gómez Maestro, Amanda Rivera Vidal	336
Tapias que singularizan el paisaje rural de la cuenca superior del Valle de Aconcagua en Chile Cristina Briño	348
El pajarete de Colima, México. Una aproximación a la vivienda vernácula desde su dimensión cultural Antonio Flores Calvario, Alma Pineda Almanza	360
Conocer para conservar la arquitectura construida con tierra en localidades rurales Paola Lizette Cruz Garay	371
Actuación sobre las construcciones con tierra en Trinidad y el Valle de los Ingenios, Cuba Duznel Zerquera Amador	381
La casa rural del IICA como representación de la casa típica costarricense María Bernadette Esquivel Morales	392
Muros mixtos de tierra y madera: orígenes, evolución y abandono del sistema en España	404

Alicia Hueto Escobar, Camilla Mileto, Fernando Vegas López-Manzanares

Vulnerabilidad frente a los riesgos naturales de la arquitectura construida con tierra en la Península Ibérica: casos de estudio

Ana Pérez Vila, Lidia García Soriano, Camilla Mileto; Fernando Vegas López-Manzanares

417

Construcción con tierra en arqueología de España: metodología de estudio para análisis de riesgos

Sergio Manzano Fernández, Camilla Mileto, Fernando Vegas López-Manzanares, Valentina Cristini

427

Legitimación y erradicación de la tierra en políticas públicas de Argentina

Gabriela Soledad Varela Freire, Joaquín Ezequiel Olivarez

438

Diagnóstico de daños en vivienda de adobe causados por el terremoto de 2021 en San Juan, Argentina

Vanesa Torres Atencio, Leonardo Funes, Mariano Matar Arturo

450

INFORMES TÉCNICOS

Todas alrededor de la tierra

Elena Carrillo Palacios, Jon de la Rica Extremiana, Celine Tastet, Emmanuel Stern

458

Documentación y caracterización de los palomares de Palencia en España. Medidas de protección

Pilar Díez Rodríguez

469

Identificación, documentación y catalogación de viviendas de tierra en Michoacán para su estudio y caracterización

Adrià Sánchez Calvillo, Elia Mercedes Alonso Guzmán, Javier Ortega Heras, Adrián Solís-Sánchez

478

Tierra y memoria. Rehabilitación en comunidad de viviendas con adobe en la costa de Chiapas

Virginia Domingo Fernández, Martina Vega Francino, Fernanda Prado Flores, Paola Lizette Cruz Garay, Mariana Decorme Bouchez, Javier Iván Rodríguez García, Nicola Di Giulio

489

Subsidios estatales para reparación de viviendas, revalorizando el adobillo en Valparaíso

Valentina Dávila Urrejola, Claudio Vega Vásquez

504

Intervención en el patrimonio histórico de tierra, provincia de Salta, Argentina

Birmania Giles Castillo

515

La universidad como garante de la conservación del patrimonio cultural de una sociedad

Mónica Pesántes Rivera, Dora Arroyo Aguirre, Diego Paguay García, Daniel Orellana Castro

524

Tema 3

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

536

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Bahereque contemporáneo para climas semiáridos. Sistema alternativo para la vivienda rural de Torreón, México

Alleck J. González Calderón, Luis Fernando Guerrero Baca

537

Comportamiento térmico energético de una vivienda PROMEVI en Amaicha del Valle, Argentina	548
Matías Ortega, Beatriz Garzón	
Desempeño térmico simulado en un edificio construido con tierra alivianada encofrada en Tucumán	559
Maria Laura Giovino, Gonzalo García Villar, Pablo Dorado, Guillermo Rolón	
Uso de la tecnología de construcción con tierra en vivienda de promoción pública en Argentina	571
Paula Anahi Jerez Lazo, Pablo Dorado, Guillermo Rolón	
Análisis socio espacial de la producción de arquitectura de tierra en Amaicha del Valle, Argentina	583
Pablo Dorado, Guillermo Rolón	
Adobeiros, uni-vos!	595
Thiago Lopes Ferreira, João Marcos de Almeida Lopes	
Depois das normas: potenciais e desafios para difusão da construção com terra após a normatização	609
Natália Lelis	
INFORMES TÉCNICOS	
Variações Guarani da taipa de mão no contexto contemporâneo das margens de São Paulo no Brasil	627
Anaïs Guéguen Perrin	
Habilitación de bodega en tiempos covid-19	640
Pilar Silva Mondselewsky	
Tema 4	
ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA	647
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Casa-va: la construcción con tierra desde las prácticas en el territorio con la universidad	648
Jessica Mesones, Claudia Varin, Gabriela Vazquez	
Enseñanza-aprendizaje de la construcción con tierra para impulsar un futuro regenerativo	661
Andreea Dani, Fátima Sánchez Medina, Sandy Minier, Javier Rodríguez, Dulce Murillo	
Tradición y transmisión: maestros de construcción como portadores de saberes tradicionales en el Departamento de Boyaca, Colombia	675
María Alejandra Rodríguez Martínez	
Universidad y arquitectura con tierra: experiencias insurgentes desde América del Sur	686
Virginia Martinez Coenda, María Rosa Mandrini	

INFORMES TÉCNICOS

- Asesoramiento técnico a una fábrica de bloques de tierra comprimida en la Provincia de Santa Fe, Argentina** 699
Gonzalo Darras, Cristian Benvenuto, Santiago Cabrera, Ariel Gonzalez
- Modelo de transferencia tecnológica de revestimientos a comunidades rurales en Guatemala** 712
Edgar Virgilio Ayala Zapata, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Saulo Moisés Méndez Garza
- Una puerta abierta a la vivienda social en Nicaragua. Transferencia entre iguales** 723
Dulce María Guillén Valenzuela
- Bahareque de Alegría. El rol de la mujer en la construcción social del hábitat** 733
Tatiana Juárez
- Narrativas en colaboración: proyecto participativo de interpretación para el Templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú** 741
Elena Macchioni, Alessandra Sprega, Luís Villacorta Santamato Claudia Cancino
- La mujer trabajadora de la tierra al muro talleres de pintura** 751
Lorena Herrera Fuchs, Irati Golvano Escob
- Soluciones de tierra en la Vivoteca: una plataforma de selección, divulgación y transferencia ecotecnológica** 761
Belén Olaya-García, Fernando de Lara Martínez, Freddy Yáñez Cerda; Sara Navia Espinoza
- Sistemas de información geográfica aplicados a la difusión de la técnica de bloque de tierra comprimida en Argentina** 773
Santiago Cabrera, Ariel González, Santiago Noguera
- Programa de formación de bioarquitectura y construcción con tierra “Dialogando con Tierra”** 783
Lucía Esperanza Garzón
- La enseñanza universitaria de la construcción con tierra en el contexto de la pandemia covid-19** 796
Verónica Mariana Vargas, Eduardo Enrique Brizuela
- Tierra desde casa en la universidad: transmisión de saberes en época de pandemia** 804
Magda Castellanos Ochoa, Alejandro Ferreiro Castelli, Pilar Silva Mondselewsky, Pacha Yampara Blanco
- Materiales y técnicas constructivas a pequeña escala de la caja Caja Cahney Terra Taller** 818
Akemi Hijioka, Magda Castellanos, Natacha Hugón, Ramón Aguirre
- Caja Cahney Terra Taller: método de transmisión de saberes en pandemia** 830
Bernadette Esquivel Morales, Delmy Núñez Treminio, Pacha Yampara Blanco, Nancy Camacho Pérez
- Arquitectura tradicional e identidad local. Experiencias en el contexto rural de España** 850
Pilar Diez Rodríguez, Ángels Castellarnau Visú

MEMORIA DE DISEÑO Y OBRA	858
Centro Escarola. Conservar y construir con adobe, bajareque y paja arcilla María Esther Arteaga Rodríguez, Paola Lizette Cruz Garay	859
PÓSTERES	869
Panel ligero de tierra y cartón triturado para vivienda rural en México Ana Nelly Flores Meneses	870
Estructuras abovedadas en muros portantes y aislantes de adobe Marco Aresta, Fábio Mendes	871
Construcción de viviendas de adobe y bajareque en comunidades indígenas maya-ch'orti' de Guatemala Carlos Emmanuel Acual Pérez, Edgar Virgilio Ayala Zapata	872
Construcción con adobito en el colegio Kurmi Wasi, La paz, Bolivia Juan Marcelo Murguía Fernandez	873
Uru Irohito Franklin Callisaya Cruz, Daniel Julian Chino Flores, María Alejandra Flores Surco, Rosario Graneros Nina, Luis Hernán Arellano López	874
Nai Ette – Vivienda Tacana Ruth Camila Mulluni Crespín, Neysa Oshin Nina Soria, Iver Mauricio Pedraza Herrera, Daniel Sanz Cárdenas, Tania Arispe Pérez	875
Sistema de adobes reforzados para la construcción de un teatro (Jujuy, Argentina) Eduardo Tapia, Joaquín Trillo	876
Taller tapia pisada decorativa a escala en pandemia Pacha Yapucha Yampara Blanco	877
Taller de restauración de muros de adobe a escala en pandemia Ma. Bernadette Esquivel Morales	878
Seminario taller de construcción con tierra adobe y bajareque en la FAADU Cristhian Daniel Álvarez Guzmán, Carola Gabriela Espinal Churata, Pacha Yapucha Yampara Blanco	879
Identificación de la vulnerabilidad a factores de riesgo de desastres en Paxtocá, Totonocapán, Guatemala Edgar Virgilio Ayala Zapata, Saulo Moisés Méndez Garza, Horlando Noé García Ramírez	880
Videos	881
Vivienda Guarani. Seranias del Iñao. Bryan Dither Cruz Quispe, Janett Alejandra Montesinos Aparicio, Daniel Ignacio Quisbert Martínez, Rachel Susan Quispe Cuqueño	882

Vivienda vernácula Iskanwaya – Mollo VIM

Paola Belen Aspi Choque, Abigail Estefania Ali Mullisaca, Gabriela Yheralin Huarayo Luna,
Giovanni Vargas Sanchez

884

Nai Ette Vivienda vernácula tipo para la TCO Tacana II

Ruth Camila Mulluni Crespín, Neysa Oshin Nina Soria, Iver Mauricio Pedraza Herrera,
Daniel Sanz Cárdenas

886

Anexo 887

Talleres – Afiches
Coordinación de Talleres

888



Personaje popular frente a patio Bécquer
(Foto: David Marrero / Centro de Documentación Casa Malibrán)

Este SIACOT hay que celebrarlo. Ya son 20 versiones del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, eventos que han recorrido los países que componen el ámbito iberoamericano, partiendo en Brasil para continuar en España, Argentina, Portugal, Uruguay, Perú, Chile, El Salvador, Ecuador, Paraguay, Bolivia, Guatemala y México. Esto ha permitido conocer, difundir y promover las diversas experiencias y conocimientos, que existen en cada uno de estos países, sobre el uso de la tierra en áreas como la arqueología, la arquitectura, la construcción, las técnicas constructivas, la enseñanza y capacitación entre otros.

También hay que celebrarlo porque, en el contexto de la pandemia, ha costado concretarlo, ya que inicialmente se contemplaba la realización del 20° SIACOT en noviembre del año pasado. No pudimos por temas sanitarios, pero se siguió trabajando para hacer posible este encuentro, que a la vez representa una de las principales actividades de la Red Iberoamericana PROTERRA, ya que es la instancia donde sus miembros se encuentran y comparten el panorama actual de la arquitectura y construcción con tierra, y proyectan hacia el futuro el trabajo de la red.

Esta vez se tenemos el gusto de encontrarnos por primera vez en Cuba, en la ciudad de Trinidad, declarada Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO, la cual será el escenario de las actividades del 20° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra.

Desde el 4 de abril presenciaremos jornadas de exposición, con la presentación de pósteres y videos con casos de diversos países. Continuaremos con las jornadas científicas, a través de conferencias y ponencias que se llevarán a cabo en el Teatro La Caridad y la Biblioteca Municipal; para finalizar el evento con las jornadas prácticas que consisten en la realización de 14 talleres que se impartirán en la comunidad rural de San Pedro, ubicada a 35 km de Trinidad, lo que busca ser un aporte a las personas que allí viven en la conservación y desarrollo de sus viviendas construidas con una técnica local conocida como “embarrado”, que corresponde a un sistema mixto que utiliza madera y tierra.

Esperamos que como todos los SIACOT, además de conocer un panorama internacional de la arquitectura y construcción con tierra, sea la instancia donde se genere un impacto positivo en el país anfitrión, tanto para los estudiantes, investigadores, profesionales y técnicos participantes, en pos de la conservación de su patrimonio construido, y/o como un impulso para desarrollar alternativas de una arquitectura contemporánea con tierra o el desarrollo de sistemas constructivos de bajo impacto ambiental, entre otras tantas iniciativas que hemos visto a lo largo de estos 20 años.

Importante es destacar el trabajo de todas y todos quienes hacen posible este encuentro, al equipo organizador local liderado por la Oficina del Conservador de Trinidad y el Valle de los Ingenios, junto al apoyo logístico de la empresa Aldaba. A la labor del Comité de Exposición, Comité Científico y Comité de Talleres de la Red PROTERRA, al apoyo institucional de IBOMEX, a los talleristas por compartir generosamente sus conocimientos, y a las y los autores que han compartido sus experiencias de trabajo.

¡A celebrar que revive la tierra!

Arq. Camilo Giribas

Universidad Tecnológica Metropolitana - Chile
Coordinador Red Iberoamericana PROTERRA

PALABRAS DE LA ORGANIZACIÓN

El 20° Seminario de Arquitectura y Construcciones con Tierra tiene una connotación especial, pues es organizado en circunstancias muy específicas a nivel internacional impuestas por la pandemia covid-19, pero primó la voluntad de los miembros de la Red PROTERRA y de los coordinadores locales en celebrar este magno encuentro que, por primera vez, se realiza en Cuba, en la Ciudad de Trinidad, del 4 al 9 de abril del 2022.

La organización de este evento impuso retos para propiciar la participación de la mayor cantidad de especialistas, entre ellos las limitaciones de movilidad y los requisitos sanitarios internacionales, por lo que se establece, por primera vez, la participación virtual al seminario científico.

Los talleres prácticos también presentan elementos novedosos que enriquecen el trabajo de la Red PROTERRA, pues se insertan en comunidades rurales del Valle de los Ingenios, sitio inscripto en la lista del Patrimonio Mundial, junto a la Ciudad de Trinidad en el 1988. Así la población local puede apreciar el valor de sus tradiciones constructivas como potencial para su desarrollo habitacional, pero también económico y cultural, convirtiéndose en un sujeto activo en el evento. Otra singularidad de estos talleres es la inclusión de niños de estas comunidades para fomentar la enseñanza y la transmisión de su legado histórico. Con catorce talleres y veintidós instructores expertos en la materia, donde se abarcan las técnicas más difundidas del uso de la tierra como material de construcción internacionalmente.

El seminario, como de costumbre, reúne a científicos, expertos y profesionales dedicados a la arquitectura, la conservación del patrimonio histórico y a las construcciones con tierra para la solución del hábitat en el contexto iberoamericano y caribeño fundamentalmente. Con setenta y tres ponencias que abordan temáticas como: materiales y técnicas constructivas, patrimonio cultural, la arquitectura contemporánea, la enseñanza, la capacitación y la transferencia tecnológica; este evento se convierte en un espacio para la concertación de proyectos de colaboración científica en los temas afines a la arquitectura y construcción con de tierra, así como en el ámbito académico y difusión del conocimiento.

El encuentro propicia otras modalidades de participación, como videos, pósteres, memorias de diseño y obras, donde se concibe el intercambio entre público asistente y el local, con la exposición de estos trabajos en espacios urbanos abiertos. Otras actividades asociadas como presentaciones de libros, revistas y exposiciones también favorecen el intercambio entre los participantes.

Con el eslogan Revive la Tierra, este 20° Seminario de Arquitectura y Construcción con Tierra es una puerta abierta para que Trinidad y las comunidades rurales del Valle de los Ingenios coloquen el patrimonio en función del progreso, a través, principalmente, de nuevas formas del

turismo sostenible, como lo es el turismo de evento, que aprovecha las culturas locales como potencial de su propio desarrollo.

Para la Red PROTERRA, es una experiencia novedosa donde se pone la ciencia y el conocimiento de los expertos al servicio de comunidades autóctonas del país coordinador.

Para Cuba y para Trinidad, en particular, es una distinción recibir a tan selecta comunidad científica como lo es la Red PROTERRA, y la ciudad se complace en mostrar sus bondades.

MSc. Ing. Duznel Zerquera

Director Oficina del Conservador de Trinidad, Cuba
Coordinador General del 20° SIACOT



Vista del lateral de la Iglesia Santa Ana

Vista de la calle Real
del Jigüe



Fotos: David Marrero / Centro de Documentación Casa Malibrán

PROGRAMA GENERAL

PROGRAMA EXPOSICIÓN

Lugar: Parque Céspedes, Trinidad

Lunes 4 de abril

7:30 – 8:30	Acreditación
8:30 – 9:00	Actividad cultural de apertura
9:00 – 9:30	Palabras de bienvenida - Tania Gutiérrez (Municipio de Trinidad), Duznel Zerquera (Oficina del Conservador) y Camilo Giribas (PROTERRA)
9:30 – 10:30	Presentación de publicaciones: Revista Tornapunta y Libro “Construir con Bahareque Ceren - Experiencias en el contexto de Oaxaca- México”
10:30 – 11:00	Intervalo - Café
11:00 – 11:30	Presentación de Videos y Memorias diseño y obra (MDO)
11:30 – 12:30	Inauguración y exposición de la presentación de pósteres
12:30 – 15:00	Intervalo – Almuerzo

PROGRAMA CIENTÍFICO

Lugar: Teatro La Caridad y Biblioteca Municipal

Martes 5 de abril

Miércoles 6 de abril

8:00 – 9:30	Acreditación	
9:30 – 10:30	Conferencias Inaugurales: Dra. Alicia García y Ing. Patricio Cevallos	Sesión técnica C
10:30 – 11:00	Intervalo - Café	
11:00 – 13:00	Sesión técnica A	Sesión técnica D
13:00 – 14:30	Intervalo – Almuerzo	
14:30 – 16:30	Sesión técnica B	Sesión técnica E
18:00 – 20:00		Pre-asamblea (exclusivo para miembros de PROTERRA)

PROGRAMA TALLERES

Lugar: Comunidad rural San Pedro

Jueves 7 y Viernes 8 de abril – detalles a continuación, página ¿???

PROGRAMA ASAMBLEA (sólo para miembros de PROTERRA)

Lugar: Teatro de La Caridad

Sábado 9 de abril

8:00 – 12:00	Apertura e inicio de la Asamblea PROTERRA
12:00 – 13:30	Intervalo – Almuerzo
13:30 – 18:00	Sesión vespertina y cierre de la Asamblea

CONFERENCISTAS MAGISTRALES



EL USO DEL EMBARRADO EN CUBA: EL CASO DE SAN PEDRO DE PALMAREJO, TRINIDAD

Alicia García Santana (Cuba): Doctora en Ciencias del Arte e Investigadora Titular. Premio Nacional de Patrimonio por la Obra de la Vida del Consejo de Patrimonio del Ministerio de Cultura de Cuba. Miembro de la Comisión Nacional de Monumentos. Miembro de Número de la Academia de Historia de Cuba. Miembro de la Unión de Escritores y Artistas de Cuba (Uneac) y del Comité Cubano de Icomos

HISTORIA DE PROTERRA Y LOS SIACOT

Patricio Cevallos (Ecuador): Ingeniero Civil, director de Tecnología Alternativa, asesor independiente y consultor de construcciones con tierra y otros materiales naturales. Consultor estructural del taller “Con lo que hay” (Arquitectura PUCE), cálculo estructural e implementación tecnológica en proyectos en tierra y bambú. Conferencista en varios países de América, Europa y África. Tallerista en tecnología de tapia en varios SIACOT. Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)



Parque Santa Ana y fachada de la cárcel Real actual Fábrica Santa Ana (Foto: David Marrero / Centro de Documentación Casa Malibrán)

PROGRAMA DE LOS TALLERES

Los talleres del 20° SIACOT se realizan los días 7 y 8 de abril en la comunidad de San Pedro, ubicada en el Valle de los Ingenios a 35 km de Trinidad. Su objetivo es trabajar con comunidades que necesitan el impulso en la formación y valoración de las técnicas constructivas con tierra, dada su presencia en el entorno construido.



Imagen disponible en
http://www.conservadortrinidad.co.cu/siacot/?page_id=3162

Se realizan 14 talleres que son parte de la difusión y formación de las diferentes técnicas de construcción con tierra, los cuales se dividen en las siguientes áreas:

- Material (Pruebas de campo y Test Carazas)
- Sistemas constructivos (adobe, BTC, tapial, cob, embarrado, bóvedas, mampuesto asentado con tierra)
- Técnicas de terminación y revestimiento (muralismo, frescos a la cal, revestimientos)
- Formación e infancia (restauración, taller para infancia)

Cada taller cuenta con 15 participantes.

Cada participante asiste obligatoriamente a dos talleres: Pruebas de campo y Test Carazas.

Además, podrá escoger otros dos talleres, en base a sus preferencias, por lo que es importante que en el momento de realizar la inscripción se envíe el formulario debidamente completado, para garantizar la participación en los talleres elegidos. La organización del 20° SIACOT asegura la movilización desde Trinidad hacia San Pedro, ida y vuelta.

PROGRAMA TALLERES		
Lugar: Comunidad rural San Pedro		
	Jueves 7 de abril	Viernes 8 de abril
6:30	Salida del Parque Céspedes (Trinidad)	Salida del Parque Céspedes (Trinidad)
7:30 – 8:00	Actividad cultural en la comunidad de San Pedro	Talleres 1 a 14
8:00 – 13:00	Talleres 1 a 14	
13:00 – 15:00	Intervalo - Almuerzo en Casa Hacienda Guaimaro	Almuerzo y actividad de cierre en Casa Hacienda Guaimaro
15:00	Regreso a Trinidad	Regreso a Trinidad
16:00		

Talleres obligatorios (todos los participantes)	Taller 1: Pruebas de campo Taller 2: Test Carazas
Talleres a escoger (2)	
Taller 3: Adobe	Taller 9: Revestimientos de tierra
Taller 4: Tapia	Taller 10: Bóvedas
Taller 5: Cob (cancelado)	Taller 11: Restauración: visita y diagnóstico
Taller 6: Embarrado	Taller 12: Mampuesto asentado en tierra
Taller 7: Muralismo	Taller 13: Frescos a la cal
Taller 8: BTC	Taller 14: Taller para Infancia

TALLERES – INFORMACIONES

En el Anexo se incluyen los afiches de los talleres



19° SIACOT, Oaxaca, México, 2019. Crédito: Camilo Giribas

Objetivo: hacer una clasificación inicial de la tierra a través de diferentes pruebas que permiten evaluar indirectamente la composición granulométrica, la capacidad de trabajo y la retracción del suelo, verificar la textura y el comportamiento de la tierra en diversas situaciones e identificar las técnicas constructivas más adecuadas para ese tipo de suelo

Taller 1: Pruebas de campo

Descripción: las pruebas de campo o terreno son ensayos que se realizan en “obra”, sin mediar una prueba de laboratorio, que permiten identificar las características básicas del suelo disponible para su utilización en la construcción. Estas pruebas se efectúan sin equipos y permiten tener una idea básica para determinar la composición de la granulometría, cuyos componentes determinan la idoneidad del suelo, considerando el sistema constructivo a utilizar y su relación hídrica

Contenido: se efectúa la identificación de al menos 3 tipos de suelos. Se realiza el test del vidrio, del cordón, de la cinta, de exudación, de la resistencia seca, de la caja, entre otros, principalmente a través del tacto y observación visual

Talleristas



Guillermo Rolón. Arquitecto por la Universidad de Buenos Aires. Trabaja como investigador en el CONICET. Realizó una maestría en Restauración y Gestión Integral del Patrimonio Construido en la Universidad del País Vasco. Con el tema de su tesis doctoral, realizada en la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, se introdujo en la temática de la construcción con tierra. Actualmente se enfoca en el desarrollo de tecnología social en ámbito rural. Es Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA.

Jenny Astrid Vargas Sánchez. Arquitecta y magíster en Conservación del Patrimonio Cultural Inmueble de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en Arquitectura de Tierra – DSA- de la École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, Francia (CRATERRE-ENSAG). Actualmente, profesora del Instituto de Investigaciones Estéticas de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia, directora de proyectos en ATESORA - Arquitectura, Tierra y Patrimonio S.A.S. y miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)





19° SIACOT, Oaxaca, México, 2019. Crédito: Amanda Rivera

Taller 2: Test Carazas

Descripción: el Test Carazas es una herramienta pedagógica que permite lograr mejor comprensión de la importancia de la naturaleza trifásica de la materia tierra, como interactúan sus constituyentes, y así lograr mejor manejo y utilización de la materia primera en una posterior extrapolación de estos resultados para convertirse en material de construcción

Objetivo: observar la diversidad de materiales que se pueden obtener cambiando el estado hídrico de la tierra (seca, húmeda, plástica, viscosa o líquida) y la acción mecánica aplicada sobre ella (rellenar, presionar o compactar), considerando que la tierra es un material compuesto de materia en tres estados: líquido (agua), sólido (partículas de arcilla y agregados) y gaseoso (aire y vapor). En el taller se comprende que las proporciones relativas de estos tres estados determinan las propiedades intrínsecas del material

Contenido: el ejercicio se denomina "Test Carazas - ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra". Este ejercicio práctico se realiza en una matriz donde los tres componentes de la materia son explorados a través de una serie de manipulaciones, utilizando las variables propias de cada uno de estos tres elementos. Esta matriz resulta de la interpretación de las tres fases de la materia tierra, cada uno de estos elementos toma posición en cada uno de los tres lados de esta gran matriz rectangular que contiene 15 células cuadradas que son ocupadas por los "testigos" elaborados por los participantes

Talleristas



Wilfredo Carazas Aedo. Arquitecto investigador miembro de la Unidad De Investigación AE&CC - ENSAG - Francia y miembro del equipo pedagógico del Diploma de Especialización en Arquitectura de Tierra (DSA - CRAterre - ENSAG); miembro de ICOMOS - PERU. Autor de publicaciones "La vivienda Urbana popular de adobe en el Cusco - Perú", "Guías Parasísmicas de construcciones con tierra"; "El bahareque Ceren - La vivienda nativa, una cultura constructiva ancestral" y otras publicaciones colectivas. Autor del "Test Carazas - Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra". Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)

Camilo Giribas Contreras. Arquitecto de la Universidad Tecnológica Metropolitana. Se ha especializado en la restauración del patrimonio construido trabajando en la dirección de obras destacando la restauración del Ex Congreso Nacional de Chile, la Iglesia de San Pedro de Atacama, junto a la Fundación Altiplano, y del Ascensor Cordillera en Valparaíso entre otras. Se desempeña como docente del Diplomado de Construcción con Tierra de la Pontificia Universidad Católica de Chile y de la Escuela de Construcción en Tierra (ECOT). Coordinador General de la Red Iberoamericana PROTERRA





19° SIACOT, Oaxaca, México, 2019. Crédito: Camilo Giribas

Taller 3: Adobe

Descripción: sistema constructivo milenario que consiste en el uso de bloques moldeados, los cuales son fabricados con tierra, agua, paja, y secados al sol. Utilizada en la construcción como muros portantes de albañilería

Objetivo: impartir los principios básicos de la producción de adobes y de la construcción de albañilerías de acuerdo con los principales criterios estructurales y de diseño

Contenido: se muestran los diferentes tipos de albañilería y disposición de los adobes para entender sus principales debilidades y fortalezas, como también los diferentes elementos que participan en una estructura de este tipo. Se muestran las opciones de albañilerías posibles debido a las diversas dimensiones de los adobes, las cuales varían de país en país. Se aborda la disposiciones para generar las trabas necesarias y entender sus principales debilidades y fortalezas, como también los diferentes elementos que se complementan en una estructura de este tipo

Tallerista



Magda Nohemy Castellanos Ochoa. Ingeniera civil y maestra en Desarrollo Local por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Con experiencia en el desarrollo de programas formativos a través de la capacitación y transferencia de conocimientos para el uso de materiales locales principalmente aplicados a la vivienda social. Asesoría técnica y construcción con materiales locales, cómo adobe y bajareque. Cofundadora de la ETCA, Escuela Taller de Construcción Alternativa. Miembro de la Red Proterra, coordinadora de la Red Mesoamerica Proterra y co-dinamizadora de la Red Mesoamerikaab



17° SIACOT, La Paz, Bolivia, 2017. Crédito: Alejandro Ferreiro

Taller 4: Tapia

Descripción: la tapia es la técnica de construir muros monolíticos a través de la compactación de capas de tierra húmeda en encofrados que tradicionalmente eran contruidos en madera. Los encofrados van desplazándose, para construir el muro

Objetivo: brindar los conocimientos históricos y técnicos sobre la técnica de la tapia, además de la presentación de conceptos para el diseño de una estructura de este tipo. En el taller es preparada la tierra de acuerdo con las condiciones determinadas para la técnica y se construye un muro con la utilización de moldes, pisones y otros elementos

Contenido: para que los participantes entiendan las nociones básicas de todos los procesos de la construcción de muros de tapia, se imparten contenidos como los elementos básicos, tales como encofrados tradicionales y contemporáneos, herramientas necesarias para la construcción de muros en tapial y ejecución de vanos, instalaciones y terminaciones

Talleristas



Patricio Cevallos Salas. Ingeniero Civil (1985), director de Tecnología Alternativa, asesor independiente y consultor de construcciones con tierra y otros materiales naturales. Consultor estructural del taller “Con lo que hay” (Arquitectura PUCE), cálculo estructural e implementación tecnológica en proyectos en tierra y bambú. Conferencista en varios países de América, Europa y África. Tallerista en tecnología de tapia en varios SIACOT. Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)

Alain Briatte Mantchev es arquitecto y urbanista. Especialista en arquitectura de tierra por CRAterre - Escuela Nacional Superior de Arquitectura en Grenoble, Francia. Desarrolla construcciones y proyectos residenciales, comerciales y edificios en tierra de interés social. Trabaja con comunidades tradicionales Caiçaras y Quilombolas en las regiones de la costa norte de São Paulo y el Valle de Ribeira, en el desarrollo de proyectos de arquitectura e investigación de la cultura constructiva en tierra. Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)





Crédito: Laurent Coquemont

Objetivo: transmitir los conocimientos básicos necesarios para aplicar la técnica del cob en la ejecución de muros, bancas y mobiliario fijo para baños y cocinas

Taller 5: Cob (cancelado)

Descripción: el cob es una técnica de fabricación de bloques a mano sin mediar un molde; se monta directamente la mezcla húmeda construyendo el muro. El cob no requiere de ladrillos o bloques premoldeados ni una posterior sillería en donde se asientan los ladrillos (ya que estos en el cob no existen)

Contenido: en el taller son conocidos y preparados los diferentes materiales que pueden ser utilizados y con diferentes estrategias de estabilización. Son evaluados comparativamente diferentes tipos de tierras y su reacción con fibras vegetales, mucílagos y cal para decidir sobre los procedimientos más adecuados para aplicar la técnica en función de los materiales disponibles en el lugar



19° SIACOT, Oaxaca, México, 2019. Crédito: Alejandro Ferreiro

Taller 6: Embarrado

Descripción: el embarrado es el sistema mixto de tierra y madera asociado con los rellenos de barro sobre soportes leñosos

Objetivo: compartir los principios generales de los sistemas constructivos mixtos (madera/tierra), en especial del embarrado, técnica tradicional difundida en la comunidad de San Pedro - Cuba. Se realiza la práctica de aplicación de la técnica en todas sus etapas: preparación del entramado, preparación de la tierra, mezcla con fibras y llenado de un muro con la participación de representantes de la comunidad

Contenido: **a)** conformación de muros a partir de un entramado de horcones y postes verticales, y cujes o cañas colocados en forma transversal (encujado) para formar el contenedor del barro; **b)** preparación de la pisa (tierra arcillosa amasada con fibra vegetal picoteada) y conformación de rolos o bobinas (mojones); **c)** colocación de los mojones, en sentido vertical, en el espacio que queda entre los cujes; **d)** terminación del muro aplicando, directamente con las manos, capas sucesivas de mortero de tierra y fibras picoteadas; **e)** casqueo del muro, de ser necesario, rellenando con trozos de tejas y piedras pequeña; **f)** aplicación como terminación de una lechada de cal en varias capas

Talleristas



Carmen Gómez Maestro. Arquitecta, maestra, diplomada en gestión e investigación del patrimonio cultural. Tiene experiencia en obras de reconstrucción post-sismo en la zona central de Chile. Actualmente dirige la carrera de Restauración de Bienes Patrimoniales en DUOC UC Sede Valparaíso y el Diplomado en Construcción con Tierra de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Duznel Zerquera Amador Licenciado en Construcción Civil, Master en Conservación y Restauración de Edificios Históricos, aspirante a Doctor en Ciencias Técnicas, miembro distinguido de la Cátedra de Arquitectura Vernácula "Gonzalo de Cárdenas" de la Oficina del Historiador de La Habana y la Fundación Diego de Sagredo de España, miembro de la Comisión Nacional de Monumento de Cuba, Director de la Oficina del Conservador de la Ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios, Cuba. Es miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)





Crédito: Natacha Hugón

Objetivo: transmitir los principios básicos de la preparación de revoques de tierra para la aplicación en murales decorativos y artísticos, además de profundizar el conocimiento de la tierra y el rol de las arcillas como aglutinante de los distintos granos del suelo, así como los pigmentos minerales que hacen posible la amplia gama de colores

Taller 7: Muralismo con revoque de tierra

Descripción: el muralismo con revoque de tierra corresponde a la aplicación de argamasas coloridas sobre la superficie del techo o de la pared, explorando amplias posibilidades estéticas y artísticas. Las argamasas de revoque, preparadas con pigmentos coloridos, consideran las características de las tierras disponibles, principalmente de las arcillas presentes que, además de su función aglutinante, proporcionan amplia gama de colores

Contenido: se aborda la extracción y preparación de la tierra, el uso de estabilizantes naturales, el proceso de elaboración de las mezclas, el uso de herramientas y diferentes formas de aplicación de los revoques de tierra mediante técnicas decorativas y artísticas

Talleristas



Natacha Hugón es bioconstructora y artista plástica de Argentina. Realiza tareas docentes en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Es directora del Centro de Capacitación, Investigación y Diseño de Arquitecturas en Tierra (CIDART), desempeñándose como consultora, asesora técnica e investigadora en proyectos relacionados con la construcción con tierra, y capacitadora en ámbitos de educación formal y no formal de adultos, a nivel nacional e internacional

Israel Eduardo Rondón Mainegra. Escultor, dibujante y diseñador. Miembro de la UNEAC. Profesor de Escultura y Diseño. Miembro de la Comisión de Captación y del Jurado de Evaluación de Examen de Graduación Conservatorio de Artes y Materias Multimedia Balla Fassgue Kouyate Bamako República del Mali. 22 años de experiencia pedagógica en la Academia Profesional de Artes Plásticas "Oscar Fernández Morera" de Trinidad





Taller de fabricación y construcción con BTC, Santa Fe, Argentina, 2021. Crédito: Santiago Cabrera

Objetivo: impartir los principios básicos sobre la técnica de fabricación de BTC en todas sus etapas: selección de la tierra, proceso de fabricación, dosificación con aditivos, curado y control de calidad

Taller 8: Bloque de tierra comprimida

Descripción: el bloque de tierra comprimida (BTC) es producido a través de una prensa manual o hidráulica. La técnica de fabricación de BTC actual fue desarrollada en la década de 1950, en Colombia, como un producto de investigación del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) para producir materiales de construcción de bajo costo

Contenido: se muestra el funcionamiento de la prensa manual y se realizan prototipos de albañilería construida con bloques de tierra comprimida, destacando sus principales debilidades y fortalezas

Talleristas



Nancy Camacho Pérez. Arquitecta de la Universidad Nacional de Colombia, Mg. en Tecnología, Arquitectura y ciudad para países en vía de desarrollo Scuola PVS Politécnico de Turín, Italia. Colabora con IBOMEX instituto de bóvedas mexicanas desde el año 2012. Integrante de la Red Iberoamericana PROTERRA y del Comité AIS 600 para la redacción de los capítulos de construcción con tierra de la NSR 10. Actualmente dirige la Escuela Taller de Boyacá en Tunja, reconocida en la lista de buenas prácticas de recuperación de patrimonio por la UNESCO

Santiago Cabrera. Ingeniero Civil, doctorando en Ingeniería. Docente investigador abocado al estudio, enseñanza y difusión de las diversas técnicas constructivas en tierra, con énfasis en la tecnología del Bloques de Tierra Comprimida BTC. Certificado por el Sistema Europeo de Créditos para la Educación y la Formación Profesionales en la producción de BTC, tras acreditar el "ECVET Earth Building Unit P: BTC production". Integrante de la comisión coordinadora de la Red Argentina de construcción con tierra PROTIERRA, e integrante de la Red Iberoamericana PROTERRA. Desempeña sus actividades laborales en el "Grupo de Investigación y Desarrollo TIERRA FIRME" de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe UTN FRSF





17° SIACOT, La Paz, Bolivia, 2017. Crédito: Alejandro Ferreiro

Taller 9: Revestimientos de tierra

Descripción: el revestimiento de tierra es el elemento constructivo que promueve la terminación a los paramentos de un edificio, además de generar la protección del muro, complementada por sus capacidades higroscópicas y térmicas. Es la “última capa”, que permite dar por terminada una pared

Objetivo: comprender la importancia de los revestimientos en una pared, como también sus relaciones con el soporte. El entendimiento del material es fundamental para lograr una aplicación eficiente y conservación en el tiempo

Contenido: la primera relación del acabado corresponde a su análisis con la superficie en la cual se aplica, dado que esta puede tener diferentes características en cuanto a su materialidad y rugosidad, aspectos que hay que tener en cuenta para la correcta aplicación. El material es abordado desde su preparación y aplicación sobre el soporte disponible. Se exponen las diferentes mezclas y materiales que se pueden aplicar para darle mayor durabilidad

Talleristas



Frédérique Jonnard. Arquitecta egresada de la escuela nacional de arquitectura de Versailles, ENSAV. Colaboraciones con el Centro Tierra INTE PUCP en Lima, Perú (2013). Capacitadora en construcción con tierra de la escuela taller ‘Terre de Femmes’ en París, Francia. Gerente de la empresa artesanal Terramano (desde 2016) especializada en diseño y construcción con tierra. Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)

Francisco Uviña Contreras. Maestría en Arquitectura y Certificado de Posgrado en Preservación y Regionalismo en el 2009 de la Universidad de Nuevo México. Trabajó con la organización no-gubernamental, Cornerstones Community Partnerships, de 1994 al 2008. Estuvo involucrado en varios proyectos en comunidades indígenas, entre ellos, la Misión de San Esteban del Rey en el Pueblo de Ácoma, la Misión de Nuestra Señora de Guadalupe en el Pueblo de Zuni. Es el coautor e ilustrador del Adobe conservation: a preservation handbook of Cornerstones Community. En la actualidad, ocupa la dirección del programa Historic Preservation and Regionalism, que ofrece diplomados y maestría en ciencias dentro de la Escuela de Arquitectura y Planeación, en la Universidad de Nuevo México





15° SIACOT, Cuenca, Ecuador, 2015. Crédito: Alejandro Ferreiro

Taller 10: Bóvedas

Descripción: las bóvedas de ladrillo y adobe ofrecen virtudes que están en sintonía con el contexto social e histórico de México y América Latina, y son una aportación genuina de la cultura a un mundo que se ha enriquecido con las tradiciones durante siglos. La arquitectura regional ha surgido de la vida diaria de un pueblo y de su herencia cultural: sus creencias, ritos, tecnologías y patrones de comportamiento, todo lo cual se transmite, como una herencia genética, en sus expresiones estéticas y en los espacios que el hombre edifica para su uso

Objetivo: hacer que los participantes asimilen el funcionamiento de la geometría para construir cubiertas abovedadas sin cimbra, es decir, cubiertas sin un molde que sostenga la albañilería mientras se construye. Las bóvedas son construidas en ladrillo cerámico y adobes, y se pone especial énfasis en la elaboración del mortero y la colocación de cada uno de los bloques para formar la cubierta abovedada

Contenido: se exponen los elementos básicos necesarios para construir cubiertas abovedadas sin cimbra. En este sentido se tienen preparados los elementos de “arranque” para comenzar la instalación de los bloques, como también se exponen las cualidades del mortero necesario para realizar la pega. La geometría de los elementos y su disposición en el desarrollo para la cubierta son expuestos para entender el proceso de construcción de este sistema

Tallerista



Ramón Aguirre. Arquitecto de la Universidad Nacional Autónoma de México. Director del Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (IBOMEX). Asesor del Programa de desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD). Catedrático en el área de diseño y geometría de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca, México. Director de proyectos de la firma Arcilla y Arquitectura S.C. (2008 a la fecha). Diseño y construcción de cubiertas con tierra en México, Colombia, España, Francia, Uruguay y Brasil. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.



Restauración de muros de adobe, Valparaíso, Chile, 2022.
Crédito: Camilo Giribas

Objetivo: observar e identificar, a través de visitas a inmuebles de la comunidad de San Pedro, los aspectos culturales y constructivos que permitan generar un diagnóstico que posibilite definir las acciones de restauración a seguir en cada caso

Taller 11: Restauración: visita y diagnóstico

Descripción: la restauración de edificios patrimoniales construidos con tierra representa un aporte a la puesta en valor de culturas constructivas y oficios tradicionales que han dado identidad a ciudades y pueblos de todo el mundo. Por medio de procedimientos de visita técnica y diagnóstico, se determina el valor patrimonial de cada inmueble y su estado de conservación para realizar una propuesta de intervención adecuada

Contenido: se expone los diferentes aspectos de los sistemas presentes en San Pedro para lograr un diagnóstico de las fortalezas, debilidades y amenazas que poseen en general. Se comentan las diferentes patologías que pueden causar daños a las edificaciones y con ellos se guía a los participantes a generar un diagnóstico adecuado en cada caso y el análisis de sus posibles soluciones. Se presentan casos de restauración en diferentes lugares de América Latina, para darle contexto a las intervenciones propuestas por el taller

Tallerista



Álvaro Riquelme Bravo. Arquitecto de la Universidad Tecnológica Metropolitana, 2006, especialista en restauración arquitectónica. Ha intervenido en diferentes niveles en más de 15 monumentos nacionales en Chile, proyectando y ejecutando diferentes acciones sobre edificaciones históricas. Actualmente dirige Xiloscopio, empresa especialista en restauración. Ingresa a PROTERRA en el año 2013 posterior a la realización del 13º SIACOT en Valparaíso, en donde fue coordinador local



Crédito: Duznel Zerquera

Objetivo: presentar los principios básicos de la mampostería tradicional, que representa el patrimonio arquitectónico de la ciudad de Trinidad – Cuba. En el taller se realiza la práctica de construcción de un muro de mampostería donde se combinan ladrillos cerámicos, piedra y tierra para conformar los elementos de este, además de otros asociados, como arcos y óculos

Taller 12: Mampuesto asentado con tierra

Descripción: Mampostería tradicional donde se combinan ladrillos cerámicos, piedra y tierra para conformar los muros

Contenido: **a)** nivelación del terreno y levantamiento de muros con enjarjes; **b)** colocación de cajón ; **c)** colocación y amarre de piedras y llenado de espacios vacíos a la altura del cajón tendido de la capa base de mortero de tierra; **d)** construcción de verdugada y continuación del muro de mampuesto; **e)** construcción del óculo utilizando un cintrel para la conformación de la parte inferior y terminación con mortero de tierra; **f)** saneamiento o casqueo del muro de mampuesto rellenando los espacios con ripios de ladrillo y piedras

Talleristas



Máximo Antonio Mendieta Castellanos. Licenciado en Construcción Civil, graduado de la Escuela Elemental de Artes Plásticas y Técnico Medio en Química Analítica, especialista en diseño y construcción de matrices y moldes en yeso. Montador-ejecutor de falsos techos en yeso. Capacitador en construcción en la Escuela de Oficios de Restauración Fernando Aguado y Rico, Trinidad

Osmani Eliecer Palomino Hernández. Profesor Instructor de albañilería en la Escuela de Oficios de Restauración Fernando Aguado y Rico en Trinidad. Ha trabajado en obras de restauración en la ciudad. Trabaja en el diseño, construcción y montaje de matrices, moldes y falsos techos en yeso, saneamiento o casqueo del muro de mampuesto rellenando los espacios con ripios de ladrillo y piedras





19° SIACOT, Oaxaca, México, 2019. Crédito: Camilo Giribas

Taller 13: Fresco a la cal

Descripción: la pintura al fresco consiste en la pigmentación de una superficie de cal, mientras está fresca, para que los pigmentos queden atrapados en su estructura. Utiliza pigmentos en su mayoría de origen mineral disueltos en agua. Es la técnica utilizada por las grandes culturas de la humanidad; mayas, egipcios, griegos, mesopotámicos y los pintores renacentistas entre otros

Objetivo: impartir los conocimientos básicos relativos a la milenaria técnica de aplicación de los frescos a la cal. Se discute sobre el ciclo y los tipos de cal; los áridos y preparación de superficie, y preparación y aplicación de pigmentos

Contenido: en el taller se extraen pigmentos de arcillas y se pintan patrones con una misma base geométrica a partir de la aplicación de pigmentos minerales sobre un repello de pasta de cal, antes de que éste termine su proceso de petrificación (fresco), por lo que los pigmentos son absorbidos y cristalizados en la cal

Tallerista



Pedro Pizarro Villalobos. Arquitecto por la UNAM y artista plástico. Ha diseñado y construido proyectos de arquitectura de tierra en Guatemala, EUA, Brasil, China y México. En los últimos 10 años ha experimentado y reinterpretado la técnica de pintura al fresco aplicándola en muros de tierra y paneles de madera portátiles inspirado en un texto que heredó de su padre como aprendiz del arquitecto y muralista mexicano post-revolucionario Juan O'Gorman. Miembro de la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA)



Crédito: Natalia Rey

Taller 14: Taller para infancia

Descripción: Taller de experiencia sensorial y didáctica dirigido a las crianzas y maestros para presentar el material tierra como herramienta pedagógica que pueda ser incluida dentro de sus programas académicos o en actividades extracurriculares

Objetivo: no se trata de enseñar contenidos en relación con las técnicas, más bien ser una experiencia desde el juego y la exploración de la tierra como material para exaltar y valorar la participación de crianzas en la construcción del entorno

Contenido: exploración de la tierra como material natural a través de prácticas sensitivas; visita sabidurías locales (2 o 3 talleres de artesanos de San Pedro), visita a talleres SIACOT (test Carazas o pruebas de campo, muralismo, embarrado), realización de expresiones sensitivas del entorno (dibujos), exploración con pinturas naturales y murales en comunidad infantil

Se busca: **a)** identificar los saberes y sabedores, quienes dan forma al entorno construido; comprender que la tierra toma vida en manos de los sabedores y que ésta se expresa a través del tiempo constituyendo unos saberes que hacen parte de nuestro patrimonio e identidad; **b)** explorar diferentes usos de la tierra como material. Comprender que es un material con el cual las crianzas pueden expresarse e intervenir en el entorno construido; **c)** valorar las distintas expresiones que tiene el material tierra a nivel iberoamericano, y su vigencia en un entorno contemporáneo. Desde una mente exploradora y lúdica, observar e identificar la forma en la que talleristas de diferentes países le dan uso a la tierra actualmente

Talleristas



Natalia Rey Cuellar. Arquitecta Universidad de los Andes (Colombia) y Máster en Regeneración arquitectónica y desarrollo de la Universidad Oxford Brookes (UK). Desde el 2001 está vinculada a proyectos de educación, arquitectura e infancia desde la investigación y la realización de talleres. Es fundadora de Terrícolas, arquitectura de tierra para niños y de Andino, Estudio de arquitectas. Desde 2013 diseña y construye con técnicas tradicionales de construcción con tierra en Barichara, Colombia Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Pacha Yapucha Yampara Blanco. Es titulada por excelencia de la carrera de arquitectura por la UMSA. Candidata a maestra en innovación tecnológica y proyectos urbanos sostenibles, maestra en educación superior y psicopedagogía. Diplomada en diálogo de saberes e investigación aplicada en cambio climático, Diplomada y especialista en investigación comunitaria y saberes en cosmovisión ciencia y tecnología andina. Actualmente es profesora y docente investigadora en la carrera de Arquitectura de la UMSA. Es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA



Tema 1

Materiales y técnicas constructivas

Trabajos que presentan resultados de experimentos con materiales y/o sistemas constructivos, tales como: caracterización física, mecánica, química, etc.; propuestas de métodos de ensayos; desarrollo de nuevos materiales y técnicas; y, actualización de técnicas tradicionales, entre otros



ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CONSTRUCCIONES HISTÓRICAS DE ADOBE. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN CASOS DE ESTUDIO, JUJUY, ARGENTINA

Nicolás Rodolfo Losa

CONICET | Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra, Universidad Nacional de Jujuy, Tilcara, Argentina, nlosa@kusch.unju.edu.ar

Palabras clave: diseño de intervención estructural, refuerzo sísmico, preservación de patrimonio arquitectónico

Resumen

La técnica del adobe se utiliza en las prácticas constructivas de forma habitual y variada, pero las alternativas para abordar su análisis estructural son relativamente escasas. En consonancia con líneas de investigación desarrolladas por distintas instituciones, este trabajo se propone abordar el Método de Elementos Finitos (MEF) como herramienta para dicho análisis. Se presentan tres casos de estudio, emplazados en la provincia de Jujuy (Argentina) donde se diseñó la intervención de edificios patrimoniales, construidos en mampostería de adobe, con requerimientos de refuerzo sísmico y atención de patologías. El artículo presenta sus distintas aproximaciones desde el MEF como apoyo para las tareas de campo y de diseño en tales proyectos, las cuales evolucionaron conforme los proyectos progresaban y el conocimiento sobre los edificios crecía. Concretamente, se realizaron análisis sísmicos dinámicos con elementos de placas, para luego implementar simulaciones estáticas y elementos sólidos según las necesidades y prioridades dadas en cada caso: el cabildo de San Salvador de Jujuy, la “Casa del Marqués” de Yavi, y la iglesia de Uquía. Las simulaciones realizadas permitieron establecer prioridades y pautas para el diseño de mejoras estructurales en cada intervención, poniendo en evidencia riesgos de índole sísmico, relevantes durante la toma de decisiones referidas a la aplicación de refuerzos, y se esclarecieron las implicancias de irregularidades y patologías constructivas.

1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de diseñar soluciones estructurales al intervenir patrimonios construidos con tierra puede significar un desafío, en tanto muchos de los métodos tradicionalmente empleados en la ingeniería no logran captar las complejidades materiales de técnicas como el adobe (Webster, 2008). Más aún, los métodos que sí logran adoptar estas complejidades suelen hacerlo en base a aplicaciones contrapuestas, a veces, a la concepción y evolución de los proyectos que los demandan. Esto debido a que pueden involucrarse actividades de tipo comunitarias, políticas e historiográficas, que implican tiempos y dinámicas cambiantes a la hora de construir el conocimiento sobre el edificio y la forma de su intervención (Correia, 2007).

Se hace necesaria, entonces, una aproximación al estudio estructural de estos edificios que resulte expeditiva frente a los factores externos al cálculo ingenieril y que, sin descuidar los aspectos internos del mismo y su objetivo de lograr seguridad constructiva, pueda adaptarse y acompañar las diferentes actividades y etapas dentro de los proyectos de intervención (Lourenço; Pereira, 2018).

1.1 Objetivo

El presente trabajo presenta al método de elementos finitos (MEF) como alternativa para dicha aproximación. Se establecen convenciones en base a líneas de investigación anteriores para la aplicación del método computacional y, luego, el artículo se propone estudiar sus alcances y limitaciones. En tal sentido, se exponen los resultados concretos a los que se ha arribado en tres casos de estudio, desarrollando para cada uno una estrategia metodológica adaptada a sus particularidades.

En todos los casos, una aplicación progresiva de las simulaciones por MEF (desde la simplicidad más expeditiva, hasta la rigurosidad convencionalmente aceptada para su aplicación final) permite analizar los requerimientos de aplicarlo como herramienta en cada proyecto, así como sus aportes (Lourenço; Pereira, 2018).

1.2 Casos de estudio

Los tres casos presentados a continuación contemplan casi toda la latitud territorial de la provincia de Jujuy, en el noroeste argentino, así como una amplia variedad metodológica y herramientas proyectuales. El presente trabajo se enmarca en los proyectos que el Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra de la Universidad Nacional de Jujuy (LAAyCT, UNJu) ha llevado adelante para el estudio e intervención del patrimonio edificado en la provincia. Los métodos inherentes al análisis estructural (y resultados correspondientes) se detallan en las secciones 3 a 5 del trabajo, donde pueden apreciarse también figuras con sus modelos tridimensionales.

a) Cabildo¹ de San Salvador de Jujuy

El primer edificio público de la capital provincial, otrora sede del gobierno colonial a nivel regional. Actualmente funciona en manos del cuerpo policial provincial y a lo largo de su historia ha incorporado habitaciones de materiales diversos, pero el proyecto que motiva su intervención se enfoca en la sección más antigua de la construcción² (Tomasi; Barada, 2020a).

Se trata de una planta en forma de “L” de aproximadamente 65 m de lado, conformada por habitaciones sucesivas, que a su vez cierran un patio interno en su esquina. Su sistema constructivo principal es la mampostería de adobe, con muros que van del orden de los 60 cm a los 140 cm de espesor. Como es común en un cabildo, cuenta con una galería exterior. Ésta enfrenta la plaza principal de la ciudad y, tras ella, un recinto gana una altura aproximada de 10,3 m para conformar una torre, único cuerpo de planta alta en la estructura actual (Tomasi; Barada, 2020a).

El proyecto que motivó el análisis estructural para el caso contempla la refuncionalización del espacio como un museo, siendo el equipo de LAAyCT convocado como asesores en la factibilidad del proyecto y redacción del pliego técnico correspondiente (Tomasi; Barada, 2019). Con ese objetivo, fue necesario examinar el riesgo sísmico del edificio desde su morfología y sistema constructivo, procurando dar información para la obra pública en lo referido a: vulnerabilidad sísmica general, refuerzo de la torre, sostén de la galería (intervenida en un proyecto por separado) e implicancia de la apertura de vanos.

b) “Casa del Marqués”, localidad de Yavi

Se trata de una construcción doméstica de gran escala, acorde a su función colonial como cabecera del marquesado de Tojo. La casa ha sufrido distintos períodos de uso y abandono desde su declaración como Monumento Histórico Nacional (MHN) y posterior expropiación; y actualmente funciona como museo (Tomasi; Barada, 2020b).

Posee una planta de desarrollo prácticamente cuadrado, de 41 m de lado, formada por habitaciones rectangulares interconexas en torno a un amplio patio central. Tiene muros de mampostería de adobe que van del orden de los 50 cm a los 100 cm de espesor; a excepción de un grupo de contrafuertes dispuestos en la contrafachada, con espesor superior a los 110 cm. Previo a su intervención, la estructura mostraba signos patológicos de fisuración en ciertas aberturas y encuentros de muro; y problemas relacionados con el

¹ Cabildo: gobierno colonial instituido por el reino español, en una determinada región, para su administración. Se identifica con el mismo nombre a los edificios que servían de sede a alguno de estos gobiernos, que suelen poseer una arquitectura distintiva (Bellingeri, 2001).

² La sección más antigua en pie; puesto a que un evento sísmico motivó la reforma del edificio en 1863, luego de lo cual su desarrollo conserva una única planta baja.

desagüe de techos e intervenciones eclécticas que se fueron dando en tiempos y materiales diversos (Tomasi; Barada, 2020b).

El proyecto que motivó el análisis estructural del caso contempla la restauración de la construcción, atendiendo a las patologías y problemas existentes (Tomasi; Barada, 2018a). Para ello, fue necesario estudiar las patologías relevadas por el equipo no sólo desde su gravedad constructiva, sino también desde su implicancia estructural. Lo mismo para piezas estructurales que la construcción original no poseía, pero fueron incorporadas en intervenciones anteriores, como ocurrió con un encadenado de hormigón armado revelado tras inspecciones a la mampostería.

c) Iglesia de la Santa Cruz y San Francisco de Paula, localidad de Uquía

Uno de los edificios de culto más reconocidos del territorio y MHN desde 1941. Su construcción data del siglo XVII y en su historia ha recibido diversas intervenciones (Tomasi; Barada, 2020b). De ellas, la última ha sido finalizada recientemente y estuvo vinculada a un proyecto de restauración y consolidación para el que el equipo del LAAyCT brindó consultoría especializada (Tomasi; Barada, 2018b).

Se trata de una nave de 17,5 m por 7,2 m de planta, que posee una altura aproximada de 8,2 m y a la cual se adosa lateralmente un recinto de menores dimensiones, funcional como sacristía. El predio de la construcción incluye una torre campanario de base cuadrada, con unos 4 m de lado por 10 m de altura. Todo el conjunto, incluyendo la torre, está construido en mampostería de adobe de 100 cm de espesor (Tomasi; Barada, 2020a).

El proyecto ya mencionado contempló la reparación integral de la iglesia en lo respectivo a sus muros y cubiertas, como así también la incorporación de refuerzos sísmicos (drizado y viga collar) y constructivos (ante patologías de fisuración y discontinuidades). En este trabajo se muestran algunos de los análisis estructurales realizados con tales fines.

2 MARCO TEÓRICO

Antes de continuar con el desarrollo de los análisis estructurales, su evolución y resultados, es necesario definir brevemente la base conceptual del MEF. Este trabajo no busca presentar todos los detalles vinculados al tema, pero se propone brindar un conocimiento básico sobre las características y entidades involucradas en las simulaciones computacionales. De tal forma, serán comprensibles los resultados arribados con posterioridad, haciendo factible su discusión.

2.1 El método

En primera medida, debe reconocerse al MEF desde dos enfoques: el método como herramienta de ingeniería aplicada y el método como teoría matemática estricta. El primer enfoque está vinculado al medio que nos rodea y su demanda por obtener soluciones a problemas concretos. El segundo está vinculado al rigor de los resultados arribados: a la certeza matemática de que se tratan, en menor o mayor grado, de una aproximación a la solución real del problema, en toda su complejidad (Calderón; Gallo, 2011). Los análisis estructurales mecánicos (como los presentados en las secciones 3 a 5) se basan en principios energéticos³ ampliamente estudiados, por lo que queda validado que la representatividad de sus resultados dependerá de los datos suministrados al cálculo (y no de su operación matemática interna).

Dicho esto, se vuelve válida una analogía muy sencilla: los *Elementos Finitos*⁴ son partes discretas de una estructura continua que se analiza mecánicamente con un comportamiento físico determinado. El *Método* es el procedimiento en el que se realiza la discretización que

³ El *Principio de los Trabajos Virtuales* es una teoría de cálculo estructural hiperestático, en la cual se trabaja iterativamente la variación energética de deformación interna de un punto, para un cambio infinitesimal, hasta alcanzar el equilibrio con las fuentes de trabajo externo.

⁴ De aquí en adelante: "elementos".

los origina (Zienkiewicz et al., 2013). Aplicándolo, un problema mecánico complejo, que sólo se solucionaría por manipulación matemática humana, puede sustituirse por miles de operaciones sencillas que un ordenador trabaje numéricamente.

Dichas operaciones, surgen de ecuaciones asociadas a los puntos geoméricamente compartidos entre los elementos, llamados *Nodos*. A través de ellos, la información estructural cambia y se transmite, permitiendo a la computadora a cargo del cálculo alcanzar una solución al problema, cuando encuentra un equilibrio entre todas las partes del conjunto.

2.2 Comportamiento del material

Repasando lo antedicho en un contexto de aplicación, es necesario establecer comportamientos materiales claros dentro de la estructura, dividir la misma en partes afines al fenómeno que se quiere estudiar y considerar un volumen de información numérica adecuado a la exigencia matemática que suponga dicho fenómeno. Si se programara un comportamiento físico en extremo complejo, con elementos que no contemplen ninguna simplificación respecto a una sección de la estructura real y con la máxima cantidad de nodos admisible; entonces poca sería la facilidad de cálculo adquirida. Si se recurriera al extremo contrario, entonces lo que resultaría insuficiente sería la aproximación que la simulación computacional pueda tener con el comportamiento estructural real.

Simular el comportamiento de un sistema de mampostería, por ejemplo, bien podría significar modelarlo en toda su escala, mampuesto por mampuesto y junta por junta. Sin embargo, existen técnicas de homogenización que permiten traducir el comportamiento del sistema en un modelo constitutivo del continuo, recurriendo a estrategias como, por ejemplo, el uso de la mecánica de fracturas para caracterizar la falla típica de las unidades compuestas de mampostería (Lourenço, 1996).

Líneas de trabajo como la del Getty Conservation Institute y su *Proyecto de Estabilización Sismorresistente* siguen esta estrategia, pautando además algunas propiedades físicas correspondientes para materiales históricos como el adobe (Lourenço; Pereira, 2018). Si bien se trata de aplicaciones concretas para casos particulares (Lourenço et al., 2020); antecedentes de tales características son necesarios en el uso del MEF como herramienta para el análisis estructural, dada la dificultad que muchas veces se presenta para obtener datos técnicos desde el campo.

En las secciones 3 a 5 se presentan aproximaciones que, con criterios propios a cada caso, también apuntan a la realización de verificaciones estructurales en base a modelos representativos de la realidad, pero con un grado de simplificación suficiente y acorde a la aplicación práctica de dichas verificaciones en sus proyectos de intervención.

2.3 Tipos de análisis

Por otro lado, también se hace relevante en el método la forma en que los esfuerzos considerados sobre la estructura son aplicados. Debe pensarse a la mampostería de adobe como una materialidad que degrada sus propiedades a medida que se fisura y pierde conexión entre sus componentes. Por lo tanto, un análisis no-lineal es requerido para considerar a cada instante un cambio de comportamiento. Para edificios de altura relativamente baja como en los casos de estudio, los efectos dinámicos de tipo ariete pueden despreciarse; y un análisis de tipo estático o *Pushover* se vuelve la opción más adecuada (FEMA 440, 2005).

Sin embargo, los análisis de este tipo requieren una cantidad de recursos considerable y deben ser encarados con objetivos concretos en mente (Deierlein et al., 2010). La programación de los modelos requeridos, con elementos geoméricamente complejos y gran número de nodos, resulta problemática a la hora de introducir cambios como los que ocurren a medida que el conocimiento sobre una construcción crece o cambia.

Considérese también la presencia de refuerzos distribuidos en la mampostería dedicados a resistir a los esfuerzos de tracción. Entonces, el comportamiento ortótropo y no-lineal del

material pierde relevancia (Lourenço, 2008). Aun cuando tal no es, normalmente, el estado de un edificio a intervenir, puede constituir su estado final. Por ello y por lo expresado en el párrafo anterior, no queda descartado del todo el uso de análisis lineales dinámicos.

En las aproximaciones desarrolladas en las secciones 3 a 5, los análisis estructurales fueron “evolucionando” conforme el estado del proyecto, su obra, los tiempos organizativos y los trabajos comunitarios avanzaban. De esta manera, además de adaptar los cambios necesarios respecto al caso de estudio, se fueron implementado los cambios propios del análisis, para alcanzar los objetivos de los proyectos con rigurosidad creciente.

3 CABILDO DE SAN SALVADOR DE JUJUY

3.1 Metodología

Como mencionó, en este caso se asistió al equipo de LAAyCT en la elaboración del pliego técnico para obra pública, a partir de un proyecto de intervención con pautas que, en principio, eran primordialmente arquitectónicas y funcionales. A su vez, su estudio se daba en paralelo a la ejecución del proyecto de intervención sobre la galería. En tal sentido, el análisis estructural estuvo circunscripto a una condición estructural concreta: la reducción del riesgo sísmico sin el uso de contrafuertes que afecten la circulación.

Un análisis más detallado tuvo que hacerse en el caso de la torre. Debía proponerse una solución para el recinto de 7 m por 6,20 m de base, 10,3 m de altura y espesor de muros de 1 m; que contemple múltiples aberturas de paso, la ocupación por parte de personal administrativo y la influencia de la galería exterior de 2,75 m de luz.

Los parámetros para la exigencia de los esfuerzos estructurales siguieron las líneas reglamentarias de CIRSOC 101 (2005) y CIRSOC-INPRES 103-I (2013)⁵. Los parámetros resistentes del adobe se obtuvieron gracias a ensayos mecánicos realizados por el Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios (LEME) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Tales valores, correspondientes a unidades aisladas de mampuestos, fueron transformados en propiedades físicas correspondientes a las paredes de mampostería que representan, siguiendo los criterios nombrados en la sección anterior. El primer modelo estructural simulado con sendas características puede observarse, en su versión final, en la figura 1.

Ese primer análisis por MEF se programó utilizando elementos de placa, de forma que el modelo poseía sus principales nodos en la posición relativa a los centros de cada muro, situados en los encuentros entre ellos y marcando el contorno de los vanos. Se forzó al material a mantenerse en un régimen elástico lineal y con ello un análisis dinámico de la estructura completa fue factible.

Tras resultados parciales (detallados más adelante) y el consecuente ajuste en las pautas de diseño e intervención, un segundo tipo de análisis por MEF fue requerido para verificar los refuerzos previstos en la torre. Aislar el cuerpo requirió un trabajo computacional iterativo en el que se programaron resortes que igualen, para un modelo por separado de la torre, la resistencia a la deformación traslacional que significaba el resto de la estructura. Lo propio debió hacerse para suministrar al modelo esfuerzos que reemplacen la acción inercial de la masa aledaña ante las aceleraciones sísmicas.

La torre fue simulada en un análisis estático no-lineal, siguiendo las mismas pautas que se dan para el diseño sísmico de edificios por desempeño (Lourenço; Pereira, 2018; FEMA 440, 2005; Aguiar, 2003). Para hacerlo, elementos de tipo sólido fueron utilizados, con un tamaño que permitió la subdivisión del espesor de muro en cinco partes.

⁵ Principalmente en lo referido al análisis elástico lineal realizado, que se explica en párrafos siguientes. El reglamento estipula un espectro de pseudo-aceleraciones en función de la estructura y su implantación territorial; permitiendo el diseño de un sismo del que provengan los esfuerzos últimos a resistir por el edificio.

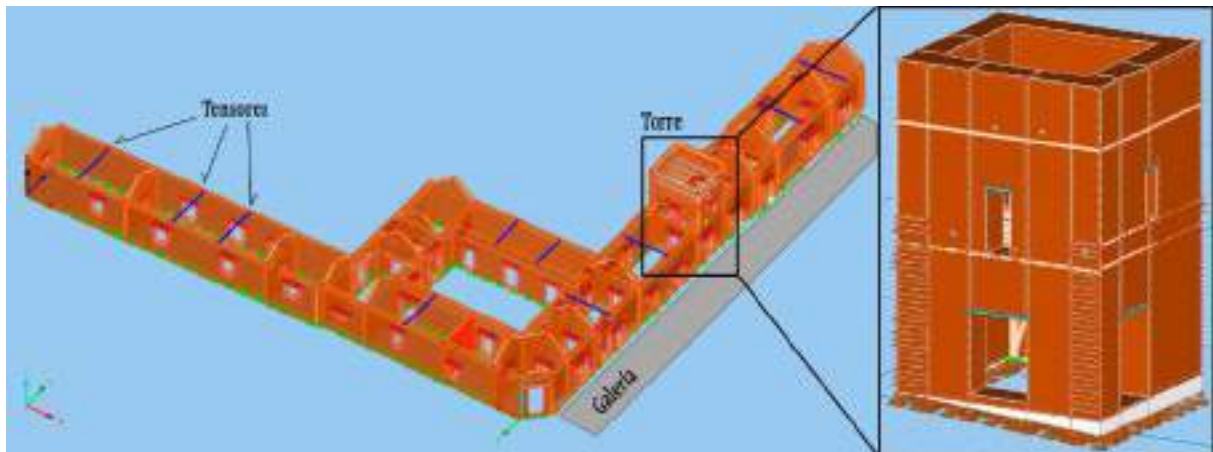


Figura 1. Modelo de placas del Cabildo de San Salvador de Jujuy (programa: RFEM v5.19)

3.2 Resultados

Los primeros análisis, dinámicos lineales, brindaron pautas sobre la vulnerabilidad del edificio respecto a factores conocidos en la temática: irregularidad de planta, extensión de muros sin arriostre transversal, y un cuerpo saliente en planta alta. Considérese que esos modelos se programaron con elementos de placa. Eso significa que la vinculación entre muros y el comportamiento desarrollado en su espesor se calcularon como proyecciones estáticas de los esfuerzos transmitidos al centro de cada pared (que es la posición donde se encontraban los nodos utilizados para analizar la información). Se sabe de antemano, entonces, que el comportamiento simulado dista fundamentalmente del real respecto a su rigidez, además de los modelos constitutivos considerados lineales.

Sin embargo, aunque la simulación no brinde resultados con rigor cuantitativo, sí lo hace con un significado cualitativo de buen grado, motivado por el fundamento matemático que sostiene al método. Un modelo así no funciona entonces como una herramienta analítica de diseño, sino como un mapa conceptual para la aplicación de diseños con base empírica. En esta clave deben leerse los resultados arribados en este y los siguientes casos de estudio.

Para el cabildo, el primer tipo de análisis permitió evaluar sucesivamente cambios en las aperturas propuestas de vanos, factibilidad de alternativas con motivos estético-funcionales y, principalmente, un criterio en la incorporación de sostenes laterales para el coronamiento de muros. La rapidez de adopción de las propuestas y los cambios notorios de comportamiento dentro de la simulación, permitieron pautar el desarrollo final de la planta y la posición de tensores metálicos, ya anticipado en la figura 1. Esta solución permite que, ante un evento sísmico, las vigas-collar de muros enfrentados puedan trabajar de mejor manera (Guillaud et al., 2008).

También, desde este primer análisis, se diseñó el refuerzo de la torre y se estimó su verificación mediante un segundo análisis, más riguroso. El equipo de LAAYCT propuso una estructura independiente de madera contenida dentro del recinto, de dos niveles, de forma que absorba una temida distorsión entre los coronamientos de muro en ambas plantas. Un drizado fue propuesto para mantener la integridad de muros, restando verificar la forma en que los muros fisurarán perdiendo continuidad. Así, el resultado parcial de un análisis es insumo de otro, en la medida que se pauta un objetivo.

Los resultados finales fueron verificados con la metodología antedicha (figura 2). El análisis estático permitió aproximar en mejor medida el comportamiento real del material; y poseer elementos distribuidos en el espesor de los muros (con nodos que transmiten información sobre su equilibrio interno) brindó los resultados sobre tensiones y esfuerzos que antes debieron desestimarse. Ante el empuje basal, la estructura alcanza el equilibrio en valores

de deformación admisibles, manteniendo tensiones adecuadas en las piezas de madera que la refuerzan y sin incurrir en el desprendimiento completo de los muros de adobe⁶.

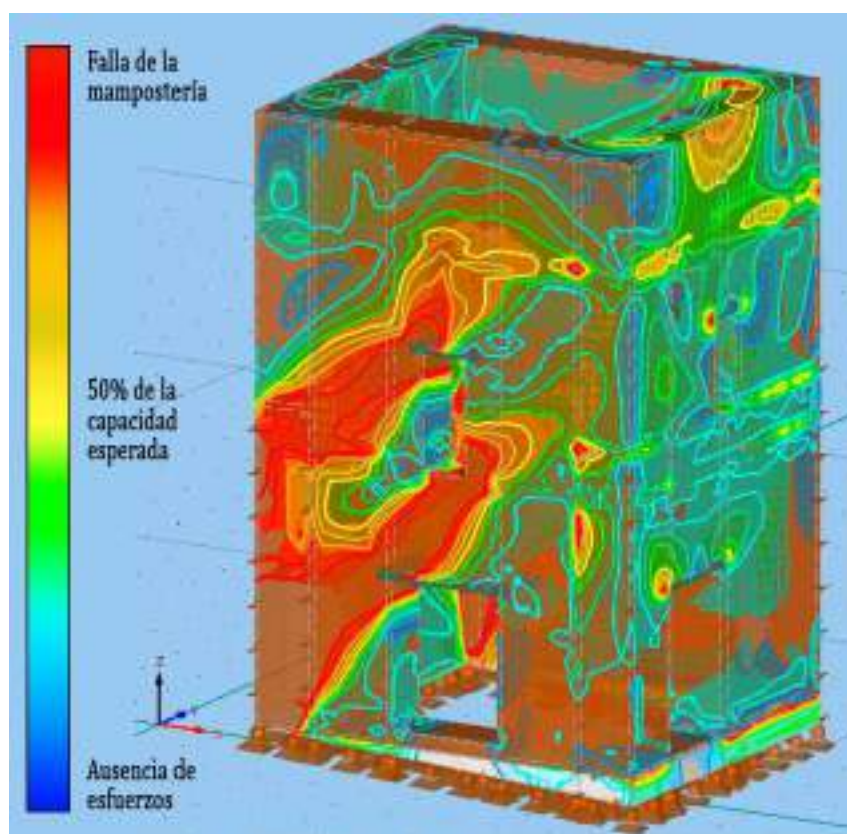


Figura 2. Modelo sólido de la torre del Cabildo de S.S. de Jujuy (programa: RFEM v5.19)

4 "CASA DEL MARQUÉS", LOCALIDAD DE YAVI

4.1 Metodología

Primeramente, los modelos computacionales de la vivienda se realizaron con elementos de placa (figura 3). Esfuerzos de índole sísmica y servicio se programaron siguiendo la misma línea reglamentaria que la mencionada en el caso anterior. En "Casa del Marqués" las propiedades del material eran desconocidas y la logística para procurar un ensayo mecánico cerca de la localidad muy compleja; por lo que esos datos fueron adoptados desde la bibliografía ya citada, en virtud de su base empírica.

El proyecto de restauración motivó una metodología de estas características, en tanto las primeras etapas de trabajo estuvieron caracterizadas por el relevamiento progresivo que el equipo de LAAyCT realizó de la construcción (a medida que las alas del museo que se emplaza en la Casa eran desocupadas y habilitadas para la intervención en revoques). El análisis estructural fue incorporando así cambios en vinculaciones de muro, en su verticalidad, presencia de fisuraciones, piezas de hormigón armado incorporadas a muros y sectores de mampostería afectados por la humedad (Tomasi; Barada, 2020b). La forma de simular estas patologías fue variada, pero en términos de las entidades mencionadas en este trabajo pueden explicarse con una metodología común: Se discrimina un sector o desarrollo longitudinal dentro de un muro, se le incorporan nodos, y se conforma entre ellos un elemento de propiedades diferentes (más rígido y pesado para el caso del hormigón armado; un adobe más débil y deformable sobre una línea de fisuración, etc.).

⁶ Esta conclusión se arriba al visualizar el desarrollo de fisuras y material degradado en las zonas que se marcan en la Figura 2 con color rojo. Allí, el material ha alcanzado el criterio de falla y ofrece resistencia mínima al empuje. Como se observa, este fenómeno no genera una envolvente.

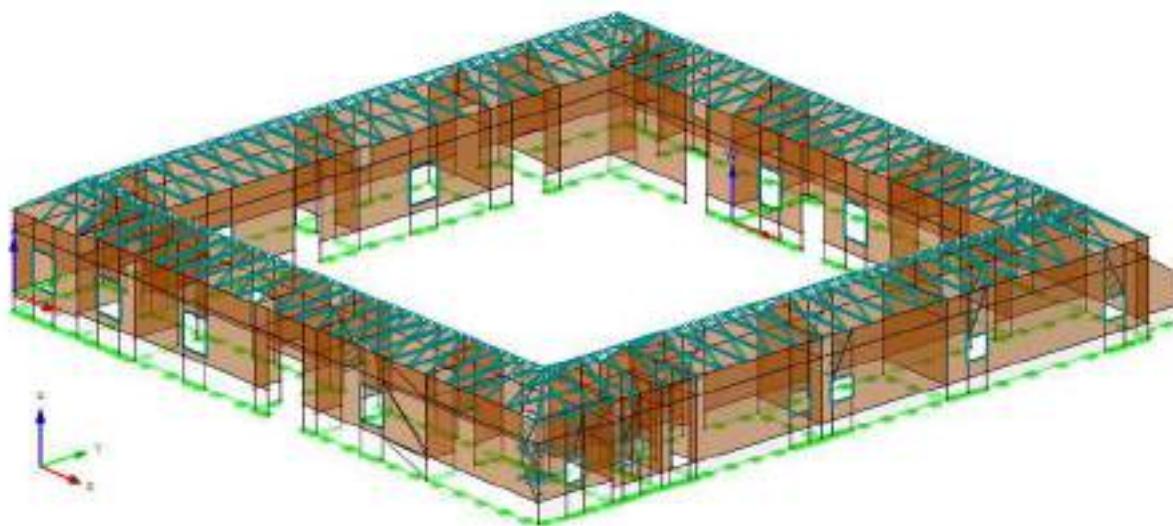


Figura 3. Modelo de placas de “Casa del Marqués”, localidad de Yavi (programa: RFEM v5.19)

Se realizaron análisis elásticos lineales bajo consideraciones similares al del caso anterior, con el objetivo de determinar tanto el riesgo sísmico, como la importancia estructural de cada patología e irregularidad constructiva encontrada.

Eventualmente, se hizo observable una pieza de encadenado de hormigón armado que coronaba los muros de los recintos la casa (Tomasí; Barada, 2020b). Para su estudio fue necesario un análisis de mayor rigor en términos físicos⁷, puesto a que debía determinarse si su presencia podía reemplazar una de las piezas de refuerzo proyectadas o si, por el contrario, su resistencia podía considerarse insuficiente y hacer necesaria su remoción.

Para ello, se efectuó un análisis dinámico elástico lineal de un tramo localizado de muro. Allí se estudió si tal régimen era el correspondiente a la pieza de hormigón armado ante esfuerzos sísmicos, o sea, si la misma no incurría más allá de su resistencia, sin rotulación. Para hacerlo, se implementaron elementos sólidos a los efectos de visualizar un desarrollo interno de tensiones, y las mismas consideraciones hechas en el caso anterior para aislar la pieza del resto de la estructura.

4.2 Resultados

Como se deduce de lo desarrollado en la metodología, los resultados parciales de los análisis estructurales generales representaron una amplia variedad de expresiones, y cada uno podría validar una discusión por sí mismo. Por ello, el trabajo expone sólo el estudio sobre el tramo de encadenado programado (el más exigido, acorde a los análisis sísmicos previos). Su estado final se observa en la figura 4.

Concretamente, lo que puede observarse es el resultado de dos análisis consecutivos. Ante una primera simulación, la pieza de hormigón armado demostró (en las dos secciones marcadas de la figura 4) esfuerzos superiores a la resistencia esperada por los hierros que habían sido relevados en su interior. Siendo esos los únicos puntos donde las tensiones se desarrollaban, se realizó un segundo análisis contemplando las secciones como rotuladas. Las isobandas de tensiones presentes en la figura 4 marcan en color rojo el límite resistente considerado para el adobe, claramente alcanzado bajo las rótulas.

⁷ Recordar que los datos del comportamiento material eran desconocidos; a falta de poder brindar una representatividad completa se realizaron pruebas de sensibilidad de las propiedades mecánicas involucradas.

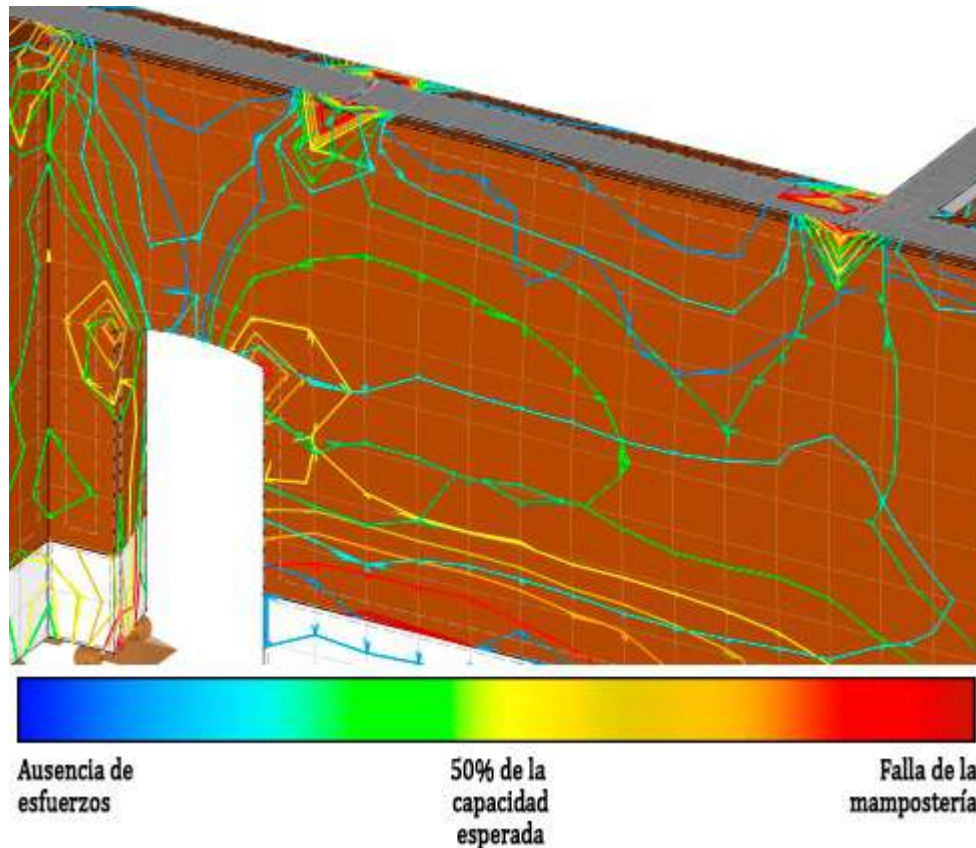


Figura 4. Modelo sólido de un encadenado de hormigón armado en “Casa del Marqués”
(programa: RFEM v5.19)

Así queda expuesta la pauta de que la pieza resultaba problemática en el servicio de la estructura. Ante una eventual (y probable) fisuración del hormigón, la rigidez superior que el mismo posee en comparación al adobe se convierte en un problema: los tramos de viga se mueven en torno a una articulación que afecta gravemente a los mampuestos de sus inmediaciones. Esta aproximación desde el MEF permitió una decisión concreta de intervención, que fue la de remover el encadenado y reemplazarlo por una viga collar de madera.

5 IGLESIA DE LA SANTA CRUZ Y SAN FRANCISCO DE PAULA, LOCALIDAD DE UQUÍA

5.1 Metodología

La restauración tuvo, como en los casos anteriores, la necesidad de múltiples estudios estructurales respecto a diferentes cuestiones constructivas y de seguridad. En la figura 5 se aprecia uno de los modelos programados a tal fin, en donde pueden observarse fisuras de profundidad pasante que afectaban a los muros laterales en las inmediaciones de la fachada. Estas fisuras fueron descubiertas durante las tareas de relevamiento. A diferencia de lo que transmite el modelo, el edificio cuenta con una estructura de hormigón armado en el interior de sus muros, también descubierta luego de avanzados los trabajos, que se encuentra presente en todos los recintos (Tomasi; Barada, 2020b).

Dejando de lado la compleja interacción de este sistema de pórticos y sólidos, este trabajo expone el estado más primitivo del análisis, para el cual el objetivo era definir la importancia del esqueleto de hormigón en la seguridad estructural. Concretamente, se buscaba definir si alguno de los paños de muro se encontraba sostenido íntegramente por los pórticos anexos a la nave, ante las dudas sobre como continuar el avance de obra.

Se rescata esta experiencia porque, a diferencia de los casos anteriores, ningún atajo era adecuado a pesar de la necesidad de ser expeditivo. Con las pautas de carga y propiedades materiales antes nombradas, se programó un modelo de elementos sólidos que refleje en el mejor grado posible la geometría de cada paño discontinuo. Se evaluó su comportamiento ante estados últimos de peso propio sin considerar la estructura de hormigón armado brindando su sostén. Se consideró un régimen elástico, entendiendo que de sobrepasarse su límite resistente entonces la mampostería de adobe habría de sostenerse apoyada en los pórticos.

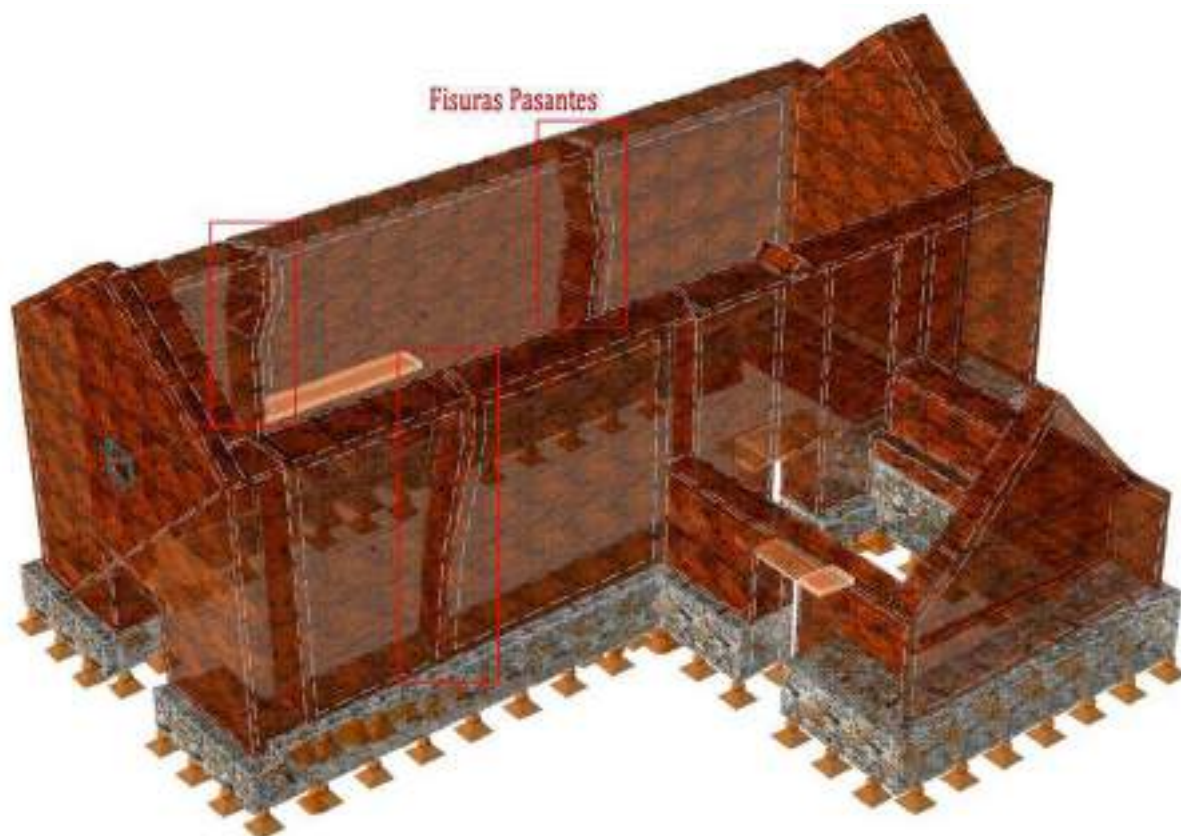


Figura 5. Modelo sólido de la iglesia de Uquía en presencia de fisuras (programa: RFEM v5.19)

5.2 Resultados

El análisis permitió concluir el sostenimiento por medios propios de todas las secciones de muro bajo la tranquilidad de haber simulado con detalle su desarrollo de tensiones interno. En la figura 6 pueden apreciarse las deformaciones de algunos de los bloques. En particular, el lateral con su comportamiento de alaveo resultaba relevante, a causa de su forma de péndulo invertido.

Queda pendiente en el presente trabajo, sin embargo, un análisis del origen de las fisuraciones. Mediante un estudio de sensibilidad que consideró la afectación de los cimientos por pérdida de rigidez y por falta de sustento se observó que el comportamiento es válido para un asentamiento diferencial del muro de fachada. Tal estudio ha de completarse con evaluaciones sobre la extensión real de tal asentamiento, si lo hubiere, y su efecto sobre los paños de muro ya simulados.

La fachada, por su lado, motivó análisis posteriores, en presencia del sistema de refuerzo de hormigón armado, que permitieron esclarecer el orden de tensiones que el sistema mantiene en servicio estático.

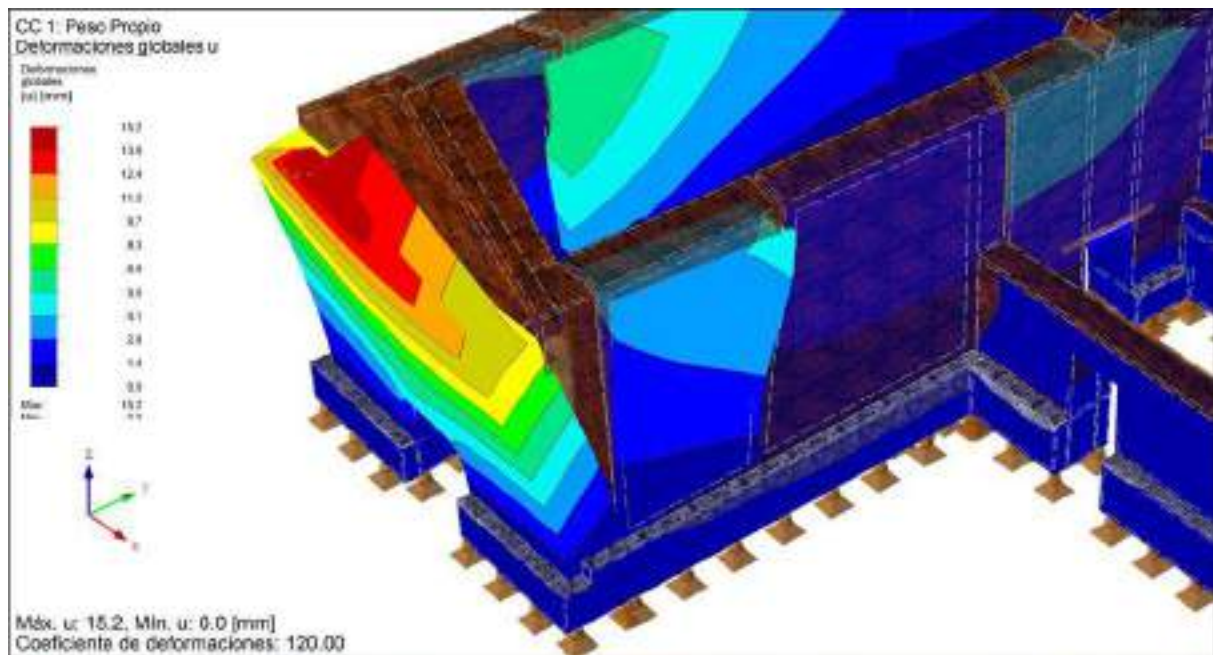


Figura 6. Deformaciones en muros discontinuos, iglesia de Uquía (programa: RFEM v5.19)

6 CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se expusieron tres casos de estudio, para intervenciones sobre construcciones en mampostería de adobe, en los que una diversidad de análisis estructurales fue requerida. Se presentó al MEF como herramienta para generar dichos análisis, buscando exponer sus alcances y limitaciones desde lo teórico y lo práctico.

Como resumen de los resultados obtenidos, las simulaciones realizadas permitieron establecer prioridades y pautas para el diseño de mejoras estructurales en cada proyecto intervención: se dejaron en evidencia riesgos de índole sísmico, relevantes durante la toma de decisiones referidas a la aplicación de refuerzos; y se esclarecieron las implicancias de irregularidades y patologías constructivas, evidentes conforme avanzaban las obras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Falconí, R. (2003). Análisis sísmico por desempeño. Quito: Editorial de la Escuela Politécnica del Ejército.
- Bellingeri, M. (2001). Dinámicas de antiguo régimen y orden constitucional: representación, justicia y administración en Iberoamérica, siglos XVIII y XIX. Turín: Otto, Nova Americana, 2000.
- Calderón, G.; Gallo, R. (2011). Introducción al método de los elementos finitos: un enfoque matemático. Caracas: Escuela Venezolana de Matemáticas.
- CIRSOC 101 (2005). Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- CIRSOC-INPRES 103-I (2013). Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte I: Construcciones en general. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial; Instituto Nacional de Prevención Sísmica.
- Correia, M. (2007). Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural – Journal of cultural heritage studies, vol. 20, nro. 2. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Deierlein, G.; Reinhorn, A.; Willford, M. (2010). Nonlinear structural analysis for seismic design. NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.

FEMA 440 (2005). Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures. USA: Applied Technology Council.

Guillaud, H.; Graz, C.; Correia, M.; Mileto, C.; Vegas, F. (2008). Terra incognita. Preserving European Earthen Architecture. Bruselas: Culture Lab Editions y Editora Argumentum.

Lourenço, P. (1996). Computational strategies for masonry structures. Tesis de doctorado. Países Bajos: Delft University of Technology.

Lourenço, P. (2008). Structural masonry analysis: recent developments and prospects. Australia: University of Newcastle

Lourenço, P.; Pereira, J. (2018). Seismic Retrofitting Project: Recommendations for advanced modeling of historic earthen sites. Los Angeles: Getty Conservation Institute; Guimarães: TecMinho – University of Minho.

Lourenço, P.; Greco, F.; Barontini, A.; Ciocci, M.; Karanikoloudis, G. (2019). Seismic Retrofitting Project: Modeling of Prototype Buildings. Los Angeles: Getty Conservation Institute; Guimarães: TecMinho – University of Minho.

Tomasi, J.; Barada, J. (2018). Diagnóstico, propuesta de intervención y fortalecimiento de saberes locales, para la puesta en valor de la Casa del Marques (Yavi, provincia de Jujuy). STAN CONICET ST3753. Disponible en <http://www.conicet.gov.ar/>.

Tomasi, J.; Barada, J. (2018). Relevamiento, diagnóstico y propuesta de intervención para la restauración y consolidación de la Iglesia de San Francisco de Paula (Uquía, provincia de Jujuy). STAN CONICET ST3753. Disponible en <http://www.conicet.gov.ar/>.

Tomasi, J.; Barada, J. (2019). Desarrollo de los pliegos para la restauración de la mampostería de adobe en el edificio del Cabildo de Jujuy. STAN CONICET ST3753. Disponible en <http://www.conicet.gov.ar/>.

Tomasi, J.; Barada, J. (2020). Patrimonios coloniales y republicanos. Caracterización de sus técnicas y materialidades en la provincia de Jujuy (Argentina). Gremium: Revista de restauración arquitectónica, vol. 7, nro. 14. México: Editorial Restauro.

Tomasi, J.; Barada, J. (2020). Recurring damages on earthen heritage. Diagnosis and possible interventions in the highlands of Jujuy (Argentina). Journal of Building Pathology and Rehabilitation, vol. 5, nro. 1. Suiza: Springer.

Zienkiewicz, O.; Taylor, R.; Zhu, J. (2013). The finite element method: its basis and fundamentals. Oxford: Elsevier.

Webster, F. (2008). Earthen Structures: Assessing Seismic Damage, Performance, and Interventions. In: Avrami, E.; Guillaud, H.; Hardy, M. (2008). Terra Literature Review: An Overview of Research in Earthen Architecture Conservation. Los Angeles: Getty Conservation Institute. p. 69-79.

AUTORES

Nicolás Rodolfo Losa, ingeniero civil; profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (FRSF UTN); becario doctoral de ingeniería mención industrial por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); miembro del Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT, UNJu; Tilcara); miembro de la Red Argentina PROTIERRA.

EL TEPETATE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREHISPÁNICA EN LOS VALLES ALTOS DE TLAXCALA, MÉXICO

Esmeralda Avila Boyas¹, Luis Fernando Guerrero Baca²

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, CDMX, México,

¹arqavilaboyas80@gmail.com; ²luisfg1960@yahoo.es

Palabras clave: Suelos consolidados, tradición constructiva, granulometría, alófanos

Resumen

El tepetate fue un material ampliamente utilizado por las culturas prehispánicas mesoamericanas ubicadas en el Altiplano Central de México y se siguió empleando hasta principio del siglo XX. Se trata de un recurso constructivo muy versátil porque puede usarse como un componente estructural en mamposterías, pero si se tritura y humedece, es posible elaborar adobes, muros de tapia, morteros de pega y recubrimientos. Este trabajo está enfocado al análisis de edificios de tres sitios emblemáticos de la región, con el fin de caracterizar algunas de las estrategias tecnológicas para la transformación y aplicación del tepetate. Se ha podido documentar que existen rasgos formales y de dimensionamiento que se derivan de las propiedades del tepetate como un recurso que tiene un doble comportamiento tanto como material pétreo, así como un componente de tierra.

1 INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años en la industria de la construcción, el tepetate ha sido considerado como un material inerte, por lo que se ha limitado su uso a la elaboración de terraplenes, como relleno, o como un material de sustitución de suelos problemáticos, como sucede con los que presentan un alto contenido de arcillas expansivas que sufren alteraciones con la humedad (López et al., 2010). Este fenómeno ha causado que no se le confiera el valor que realmente merece, al dejar de lado su capacidad de transformación y adaptación para el desarrollo de diferentes sistemas constructivos de la arquitectura de tierra.

En las culturas prehispánicas el tepetate fue un material muy utilizado para la construcción de centros ceremoniales, escalinatas, unidades habitacionales y graneros; tal ha sido la importancia de este material que hasta el día de hoy se encuentran en pie algunas de las estructuras construidas con él, lo que nos da una evidencia histórica de su eficacia.

Pocos son los estudios que han profundizado sobre la constitución, origen y propiedades de este material, a excepción del sector agrícola que a la fecha ha sido el que ha explorado un poco más sobre el comportamiento y propiedades del tepetate (Rodríguez et al., 1999). Sin embargo, las investigaciones acerca de sus propiedades y su transformación lo perciben más como un problema que como un recurso, puesto que, debido a su consistencia y escaso contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, se dificulta su aprovechamiento agrícola. Es por ello que los estudios aspiran a la alteración de su naturaleza a fin de poder hacerlo apto como suelo fértil (Álvarez et al., 2000).

Los tepetates se clasifican en dos grupos: los del tipo *fragipán* que se caracterizan por ser parte de un horizonte subsuperficial duro en estado seco, pero que se vuelve frágil al humedecerlo; y los del tipo *duripán*, localizados en un horizonte subsuperficial cementado con sílice, con o sin agentes cementantes auxiliares (Etchevers et al., 2017).

En el centro de México los tepetates ocupan un área mayor a 300 mil hectáreas, siendo una superficie importante, en especial los *fragipán* que son típicos en la construcción con tierra gracias a que no necesitan un procesamiento complejo y pueden ser utilizados tal y como se extraen. El grupo de tepetates *fragipán* ha sido muy estudiado por la comunidad científica, en especial los que se localizan en el Valle de México y Tlaxcala, por su predominio regional y su empleo rutinario como sub-bases de caminos, calles y aceras.

Por tratarse de un suelo que dificulta el desarrollo de vida vegetativa, y que tiene además un comportamiento muy estable desde el punto de vista de la mecánica de suelos, a lo largo del siglo XX y todavía en fechas recientes es ampliamente empleado como recurso de ingeniería civil.

Sin embargo, de manera paradójica, ha sido muy poco considerado desde la perspectiva de la edificación con tierra porque se tiene la percepción común de que carece de cohesión. Por ello, incluso en sitios en los que se trata de un material muy abundante, las comunidades locales que se dedican a la elaboración de adobes o ladrillos suelen optar por la compra de tierras arcillosas procedentes de otras regiones.

Una evidencia del uso del tepetate como material de construcción y de su transformación para ser empleado en diferentes sistemas constructivos por parte de las culturas prehispánicas mesoamericanas, se encuentra en los valles de Puebla y Tlaxcala, específicamente en la zona del Gran Basamento de Cacaxtla, así como en la zona habitacional de Xochitécatl (figuras 2-4) y el sitio de Tizatlán. La entidad federativa de Tlaxcala que se ubica en la meseta central de la República Mexicana pertenece a una faja neovolcánica que se caracteriza por la presencia de mesetas, lomeríos, llanuras, cañadas y el volcán de La Malinche (Ledesma et al., 2017).

2 ORÍGENES Y CARACTERÍSTICAS DEL TEPETATE EN LOS VALLES ALTOS DE TLAXCALA

Varios han sido los estudios que se han realizado sobre el origen geológico del tepetate en México. Los primeros reportaron que estos suelos se derivaban de materiales piroclásticos que mostraban distintos grados de intemperismo físico y químico. Diversos autores (Valdés, 1970; Gama et al, 2007) atribuyen la formación de los tepetates al arrastre aluvial de un flangomerado que posteriormente se consolidó. Sin embargo, de acuerdo con los resultados expuestos por dichos autores, no fueron suficientemente precisos y dejaron ambigüedades sobre el génesis del material, concluyendo que en realidad los tepetates pueden tener orígenes diversos (Rodríguez et al. 1999).

Zebrowski (1992) reconoce dos procesos geológicos para explicar el endurecimiento de los horizontes: por consolidación-compactación simple o por hidroconsolidación de materiales volcánicos transportados por el agua. En ambos casos existe un incremento en la densidad aparente del material, una mayor dureza y consecuentemente, una disminución de la porosidad; el otro proceso geológico es resultado del endurecimiento de los materiales volcánicos en el momento de su depósito y posterior enfriamiento, como sucede con los flujos piroclásticos.

Independientemente de su origen, los tepetates siempre presentan propiedades físicas, mecánicas y químicas que le son comunes entre sí. Destaca su compactación, que se refleja en sus altas densidades aparentes ($1,7-1,9 \text{ g/cm}^3$), una porosidad baja de 13 a 24 %, así como bajas conductividades hidráulicas y retención de humedad (Armendáriz, 2012: 4). De acuerdo con los trabajos realizados sobre las características físicas, los tepetates exhiben una matriz compuesta por arena, limo y menores porcentajes de arcilla, sin embargo, en ocasiones pueden presentar contenidos altos de esta fracción (Miehlich, 1992; Peña y Zebrowski, 1992).

Dentro de los estudios más actuales se encuentran los realizados con fines arqueológicos en las planicies del Valle de México, al poniente de los Valles de Puebla y Tlaxcala, en los que se han determinado las características físicas del suelo donde se origina el tepetate, material base de las técnicas constructivas de la región de Cacaxtla donde se localizan las unidades de análisis del presente texto.

Los suelos de la región suroeste de la entidad se formaron a partir de materiales piroclásticos, con alto contenido de minerales volcánicos. En general, en la región del municipio de Nativitas donde se localizan los sitios arqueológicos revisados, los suelos son arcillosos y de color café (figura 1), con partes de contenido de caliza friable y, en algunos

casos, sílice a mayor profundidad. En las partes altas del piedemonte se observan suelos de color café rojizo, mientras que el tepetate se localiza en la parte media y baja del piedemonte, asociado con los suelos arcillosos color café (Ledesma et al, 2017: 16).



Figura 1. Apariencia arcillosa de color café del tepetate tipo *fragipán* localizado en su estado natural en los valles altos de Tlaxcala (crédito: E. Avila, 2021)

Parte de la singularidad en el comportamiento de los tepetates se deriva de la presencia de un componente mineralógico que comparte la composición química de las arcillas pero que, como resultado de su organización cristalina posee rasgos propios. A los minerales alófanos ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1.2\text{-}2\text{SiO}_2 \cdot 2.5\text{-}3\text{H}_2\text{O}$) se les conoce también con el nombre de “amorfos” debido a que su conformación carece de una estructura con geometría evidente. Hay autores (Besoain 1985; Harsh et al., 2002) que los denominan minerales “pobremamente cristalinos o silicatos no cristalinos”. Incluso existen referencias en las que se dice que se trata de minerales que no pertenecen a la familia de las arcillas, a pesar de contener aluminio, silicio, oxígeno e hidrógeno y sobre todo, de presentar reacciones ante la presencia o ausencia del agua como todo material arcilloso.

Es digno de llamar la atención el hecho de que aunque los suelos tengan cantidades muy bajas de alófonos, éstos imponen cualidades que influyen en su comportamiento físico y químico. Los minerales amorfos se encuentran principalmente en los suelos derivados de cenizas volcánicas, y se suelen generalizar bajo el término de andisoles. Se trata de suelos cuya degradación se ha desarrollado bajo condiciones húmedas y templadas (Ramírez-Builes 2009).

La cercanía de las canteras situadas al suroeste del estado de Tlaxcala, posibilitaron la extracción del material para la construcción en la región de Cacaxtla. Serra (2020) dice que, una pregunta que surgió durante las excavaciones del centro ceremonial de Xochitécatl fue la de saber cuál era la fuente de tepetate utilizado en grandes cantidades, es decir, de dónde se extraía el material sin afectar el relieve. Sin embargo, aclara que en las exploraciones realizadas en la Plaza de los Tres Cerritos de Cacaxtla, se determinó que el foso que se encuentra en el límite sur fue uno de los lugares de donde se extrajo el tepetate, para la construcción de las casas y edificios del sitio.

3 APLICACIÓN CONSTRUCTIVA DEL TEPETATE

Los sitios arqueológicos de Cacaxtla, Xochitécatl y el conjunto histórico de Tizatlán, resultan de notable interés como consecuencia de la diversidad de formas de manejo de la materia prima, que incluso aparece en referencias documentales del siglo XVI. Sin embargo, debido a que los datos de investigaciones realizadas en estos sitios durante los últimos años se han centrado con mayor énfasis en las valiosas pinturas murales policromadas, aplicadas sobre revestimientos de cal y arena, se ha prestado relativamente poca atención a los componentes constructivos térreos que conforman el sustrato de esas expresiones pictóricas, y, sobre todo, el soporte estructural de los edificios y plazas.

El emplazamiento y desarrollo de Cacaxtla estuvo fuertemente ligado a su ubicación geográfica. Diversos autores (López, 1977; Lucet, 2013; Serra, 2020) llegan a la conclusión de que la selección del asentamiento estuvo en concordancia con el paisaje, en el cual predomina la presencia y conexión visual con los volcanes, que poseen una fuerte significación en su arquitectura. Por otro lado, la selección consideró un área altamente sostenible con acceso al agua y tierras cultivables, así como recursos materiales para la construcción. Finalmente, el sitio tuvo una gran importancia regional como punto de encuentro de diferentes grupos culturales, de manera que su conexión y control de las vías de comunicación con otras áreas eran estratégicamente relevantes.

Es por ello que en la arquitectura de Cacaxtla destaca el carácter defensivo de las construcciones que rodean el asentamiento, así como el aprovechamiento de los recursos materiales y la adaptación de estos al entorno, rasgos que predominaban en la tradición constructiva mesoamericana de aquella temporalidad correspondiente al periodo llamado epiclásico (aproximadamente entre el 600 y 1000 d.C.) que se caracterizó por continuos intercambios culturales y movimientos bélicos.

Serra (2020) en sus últimas investigaciones sobre la actividad constructiva en el sitio de Xochitécatl plantea que, tanto en la ocupación del periodo formativo como en la del epiclásico se utilizaron los mismos recursos naturales cercanos al asentamiento como son, el tepetate en bloque, tierra, madera, los cantos rodados de los ríos y las rocas de origen volcánicas procedentes del fondo de la laguna.

Existe similitud en las técnicas constructivas de Xochitécatl, el Gran Basamento de Cacaxtla (figura 2) y Tizatlán, pues comprende toda la serie de construcciones en las que el material del entorno fue acondicionado, mediante procesos de corte, trituración, humidificación, transformación y secado al sol, con el propósito de edificar estructuras portantes y espacios habitables (Serra, 2020).



Figura 2. En el Gran Basamento de Cacaxtla, se puede observar cómo el tepetate fue utilizado sin un procesamiento complejo. Fue solamente tallado en burdos sillares que luego se asentaban con material en estado plástico bajo la lógica de la mampostería común (crédito: E. Avila, 2019)

El tepetate utilizado en bloque como material pétreo presenta una cualidad singular. Además de su facilidad de tallado para darle la forma requerida para su colocación contrapeada en los muros y rellenos, una vez que es asentado y ligado, tiene la capacidad de absorber el agua de los morteros de pega y cohesionarse como si se trata de adobes, de manera que se genera al final un componente prácticamente monolítico. De este modo se consigue una transmisión continua de esfuerzos y una notable estabilidad de las estructuras.

En pruebas de resistencia a la compresión llevadas a cabo recientemente a trozos de tepetate de origen natural que fueron cuidadosamente tallados como cubos de 5 x 5 x 5cm, se obtuvo una resistencia promedio de 10,34 kgf/cm² ($\cong$ 1 MPa). Esto permite inferir la elevada resistencia que pueden alcanzar estas estructuras en las que además, de que las

piezas se comportan como una “piedra”, quedan adheridas en todas sus caras a los componentes que las rodean.

Con estos bloques se levantaron muros de contención, rampas y escalinatas (figura 5), además de la base de arranque de las paredes que confinaban los espacios habitables que se edificaron con adobes.

Al igual que sucede en otros sitios arqueológicos de Mesoamérica y Sudamérica, los núcleos de los basamentos fueron contruidos mediante la conformación de “cajones” o “celdas”. Este sistema, además de permitir un excelente control de calidad durante la elevación progresiva de los volúmenes, ha mostrado tener una respuesta muy adecuada ante los movimientos sísmicos.

La técnica consiste simplemente en conformar una retícula de muros conectados en sus esquinas a manera de un tablero de ajedrez, utilizando bloques de tepetate tallados con cuidado. Una vez que se alcanza una altura de tres o cuatro hiladas, el espacio interior de esta especie de habitaciones se rellena con bloques amorfos de tepetate que se vierten sin demasiado cuidado puesto que se densifican simplemente por la diferencia entre sus dimensiones, insertándose las partículas pequeñas entre las medianas y éstas, entre las mayores. Una vez que se alcanza la altura de los muros de la retícula perimetral, nuevamente se levanta un determinado número de hiladas que posteriormente se rellenan de progresivamente en cuanto el mortero de pega endurezca lo suficiente (figura 3).



Figura 3. Para la edificación de “cajones” o “celdas” se utilizan bloques mejor trabajados que se alinean y conforman los muros perimetrales que posteriormente se van rellinando con piezas burdas (crédito: L. Guerrero, 2020).

Parte de los taludes y plataformas del Gran Basamento de Cacaxtla fueron edificados en los dos periodos de ocupación, el formativo y el epiclásico. Sin embargo, en el primer momento de construcción el tepetate tiene mayor protagonismo ya que fue utilizado como relleno base para la consolidación de las plataformas. Una vez terminado el relleno, éste era cubierto con cantos rodados y piedra laja. Ese mismo periodo se caracteriza por el uso del tepetate especialmente para la conformación de escaleras (figura 5) que posteriormente eran cubiertas de piedra; no sólo en el Gran Basamento se seguía con esta lógica constructiva sino también en el sitio de Xochitécatl el tepetate era utilizado bajo este mismo criterio (figura 4).



Figura 4. Se puede observar el núcleo de los basamentos y el recubrimiento con piedra careada en las plataformas y taludes de Xochitécatl (crédito: L. Guerrero, 2020)



Figura 5. Durante el periodo formativo era fuerte la presencia del tepetate para la edificación de escalinatas, que en algunos casos eran cubiertas con un revestimiento de piedra (crédito: L. Guerrero, 2020)

Pero además de esta condición de su uso en bloques, al romperse en fracciones de menores diámetros, el tepetate presenta una particularidad muy destacable en comparación con el resto de los materiales térreos (Guerrero, 2007). Aunque es posible realizar pruebas de laboratorio y conseguir una evaluación granulométrica convencional en la que se separan las gravas, arenas y finos, resulta que si se trituran las partículas gruesas mediante el uso de un mortero y un mazo, la granulometría se modifica radicalmente. Lo que parecían pequeñas piedras o arena gruesa, en realidad son simplemente “terrones” que se pulverizan hasta poder pasar por la malla #200 como si todo se tratara de limos y arcillas. El principio de este proceso radica en la capacidad de las partículas del tepetate con alta presencia de alófanos de ser alteradas mediante mecanismos sencillos que permiten modificar la forma del conjunto, confiriéndole solidez y estabilidad físico química, dentro de rasgos de equilibrio específicos.

Si este polvo fino se mezcla con agua adquiere una consistencia sumamente plástica que permite su empleo como morteros de pega, como base para hacer adobes o incluso como capas para bajareque o revestimientos.

Finalmente, existen evidencias en el sitio de Xochitécatl de que el tepetate no sólo fue utilizado como material constructivo, sino también se usó como área de almacenamiento, es decir, como una especie de granero. El suelo natural conformado por gruesos estratos de tepetate se perforaba y excavaba en forma de pozos troncocónicos en los que, gracias al comportamiento bioclimático del material, se conservaban estables las condiciones higrotérmicas al interior manteniéndose por largos periodos los granos almacenados al liberarlos de la posibilidad de formación de hongos y de la intromisión de microorganismos y roedores (Serra, 2020).



Figura 6. Los adobes, morteros de pega y revestimientos de base que se emplearon en los muros de Cacaxtla se elaboraron con tepetate triturado y posteriormente hidratado (crédito: L. Guerrero, 2020)

Otro sitio en el que se usó el tepetate como material de construcción y que dio continuidad a esta tradición constructiva es el Basamento Policromado de Tizatlán, en donde se utilizó para nivelar y elevar superficies. Es importante resaltar que este lugar fue uno de los pocos en donde existe la presencia de ladrillo y adobes, tanto en el altar como en las columnas que lo configuran; algunos autores (Marquina, 1951) mencionan que durante el hallazgo del sitio lo que llamó la atención fue el uso de ladrillos para la construcción de los altares y el espesor de sus revoques, hechos mediante capas gruesas de un enlucido de cal (figura 5).

La zona arqueológica de Tizatlán, situada a unos 14 km de Cacaxtla, se encuentra emplazada sobre una colina de aproximadamente 25 m de altura, ligada por el oriente con elevaciones mayores, cuya superficie fue regularizada artificialmente mediante mamposterías de tepetate. Lo que caracteriza a este sitio son sus murales policromados que cubren cada lado del altar y que representan diversas escenas en el estilo de los códices del grupo Borgia (figura 6).



Figura 7. Columnas y altares fueron contruidos con pequeños bloques de tepetate y revocados con una capa gruesa de enlucido de cal y arena (crédito: E. Avila, 2019)



Figura 8. Vista del altar policromado por sus cuatro lados, este altar representa a las principales deidades: Mictlantecuhlti, Tezcatlipoca y Camaxtli (crédito: E. Avila, 2019)

4 CONSIDERACIONES FINALES

El empleo constructivo de diferentes condiciones físicas del material llamado tepetate en la edificación de la mayoría de los basamentos y unidades habitacionales de los sitios prehispánicos de Cacaxtla, Xochitécatl y Tizatlan edificados hace más de mil años, permiten deducir su potencial de uso tanto como componente de restauración del patrimonio edificado, como recurso para las obras actuales.

En prácticamente todo el centro de la República Mexicana que se caracteriza por la presencia de estructuras volcánicas es un material notablemente abundante. Sin embargo, a pesar de sus cualidades y su durabilidad probada en las evidencias arqueológicas brevemente caracterizadas en el presente texto, actualmente es muy mal aprovechado pues sólo se destina a rellenar huecos para el desarrollo urbano o para la regularización de perfiles en los que se asentarán carreteras, calles y aceras.

En estas obras de infraestructura se aplica en una condición seca de manera que se desperdicia el potencial aglutinante de los minerales alófonos que, como se ha explicado, cuando se trituran y humedecen durante el tiempo necesario, adquieren condiciones similares a las de cualquier tierra.

Es por ello que se hace necesario un estudio más cuidadoso de este material no solamente desde la perspectiva de la agricultura e ingeniería forestal que pretenda transformarlo en tierra fértil, sino también de sus posibilidades de apropiación para la edificación sostenible de diferentes componentes que ayuden a elevar la calidad de vida de la sociedad, al aprovechar recursos locales abundantes y de bajo impacto ambiental en su transformación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J.D; Terrera R. y Etchevers J.D. (2000). Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos. *Agrociencia*. 34 (5): 523-532.
- Armendáriz, P.M (2012). Materiales de alta densidad utilizando tepetate. Tesis de Maestría. México: Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería.
- Besoain, E. (1985). Mineralogía de las arcillas de suelo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Etchevers J.D., C. Hidalgo, C. Prat y P. Quantin (2004). Tepetates of México. *Encyclopedia of Soil Science*. Lal R. (edt.). Marcel Dekker. Nueva York. 1-4 On line: www.dekker.com/servlet/product/DOI/101081EES120017323.

Gama, J; Solleiro, R. E; Flores, D; Sevod, S; Cebadas B. H; Díaz O.J; (2007). Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso de Glasis Buenavista, Morelos, Boletín de la sociedad Geologica mexicana, 59 (1): 133-145.

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. México: Apuntes, 20 (2), p. 182-201.

Harsh, J.; Chorover, J. y Nizeyimana, E (2002). Allophane and Imogolite. *Soil Mineralogy with Environmental Applications. Soil Science Society of American*, Book series, No. 7:291-319.

Ledesma, L; Buendía, V; Molina, K; Córdova, M. (2017). Cacaxtla. Conservación de la arquitectura de fábrica. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

López, Molina Diana, (1977). Los murales prehispánicos de Cacaxtla. Revista Antropología e Historia, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, n.20, p 3-8.

López, T., Hernández, J.B., Horta, J.M., Pérez, M.L. y Rosales, D. (2010). Caracterización del material denominado Tepetate, XXV Reunión Nacional de Mecánica de suelos e ingeniería Geotécnica, Editorial: Sociedad Mexicana de ingeniería Geotécnica. 1: 289-293.

Lucet, G. (2013). Arquitectura de Cacaxtla, lectura del espacio. En: Uriate, M. T.; Salazar, F (coord), La pintura mural prehispánica en México, v. V., México: Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, p. 19-190 (Cacaxtla, tomo II).

Marquina, I. (1951). Arquitectura Prehispánica. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Miehlich, G. (1992). Formation and properties of tepetate in the central highlands of México. TERRA 10, p. 137-144.

Peña, H.D., y Zebrowski, C. (1992). Los suelos y tepetates de la variante occidental de la Sierra Nevada" TERRA, 10, p. 151-163.

Ramírez-Builes, V.H., (2009). Las arcillas alófanas y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, Investigaciones UNIRSAC, 7(1): 30-38.

Rodríguez, S., Gutiérrez, M.C., Hidalgo, C. y. Ortiz, C.A. (1999). Intemperismo en Tepetates y en cenizas volcánicas y su influencia en la formación de Andisole. TERRA, 17, 97-108.

Serra, M. C. (2020). El uso de la tierra y el tepetate en la construcción de Xochitecatl-Cacaxtla, Tlaxcala. En: Daneels, A. (ed) Arquitectura mesoamericana de tierra, v.1. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, p. 241-264.

Valdés, L.A. (1970). Características morfológicas y mineralógicas de los suelos de tepetate de la Cuenca de México: México", tesis de Maestría en Ciencias, México, México.

Zebrowski, C. (1992). Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina en TERRA, 10, P-15-23.

AUTORES

Esmeralda Avila Boyas, Arquitecta egresada de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesora en el área de Diseño, subárea de Expresión en la carrera de Arquitectura en la UNAM sede FES Aragón, Maestra en Arquitectura en el área de Tecnología en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente es Doctorante en la División de Ciencias y Artes para el Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco, jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRATERre.

LOS SUELOS Y EL HACER DEL TAPIAL EN LAS COMUNIDADES DE NAZARENO, EN SALTA, ARGENTINA

Natalia Véliz

¹CONICET, Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra, Instituto Rodolfo Kusch, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina. Natyveliz_10@hotmail.com

Palabras clave: Cordillera Oriental Salteña, trabajo etnográfico, arquitectura con tierra, granulometría, sedimentometría

Resumen

La técnica es un hecho social e histórico y por lo tanto se desarrolla de acuerdo al contexto cultural, es decir el medio técnico donde se produce. La técnica del tapial que se trabaja en Nazareno es utilizada para todo tipo de arquitectura sea doméstica e institucional. Dicha área de estudio, se localiza en el noroeste de Argentina en la región de la Cordillera Oriental Salteña. El objetivo de este trabajo es el conocimiento y caracterización tanto de los procedimientos como de las tierras empleadas en la técnica del tapial en los territorios de las comunidades de Nazareno. Se considerarán los procedimientos técnicos empleados por las y los pobladores constructores, en conjunto con los resultados arrojados en laboratorio. Metodológicamente se ha recurrido tanto al trabajo de campo con enfoque etnográfico como a la realización de estudios de laboratorio. A partir de estos enfoques se realizaron observaciones participantes, entrevistas a las y los pobladores constructores y para la caracterización de los suelos se hicieron análisis granulométricos. Las muestras utilizadas se extrajeron de cinco poblados: San Francisco, San Marcos de Trigo Huaico, Bacoya, Cuesta Azul y Nazareno. Este trabajo permite avanzar en el conocimiento de las características del tapial en una zona poco conocida. Los resultados arrojados por el laboratorio dan cuenta la variabilidad de los tipos de suelos empleados en la realización de la técnica. Por otro lado, a través del trabajo etnográfico se comprueba la existencia de vínculos sociales y comunitarios presentes en el hacer constructivo. El empleo de metodologías diferentes permite obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre la misma técnica constructiva. Abordar desde dos perspectivas contribuye al conocimiento del tapial en términos comparativos y contrapuestos, considerándose como complementarios entre sí. De esta forma permite contribuir al conocimiento global de la técnica del tapial.

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo busca aproximarse al estudio del tapial en el área de las comunidades de Nazareno. Las mencionadas comunidades se encuentran localizadas en la provincia de Salta, al norte de Argentina. En toda esta área, prima la construcción con tierra realizadas en diferentes técnicas tales como adobe, pirca¹ y tapial.

Desde el año 2017 se vienen estudiando los modos de hacer que tiene la práctica del tapial, y se observaron las peculiaridades que tienen en la zona de la Cordillera Oriental Salteña, lugar que presenta cierta variabilidad ecológica y donde igualmente la técnica está presente en cada uno de estos estratos ambientales. El tapial, al igual que las demás técnicas que emplean la tierra, se resuelve de manera parecida en todos los pisos ecológicos, perspectiva que va en contraposición con el determinismo ambiental. En este sentido, se entiende que las variaciones ecológicas no son condicionantes, sino que se encuentran travesadas por las dimensiones sociales.

Por ello, este trabajo expone la comprensión de la técnica desde dos miradas, por un lado, una que tiene que ver con sus características cuantitativas y por otro sus rasgos cualitativos. Es así que se emplea el término de “medio técnico”, en tanto este apunta a que las técnicas

¹ La pirca es un muro construido con piedra, dichas piedras son asentadas en una mezcla de tierra. Los muros de pircas en especial los muros de pirca doble -muro de piedra, tierra y muro de piedra- son utilizadas para todo tipo de arquitectura doméstica. Los espesores varían de 40 cm a 50 cm

constructivas deben entenderse desde “el medio” en donde se producen, conocer el grupo social que las desarrolla y entender las prácticas y gestos desde las que se realizan (Leroi-Gourhan, 1988). Esta reflexión si bien va de la mano de la noción de cultura constructiva, la que reconoce la comprensión de la arquitectura desde sus procesos de producción considerando el universo de saberes y prácticas que contribuyen a su definición como tal (Simonet; Potié, 1992), el término medio técnico se orienta más al estudio de los gestos. Es decir, permite reconocer el estudio de la elaboración y uso de objetos técnicos, tareas que se requieren y ayuda a interpretar la organización propia de la materia utilizada. En este sentido, pensar en la producción del tapial desde la práctica del hacer y la vinculación con el “medio” da una perspectiva no lineal desde las condiciones ambientales. Es decir, opuesta a ella, tal que se tiene otras formas de resolución, en este caso las dadas por las y los constructores y los modos de hacer propios al lugar.

Esta investigación propone un abordaje metodológico a partir de dos líneas de indagación confluyentes, por un lado, el trabajo de campo con un enfoque etnográfico y por el otro los estudios de laboratorio sobre las diferentes muestras de materiales que se tomaron en el terreno.

El trabajo etnográfico en tanto enfoque permite el conocimiento de las prácticas sociales desde la perspectiva de sus actores a través de la observación participante (Guber, 2001). Para este trabajo se realizaron varios viajes a las comunidades de estudio, en diferentes momentos de año. A partir de ellos se realizaron entrevistas semi-estructurada, charlas distendidas, se compartieron reuniones comunitarias, familiares y se participó de diferentes dinámicas cotidianas con las y los habitantes del lugar. Esto permitió comprender el hacer del tapial a partir de la práctica nazarences. En tanto que el estudio de suelos consistió en el procesamiento de diferentes tierras extraídas de muros de tapial. Las tierras fueron sacadas de muros históricos, así como también de muros nuevos. A dichas muestras se le realizaron análisis de granulometría por vía húmeda, según normas IRAM 10507 (1986) y ensayos realizados para determinar la composición granulométrica de los finos basados en la norma IRAM 10512 (1977). Estas dos aproximaciones brindaron información complementaria sobre la misma técnica constructiva, tal que se comprende que un abordaje sobre el mismo problema permite una instancia recíproca de contraposición, y mayor reconocimiento de características.

Complementariamente a estos dos enfoques principales se realizaron diferentes tareas que ayudan a dar un mejor respaldo al estudio, como el relevamiento de diferentes arquitecturas realizadas con esta técnica, registro fotográfico y finalmente se compararon los resultados con otras referencias bibliográficas sobre el empleo de la técnica en otros lugares.

2 LAS COMUNIDADES NAZARENECES, ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se corresponde con un conjunto de comunidades que se localizan en el Departamento de Santa Victoria Oeste, al que denominaremos comunidades de Nazareno. Dicha área se localiza en el noroeste de la provincia de Salta, norte de Argentina (figura 1).

Este conjunto de comunidades se localiza dentro del Municipio de Nazareno, aunque algunas sobrepasan sus bordes. Si bien lo dicho anteriormente excede a este trabajo, se debe aclarar que cada comunidad se corresponde con un pueblo, los que se encuentran conformados por asentamientos de casas de diferentes densidades –pueblos mayores, pueblos menores y caseríos dispersos - más un área rural donde los habitantes desarrollan diferentes actividades agrarias y pastoriles (Veliz, 2021).

Este conjunto de comunidades se desarrolla en la Cordillera Oriental Salteña, área que presenta una diversidad de pisos ambientales – Puna, Montaña, Valles y Yunga-. La zona de Puna y Montaña se desarrolla en el sector occidental y responde a un clima semiárido de alta montaña, con una temperatura media de 14°C (Viera; Menéndez, 1981), mientras que la zona de Valle se localiza en la profundidad de las quebradas y la característica de tener una temporada de lluvia coincidente con los meses de verano. En esta zona de Valle se registra una precipitación de 700 mm anuales, en contraposición a los 300 mm que se presenta toda

la región. Así también, la zona de monte corresponde al área de pastizales y yungas localizado en la zona este del área, y donde el clima también varía con respecto a los pisos anteriores. En el monte, las lluvias anuales suelen superar los 2000 mm, y se focalizan en la estación estival, teniendo una humedad relativa promedio que oscila entre el 65% y el 90%.



Figura 1: Mapa de localización regional y ubicación de Nazareno en Salta

Los pueblos que se localizan en la parte de Puna y Montaña, los reconocen como pueblos del alto, mientras que las comunidades que se ubican en la zona de Valle, los registran como pueblos del bajo. Esta construcción territorial también se enlaza con las características ambientales, las que es producida por las propias comunidades. Es así que surgen expresiones respecto a la procedencia de las personas que viven en la zona del alto, reconocidas como *campeñas*², puneñas, mientras que las que viven en el bajo se denominan *abajañas*, *vallistas* o *quebradeñas* (Véliz, 2018).

Ambas zonas, poblados del alto y poblados del bajo, se dedican a la actividad agraria y pastoril, dinámicos que posibilitan que se produzca una intensa movilidad entre los diferentes pisos ecológicos. Si bien hay una preponderancia en que los pueblos del alto se dediquen a la cría de hacienda de llamas, chivos y a la producción de diferentes papas, y otros tubérculos, en los pueblos del bajo la producción se encuentra mayormente destinada a la cría de ovejas, animales de granja (gallinas, chanchos) y a la producción de maíz, hortalizas, árboles frutales, y otras elaboraciones como quesos, dulces y secados de diferentes productos. Si bien en la zona del monte no se registran centros poblados, esta zona reúne casi la totalidad de la producción de hacienda vacuna de toda el área. De tal forma que la zona del monte es la zona de pastoreo vacuno y por lo tanto está en constante vinculación con toda la región.

Las dinámicas de movilidad entre los pueblos del alto, pueblos del bajo y el monte, no solo ocurren por las actividades productivas –agro pastoriles–, festividades cívicas, fiestas comunitarias y fiestas familiares, sino también que este intercambio también se da en lo productivo constructivo. Es decir, esta caracterización de pisos ambientales, además de ver las particularidades propias a ellas, permite reconocer las relaciones sociales que existen en el área. La producción del tapial forma parte de estas dinámicas de movilidad e intercambio que se producen en el área. Es decir, el tapial no solo es entendido como una producción constructiva, sino que cómo se verá se entrelaza con la producción pastoril, la producción

² En este trabajo se empleará la letra en modo *cursiva* para diferenciar las palabras locales o las propias a un determinado idioma. Así también se utilizará las comillas simples para relativizar ciertos términos en el texto, las comillas dobles servirán para enmarcar las citas textuales.

agraria, los escenarios ambientales y las particularidades las ejecuciones de los constructores.

Para tener un panorama general de las características del tapial se tomaron muestras de diferentes pisos ambientales. Los pueblos del alto son representados por San Francisco y San Marcos de Trigo Huaico, mientras que los pueblos del bajo por Poscaya, Bacoya, Nazareno y Cuesta Azul. Como se puede ver en el mapa, presentado en la figura 2, las comunidades cubren gran parte de la superficie del área que cubren las comunidades en estudio.



Figura 2: Mapa de las comunidades de Nazareno, en rojo muestras tomadas de poblados de altura, en negro muestras tomadas de pueblos del bajo, otras comunidades de Nazareno (elaboración en base a mapa Google Earth)

3 EL TAPIAL, CARACTERIZACIÓN GENERAL

El término tapial es utilizado por los habitantes de las comunidades de Nazareno tanto para referirse al procedimiento con el que se realiza un muro como al muro en sí mismo. Dicha técnica consiste en la colocación de tierra en un encofrado de madera que se denomina tapialera. A medida que se va rellenando por franjas de tierra, esta es *majada* o compactada con un pisón de madera. Luego de haberse llenado todo el molde, este se desencofra y se continúa inmediatamente sin tener un tiempo de espera de secado. Estos rasgos generales se corresponden con lo descrito por otros autores en diferentes lugares, como en los Valles Calchaquies en la Provincia de Salta (Gómez, 2010), Península Ibérica (Correia, 2007; Mileto; Vegas 2014), Brasil (Neves; Faria, 2011; Hoffmann, 2002), entre otros.

Ahora bien, esta técnica basa sus cualidades estructurales en la compactación de la tierra. En la zona de Nazareno este proceso se lo denomina *majar*. El término *majar* proviene del quechua *maqay*: pegar, *majar*. Se comprende que *majar* se refiere a que la tierra es golpeada hasta cierto punto, para que sea resistente estructuralmente y conforme un *tapial* o una *tapia*. El término *majar* también es empleado de manera cotidiana en los lugares de cocina y hace referencia a procesos que implica desmenuzar ciertos productos, como por ejemplo *majar* el *charqui* o *majar* el maíz, aquí la noción de *majar* se entiende como la acción de desmenuzar los alimentos a partir de los golpes que se les da con una *pekana* o una piedra.

De esta manera se podría entender que *majar* implica procesos inversos. Es decir, por un lado, el golpe disgrega y por otro, el golpe consolida un elemento. En la técnica del *majado* de tapial están ambos presentes. En un principio la tierra es desmenuzada y luego esta

misma es compactada. Cabe mencionar que el termino de *majar* también es utilizada en Portugal, con el término *pilão* (Correia, 2007), que hace referencia a la herramienta empleada para hacer la compactación del tapial, denominada *majadero*. Mientras que en otros trabajos este procedimiento de *majar* es reconocido como apisonar, tal que el elemento con el que se realiza la compactación también se le denomina pisón (Neves, Faria, 2011; Hoffmann, 2002).

Si bien la secuencia de trabajo que se describe a continuación puede presentar diferencias a partir de la ejecución de diferentes constructores, en líneas generales, siguen los mismos pasos. Se inicia con la descripción de las herramientas empleadas para dicho proceso como la tapialera y el pisón y luego se presentan los diferentes gestos para *majar tapial*.

La tapialera consiste en cuatro tapas de madera, dos laterales y dos longitudinales, compuestas por una sola pieza de madera. Las tapas laterales tienen una medida aproximada de 0.50 m x 1.50 a 2.00 m con un espesor de 2.5 cm. Mientras que las tapas centrales miden 0.50 m x 0.40 m, con el mismo espesor. La vinculación entre las tapas laterales y centrales se da por medio de un encastre de espiga, donde las tapas laterales tienen perforaciones en la zona de los extremos y las tapas centrales tienen la espiga. A su vez, esta unión es reforzada con la atadura de una *coyonda* o *coyunda*, una cuerda realizada con cuero de vaca. Este encastre de cuatro tapas solo se da cuando se inicia un muro nuevo, porque a partir del segundo bloque, como se verá, no es necesaria la segunda tapa, y en lugar de este aparece el *torsal*. Este componente también es una *coyonda*, pero actúa como un tensor o agarre entre las tapas laterales. El nombre de *torsal* lo recibe porque la *coyonda* es torcida sobre su eje, esta característica permite por un lado hacer el trabajo del majado sin complejidades y por otro, esta torcedura ayuda a ser retirada de manera práctica al momento del desencofrado (figura 3).

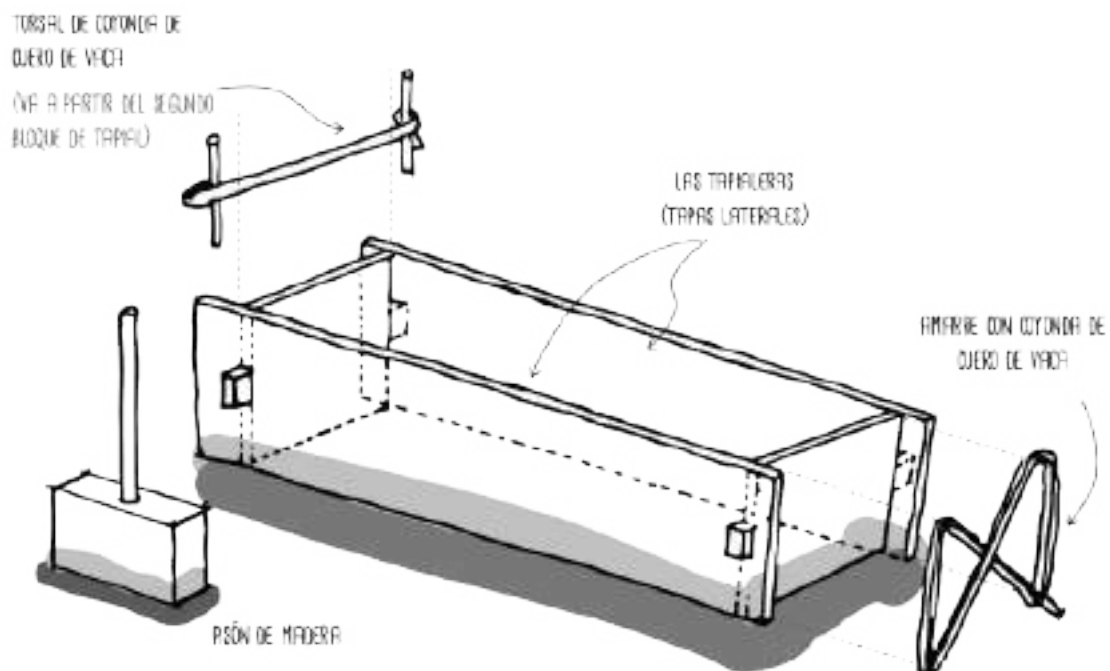


Figura 3: Esquema de las herramientas y las partes del ensamblaje de una tapialera

Las medidas de las tapialeras pueden tener variaciones debido a que son producidas de manera artesanal por las diferentes familias de las comunidades. Si bien en la actualidad ya no se hacen estas manufacturas, años atrás los pobladores iban monte adentro a *hacer madera*. Este tiempo coincidía con la estación de invierno, ya que la zona del monte es atravesada por diferentes ríos caudalosos y en invierno estos aminoran y pueden ser cruzados tanto por las personas como por las haciendas. Es decir, en el mes de mayo, ya terminado el tiempo estival en la zona de valle, la hacienda es trasladada monte adentro y las familias aprovechan para llevar las vacas y para *hacer un poco de madera*, tarea que

consiste en cortar leña para ser empleada como combustibles en los puestos. Años atrás este trabajo de *hacer leña* también permitía la realización de diferentes elementos de madera como tirantes para la estructura de techos, utensilios de cocina, instrumentos musicales -cajas y quenás- a las que se suman las herramientas para la construcción – adoberas, tapialeras y pisones-.

El pisón, es el elemento con el que se realiza la compactación de la tierra. Tiene la conformación de una masa de madera maciza, con un paralelepípedo rectangular aproximadamente de 40 x 20 x 10 cm y un cabo de madera de unos 50 cm de largo desde donde se lo sostiene. Si bien toda la herramienta tiene un peso de alrededor de 8 kg, los pobladores por su experiencia saben cómo manipularla de tal manera que no sea tan ardua la tarea.

La primera vez que se prepara la tapialera, para un corral nuevo, por ejemplo, se la dispone a la manera de un cajón, es decir se colocan dos laterales y dos tapas, todos ellos encastrados y amarrados con la *coyonda*. A partir del segundo tapial, en el costado donde la pared continua, la tapa no se coloca. En lugar de ello se pone el *torsal* que ayuda a mantener firmes los laterales y que permite apisonar de manera homogénea. La tierra que los nazarenenses utilizan para levantar un muro de tapial por lo general proviene del mismo lugar donde se construye. Cuando aparece la necesidad de un espacio –corral, potrero o una casa- se trasladan las herramientas y se trabaja con la tierra que se encuentra allí.

Dicho proceso consiste en limpiar el terreno donde se va a hacer el tapial, se le saca el material orgánico y las piedras grandes –mayores a 15 cm-, e inmediatamente se ablanda o desmenuza. En este paso, la tapialera debe ser armada y empieza a ser llenada de tierra, en franjas de unos 10 o 15 cm. Una vez que se constata que toda la tapialera tenga la misma cantidad de tierra, se esparce paja picada –de unos 20 cm de largo- para que la tierra húmeda no se adhiera al pisón. Es allí que empieza el *majado*, que requiere de un gran esfuerzo del constructor y de una inclinación de su cuerpo –piernas semi dobladas y entreabiertas- para que el pisón impacte con una de sus caras más anchas y el compactado sea de manera pareja en toda la superficie, en especial en los bordes y en las esquinas del encofrado. Este proceso de llenado y apisonado se repite hasta llenar todo el molde, tarea que se puede hacer con tres o cuatro franjas.

Muchas veces, se observa que los muros realizados con tapial, en función de una mejora estructural y de habilidad para el llenado, contienen piedras entre cada hilada. Cada vez que se hace una hilada se le incorpora piedras de 10 a 15 cm, en la parte exterior e inferior de cada uno de los bloques de tapia. Estas tienen dos objetivos, por un lado, incrementa la rigidez al muro, y por otro cubre las esquinas y los bordes, lugares difíciles de compactar con el pisón. Esta forma de trabajo también se ha encontrado en la zona de la Península Ibérica, región donde el tapial predomina y donde existen diversos suplementos que se usan en las juntas horizontales, tal como ladrillos, yeso, tablas de madera, adobes o combinaciones entre ellas. En estos casos, estos muros reciben el nombre de “tapia con verdugadas de ladrillos”, “tapia con brecas de yeso”, “tapia con verdugadas de tablas de madera”, entre otros (Mileto; Vega, 2014).

4 ENTRE LOS ESTUDIOS DE SUELO DEL TAPIAL Y EL TRABAJO DE LAS Y LOS POBLADORES CONTRUCTORES

4.1 Las proporciones granulares

Las muestras con las que se trabajó han sido extraídas de diferentes arquitecturas, es decir, se hicieron cateos a tapiales ya construidos. Los años de edificación abarcan arquitecturas que van desde los 20 a los 90 años, si bien no se tiene certezas de que esta diferenciación de edades constructivas puede aportar diferencias en los grados de rigidez estructural, dan la pauta de la larga data que tiene esta técnica en casi toda el área de estudio.

Los tipos de construcciones a los que se le han realizado los cateos también fueron diferentes. Esto responde a que se quería emparentar todas las muestras, es decir, que

tengan su origen en construcciones realizadas y no de canteras o lugares de extracción. Es por ello que se tienen muestras de diferentes arquitecturas tales como un invernadero, tres *casas mochas*³ y un corral. En todos los casos se obtuvo una muestra de un kilo y medio a tres por razones operativas, esto dependía de que si los muros realizados con tapial de las que se sacó la tierra estaban en desuso o permitían hacer una extracción sin provocarle un daño, como en el caso del corral.

Se debe mencionar que la extracción de las muestras en todos los casos fue difícil, tal que el material presentaba una dureza considerable. En todos los casos fue necesario emplear diferentes herramientas como un martillo, una punta pequeña o una piedra. Los ejemplares de tapia que se procesaron corresponden a pueblos que se localizan tanto en la zona alta como en la zona de valle. A su vez cada uno de estos pueblos, se asientan en diferentes zonas geofísicas, ladera de montaña o en el margen de algún río (tabla 1).

Tabla 1: Características de la toma de muestras de tierras de tapial

	Nazareno	Cuesta Azul	Bacoya	San Francisco	San Marcos de Trigo Huaico
Origen	invernadero	<i>casa mocha</i>	<i>casa mocha</i>	<i>casa mocha</i>	corral
Localización general	Ladera de montaña	Ladera de montaña	Márgenes de río	Ladera de montaña	Ladera de montaña
Años de la edificación	20	80	90	60	30
	poblados del bajo			poblados del alto	

Se procesaron cinco tierras a las que se le hicieron análisis de granulometría mediante tamizado en base a los procedimientos de Normas IRAM 10507 (1986) y sedimentación con hidrómetro de acuerdo a Normas IRAM 10512 (1977). Como se observa en el gráfico siguiente (tabla 2) las cinco muestras –en líneas de colores- presentan curvas muy diferentes en su trazado tanto en los granos gruesos como en los granos finos. Las gravas y arena gruesa van desde el 7% a casi el 50%, las muestras que tienen mayor porcentaje son los poblados que se asientan en los márgenes de los ríos. Estos son Bacoya –pueblo de bajo- y San Francisco –pueblos del alto-. Por su parte, las arenas finas van desde el 16% al 40% en la totalidad de los ejemplares, esta amplitud se repite en los resultados de limo. Donde existe muestras que solo tiene un 5% y otras que llegan al 30%. En cuanto a las arcillas las muestras presentan mayor homogeneidad, esto va desde un 2% a un 8%. Como se puede observar, las tierras que se emplean para la producción del tapial en el área de las comunidades de Nazareno reflejan proporciones granulares muy dispares (tabla 2).

Se podría decir que con los resultados que se han alcanzado se observa una gran amplitud de suelos utilizados en la realización de la técnica en el área de Nazareno. En esta línea, el *International Centre on Earthen Architecture* (CRAterre) si bien marca los límites de la zona recomendada –representado con una mancha gris en la figura 1 – también expresa que se aceptan una gran cantidad de suelos que están por fuera del área enmarcada. En tal caso las tierras de las comunidades de Nazareno son ejemplo de esta amplitud. Tal que en todos los ejemplos de tierras procesadas demostraron capacidad portante acorde a su funcionalidad, más aun las que eran procedentes de las *casas mochas* que se encuentran entre los 60 y 90 años de construcción y que aún se encuentran de pie. Confirmación que se dio a través del trabajo de campo, donde los entrevistados aludieron que la casa no

³ Las *casas mochas* son casas que perdieron la cubierta, ya sea porque extrajeron los materiales para aprovechar en otras construcciones o porque esta se cayó por su abandono y deterioro. Es decir, se denomina *casas mochas* a las casas que no tienen la cubierta. El uso de este término no es propio de este lugar, sino que se extiende al área de puna jujeña tal como expresa Rivet y Tomasi (2016).

presentaba problemas, y que su abandono, se debió a que la familia se trasladaba a otro poblado y no por problemas de la construcción.

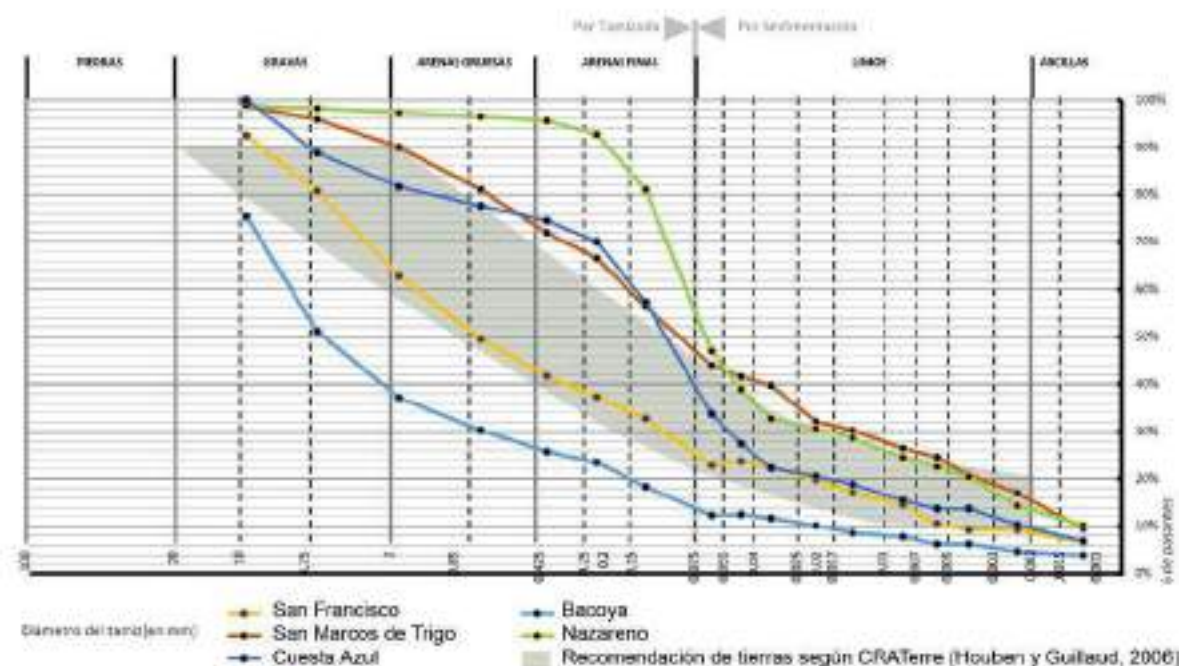


Figura 1: Datos de resultado de tamizado y de sedimentación de muestras tomadas de las diferentes comunidades (líneas en colores) (mancha gris, recomendación granular de tierras empleadas por CRATerre, 1992).

Tabla 2: Datos comparativos de porcentajes de granos, en función de la tabla anterior

	Nazareno	Cuesta Azul	Bacoya	San Francisco	San Marcos de Trigo Huaico
Grava (%)	5	20	38	24	9
Arena gruesa (%)	2	10	12	18	18
Arena fina (%)	20	35	16	18	26
Limo (%)	30	30	5	14	28
Arcilla (%)	5	5	2	4	8

Por otro lado, Hoffmann et al. (2011:50) refieren a que “se debe buscar un tipo de tierra con cantidades bien distribuidas de arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla para obtener, cuando se compacta, el menor volumen de vacíos y, por consiguiente, una densidad más elevada”. Los autores denominan a esto como “continuidad granulométrica”. Se podría decir que las muestras presentadas, demuestran una continuidad granulométrica individualmente. Tal que todas han logrado una buena estabilidad estructural, condición para que la continuidad granulométrica se dé.

Se puede decir que los tipos de tierra, proporciones granulares, empleadas para el tapial si bien son significativas, no es la única consideración a tener en cuenta. La práctica, la ejecución, los gestos, el modo de hacer que guardan las y los pobladores constructores es una parte relevante en el buen desarrollo de esta técnica. Que cómo se comenta en el

siguiente punto, la cultura constructiva del lugar aporta otras características de los procesos constructivos.

4.2 Los modos de hacer de los nazareños

Los habitantes de las comunidades de Nazareno han empleado desde tiempos históricos hasta la actualidad la técnica del tapial para la conformación de casi todas las arquitecturas, entre ellas casas, corrales y edificios comunitarios tales como iglesias (Véliz, 2016). Es así que el tapial, en tanto técnica constructiva resuelve muchas de las necesidades arquitectónicas-espaciales de las comunidades, muchas de las que se encuentran en relación con las prácticas agro-pastoriles que se mencionaron con anterioridad. Es decir que la tapia o el tapial, en la actualidad, particularmente en el área de estudio está vinculado en gran parte a la movilidad territorial que estas comunidades tienen. Se puede indicar que la trashumancia posibilita el desarrollo y aplicación de esta técnica en los diferentes pisos ecológicos. A su vez, esto tiene que ver con las características que tiene la técnica. Torroja (2010) habla de que el tapial es un material maleable, es decir, que la técnica permite posibilidades para adecuarse a diferentes formas dentro de ciertos límites. Este rasgo hace que los constructores del área, lo adopten sin ningún inconveniente en la geografía que tienen, la que es escarpada y con grandes desniveles.

Solo se va a trabajar el tapial cuando la tierra está húmeda, porque no hay agua cerca. Si la tierra no está húmeda, entonces no se puede trabajar. Acá majamos en verano, enero, febrero hasta marzo.

En este caso a mí me conchabaron para trabajar, el corral no es mío solo agarré el trabajo, tengo que terminar un potrero de doña Severina. Me tuve que prestar la tapialera porque yo no tengo. Antes los abuelos las hacían, ahora ya no se hace.

La tierra, que usamos es la de ahí nomás, hay que *piquiar* y sacar las piedras nomás. Si bien es un costo majar, la pared se levanta más rápido. No como el adobe que se demora más. Además, para que la pared no se gaste rápido le ponemos cola de paja. La cola de paja es más dura y ayuda a que la pared no se voltee y sirva más⁴.

Cómo se planteó en la caracterización del área de estudio, en la zona de las comunidades de Nazareno el tiempo estival coincide con el verano y si bien hay variación de la cantidad de precipitación entre los poblados del alto y del bajo, es un tiempo donde la tierra es mojada 'naturalmente'. Tal es así que este tiempo se designó como *tiempo de majar tapial*, que como se observa es el tiempo de las lluvias. El *tiempo de majar tapial* no inicia apenas arranca el tiempo estival, sino ya adentrado a este. En la zona de las comunidades las precipitaciones inician en noviembre/diciembre, pero el *tiempo de majar tapial* se produce en los meses donde las lluvias son más abundantes y continuas -enero, febrero y marzo-. Otra de las características que tiene que ver con la técnica es que es un trabajo que se hace *in situ*. Es decir, tiene la posibilidad de concretarse en un solo proceso, y si bien este tiene sus complejidades, el tiempo en el cual una pared esta levantada es menor que si uno empleara otra técnica, como por ejemplo un muro realizado con adobes, tal como se remarca en el fragmento del diario de campo.

Otro de los puntos a recuperar de la entrevista son los modos de trabajo. En el área de estudio si bien la mayoría de los pobladores conocen la técnica, no todos la practican. Muchas veces como se relata, se contrata a un tercero para que haga este trabajo. Por otro lado, si bien en la actualidad la técnica del tapial continúa vigente, años anteriores su empleo era más frecuente. Razón por el cual la fabricación de las herramientas -tapialera y pisón- se han reducido notoriamente. Es por ello que los que deciden ejecutar esta técnica deben conseguir dichos instrumentos, tarea que no es tan sencilla. El motivo de esta dificultad es que tales herramientas se fabricaron en la zona del monte, lugar donde contaban con la materia prima, madera, y cada familia producía su propia tapialera.

⁴ Transcripción de fragmento del Diario de Campo, de la entrevista a Carlos poblador de Cuesta Azul, año 2019.

Además, que esta práctica se enlazaba con la actividad agro-pastoril que también disminuyó.

Con lo observado se enuncian diferentes aportes. El trabajo de campo revela un *tiempo de majar tapial*, el que es sincrónico con la temporada de lluvia. Pero veremos que confluyen otros muchos factores para su realización. Tal como se dijo, las comunidades en cuestión tienen una actividad agro-pastoril, actividades en la que la mayoría de las veces se localiza por fuera del área poblado o del caserío, lugares donde la red del agua no alcanza. Es por ello que se utiliza la humedad dada por las precipitaciones para el aprovechamiento del suelo y ejecución de la técnica. Por otro lado, la diversidad de tipos de suelos responde a que cada uno de ellos se extrae de los lugares inmediatos a la construcción, y si bien muchos suelos no responden a un tipo de granulometría estipulada estos tienen buen comportamiento estructural.

En último lugar diremos que la heterogeneidad de los suelos utilizados por las y los constructores, de alguna manera, está relacionado con sus preferencias o modos de hacer, como respuesta intrínseca al “medio técnico”. Pero también, por otro lado, la heterogeneidad que presenta el territorio de las comunidades de Nazareno, permite dar cuenta que es posible la homogeneidad de la técnica a través de la posibilidad de producción que se da en el *tiempo de majar*. Pareciera ser que las condiciones de humedad que tiene la tierra, generada por las lluvias de manera continua y por un tiempo continuo, facilita que las tierras sean trabajadas y éstas tengan un buen rendimiento portante en el tiempo. Esto responde a la diversidad de suelos que se tiene como resultado en las muestras del laboratorio, las que por sí solas no son concluyentes sino se tiene el resto de información del “medio técnico”.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Las comunidades de Nazareno tienen un acervo constructivo histórico y actual de hacer tapial muy rico. En tanto las comunidades se desarrollan en diferentes pisos ecológicos, en cada uno de estos niveles se encuentran arquitecturas materializadas con esta técnica.

Si bien los resultados de porcentajes de granulometría no responden a lo indicado por CRAterre, estos han demostrado una solvencia en el tiempo y en su comportamiento estructural. Es decir, para este trabajo se han puesto en consideración otros factores como el estado de humedad, dado por las lluvias, y las formas de ejecución de los pobladores y donde el trabajo del majado es correcto. Esto se observa en las construcciones, en especial las que llegan a los 90 años, y aparentan un buen estado constructivo.

Por otro lado, se puede ver la interacción que existe entre el hacer constructivo y las movilidades que presentan las comunidades, y cómo se hilvanan en la materialización de las arquitecturas. Se necesitan corrales para el guardado de animales o potreros de cultivos, fuera de la zona del asentamiento del poblado y es a través de la técnica del tapial que se puede dar respuesta. Si bien la temporalidad estival puede tener variaciones entre los poblados el alto y del bajo, es este tiempo en general que es aprovechado para esta realización en ambas zonas.

En definitiva, se puede ver que los resultados que aporta el laboratorio si bien dan cuenta la variabilidad de los tipos de suelos y arcillas empleadas, el trabajo de campo con enfoque etnográfico permite ver otras relaciones, que están en función de la coexistencia de vínculos sociales y comunitarios, es decir del hacer constructivo, de la cultura constructiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Correia, M. (2007). Taipa no Alentejo. Remmed earth in Alentejo. Portugal: ARGUMENTUM. ISBN 978-972-8479-50-3.

CRAterre – Centre International de la Construction en Terre (1992). Manual Laboratory.

Gómez, R. M. (2010). Arquitectura popular de los Valles Calchaquíes. Salta: Universidad Católica de Salta (UECASA).

Guber, R. (2001) La etnografía. Método, campo y reflexividad. Buenos Aires:Norma.

Hoffmann, M. V. (2002). Efeito dos argilominerais do solo na matéria-prima dos sistemas construtivos com solo cal. Tesis de Grado de Maestría. Salvador: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Bahia.

Hoffmann, M; F., Minto; Heise, A. (2011). Tapia. En: Neves, C; Faria, O. B. (org), Técnicas de construcción con tierra. Brasil: FEB-UNESP/ PROTERRA. p 46-61.

IRAM 10507 (1986). Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 10512 (1977). Mecánica de suelos. Método de análisis granulométrico. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Leroi-Gourhan, A. (1988). Evolución y técnica; Tomo 1: el hombre y la materia. Madrid: Taurus Ediciones.

Mileto, C; F. Vegas. (2014). La restauración de la tapia en la península ibérica criterios, técnicas, resultados y perspectivas. España. ARGUMENTUM.

Neves, C.; Faria, O. B. (org) (2011). Técnicas de construcción con tierra. Brasil: FEB-UNESP/PROTERRA.

Rivet, C.; Tomasi, J. (2016). Casitas y casas mochas. Los antiguos y los abuelos en sus arquitecturas (Coranzulí y Susques, provincia de Jujuy, Argentina). Wak'as, diablos y muertos: alteridades significantes en el mundo andino / Lucila Bugallo y Mario Vilca. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy: Universidad Nacional de Jujuy - EDIUNJU; Instituto Francés de Estudios Andinos. p 374- 411.

Simonnet, C.; Potié, P. (1992). Culture constructive. Paris: Editions Parenthèses.

Torroja E, M ([1959] 2010). Razón y ser de los tipos estructurales. Consejo Superior De Investigaciones Científicas. ISBN: 978-84-00-08612-1. España: Ediciones Doce Calles, S. L.

Viera, O.; Menéndez, M. (1981). Estudio geológico, geomorfológico y de vegetación de los ríos Nazareno, Iruya e Izcuya en la provincia de Salta. Viera & Menéndez Consultores. Salta, 51 p. Y en: Journal of Range Management, Vol 32 (3): 201-208.

Véliz, N. (2016). El uso del tapial en la cordillera oriental salteña, comunidad de Nazareno. Presentado en: Congreso 16 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra: Tierra y agua, selva y ciudad, Asunción: PROTERRA/FADA-UNA/CEDES/hábitat.

Véliz, N. (2018). Arquitectura en las montañas. Construcción con tierra en Nazareno, Provincia de Salta, Argentina. Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas "Mario J. Buschiazso". 48(2), p. 187-204. Disponible en: <http://www.iaa.fadu.uba.ar/anales/anales48-2/v48n2a06.htm>

Véliz, N. (2021). Territorios institucionales, territorios comunitarios. Aproximaciones a la multiterritorialidad en Nazareno (Salta-Argentina). Revista Huellas, Volumen 25, Nº 1, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Disponible en: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo cuenta con la participación de numerosas personas y comunidades. Agradezco a las familias de los pueblos de Cuesta Azul, Campo de la Cruz, Nazareno, San Francisco, Bacoya y San Marcos de Trigo Huaico. También doy las gracias a Jorge Tomasi por la guía en la instrumentación en el laboratorio y la lectura previa del escrito.

AUTORES

Natalia Véliz, arquitecta FAU-UNT y becaria Doctoral CONICET en la Universidad Nacional de Tucumán. Desde el año 2017 trabaja en Nazareno, Salta y realiza su tesis sobre las técnicas de construcción con tierra y las arquitecturas domésticas en la Cordillera Oriental salteña. Desde el 2018, forma parte del LAAyCT, Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra, Instituto Roldolfo Kusch, de la Universidad Nacional de Jujuy, sede Tilcara.

CARACTERIZACIÓN DE UNA NUEVA TÉCNICA DE TAPIA CALICOSTRADA CON COSTRAS DE MORTERO ALIGERADO

Àngels Castellarnau Visús

Edra arquitectura km0, Red Iberoamericana PROTERRA, angels@edraculturaynaturaynatura.com

Palabras clave: tapia calicostrada, comportamiento térmico dinámico, parametrización, mortero aligerado, cáñamo

Resumen

Los edificios contemporáneos de tierra en España se someten al Código Técnico de la Edificación, DB-HE relativo a la eficiencia energética de los edificios. La justificación del comportamiento térmico del edificio se base en parámetros de transmitancia. Los muros de tierra, de gran inercia térmica, tienen un comportamiento dinámico lo que penaliza sus virtudes de cara a la metodología que contempla la norma. El objetivo del presente artículo es desarrollar la tecnología de un nuevo sistema de muros de tapia calicostrada basado en la implementación de costras de mortero aligerado en la cara exterior del muro y describir la implementación de este nuevo sistema de muro en un edificio de uso de Hotel construido en la provincia de Teruel, en España. Así mismo, se parametriza su comportamiento térmico activo mediante la termofluxometría con el objeto de compararlo con otros muros de tapia estudiados. Se describen los parámetros a tener en cuenta para caracterización de las mezclas. Se implementa un método de caracterización del comportamiento térmico dinámico basado en termofluxometría desarrollado en investigaciones anteriores que permite comparar los parámetros obtenidos con los previstos en la norma. La metodología se basa en la monitorización de la temperatura ambiente y superficial y el flujo de calor en unas condiciones determinadas en cumplimiento de los ensayos estandarizados de monitorización in situ del comportamiento térmico de los cerramientos para la obtención de los valores U del cerramiento. Se detallan las limitaciones observadas del sistema en cuanto a la ejecución de los muros y la fase de secado y entrada en carga. De la monitorización del comportamiento térmico dinámico del muro realizada en fachada sur-oeste se detalla la potencialidad del sistema de los períodos de recarga del muro frente a los períodos de descarga haciendo el sistema muy interesante debido precisamente a su comportamiento activo.

1 INTRODUCCIÓN

La técnica tradicional de la tapia calicostrada consiste en la ejecución de muros de tapia introduciendo en el momento previo al vertido de cada tongada de tierra una capa de mortero ya sea de tierra, ya sea de cal en los moldes de encofrado. Posteriormente se vierte la tierra y se apisona. El mortero al aprisionarse contra el tablero y percolar en el cuerpo de tierra consigue una adherencia importante minimizando el riesgo de desprenderse a lo largo del tiempo.

Esta técnica es muy utilizada en la construcción tradicional de tapias a lo largo del territorio español, observándose principalmente en edificaciones militares o de cierta envergadura. Dado el elevado coste de la obtención de la cal y dada la mayor complejidad de la ejecución de los muros.

Con el objeto de mejorar el comportamiento térmico del muro se desarrolla un nuevo sistema de tapia calicostrada con la costra exterior de mortero aligerado. Se formulan morteros que puedan proveer al muro de mejora en su transmitancia global y se desarrolla la técnica de ejecución del muro. El hecho de adosar una capa gruesa de mortero aligerado en el exterior del muro permite mantener la inercia térmica en la cara interior optimizando el comportamiento térmico del conjunto.

El contexto de los ensayos es una obra donde que se pretende implementar la técnica desarrollada y su protocolo de control de ejecución. Es por ello que se prescriben mediciones *in situ* que permiten obtener datos de lo realmente ejecutado y no únicamente simulaciones en probetas. Esto conlleva una serie de consideraciones específicas en cuanto

a los ensayos de medición *in situ* y a la elaboración de las muestras por parte del constructor a ensayar en laboratorio. Así mismo las mediciones del comportamiento térmico *in situ* se someten a las condiciones ambientales y al régimen de uso y calefacción real del edificio.

2 MARCO TEÓRICO

Tras la caracterización mediante la aplicación de la metodología de la termofluxometría que prescribe la norma de referencia ISO 9869-1 (2014) del comportamiento térmico de un muro de tapia calicostrada situado en orientación norte de una vivienda ubicada en Ayerbe (Huesca), pre Pirineo Español, desarrollada por Castellarnau (2019), y la posterior corrección metodológica añadiendo un segundo sensor de medición de flujo que permita obtener datos del flujo de calor hacia el exterior (Castellarnau, 2020). Se concluye que el flujo de calor a través de los muros de gran inercia térmica es altamente vulnerable a las condiciones de temperatura y humedad del ambiente exterior. Así mismo se ha podido constatar este tipo de muros alternan períodos de carga y de descarga respecto a este ambiente exterior. Este comportamiento activo aumenta el potencial térmico del muro, ya que éste tiene capacidad de “aprovechar” la energía del exterior incluso en una orientación norte sin asoleo directo.

Para mejorar el comportamiento térmico del muro la autora desarrolla un sistema de a tapia calicostrada que mediante una costra gruesa de mortero aligerado exterior permita corregir la vulnerabilidad del muro respecto a la temperatura ambiente. Este nuevo sistema de muro se implementa en una obra de ampliación de un edificio para Hotel construido entre los años 2019-2020 en el municipio de Monroyo, Teruel, noreste español. La presente investigación caracteriza las mezclas del muro ejecutado y el comportamiento térmico mediante la termofluxometría del muro en un período extremo de invierno.

Para la caracterización física y mecánica del muro ejecutado se hacen ensayos que determinan la densidad aparente y la resistencia mecánica tanto del cuerpo de tierra (y paja) como del mortero aligerado de las costras. Se realiza ensayo de compactación con Proctor modificado (UNE 103501, 1994) de la mezcla de tierra utilizada. La densidad y la humedad del cuerpo del muro se miden *in situ* en partes del muro con diferentes edades de secado por el método isótopos radiactivos y en las probetas ensayadas en laboratorio también a diferentes edades de secado. El método de isótopos radiactivos es un ensayo no destructivo que permite la obtención de la densidad aparente de un muro ejecutado. Las probetas tanto ejecutadas como extraídas de los muros ejecutados se someten a rotura según UNE 103400 (1993).

La densidad del mortero aligerado se ensaya mediante método de balanza hidrostática según UNE 103301 (1994). Y se ensaya su resistencia a compresión según UNE 83304 (1984) y su resistencia a flexo-tracción según UNE 83306 (1985).

Para la caracterización del comportamiento térmico se toman en cuenta valores de transmitancia de diferentes fuentes.

Según la documentación para la justificación de la evaluación de la eficiencia energética del Código Técnico de la Edificación español, la conductividad térmica de un muro de tierra cruda de densidad 1800 kg/m^3 y de espesor 0.60 m , cuenta con una conductividad de 1 W/mK y una transmitancia térmica (U) de $1.282 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Minke (2013) adopta los valores de conductividad establecidos por Volhard los cuales dependen únicamente de la densidad y se refiere a la DIN 4108 – 4 mediante la que un muro de densidad 1800 kg/m^3 tiene con una conductividad de 0.95 W/mK . A partir de este dato un muro de 0.60 m tiene una transmitancia de $1.2321 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Arnold (1969), para un muro de la misma densidad y un contenido de humedad del 5%, tal y como refleja Hearthcote (2011) en una tabla que relaciona densidad y conductividad, establece una conductividad de 0.94 W/mK . A partir de este dato, un muro de 0.60 m tiene una transmitancia de $1.222 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Walker et al. (2005) y Bauluz y Bárcena (1992), para muros de tierra contruidos en tapia de densidades entre 1400 y 2000 kg/m³, establecen una conductividad de 0.6 a 1.6 W/mK. Lo que supone para un muro de 60 cm una transmitancia de entre 0.84 y 1.801 W/m²K según la densidad. Estos mismos autores establecen para un muro de bloque de tierra comprimida de densidad de 1700 kg/m³, una conductividad de 0.81 W/mK lo que supone una transmitancia (U) de 1.086 W/m²K para un muro de 60 cm.

Tanto la normativa como la bibliografía de referencia marca un orden de valores para la transmitancia térmica de un muro de tapia de 0.60 m mayor que 1.2 W/m²K.

Castellarnau (2020) establece para un muro de tapia calicostrada de densidad del cuerpo del muro de 1800 kg/m³ valores de transmitancia medios corregidos comprendidos entre 0.66 y 0.99 W/m²K, medidos mediante termofluxometría según la prescripción del método de la media (ISO 9869-1, 2014). Que para un muro de 60 cm equivaldría a valores de transmitancia entre 0.918 y 1.27 W/m²K.

El nuevo sistema de tapia calicostrada con morteros aligerados pretende mejorar estos valores de transmitancia térmica si comprometer el potencial de térmico del muro que le aportan los períodos de carga /descarga.

3 OBJETIVO

El objetivo del presente artículo es comprender y parametrizar los muros de un edificio construido en una nueva técnica de tapia calicostrada con mortero aligerado desarrollada por la autora.

Esta caracterización pretende en concreto por un lado obtener datos fehacientes de su densidad, humedad, resistencia a compresión y transmitancia térmica, el retardo térmico y su comportamiento activo. Y por otro lado testar tanto la utilización de doble termofluxómetro con el fin de matizar la metodología que prescribe la norma para la monitorización del comportamiento térmico de muros de gran inercia, como testar la metodología de control de mezclas a pie de obra.

4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para la caracterización del nuevo sistema, dado que no se cuenta con datos de transmitancia comparables, se decide tomaren cuenta, a modo de dato previo y de cara a comparar los valores obtenidos en el transcurso de la investigación desarrollada en el presente artículo, la transmitancia que resulta de tomar en cuenta un muro de tapia de densidad 1850 kg/m³ con un sendas capas de mortero aligerado de densidad 600 kg/m³ la interior de 2 cm y la exterior de 8 cm.

4.1 Características físicas y mecánicas

Para la caracterización física y mecánica del muro ejecutado se hacen ensayos que determinan la densidad aparente y la resistencia mecánica tanto del cuerpo de tierra (y paja) como del mortero aligerado de las costras.

Se realiza ensayo de compactación con Proctor modificado según UNE 103501 (1994) de la mezcla de tierra utilizada.

La densidad y la humedad del cuerpo del muro se miden *in situ* en partes del muro diferentes edades de secado de 1 día y de 48 días, mediante ensayo de control de compactación por el método isótopos radiactivos según ASTM D2922 (2005) y ANSI/ASTM D3017 (2005).

Se realizan probetas a pie de obra de tamaño 30x30x30 cm y se ensayan a rotura según UNE 103400 (1993), 1 serie 4 probetas de 7 días de edad, 1 serie 4 probetas de 14 días de edad ,1 serie de 2 probetas de 24 días de edad, 1 serie 4 probetas de 60 días de edad.

Se extrae una serie de 3 muestras en muro existente de edad de 143 días de tamaño 30x30x30 cm y se ensaya a rotura según UNE 103400 (1993).

Se realizan ensayos que determinan la densidad aparente sobre las mismas probetas antes de romperlas mediante cálculo volumétrico y peso. Así mismo se ensaya el contenido de humedad de las probetas antes de proceder a su rotura para el ensayo de compresión.

La densidad del mortero aligerado se ensaya mediante método de balanza hidrostática según UNE 103301 (1994). Y su resistencia a compresión mediante rotura según UNE 83304 (1984) de 1 serie de 4 probetas cilíndricas de 120 días de edad y su resistencia a flexotracción mediante rotura según UNE 83306 (1985) de 1 serie de 2 probetas prismáticas de 120 días de edad.

4.2 Características del comportamiento térmico

La monitorización *in situ* del muro se realiza según las indicaciones del método de la media corregido especificado en la ISO 9869-1 (2014).

Los instrumentos de medida utilizados para llevar a cabo la toma de datos en el muro consiste en:

- Dos unidades de registrador data logger con sensor externo de temperatura colocados uno en la cara exterior del muro y otro en la cara interior de muro.
- Dos unidades de termo higrómetro colocados uno en el interior de la estancia y otro en el exterior.
- Dos unidades de registrador data logger con termo fluxómetro colocado uno en la superficie interior del cerramiento (sensor de flujo y temperatura) y otro en la superficie exterior del cerramiento (sensor de flujo y temperatura).
- Una cámara termográfica

Se colocan los aparatos de medida según las indicaciones de la norma instalando además (no lo exige la norma) un termo fluxómetro en la cara exterior del muro.

4.3 Descripción de la técnica y del caso de estudio

La nueva técnica de tapia calicostrada con morteros aligerados consiste, como se ha descrito anteriormente en construir una costra de mortero aligerado a la vez que se levanta el muro, es decir, añadiendo a las tongadas una capa de mortero en los encofrados que tras el apisonado queda completamente adherida al cuerpo del muro. Tras el desencofrado la parte visible del muro de esta costra que actúa de aislamiento exterior con el fin de dotar al conjunto del muro de un mejor comportamiento térmico.

Las características del cuerpo del muro deben soportar las acciones a las que se somete el muro siendo el único papel de la costra de mortero el de dotar aislamiento y protección al cuerpo del muro. A pesar de ello la costra debe ser flexible para absorber las posibles deformaciones del cuerpo del muro para evitar posibles fisuraciones al entrar en carga el muro.

Se implementa la técnica en una edificación y se desarrolla un control de ejecución y una medición *in situ* del comportamiento térmico de uno de los muros.

El proyecto en el que se implementa y desarrolla la técnica consiste en la ampliación de un edificio tradicional de mampostería de piedra arenisca. Se levanta un volumen rectangular a lo largo de la fachada noreste de tres plantas con cubierta a un agua y orientaciones sureste, noreste y noroeste.

El uso de estas estancias en planta baja es de baños públicos existiendo una extensión hacia el norte de uso de spa. Y en las plantas superiores el uso es de dormitorios en los extremos y el núcleo de accesos que distribuye los mismos. El uso más representativo de cara a evaluar el comportamiento y en cuanto a las condiciones de confort es el de

dormitorio dado que en estos espacios el comportamiento pasivo del muro incide directamente en el confort del espacio y en el spa se corrige constantemente su ambiente (temperatura y humedad relativa) mediante un sistema mecánico de bomba de calor, debido a que es el vaso de agua caliente el que determina principalmente las condiciones ambientales.



Figura 1. Imagen exterior del edificio

4.4 Descripción del sistema y proceso constructivo

El sistema constructivo consiste en un sistema de muro de tapia continuo, de espesor en este caso 60 cm, con una capa exterior de mortero de cal hidráulica aligerado con cáñamo de espesor medio de 8 cm y densidad teórica de 600 kg/m^3 más un cuerpo de tierra con paja con una densidad de teórica de 1850 kg/m^3 más capa interior de 2 cm de la misma mezcla que la exterior.

El acopio de material se realiza a pie de muro, la tierra se mezcla con la paja, eleva y vierte mediante auto-cargadora / elevadora / amasadora horizontal.

El encofrado se resuelve mediante tableros de madera con guías de madera de encofrado re montante y con fleje de acero galvanizado. El apisonado se realiza mediante pisón mecánico.

Se construyen 245 m^3 de muro, a pesar de estar prescrita su ejecución en época de verano-primavera, la ejecución se inicia a principios de octubre de 2018 y se termina a finales de enero de 2019 suponiendo esto un importante perjuicio en el control de humedad de las mezclas, y dificultando el secado de los muros, su puesta en obra y su entrada en carga.

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Datos obtenidos de los ensayos

Para la caracterización de la densidad y la resistencia a compresión del muro ejecutado, se opta por la caracterización de la densidad del cuerpo de tierra del muro ejecutado y de la del mortero aligerado de las costras.

Para el cuerpo de tierra se realiza un ensayo de Proctor modificado de la mezcla de tierra utilizada que indica que su densidad máxima es de 2200 g/cm^3 y su humedad óptima es de 7,7%.

Se desarrolla un protocolo de control de ejecución en el que intervienen los ensayos de caracterización del muro antes descritos.

Con el objeto de caracterizar la densidad y la resistencia a compresión del cuerpo de tierra (y paja) se prescribe un ensayo de densidad *in situ* por el método isótopos radiactivos. Se ensayan siete puntos en los muros ejecutados. En los cinco puntos ubicados en muros apisonados con edad de 1 día se obtiene una densidad media a 15 cm de profundidad de 1867 kg/m³ con una humedad media de un 12%. En los dos puntos ubicados en muros apisonados con edad de 48 días se obtiene una densidad media a 15 cm de profundidad de 1790kg/m³ con una humedad media de un 9,7%. El ensayo se realiza con fecha de 11 de diciembre de 2018. Hay que tener en cuenta que el dato que arroja este ensayo es la densidad aparente y no la seca.

Así mismo se realizan cuatro series de probetas a pie de obra de tamaño 30x30x30 cm y se ensayan a rotura según UNE 103400 (1993); una serie de cuatro probetas de siete días de edad, una serie cuatro probetas de catorce días de edad, una serie de dos probetas de veinticuatro días de edad y una serie cuatro probetas de sesenta días de edad.

Cabe destacar la poca homogeneidad de las probetas lo que arroja datos no definitivos (tabla 1). De las muestras que se obtuvieron realizadas por la constructora unas se realizan con costra de mortero y otras sin. La humedad de la mezcla en el momento de ensayo es determinante. Las probetas se someten a un proceso de secado natural al aire libre estando por tanto expuestas a las condiciones ambientales lo que complejiza la interpretación de los datos obtenidos al no ser éstos homogéneos.

A pesar de ello es interesante su análisis para mejorar la definición del protocolo de ejecución de las muestras.

En general las muestras para el ensayo de resistencia a compresión de la parte central del muro deben hacerse sin la costra de mortero dato que esta costra imposibilita la medición de la densidad de la muestra y perjudica a los datos obtenidos de compresión.

Los datos obtenidos reflejan la dependencia de la humedad de la muestra más que de la edad, dado que el secado en caso de contar con costra de mortero se ralentiza. Las probetas de 7 días de edad (muestras con código 1, 2, 3 y 4 de la tabla 1) tienen una humedad relativa media de 12,04 %, una densidad media de 1587,75 kg/m³ y reflejan una resistencia a compresión media de 0,21 N/mm².

Tabla 1: Relación las muestras ensayadas, su edad, humedad, densidad y resistencia a compresión

código muestra	edad rotura (días)	humedad óptima (proctor modificado)	humedad zona rotura (%)	densidad seca (gr/cm3)	resistencia a compresión (N/mm2)
1	7	7,7	11,83	1614	0,22
2	7	7,7	12,42	1549	0,22
3	7	7,7	10,11	1588	0,21
4	7	7,7	13,83	1600	0,19
5	14	7,7	9,26	1571	0,3
6	14	7,7	8,53	1523	0,27
7	14	7,7	9,59	1487	0,28
8	14	7,7	11,03	1543	0,34
9	60	7,7	7,89	1460	0,63
10	60	7,7	8,22	1487	0,72
11	60	7,7	7,73	1458	0,69
12	60	7,7	7,58	1449	0,65
13	143	7,7	7,14	1694	1,18
14	143	7,7	7,38	1728	1,29
15	143	7,7	8,05	1780	1,55
16	24	7,7	3,93	2242	1,15
17	24	7,7	4,11	2177	1,12

Las probetas de 14 días de edad (muestras con código 5, 6, 7 y 8 de la tabla 1) cuentan con una humedad media de 9,6%, una densidad media de 1587,75 kg/m³ y una resistencia a compresión media de 0,2975 N/mm².

Las probetas de 60 días de edad (muestras con código 9, 10, 11 y 12 de la tabla 1) cuentan con una humedad media de 7,85% (cercana a la identificada mediante el ensayo de compactación con Proctor modificado), una densidad media de 1463,5 kg/m³ y resistencia a compresión media de 0,6725 N/mm².

Los datos obtenidos de las 3 series descritas de probetas corresponden a probetas realizadas con costra (indefinida) de mortero aligerado. Estos datos no se estiman válidos dado que ni la densidad obtenida caracteriza el cuerpo de tierra al tener las costras que la desvirtúan ni en el ensayo se refleja la resistencia de la muestra dado que el volumen de la muestra efectiva está indefinido como consecuencia de la costra de mortero aligerado. Este grupo de datos es el que aparece señalado en la gráfica de la figura 2.

Se extrae una serie de 3 muestras en muro existente de edad de 143 días (muestras con código 13, 14 y 15 de la tabla 1) de tamaño 30x30x30 cm y se ensaya a rotura según UNE 103400 (1993). Las muestras destructivas ensayadas se cortan con una capa de mortero aligerado de 2 cm en una de sus caras por lo que ni la densidad ni la resistencia serán representativas. Estas probetas de 143 días de edad cuentan con una humedad media de 7,52% (cercana a la identificada mediante el ensayo de compactación con Proctor modificado), una densidad media de 1734 kg/m³ y resistencia a compresión media de 1,34 N/mm². Se observa que a medida que la densidad se acerca a la de referencia la resistencia a compresión aumenta como en el caso de la probeta de 143 días con humedad del 7,38%, densidad de 1780 kg/m³ su resistencia a compresión media es de 1,55 N/mm² (a pesar de contar con la costra de mortero).

Se realizan probetas sin costra (muestras con código 16 y 17 de la tabla 1) al detectar este problema. Éstas sometidas a ensayo de rotura con 24 días de edad cuentan con una humedad media de 4,02%, una densidad media de 2209 kg/m³ y resistencia a compresión media de 1,135 N/mm².

Se dan como válidos los datos de esta última serie a la espera de obtener datos más rigurosos en futuras investigaciones, pero se pone en cuestión el sistema de elaboración de las probetas a pie de obra que debe realizarse con una metodología suficientemente rigurosa para que refleje la humedad y la densidad (controlando la compactación y las capas). En la figura 2 se observa la dispersión de estos datos.

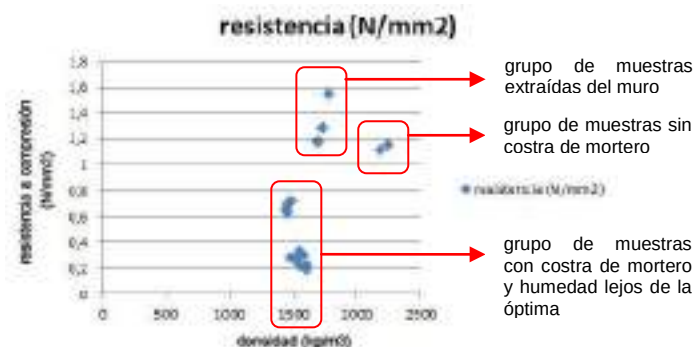


Figura 2. Gráfica de la dispersión de la relación de resistencia a compresión y densidad

En cuanto a los ensayos de densidad, rotura y flexo tracción del mortero aligerado, se realizan probetas prismáticas de mortero aligerado que se someten a ensayo de rotura a flexo tracción y así como ensayo de densidad seca del mortero aligerado mediante el método de la balanza hidrostática.

El mortero cuenta con una densidad seca media de 633,75 kg/m³ según método de la balanza hidrostática.

Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de rotura a los 120 días de edad, cuentan con una densidad media de $509,25 \text{ kg/m}^3$ y una resistencia a compresión media de $0,3175 \text{ N/mm}^2$.

Las probetas prismáticas que se someten a flexo tracción a la edad de 120 días cuentan con una densidad media de 548 kg/m^3 y una resistencia a flexo tracción media de $0,166 \text{ MPa}$.

5.2 Comportamiento térmico del muro

El período estudiado corresponde a un período sin actividad del establecimiento, comprendido entre el día 24 de enero del año 2019 y el 6 de diciembre del año 2020. En este período invernal se suceden tradicionalmente días de frío extremo y nubosidad por lo que se considera uno de los momentos con climatología más adversa del año. Se acota históricamente desde la última semana de diciembre a la primera semana de febrero, es decir, corresponde a máximo un mes y medio de invierno con temperaturas más extremas. En este período la lluvia no es abundante aunque la nubosidad es recurrente. Se pretende analizar los datos en estas condiciones con el objeto de estudiar los límites del nuevo sistema constructivo.

El establecimiento hotelero ha tenido un período de actividad en los meses de verano para posteriormente permanecer cerrado por lo que la calefacción no ha estado en marcha a lo largo del otoño. Al no estar en uso durante el período de monitorización no se cuenta con la incidencia del sistema de calefacción lo que permitiría contar con extremos más estables de temperatura; además la estancia en la que se colocan los instrumento de medición, que corresponde a un dormitorio, se oscurece mediante los elementos de oscurecimiento (contraventanas interiores y cortinajes) con el fin de evitar las ganancias térmicas a través de los huecos limitando así la influencia de éstas sobre los datos obtenidos en el muro.

En el tramo de días estudiado (figura 3), se suceden una serie de días soleados en los que la temperatura exterior oscila entre los 15 y 1°C y la humedad relativa durante las noches aumenta hasta rangos del 90% y durante el día el efecto del sol la hace descender significativamente hasta el 40% . En este período se presupone un asoleo directo sobre el muro por la mañana debido a la orientación sureste del mismo.

A este período de días soleados se sucede otro de días nublados (figura 3) en los que la temperatura exterior se mantiene en torno a los 0°C ascendiendo hasta los 5°C durante el día en los que la humedad relativa no remonta con tanta intensidad durante el día quedando siempre por encima del 75% . En este período la nubosidad anula la captación solar directa del muro.



Figura 3. Gráfica temperaturas y humedad relativa ambiente interior y exterior

Se analizan estos dos tramos diferenciados debido al distinto comportamiento dinámico del muro en cada uno de ellos.

Se obtienen datos del par de sensores de flujo, un par de termómetros que miden temperaturas superficiales interior y exterior y los datos de temperatura exterior y humedad

relativa de una estación meteorológica cercana (embalse de la Pena a 8,5 km) en el período de estudio.

Los sensores de flujo de calor que permiten la medición in situ del flujo de calor que acaece en el muro sin requerir el valor conocido de la resistencia térmica o la conductividad. El medidor convierte la diferencia de temperaturas a voltaje eléctrico. Para el presente análisis se instalan uno en el exterior del muro que mide el flujo que entra o sale del muro hacia el exterior y un termómetro que mide la temperatura superficial exterior. Así mismo se instala un termoflujómetro en el interior del muro, que mide el flujo de calor que entra o sale hacia el interior del muro desde el espacio interior, junto con un termómetro que mide la temperatura superficial interior. La ubicación de los sensores se decide en función de la accesibilidad a los equipos y se comprueba mediante la termografía que no existen discontinuidades o elementos de borde que alteren las mediciones.

Previo a la parametrización mediante la aplicación de la norma se realiza un análisis gráfico de los datos obtenidos que explica el funcionamiento térmico dinámico del muro dado que la aplicación de la norma no refleja este comportamiento (Cartellarnau, 2020).

Con el fin de poder parametrizar el balance térmico teniendo en cuenta el comportamiento activo tanto desde la cara interior como desde la cara exterior del muro, se calcula el valor de flujo neto. Se observa que debido a que el muro no ha recibido calefacción en ningún momento el flujo hacia el interior es muy sensible a las condiciones exteriores dado que la inercia térmica del muro no recibe aportes internos y sólo se activa mediante el asoleo que recibe el muro por encontrarse expuesto a orientación sureste.

El flujo de temperatura que incide en el muro es prácticamente equivalente al flujo que entra en el interior del espacio y en el período estudiado es en todo momento positivo hacia el interior del espacio. Esto permite deducir que el muro en una orientación favorable consigue aprovechar toda la energía que incide sobre él pero tiene la inercia y el aislamiento suficiente para no perder este calor cuando desciende la temperatura exterior.

En el gráfico de la figura 4 se observa que:

- Los flujos exterior (hacia el interior del muro) e interior (hacia el interior del espacio) prácticamente simétricos lo que representa que son iguales dado que aparecen en el gráfico con signo contrario.
- En todo momento el flujo en dirección hacia el interior del edificio es positivo, es decir en todo momento hay ganancias a través del muro hacia el interior del edificio, incluso en periodos en que la temperatura exterior desciende bajo los 0°C. esto se debe a la inercia térmica del muro y a la resistencia que ofrece la costra del mortero aligerado.
- La dinámica del flujo desde el exterior hacia el interior del muro y a su vez el del interior del muro hacia el interior del espacio es cíclica, el flujo hacia el interior del espacio. La ganancia de temperatura hacia el interior tiene un ritmo constante que refleja un aumento en los tramos horarios de la mañana tanto en días soleados como en los nublados, seguida de un período de descarga y otro de amortiguación.
- El reflejo de este acceso de calor hacia el interior también se refleja en las lecturas de la temperatura interior que recoge esta dinámica de ganancia tanto en los días soleados como en los días nublados. La temperatura interior se sostiene entre de los 18 y los 15°C los días soleados (merece la pena recordar que la captación solar pasiva a través de los huecos se ha anulado para el análisis) y entre los 15 y los 13°C en los días nublados.
- La transmitancia térmica corregida ($U_{\text{corregida}}$) calculada según la ISO 9869-1:2014 cuenta con valores válidos en que coinciden con los períodos de amortiguación. Los datos de los períodos de recarga y descarga no son válidos según la metodología que marca la norma y por ello en la gráfica se llevan a 0.

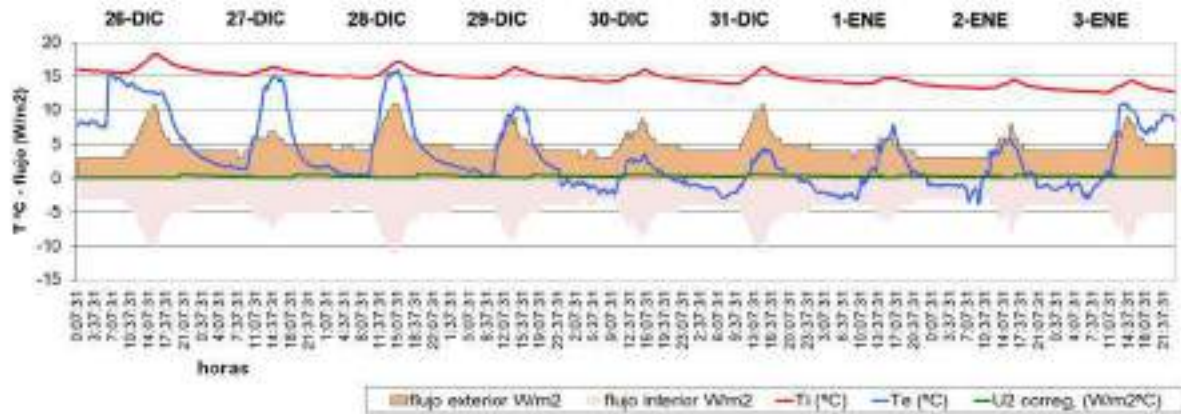


Figura 4. Gráfica temperaturas interior y exterior, flujo desde el exterior hacia el interior del muro, flujo hacia el interior del espacio del período que comprende los dos tramos consecutivos de días soleados y días nublados

Con el fin de poder cuantificar esta dinámica de carga-descarga-amortiguación se analizan por separado una serie de dos días del período de días soleados y dos días del período de días nublados. En el tramo de días soleados estudiado de los días 27 y 28 de diciembre, (figura 5) se produce una carga sostenida de más de 6 horas de las 9 de la mañana a las 14 horas, para a continuación sucederse una descarga de 3 horas. El flujo se estabiliza a lo largo de un período de amortiguación de 8,5 horas para a continuación descender ligeramente y volver a estabilizarse hasta que se inicia de nuevo el ciclo de carga hacia las 9 de la mañana.

El valor de la transmitancia corregido no aparece en la gráfica porque los datos de este período al no haber un contraste de $T_i - T_e > 10^{\circ}\text{C}$ la metodología que prescribe al ISO 9869 los desestima.

En el período de los días nublados, 2 y 3 de enero, se repite la dinámica de carga que transcurre durante 5,5 horas, seguido de un período de descarga de 2 horas y seguido a su vez de un período de amortiguación de 17 horas.

A partir de los datos obtenidos mediante los sensores se obtiene la transmitancia siguiendo el método de medición *in situ* prescrito por la ISO 9869-1 (2014). Para ello se detecta el período en el que se sostienen las condiciones que prescribe la norma.

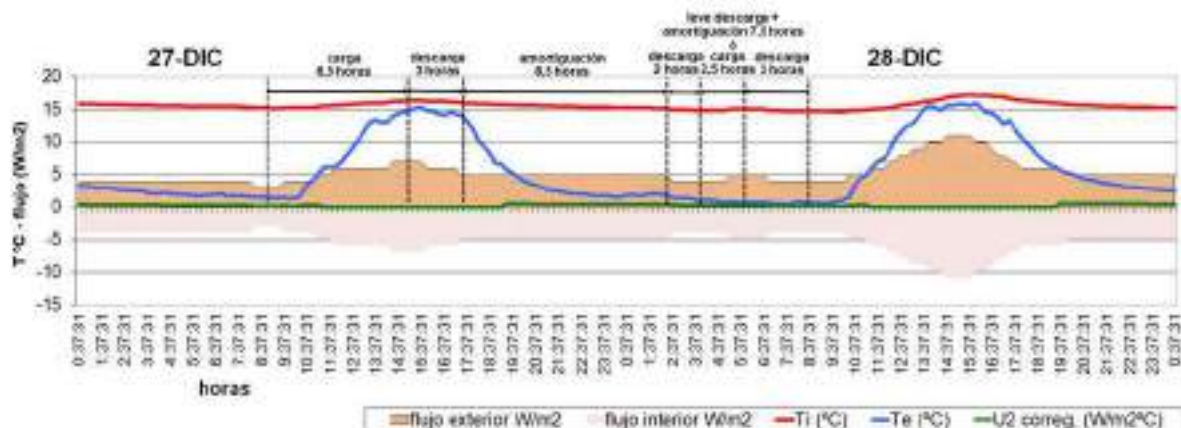


Figura 5. Gráfica temperaturas interior y exterior flujo hacia el interior del muro desde el exterior y hacia el interior del espacio

La norma plantea una serie de condicionantes para validar los datos obtenidos. Como valor de la U del muro se tomará el valor de la curva corregida al final de la medida, con una banda de incertidumbre igual al rango de la curva corregida en las últimas 24 h, siempre que se cumpla cada una de las siguientes condiciones:

- a) El periodo de análisis no es inferior a 96 h
- b) El período de análisis es un múltiplo entero de 24 h
- c) El valor R obtenido es igual al valor de R utilizado para derivar los factores de corrección, dentro del 5%.
- d) Los valores de la curva corregida:
 - o Al final de la toma de datos
 - o 24 h antes del final de test
 - o 48 h antes del final del test
 - o Son todas iguales dentro del 5% de desviación.
- e) Se obtienen los mismos resultados dentro del 5% si se descartan las primeras 12 h de datos

La norma tiene en cuenta la posibilidad de que no se cumplan algunos de estos condicionantes (apartado 7.2.3) e incluso acepta que errores de medición eleven el grado de incertidumbre de los valores válidos hasta de un 28% o incluso por encima en función de las circunstancias del ensayo (apartado 9).

La mayoría de datos de transmitancia en períodos de recarga es desestimada (no se cumple la condición de $T_i - T_e > 10^\circ$) así como los datos de los tramos de amortiguación (figura 6), por ello no se estima representativa la validación de datos que propone la norma dado que los datos de los tramos inválidos (que en la figura 5 se llevan a 0) mejorarían sustancialmente los valores medios de transmitancia. A pesar de ello el valor medio la transmitancia según el método de la media corregido recogiendo los datos válidos según los criterios que establece la ISO 9869-1 (2014) de todo el período del 26 de diciembre al 3 de enero es de $0.3405 \text{ W/m}^2\text{K}$. Este dato mejora significativamente a los obtenidos en estudios de muros (no expuestos a asoleo) y que no cuentan con costras de mortero aligerado ($0.8238 \text{ W/m}^2\text{K}$, Castellarnau 2020).



Figura 6. Gráfica Balance temperatura interior y exterior, flujo hacia el interior del muro desde el exterior y U corregida, en el periodo estudiado del 26 de diciembre al 3 de enero.

A pesar de poder obtener un valor medio hay varias de las condiciones que no es posible cumplir dado que la fluctuación de las condiciones exteriores que se ve reflejada en el flujo no permite tener valores con cierta estabilidad. Se estima necesario redundar en el ensayo del comportamiento térmico de muros contruidos con este nuevo sistema constructivo en orientaciones sin asoleo, así como muros expuestos a ganancias internas sostenidas que permitan contar con mayor cantidad de valores validados que la metodología valide y con cierta estabilidad.

6 CONSIDERACIONES FINALES

La nueva técnica constructiva de tapia calicostrada supone una mejora tecnológica para las construcciones en tierra, resuelve la problemática del aislamiento térmico de estos sistemas manteniendo la capacidad del muro de almacenar calor. Pudiéndose obtener datos de transmitancia muy competitivos respecto a los sistemas constructivos basados en el súper aislamiento.

La metodología de control de mezclas debe poner especial cuidado en la elaboración de las mezclas (tanto del cuerpo de tierra como de la costra de mortero aligerado) que debe ser rigurosa y representativa para conseguir muestras de densidad y humedad que correspondan con el muro ejecutado.

Se estima necesario el desarrollo de mayor cantidad de muestras para poder obtener datos rigurosos que puedan ser representativos.

Respecto al comportamiento térmico del muro, conocidas las limitaciones del sistema de medición *in situ* que prescribe la ISO-9869-1:2014 para los muros de gran inercia térmica y por tanto con comportamiento dinámico, se refleja en el presente estudio el potencial activo del nuevo sistema constructivo a la hora de almacenar el calor que proviene del exterior y el óptimo comportamiento térmico frente al aislamiento y por tanto las pérdidas de calor. Se estima necesario realizar ulteriores ensayos en orientaciones no expuestas, en espesores menores de muro y en condiciones de espacios interiores calefactados para poder obtener los datos característicos significativos del nuevo sistema constructivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, P.J. (1969). Thermal conductivity of masonry materials. The journal of the institution of heating and ventilating engineers. vol. 37, p. 101-108 and 11.

ASTM D 2922 (2005). Standard test methods for density of soil and soil-aggregate in place by nuclear methods (shallow depth). USA: ASTM International

ANSI/ASTM D3017 (2005). Standard test method for water content of soil and rock in place by nuclear methods (shallow depth).

Bauluz, G.; Barcena, P. (1992). Bases para el diseño y construcción con tapial. Ministerio de obras públicas y transportes, Madrid. ISBN 8474338395.

Castellarnau, A. (2019). Caracterización de la transmitancia térmica de un muro de tierra comprimida. In: Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p.109-118.

Castellarnau, A. (2020). Caracterización del comportamiento térmico de un muro de tapia mediante la termofluxometría. Revista Gremium, 7(14), 169–184. Recuperado a partir de <https://editorialrestauro.com.mx/gremium/index.php/gremium/article/view/135>

Código Técnico de la Edificación, España. Real decreto 314/2006 y sus modificados, documento básico de eficiencia energética (CTE DB-HE).

DIN 4108-4 (2020). Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 4: Hygrothermal design values. Germany: Deutsches Institut Fur Normung

Heathcote, K (2011). The thermal performance of earth buildings. Informes de la construcción. 2011. vol. 63, nº. 523, 2011, p. 117-126. ISSN 0020-0883.

ISO 9869-1 (2014) Thermal insulation – building elements – in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance – part 1: heat flow meter method. International Organization for Standardization

Minke, G. (2013). Building with earth: design and technology of a sustainable architecture. Birkhäuser Verlag GmbH, Basel. ISBN 978-3-0346-0822-0.

UNE 83304 (1984). Ensayos de hormigón. Rotura por compresión. España: Normalización Española.

UNE 83306 (1985). Ensayos de hormigón. Rotura por tracción indirecta. (Ensayo brasileño). España: Normalización Española.

UNE 103301 (1994). Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática. España: Normalización Española.

UNE 103400 (1993). Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo. España: Normalización Española.

UNE 103501 (1994). Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado. España: Normalización Española.

Volhard, F. (2016). Light earth building. Birkhäuser Verlag GmbH, Basel. ISBN 978-3-0356-0634-8.

Walker, P.; Keable, R.; Martin, J.; Maniatidis, V. (2005). Rammed earth, design and construction guidelines. ed. BRE Bookshop. ISBN 1-86081-734-3.

AUTORA

Àngels Castellarnau Visús, arquitecta por la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) especializada en bioconstrucción, arquitectura de bajo impacto ambiental y arquitectura de tierra. Phd por la UPC en Energía natural en la Arquitectura. Investiga sistemas constructivos en tierra y con material local y la gestión de recursos naturales en el territorio. Fundadora del estudio Edra Arquitectura km0. Miembro de la red PROTERRA. Cofundadora de la plataforma Made in tierra Spain.

ADOBES CAROYENSES – UN DESARROLLO EXPERIMENTAL INNOVADOR

Luis Eduardo Canavesi

Miembro de la Red Proterra Argentina, luiscanavesi@gmail.com

Palabras clave: adobe, cáscaras, maní, características termomecánicas

Resumen

Este documento presenta la primera etapa de un trabajo experimental que tiene como meta desarrollar adobes livianos, tan livianos como sea posible, pero que posean suficiente resistencia mecánica para ser usados, eventualmente, con capacidad portante. En esta etapa, los adobes se moldean a mano utilizando la tierra, los moldes y el personal calificado de una fábrica de ladrillos cerámicos macizos. Como innovación, para reducir la huella ambiental del proceso, se elige un desecho industrial de la maní o cacahuete (*Arachis hypogaea L*), en reemplazo de las fibras de paja que se agregan usualmente como estabilizante orgánico. Los satisfactorios resultados conseguidos en los ensayos de compresión, efectuados en un laboratorio, demuestran la factibilidad de ejecutar las próximas etapas proyectadas. Los ensayos de caracterización gravimétrica y de plasticidad, revelan que los suelos analizados corresponden a tierras arcillosas, las cuales, estabilizadas con “cáscaras” de maní, se presentan entonces como una combinación adecuada para reducir la densidad aparente de los adobes; con esto, disminuyen las cargas de inercia actuantes durante los eventos sísmicos y mejoran las características térmicas de los cerramientos, que son los objetivos buscados finalmente. Las ventajas térmicas quedan evidenciadas ejecutando un software desarrollado en base al modelado matemático. La denominación de “caroyenses”, que alude a la ciudad donde se fabricaron, los identifica, diferencia y los destaca como un tipo innovador de adobes, ya que no se encontraron antecedentes del uso de las cáscaras de maní como estabilizante orgánico en piezas de albañilería de tierra.

1. INTRODUCCIÓN

Tal como se detalla e ilustra en las subsecciones del apartado 2, se “cortaron” (moldearon) 20 adobes alivianados con cáscaras de maní en un predio industrial de Colonia Caroya, Provincia de Córdoba, Argentina. Las piezas se trasladaron y ensayaron en un laboratorio de la Administración Provincial de Vialidad (APV) de la Ciudad de La Rioja, Argentina, que cuenta con equipamiento homologado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI. En el apartado 3, se analizan aspectos térmicos de cerramientos genéricos y se aplica un software de modelado matemático para fundamentar las ventajas térmicas que conlleva alivianar los adobes. En el apartado 4, analizando conceptos de sismorresistencia, se demuestra la relación existente entre la densidad de los adobes y las acciones sísmicas actuantes sobre los muros, donde se evidencia otra de las ventajas del alivianamiento de estos elementos constructivos. En esta primera parte de un proyecto más amplio, que está planeado, se adoptó un método a prueba y error asumiendo que los resultados conseguidos con estos adobes experimentales permitirán hacer los ajustes adecuados en las etapas posteriores. Este proyecto tiene también como objetivo incentivar la investigación independiente, usando los laboratorios de la Dirección de Vialidad Nacional o los de las APVs que existen en la Argentina.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS ADOBES CAROYENSES

2.1 El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea L*)

En la República Argentina, los cultivos de esta legumbre oleaginosa, y las industrias relacionadas con ella, están radicados mayoritariamente en la zona centro-sur de la Provincia de Córdoba. El maní (*Arachis hypogaea L*), cómo se denomina en Argentina,

fructifica en vainas cuyos pericarpios – “cáscaras”, de modo coloquial – constituyen un desecho agroindustrial.

Debido a su alto poder calorífico, las cáscaras de maní tienen una alta demanda comercial relacionada a su uso como combustible en hornos o en usinas térmicas; también se utilizan como abono orgánico, o como suplemento forrajero en la alimentación de animales para producción cárnica. Las cáscaras de maní tienen una densidad aparente (ρ) del orden de 0,08 a 0,2 g/cm³ (Granero y otros, 2013). Las propiedades mecánicas de las cáscaras de maní que figuran en esa publicación, se asocian a la fabricación de placas prensadas desarrolladas en la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Con el mismo uso, paneles prensados aparecen en un trabajo de graduación (Santa Cruz, 2012), de la Universidad de San Carlos, Guatemala. Otra publicación consultada (Jiménez y otros, 2019), se relaciona con la caracterización de las cáscaras de maní procedentes de Córdoba y sus diferentes usos.

Las cáscaras enteras tienen entre dos y cinco centímetros de longitud y, junto a ellas, se puede encontrar material fragmentado y fibras radiculares. Su morfología las muestra con una cara interior cóncava, que admite ser rellenada fácilmente por el barro, una cara exterior convexa, con nervaduras, y ambas superficies propician la adherencia de la arcilla, que en el barro cumple con la función aglutinante que tienen las resinas en los materiales compuestos. A las cáscaras se las puede utilizar tal como salen de la planta procesadora de maní y ser incorporadas a la tierra sin necesidad de efectuarles ningún tratamiento adicional, mientras que, cuando se usan pajas acondicionadas en fardos prismáticos (“balas”), o en “rollos” cilíndricos, lo que ya de por sí deja una huella de carbono asociada a esos sistemas de recolección y acopio, a las fibras se la debe cortar posteriormente con machetes o con máquinas hasta lograr la longitud deseada. Desde las plantas industriales donde se procesa el maní, las cáscaras pueden ser trasladadas y guardadas a granel, en pequeñas o en grandes cantidades. También se pueden dosificar con adecuada precisión de manera volumétrica, al momento de mezclarlas con la tierra, lo cual es importante para lograr adobes con características uniformes y replicables.

2.2 La tierra de los adobes

En todas las ladrilleras industriales, se utilizan tierras que contienen arcillas. Como eso también es imprescindible para los adobes, se decidió iniciar el desarrollo de los caroyenses en una fábrica de ladrillos cerámicos macizos, lo cual posibilitó concretar esta primera etapa. Aun disponiendo de cartas con la ubicación de suelos de tipo arcilloso, habría sido un proceso arduo, y estado fuera del alcance de este proyecto, efectuar prospecciones geológicas y realizar ensayos granulométricos y funcionales hasta encontrar una cantera de greda apta.

2.3 Fabricación de los adobes caroyenses

Las cáscaras de maní se incorporaron directamente a un pastón extraído del pisadero industrial (arriba, izquierda, en la figura 1), donde el barro se encontraba “durmiendo” desde hacía *varios* días. La mezcla se efectuó de manera práctica, empírica, sin ningún protocolo previo, hasta que el maestro “cortador” consideró que la masa estaba sensiblemente más liviana que la que él trabajaba normalmente para cortar los ladrillos cerámicos macizos.

2.4 Ensayos de laboratorio

En el Laboratorio de la APV de La Rioja, Argentina, los adobes a ensayar fueron rotulados, medidos y pesados antes de efectuar el encabezado de las caras de tabla de los mismos, para lo cual se utilizó azufre industrial aireado bajo adecuadas medidas de seguridad.

Si se hubiesen recortado los adobes para obtener probetas cúbicas, como se propone en la Norma NBR 16.814 (2020), sus dimensiones habrían resultado muy pequeñas para la elevada capacidad de la prensa utilizada. Por ese motivo, siguiendo las recomendaciones del Código NMAC 14.7.4 (2105) de Nuevo México, se realizaron ensayos de compresión

simple sobre los adobes enteros, con una velocidad de aplicación de la carga de aproximadamente 3,5 MPa/min (500psi/min). Para los ensayos de suelos, cuyos resultados se muestran en las figuras 5a y 5b, se usaron las Normas de Vialidad Nacional detalladas en la subsección 2.6.



Figura 1. Fabricación de los adobes caroyenses en Colonia Caroya



Figura 2. Inicio de los ensayos en marzo de 2020 en la APV



Figura 3. Adobes luego de ser ensayados en la APV, abril de 2021

2.5 Método de cálculo de la resistencia característica σ_k para cinco resultados

Cuando se cuenta con al menos cinco resultados de ensayos válidos, se puede usar el siguiente método, tomado de la Norma NZS 4298 (1998), para determinar la *resistencia característica* (σ_k). Este método estadístico establece que un 90% de los elementos de un lote completo bajo evaluación posee una resistencia igual o superior a la σ_k que se determina desde la siguiente ecuación:

$$\sigma_k = (1 - 1,5 \frac{S}{\sigma_{prom}}) \cdot \sigma_1 \quad (1)$$

siendo σ_1 , el resultado de ensayo más bajo.

La resistencia promedio, σ_{prom} , se calcula desde:

$$\sigma_{prom} = \frac{\sum \sigma_i}{n} \quad (2)$$

donde $n = 5$,

y S , la desviación estándar, desde:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \sigma_i^2 - \sigma_{prom}^2}{n-1}} \quad (3)$$

Tabla 1 – Resultados de los ensayos de compresión y de la densidad aparente

Probeta	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Resistencia a la compresión (MPa)	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
	Tizón	Soga	Grueso					
A1	14,9	30,0	5,8	447,0	1,92	3575	2570,3	1,39
A2	14,9	30,0	5,7	445,5	1,85	3540	3539,4	1,39
A3	14,9	29,7	5,7	441,0	1,17	3595	2419,9	1,44
A4	15,0	29,7	5,5	444,0	1,95	3575	2442,1	1,46
A5	15,0	29,7	5,6	444,0	1,93	3465	2486,5	1,47
A6	14,9	29,7	5,6	442,5	2,94	3455	2456,0	1,41
A7	14,9	29,9	5,7	445,5	2,22	3511	2517,1	1,39
Promedio	14,9	29,9	5,6	445,2	1,97	3569	2511	1,42

Tabla 2 – Resistencia a compresión de la muestra de adobes

Resistencia a compresión (MPa)	
σ_1	1,85
σ_{prom}	1,97
S	0,14
σ_k	1,65

Se descartaran los valores anormales A3 y A6 de la tabla 1. En estos cálculos, no se considera la relación de aspecto de los adobes. Por ello, aun cuando los ensayos son válidos y permiten sacar conclusiones, como se detalla más adelante, no se pueden asociar directamente estos resultados con los obtenidos en ensayos con probetas cúbicas, tal como se prescriben en las Normas NBR 16.814 (2020) y NE 080 (2017).

2.6 Ensayos de suelos

Para proceder a la clasificación del suelo utilizado en la fabricación de los adobes, se analizó la tierra recuperada de las piezas ensayadas a compresión. También se analizó una muestra de tierra suelta obtenida en la fábrica de ladrillos cerámicos, efectuándose en todos los casos los procedimientos de clasificación gravimétrica y de plasticidad.

Los resultados se detallan en la tabla 3. De acuerdo a los resultados de los ensayos de la APV, ambas tierras (recuperada y suelta) corresponden a suelos de rango arcilloso, lo cual es compatible con el uso previsto originalmente. Los adobes “tradicionales” se fabrican usualmente con suelos franco–arcillo–arenosos, con elevado porcentaje de arena, y por esa razón, entre otras, la densidad aparente de los mismos frecuentemente es elevada, del orden de los 1,75 g/cm³.

Tabla 3 – Caracterización y clasificación de los suelos (Departamento Laboratorio APV – 20/4/2021)

Ensayo	Tierra recuperada		Tierra suelta	Norma
Granulometría por via húmeda (% que passa)				
Tamiz 10) (2.0 mm	99	98	VN-E1-65	
Tamiz 40 (0.42 mm)	95	96		
Tamiz 200 (0.075 mm)	75	73		
Límites de Atteberg y clasificación del suelo				
LL (%)	16.08	17,86	25.70	VN-E2-65
LP (%)	7.14	7.50	15.38	VN-E3-65
IP (%)	13.45	16.66	10.32	
Promedio IP (%)	15		10	ASTM D 3282
Índice de grupo	8		8	
Clasificación HBR	A-6		A-6	

Los informes de los ensayos establecen que los suelos A-6 son suelos arcillosos plásticos que contienen generalmente 75% o más que pasa el tamiz N°200, el material de este grupo tiene comúnmente grandes cambios de volumen al pasar del estado húmedo al seco. El índice del grupo está comprendido entre 1 y 16, los mayores valores indican el efecto combinado de altos índices de plasticidad y bajos porcentajes de agregado grueso.



Figura 4. Ensayos en la APV para la determinación de LL, LP e IP

2.7 Determinación del contenido de cáscaras de maní en los adobes

Debido a que, cuando se elaboraron los adobes, no se determinaron ni el volumen ni el peso de las cáscaras agregadas al barro, se procedió a separarlas de la tierra de las piezas ya ensayadas a compresión. El objetivo de esta separación fue determinar el porcentaje de cáscaras con el cual se consiguieron los resultados de los ensayos efectuados en este trabajo, y desde el cual partir en la etapa posterior del desarrollo, tal como está planeado.

El procedimiento adoptado fue:

- a) con un martillo de mano, se retiran mecánicamente las capas de azufre de los encabezados y luego se procede a romper los adobes en trozos pequeños.

Se observa que el barro seco no se desintegra fácilmente, conservando una dureza y resistencia apreciables. Los daños provocados por la fuerza de compresión son visibles en los cantos y en las testas de los adobes, pero no hay daños significativos en las caras que habían sido encabezadas con azufre.

- b) Se procede a sumergir los trozos de los adobes en un recipiente de 20 litros de capacidad, con abundante agua, durante algunas horas, removiendo a mano hasta lograr que los elementos más livianos de la mezcla suban a la superficie mientras los componentes de la tierra se precipitan en el fondo.

Porque no contiene cemento, la tierra se transforma completamente en un barro sin grumos y se separan todos los elementos de material orgánico mediante enjuague, tamizado y selección manual.

La separación del material orgánico muestra, además de las cáscaras de maní, la presencia de aserrín y virutas de madera, que se habían agregado en el pisadero a la tierra con la que se fabrican los ladrillos cerámicos macizos.

- c) El material orgánico extraído se expone al sol durante varios días hasta su secado total. Se aprecia a simple vista que el porcentaje volumétrico de cáscaras es muy superior al del aserrín y al de las virutas o astillas de madera.

Terminado el secado y la separación de los distintos materiales orgánicos, se determina un peso promedio de 135 gramos de cáscaras de maní, por adobe.



Figura 5. Proceso de recuperación de las cáscaras de maní

2.8 Observaciones adicionales

- Los suelos ensayados corresponden a una clasificación HRB A-6 según la Norma ASTM D 3282 (2015), lo que los ubica dentro del rango arcilloso – zona de color lila de la figura 6 – con un exiguo contenido de arena, compatible con el uso al que estaba destinada la tierra originalmente, es decir, la fabricación de ladrillos cerámicos macizos. Se considera que esta característica amerita un estudio más profundo, ya que se contrapone a muchas citas bibliográficas que señalan que los suelos para moldear adobes deben contener como mínimo un 50 a 55% de arena, con un porcentaje de arcilla de 20 a 25% como máximo, lo que los ubica cerca, o dentro, de la zona de los suelos franco-arcillo-arenoso, color turquesa en la figura 6.
- La densidad aparente de la tierra es la determinante de la densidad de los adobes. Se considera que, para lograr adobes de baja densidad, se deben utilizar suelos arcillosos.
- Las bolitas de la figura 7, conformadas con la tierra extraída de los adobes ensayados, desarrollaron mucha dureza y pasadas las 48 horas no se pudieron romper entre los dedos, con lo que se corrobora empíricamente la aptitud del suelo y la presencia de arcilla.

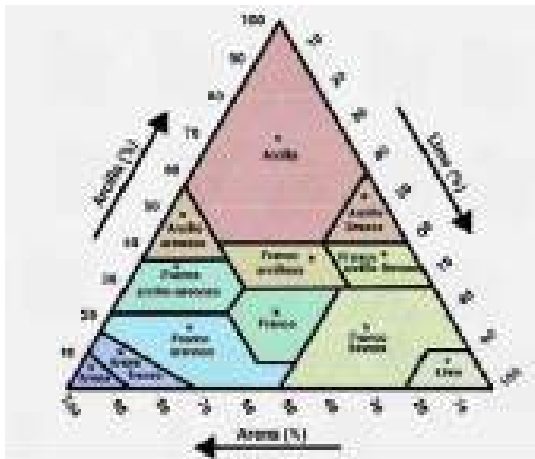


Figura 6. Triángulo textural (Clasificación USDA¹)



Figura 7. Bolitas de barro secas

- Desde su desmolde hasta el secado final, los adobes no desarrollaron grietas de contracción. Esto puede ser atribuible a que se fabricaron usando una tierra adecuada, en cuanto a su composición y humedad, aunque, también, al agregado de virutas y aserrín de madera, por cuanto en la fábrica ladrillera se inspeccionaron piezas unitarias de tierra, oreadas, listas para ir al horno, y ninguna presentaba grietas importantes. No obstante, se considera factible que, con ese tipo de tierra, las cáscaras por sí solas también impedirían la formación de grietas, aunque el barro no contuviera virutas y aserrín de madera.
- En los adobes identificados como “A”, de los que se fabricaron diez unidades y que se realizaron con un tiempo de mezclado en total entre el barro y las cáscaras de aproximadamente 20 minutos en dos etapas, con un reposo intermedio de aproximadamente seis horas, la densidad aparente fue de 1,42 g/cm³, la σ_{prom} resultó de 1,97 MPa y la σ_k calculada alcanzó los 1,65 MPa.
- Se observa que la tierra tiene buena adherencia a la parte cóncava (interior) de las cáscaras, pero es menor en la parte exterior, la cara convexa. Las fibras sueltas, pertenecientes a las cáscaras, tienen buen anclaje con la tierra.
- Al haberse determinado un peso promedio de 135 gramos de material seco, por adobe, el peso porcentual promedio de cáscaras se puede estimar en aproximadamente 3,8%. Este cálculo no permite determinar con exactitud el porcentaje en volumen de las cáscaras al momento de ser agregadas, lo cual queda pendiente para la próxima etapa del desarrollo.

¹ United States Department of Agriculture

3. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS ADOBES

3.1 Difusividad térmica

Aunque un cerramiento de tierra con alta masa produce un retardo y una amortiguación de las ondas térmicas exteriores, se debe tener en cuenta que 'a medida que aumenta la densidad de un cerramiento, proporcionalmente, pierde más rápido el calor que es capaz de acumular' (Mosquera, 2013).

Para Mosquera (2013), la propiedad que mejor representa el comportamiento térmico de un cerramiento sometido a un flujo de calor no estacionario (variable, dinámico, real), es la difusividad térmica (α), que es inversamente proporcional a la inercia térmica y define la modulación de las ondas térmicas que atraviesan los edificios ya que 'para cerramientos con un espesor determinado, retardarán y amortiguarán más las ondas térmicas, los que tengan menor α '. Además, 'a más alta difusividad térmica, más rápidamente cambia la temperatura interior del material cuando lo hace la temperatura superficial' (UNE EN ISO 7345, 1996). Todo esto es particularmente importante en zonas de clima frío.

La difusividad térmica de un material se calcula, genéricamente, con la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho} (m^2/s) \cdot 10^{-7} \quad (4)$$

siendo,

λ conductividad térmica (W/m.K),

c_p calor específico a presión constante (J/kg.K)

ρ densidad aparente (g/cm³)

Mientras que λ es la medida del calor transferido por conducción térmica a través de un elemento, por unidad de tiempo y de superficie, cuando la diferencia de temperaturas es 1 K (o 1°C), α representa la rapidez con la que el calor se difunde a través del material. En la ecuación 4, el factor λ mide la capacidad del material para transmitir calor, toda vez que el factor $c_p \cdot \rho$ mide la capacidad del material para almacenar energía calorífica.

Los materiales de α grande responden a los cambios térmicos envolventes con mayor rapidez, mientras que los materiales de α pequeño lo hacen más lentamente y, por lo tanto, mayor es el tiempo necesario hasta alcanzar una nueva condición de equilibrio.



Figura 8. α en función de ρ y de $H_p\%$

De la figura 8, se puede deducir que, aunque la relación entre α y ρ no es absolutamente lineal, α aumenta con relación a ρ en mayor medida que la densidad misma.

El calor específico de un adobe (c_{pa}) dependerá de las proporciones en peso de cada uno de los materiales que integran la mezcla, por lo que es necesario conocer su composición.

Para el cálculo del c_{pa} , si la tierra se estabiliza con paja y cemento, puede tomarse la siguiente ecuación (Mosquera, 2013).

$$c_{pa} = c_{pt} + 1600 \frac{Pp}{100} + 4180 \frac{Hp}{100} + 1000 \frac{Pc}{100} \quad (\text{J/kg K}) \quad (5)$$

siendo:

c_{pt} calor específico de la tierra, en base seca. Valor de referencia: 840 (J/kg.K)

Pp contenido en peso de la paja (kg/kg)

Hp contenido en peso del agua contenida en el material (kg/kg) en base seca

Pc contenido en peso del cemento (kg/kg) en base seca (no previsto en los caroyenses)

Nota: aunque no se dispone del c_p de las cáscaras de maní, se estima igual o mayor a 1.600 (J/kg.K)

3.2. Parámetros térmicos en elementos de tierra. Modelo matemático

Ampliando la gama de los modelos matemáticos (MM) analizados, Mosquera (2013) postula la ecuación de su propio MM, que aquí se denominará MA, en el que introduce un término representativo de la influencia de la humedad intrínseca en la λ de adobes y bloques de tierra comprimida (BTC). Para determinar las λ , utilizó el dispositivo KD2 de aguja térmica, que es el método especificado en la ASTM D5334 (2014), y analizó el comportamiento térmico de los cerramientos de tierra cuando se encuentran bajo un flujo externo de calor no estacionario para verificar el cumplimiento de los requisitos de la normativa vigente en España.

Como innovación, se aplicó el MA a un cerramiento de quincha, un material muy diferente a las piezas de albañilería de tierra (PATs) como son los adobes o BTCs que Mosquera (2013) ensayó. En este trabajo, Canavesi (2020), aplicando el MA a un hipotético panel de quincha donde se calculó una $\rho = 1,2 \text{ g/cm}^3$ y se adoptó una $Hp\% = 0\%$, la $\lambda = 0,27 \text{ W/m.K}$ que se obtuvo considerándolo como una PAT, resultó cercana a las $\lambda = 0,2 \text{ W/m.K}$ y $\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$ determinadas mediante ensayos efectuados con el método de la placa térmica protegida en un laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en Buenos Aires, sobre dos paneles de $\rho = 1,18 \text{ g/cm}^3$ elaborados con la técnica de quincha húmeda en el ámbito del Centro Científico Tecnológico (Cuitiño y otros, 2015).

En otro trabajo publicado, Cuitiño y otros (2016) adoptaron una conductancia térmica $C = 0,83 \text{ W/m}^2.\text{K}$ para el cerramiento de un salón de usos múltiples (SUM) construido en quincha húmeda con un espesor $e = 0,30 \text{ m}$. Siendo C el valor de la λ para un espesor unitario, es decir: $C = \lambda / e$, se puede determinar una $\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$ (que se deduce desde: $\lambda = C \times e = 0,83 \times 0,3 = 0,25$). Este valor de λ , presupone que una de las probetas ensayadas en el INTI y el cerramiento del SUM, tenían iguales ρ y $H\%$.

Ejemplos de uso del MA: adobe con densidad genérica versus adobe caroyense

Las tablas 4 y 5 muestran la aplicación del MA en dos tipos diferentes de adobes, donde se mantuvieron constantes c_p , $Hp\%$, e y las resistencias térmicas del cerramiento – éstas últimas extraídas de la IRAM 11605 (1996) - y se tomó como única variable la ρ de los mismos. La λ para una $\rho = 1,75 \text{ g/cm}^3$, es un 50% mayor que la λ correspondiente a una $\rho = 1,42 \text{ g/cm}^3$. Es decir, λ aumenta, proporcionalmente, más que la ρ misma, concordante a lo mostrado en la figura 8 con relación a α . Los resultados de los cálculos demuestran la importancia de desarrollar adobes livianos para disminuir el valor de λ y, con ello, el de α .

Tabla 4 Adobe genérico $\rho = 1,75 \text{ g/cm}^3$

Densidad	ρ	1,75	(g/cm ³)
% Humedad	Hp	3,3	(g/g)
Conductividad	λ	0,75	(W/m.K)

Conductividad	λ	0,75	(W/m.K)
Calor específico	C_p	1090	(J/kg.K)
Densidad	ρ	1,8	(g/cm ³)
Difusividad	α	3,91	(m ² / s) .10 ⁻⁷

Conductividad	λ	0,75	(W/m.K)
Espesor	e	0,30	(m)
Conductancia	C	2,49	(W/m ² .K)

Resist. muro 1/C	R_m	0,40	(m ² .K/W)
Resist. sup. ext.	R_{se}	0,13	(m ² .K/W)
Resist. sup. int.	R_{si}	0,04	(m ² .K/W)
Otra Resistencia	R_o	0,00	(m ² .K/W)
Resistencia Total	R_T	0,57	(m ² .K/W)
Transmitancia	$K(U)$	1,75	(W/m ² .K)

Desarrollo: Luis Eduardo Canavesi

El MA permite realizar cálculos comparativos para diferentes configuraciones. Modificando los valores de ρ , $Hp\%$, c_p y e , se pueden determinar distintos valores para λ , α y C . Conociendo C , se calcula la resistencia térmica del muro (R_m), siendo $R_m = 1/C$; y, si se agregan las resistencias superficiales (R_{se} y R_{si}), más otras resistencias térmicas adicionales (R_o), que pudiera haber, se determina la Resistencia Total, (R_T), y con ello la transmitancia térmica $K(U)=1/R_T$, que es el flujo total de calor entre ambos lados de un elemento, por metro cuadrado de superficie, por unidad de tiempo y por gradiente unitario de temperatura.

Tabla 5 Adobe Caroyense $\rho = 1,42 \text{ g/cm}^3$

Densidad	ρ	1,42	(g/cm ³)
% Humedad	Hp	3,3	(g/g)
Conductividad	λ	0,49	(W/m.K)

Conductividad	λ	0,49	(W/m.K)
Calor específico	C_p	1090	(J/kg.K)
Densidad	ρ	1,4	(g/cm ³)
Difusividad	α	3,14	(m ² / s) .10 ⁻⁷

Conductividad	λ	0,49	(W/m.K)
Espesor	e	0,30	(m)
Conductancia	C	1,62	(W/m ² .K)

Resist. muro 1/C	R_m	0,62	(m ² .K/W)
Resist. sup. ext.	R_{se}	0,13	(m ² .K/W)
Resist. sup. int.	R_{si}	0,04	(m ² .K/W)
Otra Resistencia	R_o	0,00	(m ² .K/W)
Resistencia Total	R_T	0,79	(m ² .K/W)
Transmitancia	$K(U)$	1,27	(W/m ² .K)

Desarrollo: Luis Eduardo Canavesi

Utilizando el MA de esta manera, se transforma en una herramienta útil para verificar, con un grado de certeza aceptable, si los sistemas de construcción con tierra cumplen con los parámetros de acondicionamiento térmico exigidos por las Normas. Por ejemplo, con cerramientos de $\rho = 1,3 \text{ g/cm}^3$, una $Hp\%$ de 3,3% en peso, y con muros de $e = 0,25 \text{ m}$, se cumplirían los requerimientos de la IRAM 11605 (1996) en la mayoría de las zonas bioclimáticas de la República Argentina, para la condición de verano, clases B y C. Para una $\rho = 1,75 \text{ g/cm}^3$, se requeriría un $e = 0,45 \text{ m}$. Los resultados de cálculo del MA verifican la relación exponencial entre ρ y λ .

4. CRITERIOS DE SISMORRESISTENCIA EN EDIFICACIONES DE ADOBE

▪ En Perú, un país que cuenta con un amplio historial de eventos sísmicos graves, se han reglamentado las construcciones de tierra reforzada de adobe y de tierra apisonada y en la

Norma E.080 (2017) la fuerza sísmica horizontal en la base de las edificaciones, se determina con la siguiente ecuación:

$$H=S.U.C.P. \quad (6)$$

donde:

S factor de suelo,

U factor de uso (donde U = 1 para vivienda),

C coeficiente sísmico (indicado en la tabla 4),

P: peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva.

▪ En Nueva Zelanda, con una ingeniería sismorresistente basada en las Normas NZS 4297/1998, 4298/1998 y 4299/1998, se construye con adobe, BTC, tierra apisonada y tierra vertida en zonas sísmicas con coeficientes C_{pi} de hasta 1,2g.

La aceleración a_{cr} , que es la requerida para causar el agrietamiento de los muros, y disminuye a medida que ρ es mayor, se calcula con la ecuación:

$$a_{cr} = \frac{8R}{h^2 \cdot \rho \cdot e} \left[\frac{e}{6} - \Delta_{cr} \right] \quad (g) \quad (7)$$

donde,

$$R = \left(1 - \frac{2}{3} C_{pi} \right) \left(P + \frac{1}{2} W \right) \quad (8)$$

siendo, entre otros parámetros:

ρ densidad del material de la pared

P carga de gravedad por unidad de longitud en la parte superior de la pared

W peso propio de la pared bajo análisis

▪ Para Minke (2001) “una aceleración horizontal de 0,3 g significa que 30% del peso propio de los elementos constructivos actúan como fuerza en el sentido horizontal en la construcción”.

Teniendo en cuenta todos estos criterios, se puede deducir que las magnitudes de las fuerzas sísmicas actuantes sobre las estructuras dependen de la densidad de los materiales usados en la construcción de los muros, de donde se deduce la importancia de alivianarlos para reducir las cargas inerciales generadas durante los terremotos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

▪ Los adobes caroyenses, que se fabricaron con una tierra arcillosa estabilizada con cáscaras de maní, superaron el valor de resistencia característica a la compresión de 1,2 MPa adoptada como la mínima admisible en el Protocolo de ensayos presentado en la Red Protierra Argentina²; pero se debe aclarar que, en ese Protocolo, los resultados de ensayos corresponden a pruebas sobre probetas cúbicas y no sobre adobes enteros.

▪ Si lo que se procura es optimizar la amortiguación de las ondas térmicas exteriores, reduciendo la difusividad térmica de los muros envolventes, los adobes alivianados son una opción válida.

▪ Para un mismo diseño arquitectónico, y utilizando cualquier sistema normativo, al ser la fuerza sísmica una función de la masa (densidad), las edificaciones con muros de adobes “livianos” serían más sismorresistentes que las construidas con adobes “pesados”.

² <http://www.redprotierra.com.ar>

- Con el propósito de reducir la huella de impacto ambiental, es apropiado emplear como estabilizante orgánico un desecho de la industria agrícola.

Como conclusión final, las cáscaras de maní se presentan como una alternativa innovadora, sustentable, factible y adecuada, que permitiría fabricar adobes de baja densidad para disminuir la difusividad térmica de los cerramientos y mejorar la sismorresistencia de las construcciones, reduciendo la huella de impacto ambiental al usar un desecho de la industria agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración desinteresada de las entidades, empresas y personas que aparecen a continuación por orden alfabético.

- Administración Provincial de Vialidad, Ciudad de La Rioja, Argentina: Ing. Marta Soteras, MMO Claudio Vera y personal técnico del laboratorio.
- Ladrillera de Colonia Caroya: Miguel Nanini y Anacleto Alvarado.
- Manicera Hesar Hnos. S.A., Villa Ascasubi, Provincia de Córdoba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D 3282 (2015). Standard practice for classification of soils. USA: American Society for Testing and Materials.

ASTM D5334-14. (2014). Standard test method for the determination of thermal conductivity of soil and soft rock using the thermal needle probe procedure. USA: American Society for Testing and Materials.

Canavesi, Luis (2020). Aplicación de un modelo matemático para la determinación de la conductividad térmica en materiales de tierra. Comparación entre los resultados de ensayos de laboratorio, con los calculados en una quinchita hipotética. Jornadas I+D+i, UTN FRLaR, disponible en <http://www.redprotierra.com.ar>

Cuitiño, Guadalupe; Esteves, Alfredo; Maldonado, Gabriela Patricia; Rotondaro, Rodolfo (2015). Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quinchita. Informes de la Construcción Vol. 67, 537, e063 enero-marzo 2015. ISSN-L: 0020-0883.

Cuitiño, Guadalupe; Esteves, Alfredo; Marín, Laura; Bertini; Renato (2016). Salón de usos múltiples con tecnología de quinchita en zona de montaña, análisis térmico de su comportamiento. Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 4, pp. 05.95-05.103, 2016. ISBN 978-987-29873-0-5.

Granero, A. V.; Gatani, M. P.; Medina, J. C.; Ruiz, A.; Fiorelli, J.; Kreiker, J. R.; Lerda, M. J (2013). Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados. Universidad de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Argentina. Quebracho Vol.21(1,2):67-80. Disponible en <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v21n2a02.pdf>

IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

Jiménez, Paula Vanesa; da Silva, Dimas Agostinho; Umlandt, Maximiliano; Gatani, Mariana; Medina, Juan Carlos, (2019). Caracterización de cáscara de maní procedente de la Provincia de Córdoba, Argentina. Revista Argentina de Ingeniería. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina.

Mosquera Arancibia, Pablo (2013). Medida de la conductividad térmica con el método de la aguja térmica, basado en la fuente lineal de calor transitorio, para su aplicación en los cerramientos de adobe y bloques de tierra comprimida. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid. España.

Minke, Gernot. (2001). Manual de construcción de viviendas antisísmicas de tierra. Universidad de Kasel, Alemania.

NBR 16.814 (2020). Adobes – requisitos e métodos de ensaio. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NMAC 14.7.4. Title 14 Housing and Construction. Chapter 7 Building Codes General. Part 4 (2015) New Mexico Earthen Building Materials Code, USA.

NZS 4297. (1998). Engineer design for earth buildings, New Zealand Standards.

NZS 4298 (1998). Materials and workmanship for earth buildings, New Zealand Standards.

NZS 4298 (1998). Earth buildings not requiring specific design, New Zealand Standards.

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Santa Cruz Orellana, Tania Sharaim, (2012) Evaluación de la utilización de epicarpio de maní (*Arachis Hypogaea*, C. Linneo) con un ligante polimérico, en la aplicación de especímenes de prueba –paneles menores. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala.

UNE EN ISO 7345 (1996). Thermal isolation. Physical quantities and definitions. European Standards

VN - E1 - 65 (1965) Tamizado de suelos por vía húmeda. Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

VN - E2 - 65 (1965) Límite líquido. Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

VN - E3 - 65 (1965) Límite plástico – Índice de plasticidad. Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

Normas VN disponibles en: <http://www1.frm.utn.edu.ar/labvial/Normas%20de%20Ensayo.pdf>

Autor

Luis Eduardo Canavesi, Ingeniero Mecánico y Electricista, la Universidad Nacional de Córdoba, 1975. Profesor emérito de la Cátedra Instalaciones Termomecánicas, Carrera de Ingeniería Civil y ex Secretario de Ciencia y Tecnología, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Rioja, República Argentina (UTN FRLaR). Investigador independiente. Miembro adherente de la Red Protierra Argentina.

CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CERRAMIENTO PARA VIVIENDA UTILIZANDO TIERRA Y CAÑAS DE MAÍZ

Werner Josué Chic Camey¹, Saulo Moisés Méndez Garza², Francisco Javier Quiñónez de la Cruz³, Edgar Virgilio Ayala Zapata⁴

Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
¹w_josue@hotmail.es; ³javierquinonez@yahoo.es

Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala
²mendezgarza@yahoo.com; ⁴virgilioayala@yahoo.com

Palabras clave: desechos agrícolas, sistema emparedado, bajareque, vivienda rural, revestimientos

Resumen

En Guatemala existen más de 600,000 viviendas construidas con tierra, albergando aproximadamente a un tercio de la población, especialmente rural. Los sistemas predominantes de estas viviendas son adobe y bajareque. Muchas críticas se hacen a estos sistemas, asociadas entre otras, a los fenómenos de migración, dependencia tecnológica y efectos de sismos. Son raras las propuestas de nuevos sistemas que emplean tierra y desechos agrícolas, que benefician la conservación ambiental y que se incorporen a los requerimientos técnicos actuales. En este artículo se expone una forma de utilizar tierra y desechos provenientes del cultivo del maíz, en el proceso de cerramiento de un sistema propuesto para vivienda rural. Se presenta la forma de armar el sistema y de hacer la evaluación de un muro de cerramiento bajo cargas laterales en el laboratorio de estructuras, utilizando un marco de reacción con carga estática. Se establecen las características del sistema de cerramiento propuesto, indicando las partes y la función de cada una de ellas: elementos transitorios (formados por los desechos agrícolas); revestimiento primario (a base de tierra); elementos de refuerzo (mallas) y revestimiento final (tierra y aglomerante). La construcción de elementos de transición de tierra y desechos agrícolas fue posible con propósitos de caracterización preliminar y se logró construir el muro modelo para someterlo a cargas laterales estáticas. El sistema propuesto disminuye sustancialmente el uso de materiales modernos y utiliza una técnica sencilla, favorece la conservación del ambiente, reduce significativamente el costo de los materiales e intensifica la mano de obra no calificada; es muy liviano y la capacidad de carga lateral en el plano del muro resultó ser tres veces su masa.

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con relevantes características de amenaza sísmica. Múltiples estudios han evidenciado esa situación y los sismos permanentes, así como los efectos de los terremotos lo han confirmado. Ante esa situación, las construcciones habitacionales en general, deben cumplir con las condiciones de habitabilidad (sanidad, confort térmico y acústico), pero sobre todo deben satisfacer altos índices de seguridad estructural.

El déficit habitacional en Guatemala es uno de los principales problemas que la sociedad afronta y es otro síntoma del escaso desarrollo. La construcción de viviendas con sistemas tipo emparedado ha demostrado ser una aportación tecnológica para contribuir a la solución del problema. En estos sistemas, la seguridad estructural está determinada por las membranas que recubren a los núcleos que constituyen la parte central del emparedado. Los núcleos son los medios de apoyo de las membranas en estado fresco y aportan las condiciones de confort térmico y acústico. Este sistema de construcción es económico, durable, fácil y rápido de construir.

La producción de maíz es muy diseminada en todo el país; los desechos que se obtienen de ese cultivo escasamente son utilizados en la actualidad y la mayoría de ellos se incineran en el proceso de preparación de los terrenos para la siembra siguiente. Esa incineración no solo causa pérdida de tiempo y molestias para los campesinos, sino que genera

contaminación al ambiente por la generación de CO₂. Este recurso puede asociarse al uso de la tierra en la construcción.

Las ventajas del uso de sistemas emparedados y la viabilidad de uso de residuos del cultivo del maíz y de tierra en la elaboración de los núcleos, pueden representar una fuente sostenible, económica y versátil para la construcción de vivienda rural.

En este trabajo, se experimentó con la construcción de núcleos elaborados de tierra y aligerantes de caña de maíz. El sistema fue completado con la utilización de mallas de refuerzo y morteros, que constituyen las membranas. Las cañas individuales y en conjuntos fueron caracterizadas en el laboratorio, así como los tipos de mortero y su combinación con diferentes tipos de mallas. Se construyó un muro experimental, de 2,50 m de longitud, 2,50 m de altura y un espesor de 16 cm, utilizando este sistema. Finalmente, fue evaluado el muro bajo cargas laterales, que constituye la base fundamental del comportamiento ante sismos, ya que proporciona datos sobre la capacidad de carga y deformación.

Los ensayos preliminares de laboratorio y el proceso de evaluación del muro a escala natural, fueron realizados de acuerdo a las recomendaciones de la normativa internacional. El muro construido presentó una capacidad de carga de tres veces su masa, evidenciando estar dotado de elasticidad. El ensayo de carga realizado no mostró colapso, sin embargo, se observó una fisuración múltiple, así como una zona de resiliencia alta.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Caracterizar en el laboratorio el comportamiento de un muro a escala natural, sometido a cargas laterales, representativo de un sistema constructivo de cerramiento para vivienda tipo emparedado, utilizando en la construcción un núcleo de tierra y cañas de desecho del cultivo del maíz.

2.2. Específicos

Los objetivos específicos de la investigación son:

- a) Diseñar un sistema de paneles tipo emparedado para construcción de un muro de cerramiento para vivienda económica, en el que se utilice la tierra y desechos de las cañas del cultivo del maíz, como componentes del núcleo central.
- b) Experimentar la construcción de núcleos de paneles transitorios para cerramiento de vivienda, utilizando como base los desechos de la caña del cultivo del maíz.
- c) Experimentar la aplicación de mortero de tierra como revestimiento primario en los paneles transitorios.
- d) Experimentar la aplicación de mallas de refuerzo en la construcción del muro, como parte flexible de la membrana.
- e) Experimentar la aplicación del mortero final en el muro, utilizando tierra y aglomerante, como parte rígida de la membrana.
- f) Evaluar en el laboratorio, el comportamiento de un muro de cerramiento construido a escala natural con el sistema propuesto, sometido a la acción de cargas laterales estáticas, que simulan la acción de un sismo, de acuerdo a las recomendaciones de la normativa internacional.

3. MARCO TEÓRICO

En Guatemala, el acceso a una vivienda digna y construida con buenas especificaciones técnicas constituye uno de los principales problemas de la sociedad, debido principalmente a las condiciones socioeconómicas de la población y al elevado costo de la tierra y de los

materiales de construcción. Además, las propuestas actuales, que la mayoría de oferentes de unidades habitacionales utilizan, impactan en la sostenibilidad ambiental, ya que la producción de los materiales de construcción y los residuos de la misma, afectan de manera negativa al ambiente.

Al igual que lo que sucede en toda Latinoamérica, para este problema predomina una única respuesta; planes basados en importantes complejos habitacionales que se entregan a un afortunado y a veces cuasi selecto contingente de familias. Casas o apartamentos de nivel indudable, financiados a plazos largos, que dan como resultado grandes inflaciones. Estas unidades casi nunca llegan a los sectores pobres de la sociedad y nunca a los más carenciados. Son unidades de costo elevado en relación a la situación económica de los latinoamericanos. Resultan cuotas solamente accesibles a ciertas capas intermedias de la escala socio-económica. En ese sentido, nuevos materiales al alcance de los más necesitados y nuevos métodos de construcción sencillos, podrían considerarse como la generación de opciones que contribuyan a solucionar la problemática, sobre todo para los habitantes del área rural (Ferrero; Uboldi, 1991).

Existen investigaciones que han permitido identificar en los residuos naturales provenientes de la producción agro-industrial, una gran disposición de materiales que podrían utilizarse en la construcción de viviendas (Amigó, 2007; Santos, 2010; Quiñónez, 2010). Los residuos vegetales han sido poco utilizados como material de construcción, sin embargo, el déficit de vivienda en el mundo, la necesidad de erradicar los asentamientos precarios, proporcionar vivienda digna y de minimizar los impactos ambientales, han llevado a estudiar materiales de construcción procedentes de fuentes naturales (Jacobo, 2004).

La utilización de estos residuos ha permitido generar materiales de bajo costo, con menos consumo de energía y cuidando el ambiente. En los últimos años, se han desarrollado algunas investigaciones con la finalidad de determinar su viabilidad como material de construcción para la vivienda (Pilar, 2004; Celano, 2004; Quiñónez, 2009).

Bedoya (2007) indica que construyó paneles de material vegetal que fueron evaluados en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Medellín. Los materiales vegetales seleccionados para la construcción de los paneles, fueron viruta, cascarilla de arroz, cascarilla de café y papel. Además, evaluaron estos materiales combinados con diferentes aglutinantes como urea formaldehído, almidón, pega papel, pega madera y resina acrílica. Después de seleccionar los materiales y sus dosificaciones, se elaboraron paneles aligerados con material vegetal.

Estos núcleos, que se construyeron con materiales vegetales y diferentes tipos de aglomerante, fueron posteriormente utilizados como alma de un sistema constructivo que adicionó membranas para conformar muros de viviendas. De esta manera, se obtuvo un sistema constructivo a base de núcleos y membranas. Estas tienen la función de proporcionar rigidez, resistencia y ductilidad, así como durabilidad al conjunto, mientras que los núcleos proporcionan las características de habitabilidad y se utilizan como medios transitorios en el proceso de construcción. Las membranas están hechas de mallas de alambres, embebidas en un mortero de buenas propiedades, tanto en estado fresco como endurecido (Bedoya, 2010).

La construcción de viviendas a partir de elementos de pared delgada o membranas es económica, durable, fácil y rápida de construir (Naaman, 2008). En el caso de las viviendas generadas a partir de elementos emparedados, los factores como la habitabilidad y el comportamiento termo-acústico de las viviendas, determinan la elección de los materiales componentes del núcleo.

Las ventajas del uso de sistemas emparedados y la viabilidad de uso de residuos agro-industriales, podría representar una fuente sostenible, económica y versátil para la construcción de vivienda económica, especialmente para el área rural; en ese sentido, se han encontrado experiencias interesantes de construcción de viviendas con posibilidades de aprovechar esos residuos (Hurtado, 2010).

3.1 Sistemas constructivos tipo emparedado para vivienda económica

Se ha encontrado que, los sistemas constructivos del tipo emparedado para la generación de viviendas, mejoran sustancialmente las condiciones de habitabilidad (confort térmico y acústico), además satisfacen los requerimientos de resistencia y durabilidad. Los materiales compuestos tipo emparedados, son comunes en el mercado actual de la construcción; teniendo aplicación en muros, losas, cubiertas o viviendas en general (figura 1).



Figura 1. Ejemplo de panel tipo emparedado, común en la construcción actual
(Fuente: <https://teoriadeconstruccion.net/blog/paneles-sandwich/>)

Para la construcción de muros tipo emparedado, se suele utilizar membranas de alto desempeño estructural y núcleos de buen comportamiento termo-acústico, lo cual se considera una combinación muy eficiente.

Para los núcleos, los materiales que más se han utilizado son el poliuretano, el poliestireno expandido, el polietileno reticulado, la lana de roca y también algunas cámaras de aire. Sin embargo, estos materiales presentan niveles de contaminación y demandan generosos consumos de energía para su producción.

Los núcleos son los materiales encapsulados dentro de las membranas de recubrimiento; generalmente, son de mayor espesor que las membranas, entre 2 a 6 veces. Los núcleos no contribuyen a la resistencia mecánica del sistema emparedado, sin embargo, aportan a las propiedades termo-acústicas del mismo, lo cual determina la habitabilidad en el caso de la construcción de viviendas, además de servir de apoyo en un proceso de transición en el momento de la construcción.

Los núcleos son susceptibles de construirse con desechos agro-industriales. Los desechos de actividades agrícolas e industriales, presentan una fuente sostenible para generar materiales de construcción, lo cual implica mínimo consumo de energía en la producción, menores impactos negativos al ambiente, una disminución en los costos de construcción y mejora de la habitabilidad cuando se trata de vivienda (Amigó, 2007).

El conglomerado para elaborar los núcleos puede ser de residuos vegetales y un aglutinante no cementicio, como el tipo polimérico. También se pueden utilizar aglutinantes a base de silicatos, ya que tienen alto poder adhesivo en poco tiempo y no necesitan altas temperaturas para su secado final, además, poseen propiedades fungicidas que pueden aportar a la durabilidad del conglomerado. Para la elaboración del conglomerado de los núcleos, se puede añadir directamente el aglutinante sobre los residuos vegetales hasta alcanzar un amasado uniforme o utilizar técnicas de riego (Bedoya, 2010). En este artículo, se considera la viabilidad de utilizar la tierra con este propósito.

La resistencia mecánica de los núcleos de residuos agro-industriales debe ser determinada. Aunque no se espera un aporte estructural del núcleo al material emparedado, este debe tener una resistencia mínima para su manipulación y colocación en la construcción de la vivienda.

3.2 Disponibilidad de los desechos agrícolas y su importancia para Guatemala

Guatemala tiene como uno de sus recursos más amables y tiernos al maíz (*ixi'im* en maya), que ha dado alimento a quienes han vivido en este suelo fértil desde los albores de los tiempos. El maíz (*Zea mays*), descubierto en Guatemala en la región de Paxil, ubicada en el

actual departamento de Huehuetenango, ha generado múltiples leyendas, consejos, mitos y ritos, entre los forjadores que pisaron Guatemala, desde los primeros destellos de la historia hasta los días actuales, sobre todo en donde vive el pueblo maya con todo su esplendor resguardando mitos y actualizando ritos. El grano de maíz es parte de la mitología, la cosmogonía, los calendarios y ha sido parte fundamental de la espiritualidad y prácticas culturales del pueblo Maya (figura 2); en la Guatemala contemporánea, la obra Los Hombres de Maíz fue llevado a la literatura universal por el Premio Nobel de Literatura, el guatemalteco Miguel Ángel Asturias (figura 3).



Figura 2. Espiritualidad y prácticas culturales del pueblo Maya en relación al maíz
(crédito: Deguate.com)



Figura 3. Libro del literato guatemalteco de Miguel Ángel Asturias
(crédito: Quiñónez, 2021)

El Gobierno de Guatemala señaló que, el maíz es considerado un elemento fundamental para la alimentación y la espiritualidad del pueblo Maya y, por eso, se tomó la decisión de declararlo como Patrimonio. También se comprometió a realizar y apoyar todas las acciones necesarias para proteger el cultivo, conservación y la promoción de investigaciones sobre el maíz y todo lo relacionado con el grano, la planta y los usos que puedan darse a los subproductos que de él dependan. Para el año agrícola 2011/2012, se estimó una producción de 1,8 millones de toneladas de maíz. De acuerdo con los rendimientos y la producción guatemalteca, se dispondría de aproximadamente unas 1,5 a 2,0 millones de toneladas de residuos de caña y todos sus componentes.

A pesar de que existen algunos usos del residuo del maíz y habiendo investigaciones en proceso, se considera que, debido a la gran disponibilidad de este recurso en Guatemala, por muchos años habrá una gran cantidad de cañas de maíz disponible.

De la disponibilidad de la tierra, no hace falta tratarla; siempre ha estado allí, y así como el maíz, la tierra ha sido parte de la cosmovisión maya. Los guatemaltecos la han utilizado desde tiempos precolombinos en la construcción, basta con ver los datos del último censo de habitación del año 2018 (INE, 2019), donde se pone de manifiesto que existen más de seiscientos mil unidades habitacionales construidas con tierra, que albergan a más de un tercio de la población guatemalteca.

4. METODOLOGÍA

Se diseñó un sistema de paneles tipo emparedado para la construcción de vivienda económica, en el que se consideró la utilización de la tierra y los desechos de las cañas del cultivo del maíz como componentes del núcleo. La función del núcleo es proporcionar un medio transitorio para la colocación del refuerzo y la aplicación del mortero final. El núcleo también se utiliza como medio para lograr una adecuada inercia del panel y contribuye al aislamiento térmico y acústico en las edades tempranas.

El sistema está formado por paneles de 0,50 m x 0,12 m x 2,40 m, preparados con núcleos de cañas de maíz, donde luego se aplica un revestimiento primario de tierra, seguido de una malla metálica, que se recubre con un mortero de aglomerante, como acabado final.

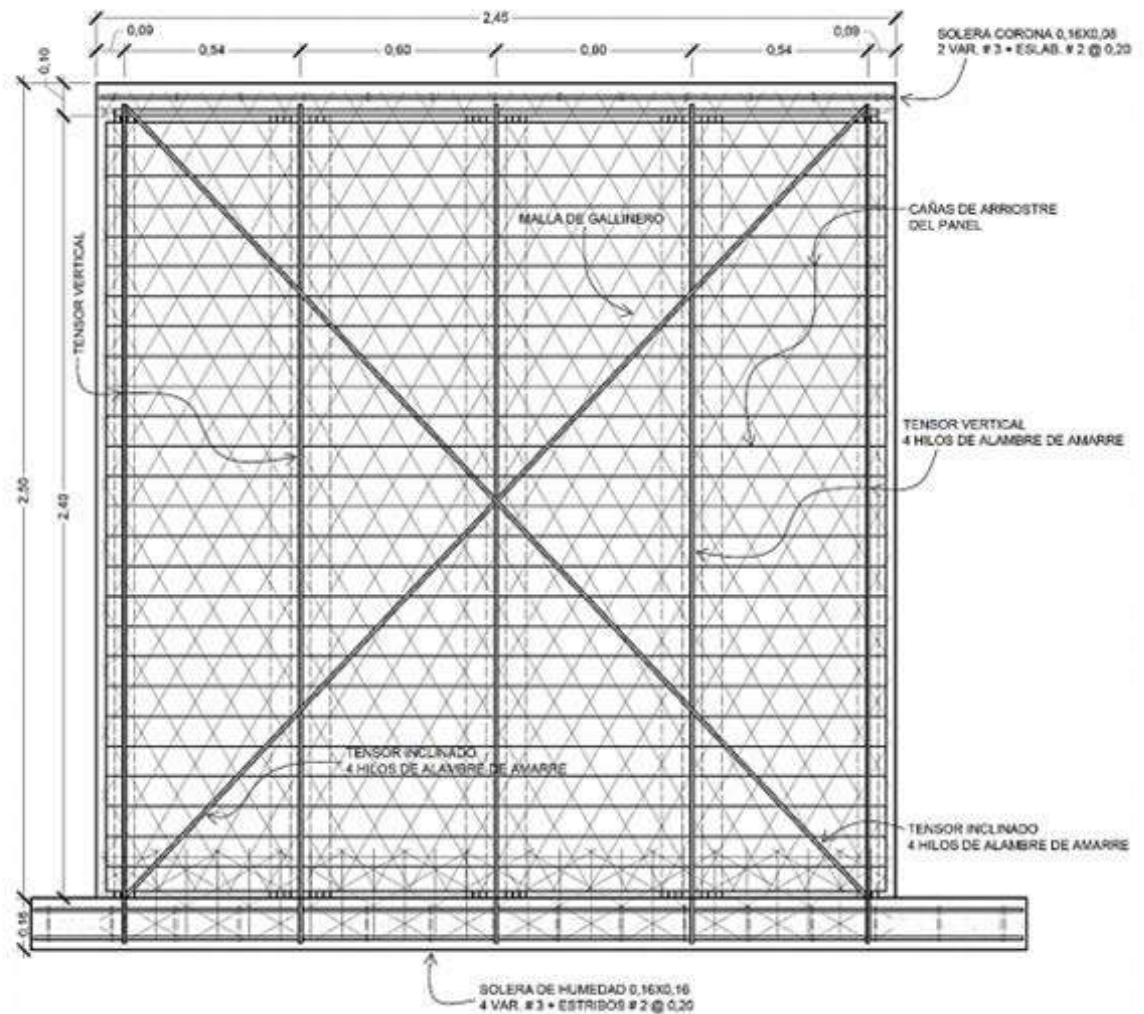


Figura 4. Componentes del sistema tipo emparedado, propuesto para su evaluación (crédito: Chic, 2014)

Se decidió utilizar un mortero de tierra como material aglomerante sobre la base de paneles de cañas de maíz. Para la membrana del sistema, se decidió utilizar un refuerzo de malla hexagonal de alambre y un mortero de aglomerante de uso general en la construcción y arena de río.

Múltiples pruebas preliminares fueron realizadas para establecer el tipo de aglomerante y la respuesta de los morteros de la membrana en prototipos de pequeña escala. Se experimentó con diferentes tipos de mallas y diversos tipos de morteros. En algunos prototipos se realizaron ensayos de flexión y compresión, según el caso.

Se decidió la construcción de un muro de dos metros con 0,50 m longitud, 2,40 m de altura y 16 cm de espesor. El muro fue diseñado con cinco paneles de 0,50 m de ancho. El núcleo se dejó establecido por la unión de los cinco paneles de caña de maíz y la aplicación de mortero de tierra arcillosa con arena de río. El diseño consideró una membrana formada por malla de alambre, la cual es conocida con el nombre de malla de gallinero, es unida, tensada y recubierta de un mortero de cemento y arena de río. La membrana debería tener un espesor de 2 cm. Las características del sistema propuesto pueden verse en la figura 4.

Finalmente, se consideró la experimentación de un muro a escala natural, construido de acuerdo a lo indicado, el cual debería someterse a la acción de cargas laterales, con un marco de reacción de carga estática, para evaluar su comportamiento. Para tal propósito, se utilizó el procedimiento recomendado por ASTM E-564 (2016). Esta práctica describe métodos para evaluar la capacidad de corte de una sección típica de un muro enmarcado,

apoyado sobre una base rígida y con carga aplicada en el plano del muro a lo largo del borde opuesto al soporte rígido y en una dirección paralela a él. El objetivo de este procedimiento fue determinar la rigidez al cortante y la resistencia como muro cortante del sistema.

5. RESULTADOS

Múltiples ensayos se realizaron para establecer las características mecánicas de cañas individuales y en paquetes. También fueron ensayadas columnas de secciones formadas por varias cañas de maíz y de diferentes longitudes. De la misma forma, se experimentó con opciones de morteros, en las que se incluyeron aglomerantes a base de cemento de uso general en la construcción, cementos naturales a base de puzolana y cal y diferentes tipos de tierra.

Los paneles básicos formados por cañas de maíz, tuvieron un ancho de 0,5 m, un espesor de 0,12 m y una altura de 2,40 m. Los paneles estuvieron formados por empaquetaduras de cañas traslapadas y unidas mediante amarres de cinta de polietileno. Las uniones entre paneles también se hicieron con amarres de la misma cinta. Para la elaboración de los paneles de cañas, fue necesaria la selección de cañas rectas y de aproximadamente el mismo diámetro. Las cañas no necesariamente tuvieron la altura del panel; es permisible la utilización de cañas de diferentes longitudes, siempre cuidando un adecuado traslape que conserve la continuidad. Se experimentaron diferentes posibilidades para el efecto. La práctica indicó la mejor disposición para la elaboración de los paneles de caña de maíz, para lo cual fue necesario hacer muchas pruebas con la participación de varios estudiantes de ingeniería civil, quienes propusieron sus ideas.

Los paneles se conformaron por una estructura de dos columnas de cañas colocadas en los extremos, arriostradas por una serie de cañas horizontales. Los muros estuvieron formados por una unión de paneles, con cinta de polietileno, habiéndose propuesto como alternativa el uso de alambre de amarre. En la figura 5, se observa la conformación de los paneles y su facilidad de transporte.



Figura 5. Paneles de cañas de maíz. Facilidad en la transportación (Crédito: Quiñónez, 2014)

Luego de la conformación de la base del muro, constituido por cinco paneles de las dimensiones ya indicadas, se aplicó el mortero primario de tierra, que solidificó la base del núcleo (figura 6). La aplicación de este mortero, resultó ser muy fácil y de gran atractivo para los estudiantes que participaron en el proceso, quienes mostraron interés en la preparación del mortero y en su aplicación. Una vez terminada esta aplicación, se completó la fase del núcleo transitorio, contando con una superficie plana y suficientemente rígida para las etapas posteriores.



Figura 6. Aplicación de revestimiento primario (crédito: Chic, 2014)

La membrana se reforzó con una malla de alambre de pequeño diámetro. La función de la malla es proporcionar la elasticidad necesaria para absorber la energía del movimiento sísmico y evitar un colapso repentino. Además, tiene la función de evitar el agrietamiento de la matriz en estado fresco. La malla de refuerzo de la membrana, es del tipo tejida cincada (malla de gallinero) la cual estuvo disponible en rollos de 1,75 m de altura y con diámetros de alambre de 250 μ y 25 mm de abertura, de alta resistencia. La colocación fue sencilla, aunque su tensado resultó bastante laborioso.

Para la aplicación del mortero final, se decidió, conservadoramente, utilizar un mortero de cemento Portland de uso general en la construcción y arena de río tamizada por la malla número 4 (4,76 mm). Otros morteros, que utilizaron diferentes proporciones de puzolana natural e hidróxido de calcio como aglomerante natural, fueron experimentados en prototipos pequeños y se consideró que sería importante evaluarlos en muros a escala natural. Habiendo aplicado el mortero final, se tuvo cuidado en realizar el curado con agua durante 28 días. Finalizada la construcción, se procedió a preparar el muro para su ensayo y evaluación.

El ensayo al que fue sometido el muro consistió en la aplicación progresiva de carga horizontal, por medio de un gato hidráulico, registrando los valores de carga y de desplazamiento en la parte superior e inferior del otro extremo del muro. Otros valores de desplazamiento fueron registrados para complementar la información. Además, una inspección permanente del muro se realizó durante todo el proceso de carga. Se produjo agrietamiento múltiple en el muro, provocado por la simulación unidireccional de la fuerza lateral, en la superficie del muro, paralela a la dirección de carga, el cual fue registrado. El resultado del comportamiento mecánico del muro a carga lateral, representativo del sistema emparedado en el ensayo de carga, se presenta en las figuras 7 y 8.



Figura 7. Resultado del primer ciclo de carga en el sistema emparedado propuesto



Figura 8. Resultado de los tres ciclos de carga en las pruebas de carga del sistema

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las características físicas de las cañas de maíz son muy variadas: no poseen tallos uniformes, además de las variaciones de diámetro, longitud entre nudos y masa. Se supone que estas variaciones son debidas al tipo de semilla, condiciones del suelo y clima. Se observó, en los ensayos de resistencia a compresión, que las cañas de los paquetes tuvieron fallas locales, cerca de los nudos, y también que cada caña trabajó de forma individual. Es notorio el aumento de carga al incrementar la cantidad de cañas. Los resultados mostraron que hay poca variación del esfuerzo al aumentar el número de cañas en la sección, esto se debe a que las cañas tienen un esfuerzo a compresión muy similar.

En la aplicación de carga lateral, en el muro tipo emparedado evaluado, se evidenció en el primer ciclo de carga, que cuando la fuerza alcanzó el equivalente a la masa del muro, se alcanzó un desplazamiento de solamente 0,28 milímetros (figura 7).

Para el segundo ciclo de carga, cuando la fuerza fue equivalente al doble de la masa del muro, se alcanzó un desplazamiento de 0,87 mm. Pequeñas fisuras producidas por esfuerzos de tracción empezaron a aparecer en la zona crítica de flexión, para cargas mayores a dos veces la masa del muro. La zona de aparición de las fisuras no sorprendió, ya que se esperaba que eso ocurriera. Para la fuerza aplicada, de un equivalente a 2,5 veces la masa del muro, se pudo medir un desplazamiento de 1,46 mm, considerando que el muro estaba llegando al límite de su zona elástica (figura 7) por lo que el sistema fue descargado. Para este segundo ciclo de carga, el sistema ensayado mostró una recuperación de 73,9 por ciento del desplazamiento total, medido una hora después de la descarga. El comportamiento para el segundo ciclo, es muy similar al primero, como se observa en la figura 8.

Un tercer ciclo de carga fue aplicado al sistema, esta vez haciéndolo llegar hasta la falla del mismo. Para una fuerza aproximada de 3 t, empezaron a aparecer varias fisuras en la zona de flexión, y fisuras de corte cuando la fuerza alcanzó 3,5 t, aproximadamente el cuádruple de la masa del muro.

El muro falló finalmente a corte por tracción diagonal, con una fuerza de 3,76 t y con un desplazamiento menor a 20 mm, después de lo cual, la carga se incrementó muy levemente y el desplazamiento aumentó considerablemente, sin llegar al colapso.

7. CONSIDERACIONES FINALES

Anualmente se generan en Guatemala aproximadamente 1,5 millones de toneladas de caña de maíz, desechos que son quemados, provocando incendios forestales y generando contaminación al ambiente, ya que no tienen un uso específico. También, existen muy pocos estudios que investigan sobre la utilización de la caña de maíz.

Todas las cañas de maíz poseen las mismas características estructurales, pero sus características físicas son muy variadas. La capacidad de una caña de maíz para soportar

fuerza a compresión es baja comparada con otros materiales, pero puede aumentar al incrementar el número de cañas y dotándolas de confinamiento, de manera que trabajen como un solo elemento.

Se diseñó y experimentó un muro representativo del sistema para construcción de vivienda, utilizando como base la caña del cultivo del maíz con revestimiento de tierra, con propósitos de caracterización estructural. El proceso de construcción fue sencillo, utilizando materiales locales casi en su totalidad y mano de obra no calificada.

Los paneles de caña fueron muy livianos, aunque tuvieron bajas capacidades mecánicas por sí solos, su estabilidad fue suficiente para los fines propuestos de transición.

La malla de refuerzo utilizada, dotó al muro de una flexibilidad muy grande, cuestión que quedó evidenciada en la figura 8, donde se puede apreciar la elasticidad del sistema. Es importante mencionar que no hubo colapso del muro, el ensayo se detuvo cuando se observó un incremento progresivo del desplazamiento, con un ligero incremento de la fuerza.

El muro mostró una capacidad de soportar fuerza lateral equivalente a tres veces su masa (2.655 kg) y un desplazamiento de la zona crítica menor a 2,0 mm; a partir de ese valor, los desplazamientos aumentaron significativamente, produciendo en el muro finas fisuras de tracción en la zona de flexión y fisuras de corte al haber alcanzado una carga de 3,760 kgf, mayor a cuatro veces su masa, y un desplazamiento mayor de 20 mm, momento en el cual el ensayo fue suspendido, sin haber presentado colapso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amigó, Vicente (2007). Residuos agro-industriales: fuente sostenible de materiales de construcción. Jornada sobre materiales y tecnologías no convencionales para construcciones sostenibles de bajo coste en los países en vías de desarrollo. II Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción. Memorias... Valencia, España. ICITECH. p. 40-65.

ASTM E-564 (2016). Práctica estándar para la prueba de carga estática para resistencia al corte de muros enmarcados para edificios. USA: ASTM International.

Bedoya, Daniel (2007). Comportamiento mecánico de paneles de material vegetal. International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies. In: Conferência Internacional de Materiais e Tecnologias Não Convencionais: Materiais e Tecnologias para Construções Sustentáveis – IC-NOCMAT. Memórias... Alagoas, Brasil.

Bedoya, Daniel (2010). Uso de residuos agro-industriales en la construcción de vivienda. II Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción, 2. Memorias..., Valencia, España: ICITECH-CYTED, p. 325-344

Celano, J. (2004). Desarrollo de sistemas industriales de producción de sistemas constructivos prefabricados para vivienda de interés social de la región NEA. Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano. Consejo de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Buenos Aires, Argentina.

Chic, Werner Josué (2014). Diseño, construcción y evaluación de un elemento constructivo para vivienda utilizando cañas de maíz. Trabajo de graduación de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. junio de 2014. 81 p.

Ferrero, A.; Uboldi, Héctor (1991). Porqué el déficit de viviendas no se soluciona con planes de vivienda. Viviendo y construyendo. Santiago, Chile. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo p. 30-55.

Hurtado, J. (2010). Experimental and analytical research on seismic vulnerability of low-cost dwelling houses. Journal of Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 6, No. 1-2, Febrero-Abril, p. 55-62.

Instituto Nacional de Estadística (2019). Censo 2018, XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda de Guatemala, INE.

Jacobo, G. (2004). Tecnología ecológica en la edificación arquitectónica. Universidad Nacional del Nordeste. Buenos Aires, Argentina.

Naaman, A. E. (2008). Laminated cementitious composites. Michigan, Ed. Techno Press 3000.

Pilar, C. (2004). Análisis de las condicionantes tecnológicas, socioeconómicas y ambientales para la aplicación de sistemas constructivos para la Ciudad de Resistencia. Estado de avance. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Quiñónez, F. J. (2009). Evaluación experimental de matrices fibro-reforzadas con desechos del fruto del coco (*Cocos Nucifera L.*) y de paneles para construcción de vivienda económica (Sistema constructivo de matriz fibro-reforzada PANCOCO). Informe Final del Proyecto FODECYT No. 075-2006. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.

Quiñónez, F. J. (2010). Caracterización de fibras de coco en Guatemala mediante equipo construido con desechos. In: Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-Industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción, 2. Memorias... Valencia, España. ICITECH- CYTED. p. 33-44.

Santos, S. F. (2010). Avaliação do potencial dos resíduos agroindustriais em compósitos cimentícios:contribucao para materiais construtivos mais sustentáveis. In: Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción, 2. Memorias.... Valencia, España. ICITECH-CYTED. p. 33-44.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a José Luis Chiroy Mendoza, por su valiosa contribución al artículo.

AUTORES

Werner Josué Chic Camey: ingeniero civil, profesional independiente, miembro del Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Saulo Moisés Méndez Garza: maestro en formulación y evaluación de proyectos, ingeniero industrial, profesor investigador de la Sección de Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Miembro de la Comisión de Calidad del Consejo Nacional de CTi de Guatemala, miembro de la red PROTERRA Mesoamérica.

Francisco Javier Quiñónez de la Cruz: especialista en investigación científica, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil y jefe de la Sección Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la Comisión Técnica de Construcción del Sistema Nacional de CTi de Guatemala. Miembro de Red Iberoamericana PROTERRA; Miembro de la Red Tz'unun (CC-adaptación); Miembro de la Red Sika (GIRD).

Edgar Virgilio Ayala Zapata: doctor en filosofía, doctor en ingeniería civil, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Sección de Tecnología de Materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA y de la red PROTERRA Mesoamérica.

USO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ALMENDRA Y DE ARROZ EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Oussama Khodjet el Fehem¹, Lourdes Soriano², Maria Victoria Borrachero³, Jordi Payá⁴, José María Monzó⁵

¹University of Bechar, Argelia; Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España, khodjetelfehm.oussama@univ-bechar.dz

Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España

²lousomar@upvnet.upv.es; ³vborrhachero@cst.upv.es; ⁴jjpaya@cst.upv.es; ⁵jmmonzo@cst.upv.es

Palabras clave: cenizas de biomasa, activación alcalina, materiales residuales, sostenibilidad

Resumen

Los cementos de activación alcalina son conglomerantes que presentan buenas propiedades tanto físicas como químicas. Son materiales que se están utilizando también para la estabilización de suelos con buenos resultados. En estas investigaciones preliminares que se presentan, se ha evitado el uso de reactivos químicos en la síntesis de los cementos de activación alcalina, siendo sustituidos éstos por materiales residuales como la escoria de alto horno, la ceniza de cáscara de almendra y la ceniza de cáscara de arroz. El objetivo del presente trabajo es conocer el comportamiento de estas cenizas de biomasa utilizadas como activadores de la escoria de alto horno, estudiando la variación de la resistencia a compresión con el tiempo de curado, así como la capacidad de absorción de agua y su estabilidad frente a la inmersión en agua. De los resultados obtenidos se confirma que la mezcla de los residuos anteriormente mencionados presenta la capacidad de aglutinar las partículas de suelo obteniendo resistencias a compresión elevadas que superan los 9,5 MPa, frente a los 3,1 MPa de suelos sin estabilizar, en ambos casos a los 90 días de curado; así mismo, los suelos estabilizados tienen un buen comportamiento frente a la absorción y a la inmersión en agua.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra es un material que ha sido utilizado a lo largo de la historia como material de construcción con muy buenos resultados. En la actualidad, la tierra se utiliza como material de construcción fundamentalmente en viviendas rurales donde se dispone fácilmente de tierra con propiedades adecuadas para la preparación de adobe y tapial. Si se desea aumentar las prestaciones del material, se pueden utilizar los bloques de tierra compactada, también conocidos como BTC, para cuya preparación se utiliza una máquina Cinva Ram, que consigue la compactación de los bloques mediante un prensado manual, mejorando así las propiedades mecánicas por este fenómeno físico. Ya en el ámbito de la química, se pueden mejorar las prestaciones de los bloques con el uso de estabilizantes que faciliten la unión de las partículas de tierra. Los más habituales son los estabilizantes minerales, como la cal, mezclas de cal y puzolanas de distintos tipos, y el cemento portland solo o en combinación también con puzolanas (Minke, 2005). Hasan et al. (2016) han utilizado ceniza de bagazo de caña de azúcar mezclado con cal hidratada en una relación 3:1 en masa, demostrando unas buenas prestaciones en suelos expansivos. Los resultados pusieron de manifiesto la mejora de la mezcla cal-puzolana frente a solamente cal. Otros investigadores como Basha et al. (2005) utilizaron mezclas de cemento portland con ceniza de cáscara de arroz, mejorando los resultados con respecto al cemento portland solo. Rahgozar y Saberian (2018) estudiaron también el sistema cemento portland-ceniza de cáscara de arroz, observando que adiciones de 6% de RHA y 8% de OPC mejoraron hasta 25 veces la resistencia del suelo sin estabilizar.

Los datos alarmantes que ponen de manifiesto el fenómeno del cambio climático han llevado a reducir la producción de gases de efecto invernadero como el CO₂: este hecho ha sido recogido en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13, Acción por el Clima (PNUD). El cemento portland presenta una huella de carbono significativa, siendo responsable de

aproximadamente entre el 6 y el 8% de las emisiones antropogénicas totales de dióxido de carbono (Andrew, 2018). Por este motivo existe recientemente un interés cada vez mayor en el desarrollo de nuevos materiales conglomerantes con menores emisiones asociadas de CO₂ (Payá et al., 2019a). Uno de estos materiales son los cementos de activación alcalina, que se producen a partir de materiales ricos en aluminio y silicio o bien aluminio, silicio y calcio, denominados precursores, que se activan con disoluciones de elevada alcalinidad fundamentalmente hidróxidos y/o silicatos sódicos y/o potásicos comerciales, denominados activadores. Si bien estos cementos de activación alcalina, en general, tienen una huella de carbono significativamente menor que el cemento portland, su coste económico puede ser superior, lo que desincentivaría su uso en contextos de subdesarrollo. Por todo ello, se viene trabajando en una línea de investigación interesante que tendría un doble objetivo: por un lado, reducir el coste económico; y, por otro lado, reducir más el coste medioambiental. Las investigaciones irían encaminadas a sustituir en la medida de lo posible el activador por materiales residuales, obteniendo así cementos de activación alcalina de un menor coste tanto económico como medioambiental. Así se han podido sustituir los silicatos alcalinos por mezclas de hidróxido alcalino (NaOH o KOH) y cenizas de biomasa ricas en sílice, tales como la ceniza de cáscara de arroz (Mellado et al., 2014), la ceniza de bagazo de caña de azúcar (Tchakouté et al., 2017) y la ceniza de hoja de caña de azúcar (Moraes et al., 2018), entre otros. Recientemente, utilizando cenizas de biomasa ricas en calcio y/o en potasio se han podido realizar reacciones de activación alcalina sin la necesidad de utilizar reactivos químicos. Por ejemplo, una ceniza de madera con alto contenido en calcio se utilizó en la activación de ceniza volante de central termoeléctrica (Ban et al., 2017). Así mismo, Font et al. (2017) han conseguido activar la escoria de alto horno con ceniza de hueso de oliva, rica en calcio y en potasio. En la investigación que se presenta se ha utilizado una mezcla de ceniza de cáscara de almendra, ceniza de cáscara de arroz y escoria de alto horno, todos ellos materiales residuales, para la estabilización de un suelo, evitando la utilización de reactivos químicos, reduciendo así el coste económico y medioambiental.

2 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es conocer el comportamiento de las cenizas de biomasa provenientes de la combustión de la cáscara de almendra y de arroz utilizadas como activadores de la escoria de alto horno (precursor) en la preparación de cementos de activación alcalina para la estabilización de suelos. Se estudió la variación de la resistencia a compresión de bloques de suelo compactado con el tiempo de curado, así como la capacidad de absorción de agua y su estabilidad frente a la inmersión en agua.

3 METODOLOGÍA

El suelo utilizado fue suministrado por la empresa Pavasal, se trata de un suelo dolomítico obtenido por machaqueo. El tamaño máximo de los granos fue de 4 mm, cuya composición granulométrica es la siguiente (% que pasa): 2mm = 73,6%; 1,15mm = 59,3%; 0,40mm = 39,3%; 0,16mm = 31,4%; 0,08mm = 26,9%. La escoria de alto horno (337,5g), la ceniza de cáscara de almendra (67,5g) y la ceniza de cáscara de arroz (45g) han sido molidas conjuntamente (comolienda) durante 30 minutos en un molino de bolas Gabbrielli-2 utilizando una jarra de un volumen de un litro y 80 bolas de alúmina de 18mm de diámetro. El diámetro medio obtenido después del proceso de molienda fue de 24,8µm (determinado con granulometría láser, suspensión en agua, Malvern Mastersizer 2000). En la tabla 1 se muestra el análisis químico de los tres materiales.

Tabla 1. Análisis químico de la escoria de alto horno (ESC), la ceniza de cáscara de almendra (ABA) y ceniza de cáscara de arroz (CCA).

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Otros	PF*
ABA	0.19	0.64	18.73	0.57	46.98	0.37	1.68	2.84	28.0
ESC	10.55	30.53	40.15	1.29	0.57	0.87	7.43	3.08	5.53
CCA	0.25	85.58	1.83	0.21	3.39	-	0.50	1.25	6.99

*, PF. Pérdida al fuego

Para determinar la cantidad de agua, necesaria para la obtención de la densidad óptima, se siguió el ensayo de compactación con Proctor modificado con mini Harvard según ASTM STP479 (1970). La norma UNE 103501 (1994) fue seguida para la determinación de la máxima densidad con la humedad óptima. La energía de compactación usada fue de 2632 J/cm^3 . El procedimiento de mezcla se llevó a cabo con una mezcladora de mortero de acuerdo con la normativa UNE-EN 196-1 (2018), usando la velocidad más baja ($140 \pm 5 \text{ rpm}$ para la rotación de la pala y $62 \pm 5 \text{ rpm}$ para el movimiento planetario). Primeramente, se mezcló el agua (variando entre el 7,5 y 10% del total de la mezcla) con del cemento preparado por comolienda (6% con respecto a la cantidad de suelo) durante 4 minutos; posteriormente se añadió 1100 g de suelo y se amasó durante 3 minutos más, obteniendo una mezcla homogénea. También se realizó el mismo tipo de ensayo únicamente con suelo, en este caso variando también la cantidad de agua (7,5 al 10% del suelo) con 1100 g de suelo siguiendo el mismo procedimiento con un tiempo total de amasado de 7 minutos.

Para la preparación de las probetas, se eligió la mezcla de máxima densidad obtenida en el ensayo de compactación con Proctor modificado (9% de agua para el suelo con cemento y 8.5% de agua para el suelo sin estabilizante). Las mezclas obtenidas se compactaron utilizando un molde cúbico que permitió la fabricación de probetas de 40 mm de lado: se procedió a compactar el material en tres tongadas, usando una maza tipo Army de 1,5 kg. La energía aplicada fue la misma que la del ensayo miniproctor (2632 J/cm^3), para ello se utilizó una maza de 1,5 kg, la cual fue lanzada desde 20 cm de altura un total de 19 veces. Las probetas cúbicas se guardaron con un film plástico, para evitar la evaporación del agua de la mezcla. Dichas probetas se curaron durante 28 días a $20\text{-}23^\circ\text{C}$ en el laboratorio. Posteriormente se retiró el film plástico y se dejaron secar al ambiente de laboratorio. Las probetas para ensayo a compresión (6-7 cubos) se dejaron secar durante 2 días, mientras que las probetas para los ensayos de absorción (3 cubos) y de resistencia a compresión posterior a inmersión en agua (4 cubos) se dejaron secar al ambiente hasta peso constante (7-10 días aproximadamente).

El ensayo a compresión se llevó a cabo en una máquina universal INSTRON modelo 3382, con una velocidad de desplazamiento de 1 mm/min . En ensayo de absorción se llevó a cabo de acuerdo con UNE 41410 (2008). Las probetas sometidas a inmersión en agua, se dejaron bajo agua durante 2 horas, de acuerdo con la norma NTC 5324 (2004); posteriormente se ensayaron a compresión. También se realizó una experiencia de inmersión en agua durante un tiempo de 72 horas usando las probetas procedentes del ensayo de absorción.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio preliminar se obtuvieron las resistencias a compresión de los suelos estabilizados con un 6% en peso de cemento de activación alcalina respecto al suelo; el cemento estaba formado por una mezcla de escoria de alto horno (75% en peso), ceniza de cáscara de almendra (15% en peso) y ceniza de cáscara de arroz (10% en peso). Se prepararon las probetas siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 3; para ello fue necesario calcular la humedad para la obtención de la densidad óptima, mediante el ensayo de compactación con Proctor modificado con mini Harvard según ASTM STP479 (1970). Los resultados obtenidos tanto para el suelo sin estabilizar como para el suelo estabilizado con un 6% de cemento de activación alcalina se muestran en la figura 1. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la humedad para una densidad seca óptima para el suelo sin estabilizar es del 8,5% y para el suelo estabilizado con un 6% de cemento de activación alcalina fue del 9% aproximadamente.

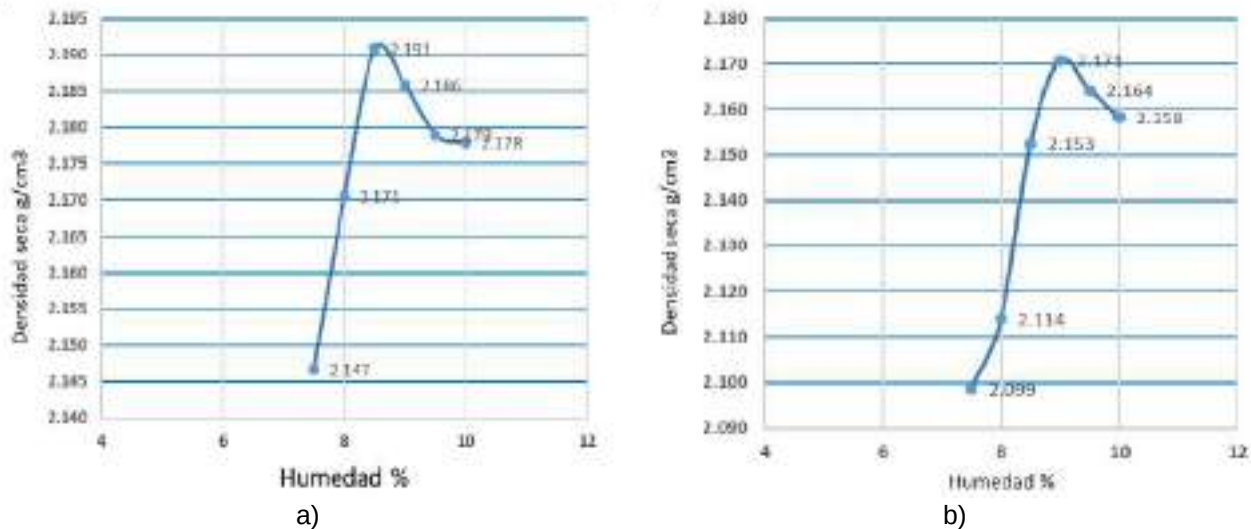


Figura 1. Curvas de densidad seca frente a la humedad de la mezcla: a) suelo sin estabilizar; b) suelo estabilizado con un 6% de cemento de activación alcalina

A partir de los datos obtenidos se prepararon y ensayaron las probetas correspondientes de acuerdo a la normativa indicada en el apartado 3. Los resultados se muestran en la figura 2.

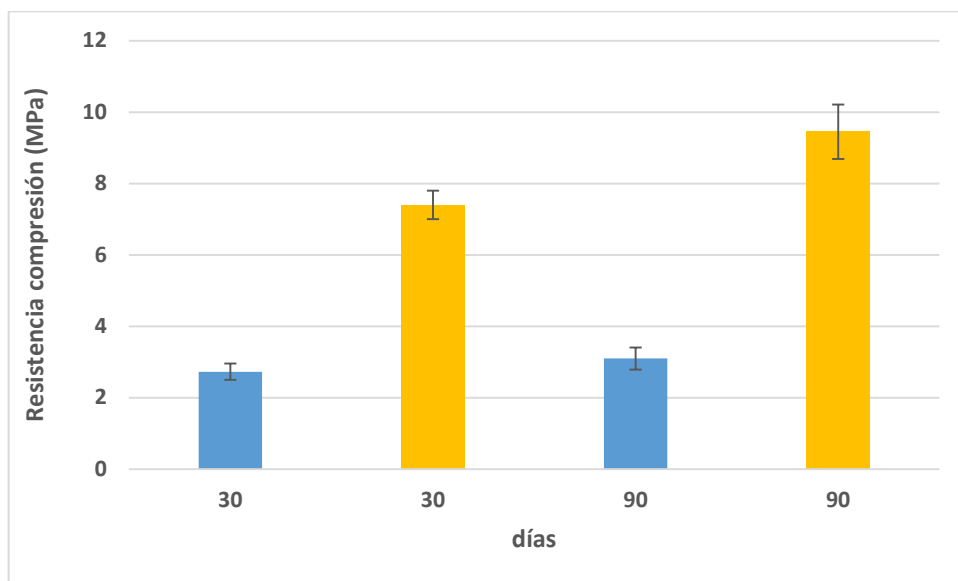


Figura 2. Resistencia a compresión a 30 y 90 días de curado para el suelo sin estabilizar (color azul) y el suelo estabilizado con un 6% de cemento de activación alcalina (color amarillo).

Los resultados ponen de manifiesto en ambos casos un incremento de la resistencia a compresión con el tiempo de curado, si bien ésta es más acusada como cabía esperar en el suelo estabilizado. Los valores del suelo estabilizado triplican al del suelo sin estabilizar constatándose, además, un aumento significativo entre el dato a los 30 días (7,4MPa) y los 90 días (9,5MPa) para el suelo estabilizado (incremento del 28,4%). Esta estabilización se debe a la formación de geles cementantes generados en la activación de la escoria de alto horno. La ceniza de cáscara de almendra genera un medio alcalino que permite la hidratación de la escoria, mientras que la ceniza de cáscara de arroz también se disuelve en medio alcalino y suministra al medio aniones silicato. En esas condiciones, y teniendo en cuenta que la ceniza de cáscara de almendra es rica en calcio y potasio, se formarán geles cementantes en la activación de la escoria, del tipo C(K)-S-H y C(K)-A-S-H.

El ensayo de absorción y el ensayo de resistencia al agua se llevaron a cabo con las probetas secas al ambiente. Solamente se realizaron los ensayos sobre suelo estabilizado, ya que las probetas con suelo sin estabilizar se desmoronaron a lo largo del ensayo. La absorción por capilaridad del suelo estabilizado, a los 10 minutos, dio como resultado un incremento de masa de $2,35 \pm 0,16\%$ el coeficiente de absorción fue de $85 \pm 6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1/2}$. Este dato es ligeramente superior al encontrado en otras investigaciones (Payá et al., 2019b) en suelo estabilizado con cemento de activación alcalina al 10%, basado en escoria de alto horno, ceniza de biomasa (de cáscara de almendra o de hueso de oliva). En la figura 3 se muestra la evolución de la absorción con el tiempo.

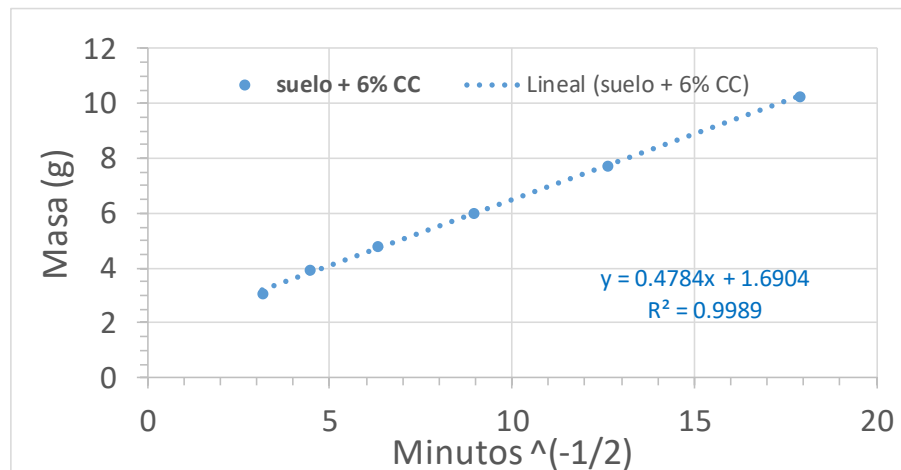


Figura 3. Curva de absorción de agua de probetas de suelo estabilizado con 6% de cemento de activación alcalina.

Las probetas sumergidas durante 2 horas en agua obtuvieron una resistencia mecánica a compresión de $4,8 \pm 0,7 \text{ MPa}$, con un incremento de masa final del $7,37 \pm 1,12 \%$. Se ha producido un descenso significativo de la resistencia (resistencia remanente del 50%), lo que indica que la estabilización ha sido parcial, aunque en estas condiciones drásticas se concluye que este tipo de material presenta buen comportamiento.

En cuanto a la inmersión durante 72 horas, las probetas procedentes del ensayo de absorción fueron sumergidas en agua y se monitorizó la variación de masa y la resistencia a compresión. Se observó un incremento de masa con respecto a la probeta seca (previo al ensayo de absorción) del $8,18 \pm 0,41 \%$. Verse por tanto que no se ha producido un gran incremento con respecto a las dos horas, lo que concluye que a las dos horas el sistema se puede considerar saturado de agua. Sorprendentemente, el valor de resistencia mecánica a compresión fue de $5,6 \pm 0,7 \text{ MPa}$. Este valor es ligeramente mayor que el obtenido a las 2 horas de inmersión, lo cual significa que durante la inmersión a largo tiempo se ha producido una ligera contribución cementante. Ello puede ser debido a que había parte de escoria sin reaccionar y que, en contacto con el agua, se ha producido una mayor extensión de la hidratación de la escoria. De ese modo, se incrementa ligeramente la resistencia y se demuestra que el sistema es muy estable en condiciones extremadamente drásticas: los geles cementantes no han perdido la capacidad de unir las partículas de suelo.

5 CONCLUSIONES

Los resultados ponen de manifiesto que es factible estabilizar un suelo dolomítico mediante un cemento de activación alcalina obtenido exclusivamente a partir de residuos, sin la utilización de reactivos químicos comerciales. Se confirma que la mezcla de escoria de alto horno, ceniza de cáscara de almendra y ceniza de cáscara de arroz presenta propiedades cementantes capaces de aglutinar las partículas de suelo obteniendo unas resistencias a compresión elevadas que superan los $9,5 \text{ MPa}$, frente a los $3,1 \text{ MPa}$ de suelos sin estabilizar, en ambos casos a los 90 días de curado. Los suelos estabilizados tienen un buen comportamiento frente a la absorción y a la inmersión en agua. Los geles cementantes

generados en la activación de la escoria de alto horno son estables en condiciones drásticas de inmersión y siguen manteniendo fuertemente unidas las partículas de suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrew, R. (2018): "Global CO₂ emissions from cement production", *Earth System Science Data*, 10, 2213-2239.
- ASTM STP479 (1970). Special procedures for testing soil and rock for engineering purposes. USA: ASTM International
- Ban, Ch.; Ken, P. W.; Ramli, M (2017). Mechanical and durability performance of novel self-activating geopolymer mortars. *Procedia Engineering* 171, 564-571. doi:10.1016/j.proeng.2017.01.374
- Basha E. A.; Hashim, R.; Mahmud, H. B.; Muntohar, A. S. (2005). Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. *Construction and Building Materials* 19, 448-453. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.08.001>.
- Font, A.; Soriano, L.; Moraes, J. C. B.; Tashima, M. M.; Monzó, J.; Borrachero, M. V.; Payá, J. (2017). A 100% waste-based alkali-activated material by using olive-stone biomass ash (OBA) and blast furnace slag (BFS). *Materials Letters* 203, 46-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2017.05.129>
- Hasan, H.; Dang, L.; Khabbaz, H.; Fatahi, B.; Terzaghi, S. (2016). Remediation of expansive soils using agricultural waste bagasse ash. *Procedia Engineering*, 143, 1368-1375.
- Mellado, A.; Catalán C.; Bouzón, N.; Borrachero, M. V.; Monzó, J. M.; Payá, J. (2014). Carbon footprint of geopolymeric mortar: study of the contribution of the alkaline activating solution and assessment of an alternative route. *RSC Advances*, 4, 23846-23852. doi:10.1039/C4RA03375B
- Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Editorial Fin de Siglo
- Moraes, J.C.B.; Font, A.; Soriano, L.; Akasaki, J.L.; Tashima, M.M.; Monzó, J.; Borrachero, M.V.; Payá, J. (2018). New use of sugar cane straw ash in alkali-activated materials: A silica source for the preparation of the alkaline activator. *Construction and Building Materials* 171, 611-621. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.230>
- NTC 5324 (2004). Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones, especificaciones, métodos de ensayo, condiciones de entrega (traducción de la norma francesa XP P 13-901 del año 2001). Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- Payá, J.; Agrela, F.; Rosales, J.; Martín Morales M.; Borrachero, M. V. (2019a). Application of alkali-activated industrial waste. In: J. de Brito and F. Agrela. *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete*. Woodhead Publishing (Duxford, United Kingdom).
- Payá J., Monzó J., Roselló J., Borrachero M.V., Font A. y Soriano L., (2019b). Cenizas alcalinas de biomasa: una alternativa para la estabilización de bloques de tierra compactada. SIACOT 2019, Conservación sostenible del paisaje: tierra y agua 19º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra VII Volver a la Tierra, Oaxaca (México), 15 al 18 de octubre de 2019.
- PNUD. Objetivos desarrollo sostenible, Agenda 2030 para el desarrollo sostenible: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/post-2015-development-agenda.html>
- Rahgozar, M. A.; Saberian, M.; Li, J. (2018). Soil stabilization with non-conventional eco-friendly agricultural waste materials: An experimental study. *Transportation Geotechnics* 14, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.09.004>
- Tchakouté, H. K.; Rüscher, C. H.; Hinsch, M.; Djobo, N. Y.; Kamseu, E.; Leonelli, C. (2017). Utilization of sodium waterglass from sugar cane bagasse ash as a new alternative hardener for producing metakaolin-based geopolymer cement. *Chemie der Erde - Geochemistry* 77, 257-266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemer.2017.04.003>
- UNE 103501 (1994). Geotecnia: ensayo de compactación Proctor modificado. España: Asociación Española de Normalización y Certificación
- UNE 41410 (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. España: Asociación Española de Normalización y Certificación

UNE-EN 196-1 (2018). Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias. España: Asociación Española de Normalización y Certificación

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España por la financiación del proyecto Ecosost (RTI2018-097612-B-C21) y a los Fondos FEDER. Los autores también agradecen a las empresas PAVASAL, Cementval, Borges Agrícola & Industrial Nuts (BAIN) y Maicerías Españolas DACSA S.A. por el suministro de las muestras de cenizas y de otros materiales para la preparación de los suelos estabilizados.

AUTORES

Oussama Khodjet el Fehem. Es ingeniero civil y estudiante de doctorado en el departamento de Ingeniería Geotécnica en la Universidad de Bechar en Argelia.

Lourdes Soriano, licenciada en química, doctora por la Universitat Politècnica de València. Co-autora de 70 comunicaciones en revistas indexadas, 6 capítulos de libro y más de 70 comunicaciones en congresos nacionales e internacionales. Investigadora de ICITECH en temas de materiales de construcción en base cemento y nuevas matrices de activación alcalina. Co-directora de 4 tesis doctorales y 11 tesinas final de máster. ORCID 0000-0002-5749-4609

M^a Victoria Borrachero Rosado, doctora en químicas y Catedrática de Universidad en el área de Ingeniería de la Construcción. Co-autora de más de 120 artículos científicos en revistas indexadas, 6 capítulos de libro. Investigadora en el Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón de la UPV. Co-directora de 9 tesis doctorales Índice h = 35; Researcher ID L-5436-2014; Código Orcid 0000-0002-7873-0658

Jordi Payá, doctor en ciencias químicas (1990), licenciado de grado en ciencias químicas (1986). Catedrático de Universidad en la Universitat Politècnica de València y Director del Grupo de investigación en Química de los Materiales de Construcción (GIQUIMA). Coautor de 190 artículos en revistas de impacto (JCR) y cerca de 250 comunicaciones en congresos. Orcid ID: 0000-0001-7425-5311. Currículum completo en <http://www.upv.es/ficha-personal/jjpaya>.

José María Monzó Balbuena, doctor en químicas (1990). Es coautor de más de 100 publicaciones en revistas indexadas en el JCR. Tiene un índice h de 33. Ha dirigido 7 tesis doctorales. Es Catedrático de la Universitat Politècnica de Valencia desde el año 2002 y miembro del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón. Research ID: L-7253-2014. Código Orcid: 0000-0002-3657-3076. Currículum completo en <http://www.upv.es/ficha-personal/jmmonzo>

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ENTISOLES SALINIZADOS PARA CONSERVACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ADOBE HISTÓRICAS

Guillermo Rolón¹, Gonzalo García Villar², Mariana Romiti³

¹ Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, guillerolon02@gmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, arqgonzalogv@gmail.com

³ Programa Manejo de Recursos Culturales – Administración de Parques Nacionales, mromiti@apn.gob.ar

Palabras clave: emulsión asfáltica, conservación, revoque, capa de sacrificio, tasa de degradación

Resumen

El deterioro por intemperismo está entre los problemas de conservación más importantes de las construcciones con tierra, en particular en edificaciones históricas. Para ello, suele recurrirse a métodos de estabilización física y química, individualmente o combinados. En la estabilización química son conocidos diversos aditivos naturales e industrializados que pueden utilizarse. La selección de los métodos depende de las condiciones del suelo a emplear, de aspectos ambientales y de los criterios de intervención considerados. El objetivo de este trabajo consiste en evaluar el desempeño de distintas estabilizaciones de suelos entisoles con presencia de material aluvial salinizado que deberán aplicarse como revoques en la conservación las estructuras de adobe de La Casona que constituye uno de los recursos culturales del Parque Nacional Lihué Calel (PNLC). Este trabajo se realiza en el marco del proyecto “Conservación y manejo del patrimonio cultural vinculado a distintas etapas de poblamiento histórico en las sierras de Lihué Calel” de la Administración de Parques Nacionales de Argentina. Se realizaron ensayos de campo y laboratorio para llevar a cabo la investigación. En campo se ejecutó un muro experimental con distintas mezclas patrón (en adobes y morteros de revoque) a evaluar, se dejó expuesto a intemperismo por un período de dos años y se monitoreó su evolución para estimar la tasa de degradación. En laboratorio se caracterizaron los suelos y se compararon las mezclas patrón con otras alternativas ajustadas granulométricamente y estabilizadas químicamente con mucílago de cactus y emulsión asfáltica de base acuosa. Los ensayos consistieron en absorción de agua por capilaridad y erosión hídrica por goteo. Los resultados muestran una diferencia sustancialmente mejor en la estabilización química con emulsión asfáltica y con una relación igual de suelo y arena incorporada. Por el contrario, el estabilizante natural empeoró la condición inicial de la mezcla base.

1 INTRODUCCIÓN

El deterioro por intemperismo está entre los problemas de conservación más importantes para las construcciones con tierra, en particular en edificaciones históricas (Rainer, 2008). Es por ello que su intervención requiere de importantes estudios para evaluar pertinencia y compatibilidad entre técnicas y materiales originales y de sacrificio (Avrami et al., 2008; Fodde et al., 2007). A este panorama deben sumarse los inconvenientes producidos por biodeterioro, tanto o más peligrosos para la estabilidad de las estructuras arqueológicas (Rolón; Cilla, 2012). En tal sentido existe una vasta producción científica al respecto para distintos contextos ambientales y materiales tanto para el registro y análisis como para la intervención (Fodde, 2007; Fodde et al., 2009; Proyecto COREMANS, 2017). En muchas intervenciones, se acudió al empleo de métodos de estabilización física y química, de manera individual o combinados. En la estabilización química son conocidos diversos aditivos naturales como el mucílago de cactus (Martínez Camacho et al., 2006; Rescic et al., 2021) e industrializados (Daneels; Kita, 2017; Chaudhry; Sikka, 2009).

En las regiones semiáridas de Argentina, los deterioros y biodeterioros son problemas que también afectan de manera incesante a las edificaciones con tierra; su impacto es más significativo cuando estos procesos, al ocurrir en forma simultánea, entran en sinergia (Rolón; Cilla, 2012). Esta situación se observó en tres edificaciones construidas con muros de mampostería de adobe dentro del PNLC, en la provincia argentina de La Pampa. El

PNLC se ubica en el sector centro sur de la provincia mencionada en un área constituida por suelos entisoles con presencia de material aluvial salinizado. Es conocido el efecto de los distintos tipos de sales en los procesos de degradación de las construcciones (Doehne, 2002). La selección de los métodos depende de las condiciones del suelo a emplear, de aspectos ambientales y de los criterios de intervención considerados.

En este estudio se presentan los criterios y decisiones de estabilización evaluados para llevar a cabo la conservación del recurso histórico La Casona (figura 1) mediante un protocolo de intervención destinado a remediar el deterioro y biodeterioro. Esta investigación se realiza en el marco del proyecto “Conservación y manejo del patrimonio cultural vinculado a distintas etapas de poblamiento histórico en las sierras de Lihué Calel” encarado por el Programa Manejo de Recursos Culturales de la Dirección Técnica de Conservación, de la Administración de Parques Nacionales de Argentina (APN).



Figura 1. a) imagen histórica de la capilla de La Casona tomada en el año 1957, b) estado actual (2016) de conservación del mismo sector. Fuente: a) Archivo Histórico provincial Fernando Aráoz - Fototeca Bernardo Graff, b) de los autores

2 OBJETIVO

Evaluar el desempeño de distintas estabilizaciones de suelos entisoles con presencia de material aluvial salinizado que deberán aplicarse como revocos en la conservación las estructuras de adobe de La Casona que constituye uno de los recursos culturales del PNLC en la provincia de La Pampa.

3 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la investigación se realizaron ensayos de campo y laboratorio. Por cuestiones de extensión, en este trabajo se presentan los resultados correspondientes a las mezclas propuestas para el suelo empleado en la edificación de La Casona. En campo se ejecutó un muro experimental con dos mezclas patrón de revocos sometidas a intemperismo por un período de dos años y se monitoreó su evolución para estimar la tasa de degradación. En laboratorio se caracterizaron los suelos empleados (textura, pH, IP, materia orgánica) y se compararon las mezclas patrón con propuestas alternativas ajustadas granulométricamente con arena y estabilizadas químicamente, unas con mucílago de cactus y otras con emulsión asfáltica de base acuosa. Los ensayos consistieron en absorción de agua por capilaridad y erosión hídrica por goteo.

El muro experimental elaborado se construyó según el siguiente procedimiento:

- Los adobes se elaboraron con una mezcla que contenía una parte del suelo procedente del Tajamar cerrado y dos partes del suelo procedente del desmoronamiento de los muros de La Casona. La fibra vegetal empleada fue una especie de pasto duro presente

en el entorno. La paja fue extraída en seco y luego cortada a machete en segmentos de 4 a 5 cm antes de ser empleada. Los muros apoyaron directamente sobre el terreno y sus caras fueron orientadas en dirección N-S (ver Rolón y Romiti 2018 para la ubicación de los suelos).

Para elaborar la mezcla se procedió de la forma habitual, que consistió en ejecutar un pozo para el pisadero, tamizar y mezclar los materiales en seco, volcarlos en el pozo, incorporar agua y mezclarlos. Los muros se construyeron a plomo, nivel y con aparejo a soga con juntas de 2 cm (del mismo material que se empleó para fabricar los adobes). Las medidas finales de los muros fueron aproximadamente de 2,80 m de largo por 0,96 m de alto y 0,24 m de ancho (figura 2). Una vez ejecutado el muro, se elaboraron y aplicaron dos tipos de revocos en ambas caras. Tomando como base la mezcla elaborada para los adobes se incorporó bosta de caballo seca y tamizada en una relación 4:1. El uso de la bosta o estiércol de caballo se introdujo como temperante, con el objetivo de incorporar un entramado de fibra vegetal más pequeño que la fibra vegetal cortada y evaluar su desempeño para reducir la aparición de micro fisuras. La primera mezcla se realizó solo con este acondicionamiento de la tierra y se obtuvieron los revocos AN2 y AS2. En la segunda serie se incorporó el pasto cortado en segmentos más pequeños (2 cm aproximadamente) y mucílago de chupasangre penca (*O. sulphurea* var *pampeana*) (Prina et al., 2015) y se realizaron los revocos AN3 y AS3. Las mezclas de tierra para los revocos son presentadas en la tabla 1. Cada revoque ocupó un cuarto de la superficie en cada cara del muro (Norte y Sur).

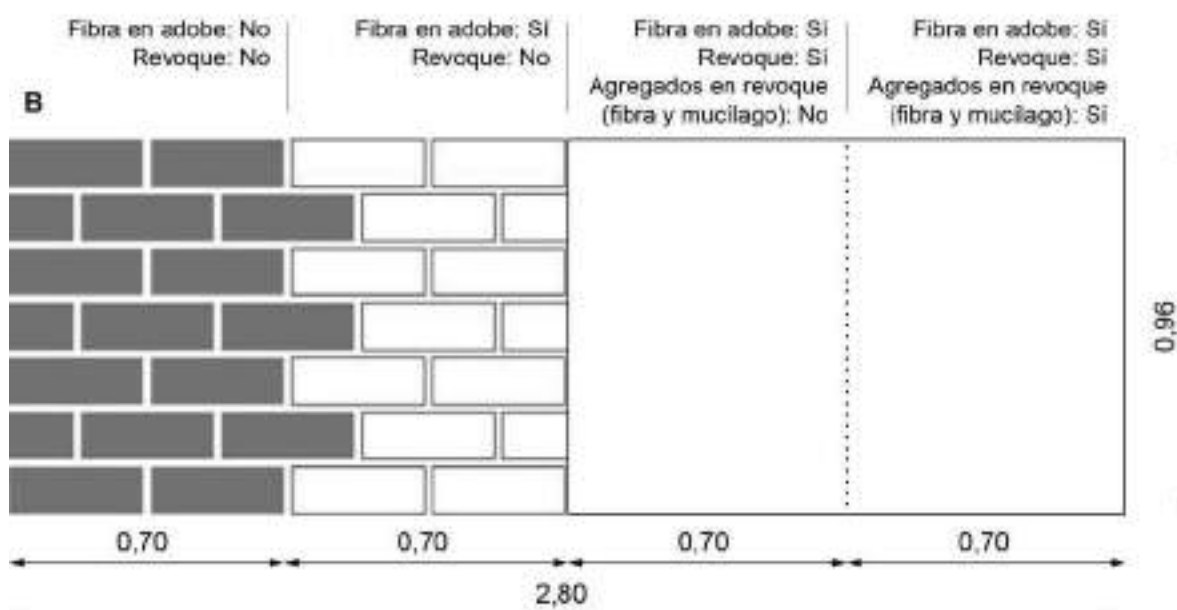


Figura 2. Esquema de construcción de muros experimentales. En gris adobes sin fibra vegetal, en blanco adobes con fibra vegetal. A) distribución de adobes según tipo; B) distribución de revocos

Tabla 1: Proporción de materiales empleados en las mezclas de revocos realizados. Las letras N y S designan la orientación del muro, el número la posición en del paño monitoreado, el valor 1 corresponde al sector no revocado

Ubicación	Materiales	Ubicación (franja)	Proporción en volumen
La Casona	Suelo de La Casona / Suelo del Tajamar cerrado / Bosta de caballo / Pasto cortado (fibra vegetal) / Mucílago	AN2 y AS2 (3°)	4:2:1,5:0:0
		AN3 y AS3 (4°)	4:2:1,5:1:1

La ejecución del revoque se realizó mediante unas guías metálicas hincadas en el terreno apoyada una de ellas sobre el muro a la mitad del mismo y colocadas ambas a plomo. El

espesor de las guías fue de 2 cm y otorgó el espesor del revoque. Para aplicar el revoque, se mojó la pared, y luego se efectuó un azotado o chicoteado de barro con la misma mezcla a revocar, pero en un estado viscoso y con agregado de arena gruesa o suelo arenoso sobre la superficie a revocar. De esta manera se generó una superficie irregular que sirve de capa de agarre del revoque. Se dejó secar y se procedió a aplicar el primer revoque en una sola capa y por cada suelo en cada cara del muro. Para el primer revoque de cada cara se hincó una guía adicional al cuarto de distancia del muro para delimitar la superficie del mismo. Luego se retiró y se completó el segundo revoque tomando como límite el borde del revoque ya aplicado. La superficie resultante de los revoques se fratasó en estado húmedo hasta obtener una superficie bien lisa a la vista.

El monitoreo consistió en registrar la degradación de las superficies de revoque por intemperismo. Esta acción se efectuó en cinco oportunidades a lo largo del tiempo de exposición. El registro implicó marcar las superficies deterioradas en cada muro revocado y la medición de profundidades de deterioro en puntos distribuidos al azar. Los muros revocados estuvieron listos para la experimentación en septiembre de 2017. Por diversos inconvenientes, el monitoreo pudo iniciarse recién en diciembre de 2018 y culminó en diciembre de 2019 dado que debió ser interrumpido durante las restricciones de movilidad por COVID-19 a partir de marzo de 2020. Las fechas de monitoreos válidos realizados fueron en diciembre de 2018, marzo, julio, septiembre y diciembre de 2019.

El procedimiento de monitoreo se realizó en cada campaña de la siguiente manera:

1° se efectuaron registros fotográficos de las superficies expuestas. Con las imágenes obtenidas se construyó un mosaico para generar una fotografía rectificada mediante el programa Photoshop. Sobre ella se identificaron cualitativamente las formas de deterioro que se desarrollaron en cada uno de los paños y entre cada campaña.

2° Se registró la pérdida de material del revoque dibujando sobre láminas de acetato la superficie degradadas (figura 3). En el primer registro se marcaron puntos al azar sobre las láminas donde se midió la profundidad de deterioro. Estos puntos quedaron fijos para el resto de los monitoreos. La medición se realizó con calibre y se tomó el perfil inicial de revoque como referencia.



Figura 3. Proceso de registro sobre acetato

En laboratorio, la textura se determinó según el método de Bouyoucos para determinar los tenores de arena, limo y arcilla y clasificar el tipo de tierra por medio del diagrama textural. El análisis se realizó en los suelos denominados 1) Tajamar; 2) Cantera; 3) Casona. Los valores de pH se obtuvieron por el método potenciométrico con una relación de tierra / agua de 1:2,5. Según los valores de referencia¹. Para la determinación de la plasticidad de los suelos se tomó como referencia la Norma IRAM 10.501 (2007) (límites de Atterberg) y el

¹ Clasificación adoptada del tipo de suelo en función de su pH: Extremadamente ácido $\text{pH} \leq 4,5$, Muy fuertemente ácido $4,5 < \text{pH} \leq 5$, fuertemente ácido $5 < \text{pH} \leq 5,5$, Medianamente ácido $5,5 < \text{pH} \leq 6$, Ligeramente ácido: $6 < \text{pH} \leq 6,6$, Neutro $6,6 < \text{pH} \leq 7,3$, Medianamente básico $7,3 < \text{pH} \leq 7,8$, Básico $7,8 < \text{pH} \leq 8,4$, ligeramente alcalino $8,4 < \text{pH} \leq 9$, Alcalino $9 < \text{pH} \leq 10$, Fuertemente alcalino > 10 .

sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) para clasificarlos. Cada muestra se analizó por cuadruplicado y el valor final se obtuvo promediando las medidas individuales. El contenido de materia orgánica se calculó mediante el método de Walkley y Black².

Para el diseño experimental en laboratorio se propusieron diversas formulaciones de mezclas de suelos y agregados. Tomando la mezcla base con 2 partes del suelo de La Casona y 1 parte de suelo del Tajamar cerrado. Solo la mezcla A5 incorporó además 3/2 partes de tierra de La Cantera. Cada tipo de mezcla se muestra en la tabla 2. La tierra de La Cantera se evaluó debido a que presentaba un alto contenido de carbonatos de calcio y podría favorecer el incremento de resistencia mecánica a las mezclas (Rolón; Romiti 2018).

Tabla 2. Mezcla base y propuestas a evaluar. A1 corresponde a la mezcla base de revoque empleada en el muro experimental.

Mezcla	Suelo				Aditivos				
	Casona	Tajamar	Puesto	Cantera	Arena	Fibra	Bosta	Mucilago	Emulsión
A1	4	2	-	-	-	1	1,5	1	-
A2	4	2	-	-	6	3	3	2	-
A3	4	2	-	-	6	3	3	-	-
A4	4	2	-	-	6	3	3	-	2%
A5	4	2	-	3	3	3	3	-	2%
A6	4	2	-	-	9	4	3	-	2%
A7	4	2	-	-	12	5	4	-	2%

El método de ensayo para evaluar la resistencia de revoques a la erosión hídrica por goteo fue adaptado del ensayo de erosión (método de Geelong) definido en la NZS 4298 (1998). Esta norma fue realizada para elementos constructivos como adobe, tierra apisonada y bloques de tierra comprimida, y en esta adaptación para revoques se modifica el tamaño de las muestras, la cantidad de agua, el tiempo de ensayo y la altura de goteo.

Para el ensayo se fabricaron muestras cilíndricas de 8 cm de diámetro por 2,5 cm de espesor, las cuales fueron secadas a temperatura ambiente durante 28 días. El instrumental utilizado consta de una torre de goteo que permite disponer de una presión continua de agua mediante un tanque de reserva, y permite ser regulado para abastecer una gota de agua por segundo desde una altura de 2 m, impactando en las muestras colocadas a 30° (figura 4). El ensayo concluye cuando el agua perfora la muestra, luego se mide el tiempo y el diámetro de penetración realizado.



Figura 4. Instrumental para ensayo de goteo

² Clasificación adoptada del tipo de suelo en función del contenido de materia orgánica: Extremadamente pobre < 0,6 %, Pobre 0,6 – 1,2 %, Moderadamente pobre 1,21 – 1,8, Medio 1,81 – 2,4, Moderadamente rico 2,41 – 3,0, Rico 3,1 – 4,2, Extremadamente rico > 4,21.

El método para evaluar la absorción de agua por capilaridad en muestras de revoques se realizó siguiendo la norma IRAM 1871 para probetas de hormigón, realizándose ajustes en la dimensión de las probetas. Para el ensayo se fabricaron muestras cilíndricas de 8 cm de altura por 3,5 cm de diámetro. las mismas fueron secadas a temperatura ambiente durante 28 días. Todas las superficies laterales de las muestras fueron selladas con pintura impermeabilizante. Las muestras fueron colocadas en el interior de un recipiente, apoyadas sobre gravilla con una altura de agua de 10 mm (figura 5).

La cantidad de agua absorbida se obtuvo como la ganancia de masa, pesando la muestra a los 3 minutos y 30 segundos, 30 minutos y a 1, 2, 4 y, 8 horas, cuyas determinaciones se realizaron con una balanza con precisión de 0.1g. Cada operación de pesada se completó dentro de los 30 segundos y la temperatura de ensayo se mantuvo a $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Cada punto registrado corresponde al promedio de tres muestras.



Figura 5. Instrumental para ensayo de absorción de agua por capilaridad

4 RESULTADOS

4.1 Caracterización ambiental del área de estudio

El PNLC se encuentra en el sector central de la ecorregión del Monte de Llanuras y Mesetas. La región se caracteriza por ser cálida y seca, y cuenta con tres tipos de ambientes: el jarillal, el serrano y el salitral. El primer grupo se caracteriza por ser un relieve de llanura y por presentar vegetación arbustiva con predominio del género *Larrea* y cuya comunidad vegetal es el jarillal. Esta es la formación clímax de la zona acompañada por cactáceas y otras especies halófilas propias de los suelos salinos. El ambiente serrano es el correspondiente a las sierras de Lihué Calel. El ambiente del salitral se extiende en el sector Norte del área protegida e incluye el salitral Levalle y los alrededores donde la influencia del suelo salino persiste.

Las precipitaciones en el parque se sitúan entre las isohietas de 300 y 400 mm; sin embargo, la media anual registrada es levemente superior con 459,8 mm para la serie 1983-2016 y máximos anuales superiores a 500 mm en 11 oportunidades. El régimen de distribución de las lluvias muestra que las mayores precipitaciones medias mensuales ocurren en el período estival (octubre a abril) con eventos aislados de lluvias torrenciales, siendo julio el mes de menor precipitación media mensual. Las lluvias máximas ocurren en los meses de verano y otoño y las mínimas en los meses de invierno. A pesar de ello, el balance hídrico es especialmente deficitario entre los meses de octubre a marzo, debido a la alta evapotranspiración que ocurre por la elevada temperatura. Asimismo, durante los meses septiembre a noviembre la intensidad del viento es mayor (velocidad media anual de entre 10 y 15 km/h) y al ser coincidente con la finalización de la estación seca, se incrementa la erosión eólica³.

³ Datos suministrados por el área protegida a partir de los registros de la estación meteorológica.

En relación a las características edáficas, las zonas del PNLC está constituido por suelos entisoles con presencia de material aluvial salinizado. La topografía fue recubierta por una capa de sedimentos eólicos (limo, limo-arenoso y areno-limoso) hacia fines del Mioceno en la era Cenozoica. Los sedimentos superficiales más comunes son arenas finas y limosas que descansan sobre cantos rodados y clastos rocosos. Todo el perfil presenta carbonato de calcio en forma pulverulenta. Las formaciones pedemontanas están constituidas por conglomerados muy heteromórficos y brechosos con cementación calcárea (tosca) en superficie.

4.2 Registro del deterioro en muros

A partir del monitoreo de los muros se pudo estimar el volumen de material removido por deterioro ambiental. Este deterioro se graficó y los datos fueron procesados estadísticamente mediante Excel y el programa SPSS. La tasa de deterioro se estimó mediante ecuaciones de regresión lineal, cuadrática y cúbica para evaluar el panorama más desfavorable. La figura 6 muestra el ejemplo de procesamiento de datos para AN2 aplicado a los cuatro casos de revoques y las estimaciones de las curvas de regresión lineal, cuadrática o cúbica para cada caso (figura 7). Mediante las ecuaciones obtenidas, se estimó el tiempo medido en meses que se tardaría para alcanzar el deterioro total del revoque, el cual se indica en la tabla 3.

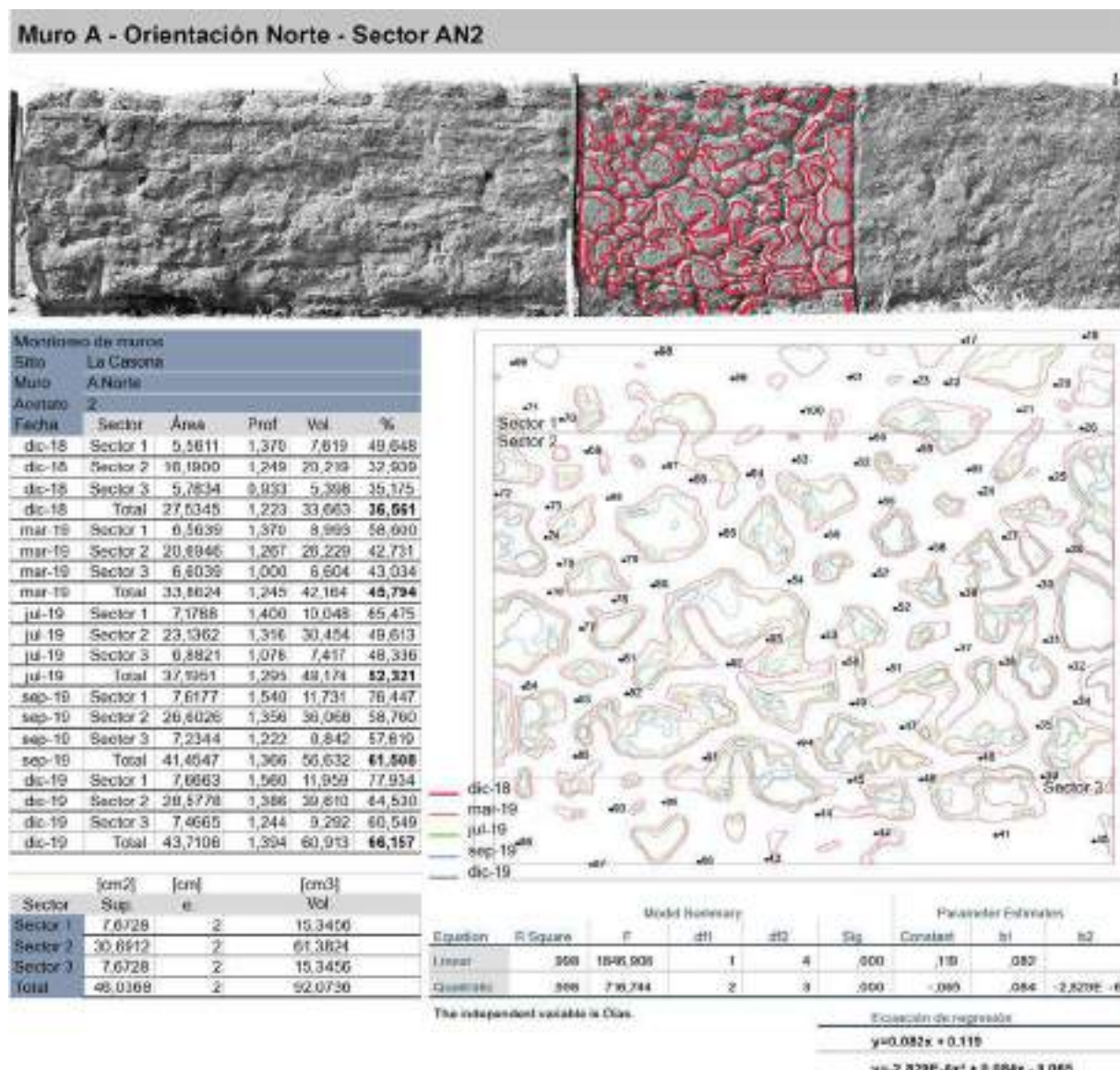


Figura 6. Ejemplo de procesamiento de datos de deterioro para el paño AN2

Tabla 3. Ecuaciones de curvas de regresión para estimar la tasa de degradación y el tiempo aproximados, medido en meses, para deteriorar el 100% de la capa de revoque (las ecuaciones cuadráticas que no reflejan el proceso no se completaron en el cuadro)

Sector	Curva de regresión			
	Lineal	Meses	Cuadrática	Meses
AN2	$y=0,082x+0,119$	40	-	-
AN3	$Y=0,048x+3,717$	67	-	-
AS2	$Y=0,077x-1,955$	44	$Y=1,608E-5X^2+0,064X-0,915$	51
AS3	$Y=0,049x+4,700$	65	-	-

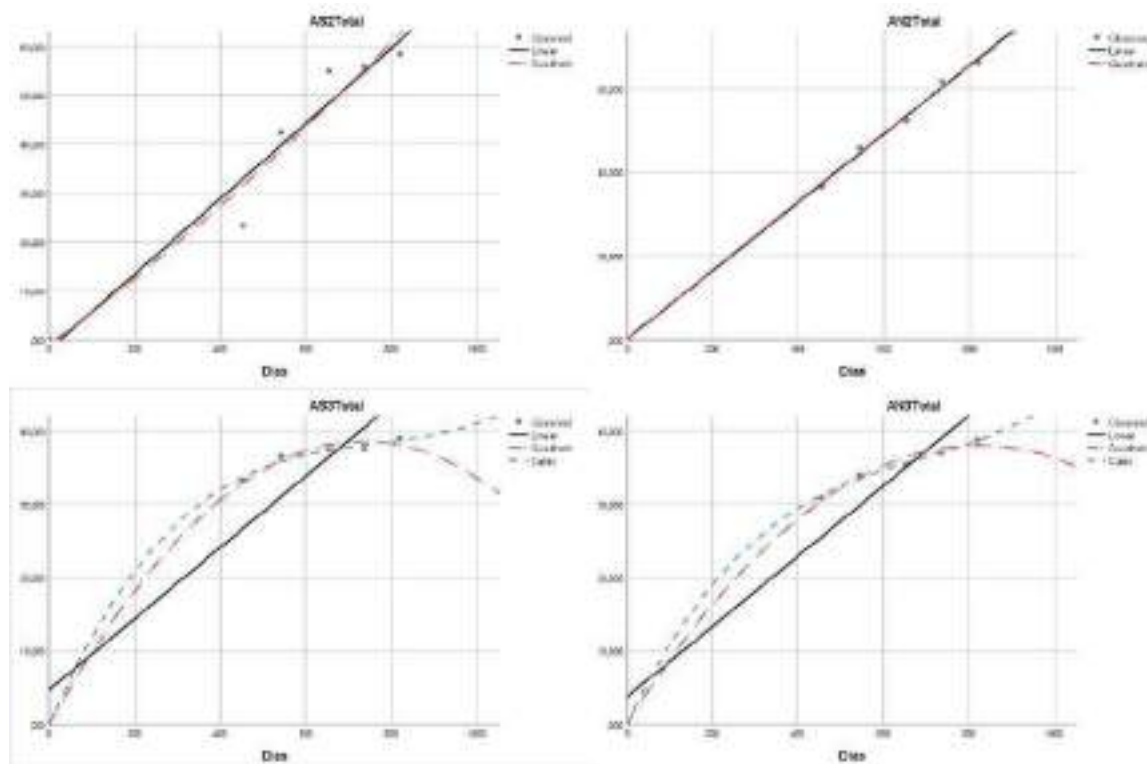


Figura 7. Ecuaciones de regresión lineal, cuadrática y cúbica para estimar el proceso de deterioro. El eje vertical indica el % de material removido acumulado

En el ensayo de erosión hídrica por goteo los mejores desempeños de cada propuesta de mezclas fueron: A4, con un tiempo promedio de perforación de 9hs 26 minutos, y un diámetro de perforado de 2 cm; A5 con un tiempo de perforación de 6hs 38 minutos y un diámetro de perforado de 1,5 cm; en tanto que A6 y A7 se desempeñaron de manera semejante con poca diferencia (tabla 4). El incremento de arena conjugada con el empleo de emulsión asfáltica aparentemente disminuye la desagregación de la muestra.

Tabla 4. Tiempo de goteo para perforación de muestras promediado (sobre tres especímenes) y diámetro de la perforación

Muestra	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
Promedio T (h)	1:57	0:38	0:34	9:26	6:38	4:56	5:06
Promedio Ø (cm)	3.5	3.0	2.8	2.0	2.0	1.5	1.5

Las muestras de mayor resistencia son las que contienen un 2% de emulsión asfáltica, y toda la serie se diferencian de forma drástica de las que no contienen este aditivo. Por otro lado, sobre el agregado de mucílago, una parte de este aditivo mejora levemente la resistencia, y dos partes producen la misma resistencia que sin su agregado.

En el ensayo de absorción hídrica por capilaridad los mejores desempeños se ven reflejados también en aquellas muestras que se incorporó emulsión asfáltica siendo las muestras A6 y A7 las que menor porcentaje de agua absorbieron con 22 y 21% respectivamente (figura 8).

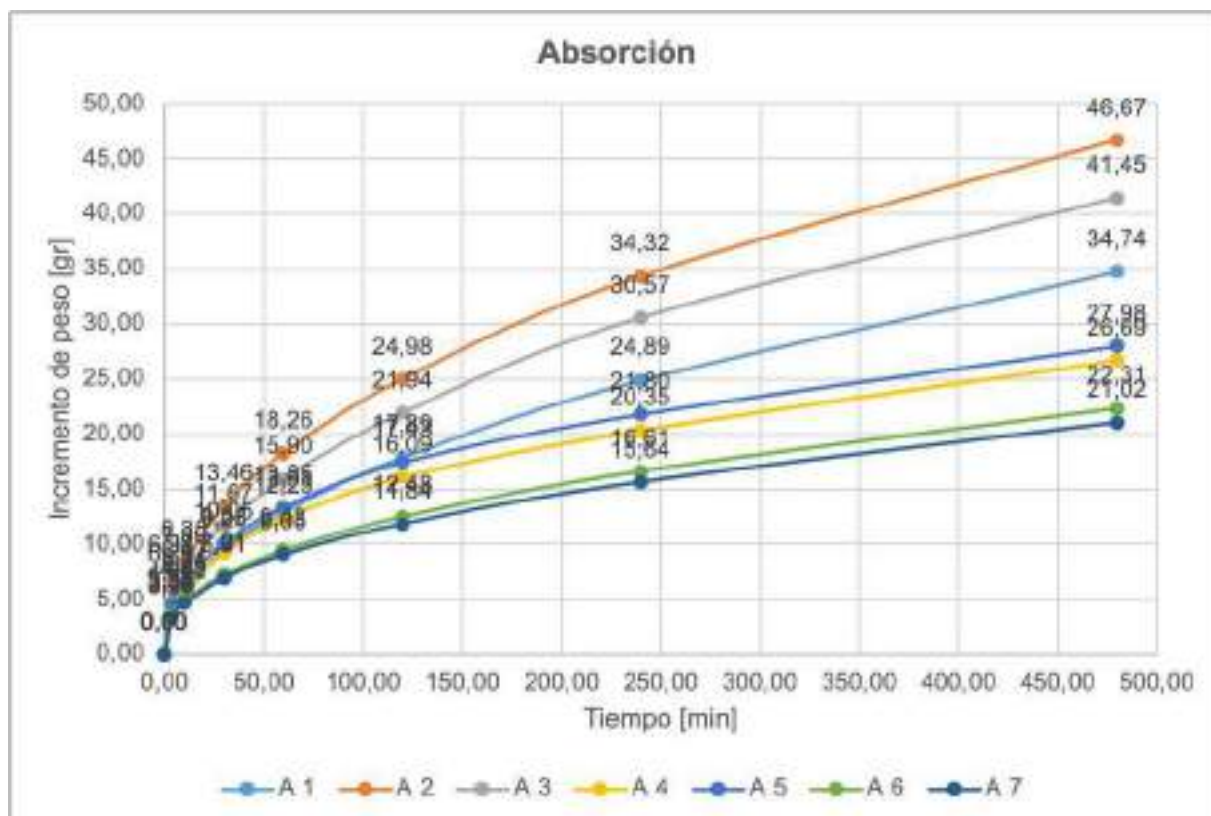


Figura 8. Porcentajes de absorción de agua por capilaridad. Tiempo de duración del ensayo: 8 horas

El análisis de los suelos muestra que la tierra empleada en los adobes de La Casona es un suelo equilibrado en términos granulométricos mientras que la tierra del Tajamar cerrado contenía una importante fracción de arcilla. Esta última se adicionó con la intención de incrementar la cohesión interna del material. En ambos casos nos encontramos con presencias de arcillas de mediana plasticidad, es decir, con buena capacidad de absorber agua. El suelo procedente de la cantera, reconocido localmente como un suelo con carbonatos de calcio, evidencia una textura arenosa.

Tabla 5. Textura, pH, Contenido de materia orgánica e IP de suelo empleados

MUESTRA	Granulometría			pH	Materia orgánica	Índice de plasticidad
	% Arena	% Limo	% Arcilla			
Tajamar cerrado	12	35	53	Moder. alcalino	Extrem. pobre	Arcillas de mediana plasticidad
	Arcilloso			8,33	0,48%	19%
Cantera	69	28	3	Moder. alcalino	Moder. pobre	Arcillas de baja plasticidad
	Franco arenoso			8,00	1,23%	13%
La Casona	51	36	13	Moder. alcalino	Extrem. rica	Arcillas de mediana plasticidad
	Franco			8,28	4,23%	28%

5 CONSIDERACIONES FINALES

Como se pudo identificar a lo largo de la investigación, el material empleado en la elaboración de los adobes de La Casona resultó sumamente sensible a la acción del intemperismo. Es posible que la salinidad de los suelos (representadas en cierta forma por el valor de pH medido) conjuntamente con el alto contenido de materia orgánica hayan sido factores que incidieron en la velocidad con la que el material constructivo se degrada. Justamente, Jiménez y Cañas (2007) señalan que los suelos con contenidos elevados de materia orgánica deberían desecharse porque podrían causar inestabilidades indeseables. Este aspecto del acelerado deterioro se constató cualitativamente por el personal de APN, evidenciado mediante el registro fotográfico y luego se determinó experimentalmente mediante la metodología de monitoreo implementada en campo. La parte experimental de campo resultó útil para poder estimar la tasa de degradación que el material utilizado presentaba. Las muestras sin inclusión de fibra presentan una duración estimada de 40 y 44 meses, poco menos de cuatro años. La inclusión de fibra mejora este desempeño a 65 y 67 meses, un poco más de 5 años; la incidencia del intemperismo (viento y lluvia) no parece tener mayor incidencia según se a la orientación Norte o Sur. Esta información sirvió para poder compararla con las distintas mezclas propuestas y evaluar si resultaba posible arribar a una formulación que mejorara la mezcla base. La estrategia de implementar un estabilizante natural y otro industrial reflejó una diferencia sustancial entre ambas. La estabilización natural mediante mucílago de cactus (A1 y A2) de las especies disponibles en el PNLC, sugerida en varios estudios (Martínez Camacho et al., 2008), no resultó adecuada para este tipo de suelo. Incluso el incremento en la cantidad de mucílago en la muestra de laboratorio (A2) resultó contraproducente en tanto aceleró la degradación del material y la velocidad de absorción de agua con respecto a la muestra que prescindió de su incorporación (A3). La estabilización mecánica por agregado de arena, no surtió un efecto de estabilización del material en estas mismas muestras si se compara el desempeño entre las muestras A1 a A3.

Por otra parte, la inclusión de la emulsión asfáltica de base acuosa en las mezclas mejora sustancialmente el desempeño de las mismas en todos los casos (subserie A4 a A7). La muestra A4, con proporciones iguales de suelo y arena, se presenta con la mayor resistencia a la erosión por goteo, pero no con mejor resistencia a la absorción de agua. El reemplazo de una parte de arena por el suelo arenoso de La Cantera no ofrece mejores condiciones que las restantes muestras de esta subserie. Finalmente, el incremento de arena en la proporción 1:1,5 en A6 y 1:2 en A7 reduce la resistencia al goteo respecto a A4, pero le incrementa levemente la resistencia a la absorción del agua.

Si tomamos en consideración que las lluvias torrenciales pueden ser un factor importante en la degradación mecánica de las estructuras de tierra, pero que en este ambiente se presentan como eventos cortos, sería conveniente considerar los resultados del ensayo de goteo como primer criterio en la elección de la estabilización más adecuada. En segundo lugar, considerar la velocidad de absorción como factor. Esto nos lleva a considerar la mezcla A4 como la más adecuada para la intervención. Por otra parte, si consideramos que esta mezcla requiere el empleo de agregado de arena, recurso que no es fácil de obtener en el este sitio, restringir su empleo también debería ser un factor a considerar. Este aspecto conduce nuevamente a considerar la muestra A4 como más adecuada.

Finalmente, resta en esta investigación estimar una fórmula más precisa para establecer la tasa de degradación que pueda relacionar los datos obtenidos en campo con los de laboratorio. En este aspecto aún se está trabajando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avrami, E.; Guillaud, H.; Hardy, M. (2008). *Terra literature review. An overview of research in earthen architecture conservation*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute.
- Chaudhry, C.; Sikka, S. (2009). Conservation treatments for earthen structures in the Western Himalayas of India. *APT Bulletin*, Vol. 40 (2): 35-42. <http://www.jstor.org/stable/40284489>
- Daneels, A.; Kita, Y. (2017). Derivados de petróleo para estabilizar cubiertas de sacrificio de arquitectura prehispánica. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, 14. Ciudad de México. p.267-268.
- Doehne, E. (2002). Salt weathering: a selective review. *Geological Society, Special Publications*, 205, 51-64. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.205.01.05>
- Fodde, E. (2007). Analytical methods for the conservation of the buddhist temple II of Krasnaya Rechka, Kyrgyzstan. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 8 (3): 136-153.
- Fodde, E.; Watanabe, K.; Fujii, Y. (2007). Preservation of earthen sites in remote areas: the Buddhist Monastery of Ajina Tepa, Tajikistan. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 9(4): 194-218.
- Fodde, F.; Watanabe, K.; Fujii, Y. (2009). Learning from vernacular wisdom: mud brick construction in Tajikistan. *International Conference on Non-conventional Materials and Technologies*, 11. Proceedings... Bath, UK
- IRAM 1871 (2021). Método de ensayo para la determinación de la capacidad y el coeficiente de succión capilar de agua del hormigón endurecido. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- IRAM 10501 (2007). Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Jiménez Delgado, M.C.; Cañas Guerrero, I. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and Building Materials* 21, 237–251.
- Martínez-Camacho, F.; Vazquez-Negrete, J.; Lima, E.; Lara, V.; Bosch, P. (2008). Texture of nopal treated adobe: restoring Nuestra Señora del Pilar mission. *Journal of Archaeological Science*, 35 (5): 1125-1133.
- NZS 4298 (1998). *Materials and workmanship for earth buildings*. New Zealand: Standards New Zealand
- Proyecto COREMANS (2017). *Criterios de intervención en la arquitectura de tierra*. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Madrid, España.
- Prina, A.; Muiño, W.; González, M.; Tamame, A.; Beinticinco, L.; Mariani, D.; Saravia, V. (2015). Guía de plantas del Parque Nacional Lihué Calel. *Visión 7*, Santa Rosa, Argentina.
- Rainer, L. (2008). Deterioration and pathology of earthen architecture. En: Avrami, E., Guillaud, H. y Hardy, M. (ed.), *Terra literature review. An overview of research in earthen architecture conservation*, Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. p.45-61.
- Rescic, S.; Mattone, M.; Fratini, F.; Luvidi, L. (2012). Earthen plasters stabilized through sustainable additives: an experimental campaign. *Sustainability*, 13, 1090. <https://doi.org/10.3390/su13031090>
- Rolón, G.; Cilla, G. (2012). Adobe wall biodeterioration by the *Centris muralis* Burmeister bee (Insecta: Hymenoptera: Apidae) in a valuable colonial site, the Capayán ruins (La Rioja, Argentina). *International Biodeterioration & Biodegradation* 66:33–38.
- Rolón, G.; Romiti, M. (2018) Pautas consideradas en un diseño experimental para remediar biodeterioros. 17° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con tierra, La Paz Bolivia.
- Rolón, G.; Romiti, M. (2018) Pautas consideradas en un diseño experimental para remediar biodeterioros. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 17 Memorias... La Paz, Bolivia: PROTERRA/FAADU-UMSA. p.39-52

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal del PNLC por su participación en la tarea de campo durante todo el período de la investigación. Al Lic. Enzo Marcial por la determinación de la presencia de carbonatos de calcio en distintas muestras de suelos del PNLC. A Dr. Lucas Peisino y a la Dra. Annick Danniels por el asesoramiento sobre el empleo de emulsión asfáltica en las muestras.

AUTORES

Guillermo Rolón es Doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, Master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, Arquitecto, Investigador Adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC; Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejora del Hábitat Participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de la Red Argentina PROTIERRA.

Gonzalo García Villar, Arquitecto, doctorando en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Becario doctoral de CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador en permacultura por el Instituto Argentino de Permacultura. Diseñador, director y constructor de diversas obras de arquitectura de tierra y bioclimáticas. Miembro de la red argentina PROTIERRA.

Mariana Romiti, licenciada por la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Antropológicas con orientación en arqueología. Agente de conservación del Programa "Manejo de Recursos Culturales" de la Dirección Nacional de Conservación de la Administración de Parques Nacionales.

CAL QUIMICA PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS

Elena Guadalupe Navarro Mendoza¹, Elia Mercedes Alonso Guzmán², Luis Alfredo Ayala Ortega¹, Adría Sánchez Calvillo¹

¹ Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 0319470d@umich.mx, 0933650c@umich.mx, 164104g@umich.mx

² Departamento de Materiales, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. C.P582605. elia.alonso@umich.mx

Palabras clave: Cal de alta pureza, modificación de suelos arcillosos

Resumen

La estabilización de suelos arcillosos con cal fue una técnica usada en civilizaciones antiguas para hacer caminos y pisos en edificios, debido a que se modificaba era más trabajable, se obtenía más dureza, y contribuía a la higiene. Actualmente existen diversos tipos de cales en el mercado, la más conocida es la cal de construcción es la que se utiliza para este procedimiento, también se puede utilizar la cal química o de alta pureza que son cales que han surgido por el desarrollo de la tecnología de los fabricantes de cal, lo que las diferencia es el contenido de hidróxido de calcio. En esta investigación se utilizó un suelo de la región de Morelia, Michoacán, México, en cuanto a las cales fueron utilizadas la cal de construcción, cal química con un contenido de hidróxido de calcio de 90% y cal química con un contenido de hidróxido de calcio 95%. Primero se realizó la prueba Eades & Grimm para conocer la cantidad de cal necesaria para estabilizar el suelo y posteriormente se determinó el límite líquido, límite plástico, índice plástico y contracción lineal con cada una de las mezclas con las cales.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente existen en el mercado distintos materiales de construcción acorde a los tiempos contemporáneos, sin embargo, el uso y presencia excesiva de éstos ha traído consigo un cambio en el pensamiento de los constructores, creando así imaginarios nuevos donde se priorice el uso de estos materiales prefabricados en detrimento de otros, de naturaleza tradicional, como son la piedra, el ladrillo la madera y la cal, dando como resultado una ruptura con la arquitectura (Del Moral, 1980).

Uno de los materiales creados y refinados gracias a los avances y al desarrollo tecnológico fue la cal de alta pureza. Actualmente las cales de uso para la construcción poseen una mayor calidad, lo que hace necesario conocerlas y, considerar su uso, principalmente aquellas en presentación en polvo para distintos ámbitos de la construcción, ya que su facilidad en su obtención y de mezcla ofrecen ventajas.

El uso de ciertos materiales en la edificación y que a la postre han sido categorizados como “tradicionales” ha partido tanto de la experiencia acumulativa de las sociedades que las han usado, producto de un cavilado proceso de discernimiento, así como por el éxito en su uso. En este sentido, es que se puede constatar la validez de la tradición, al observar la intención de los primeros constructores de guiar, legar y difundir el conocimiento constructivo producto de experiencias y análisis de obras pasadas, a través de la escritura de propuestas, ideas y experiencias manifiestas en los primeros tratados de arquitectura, los cuales han sentado las bases de la historiografía arquitectónica.

A modo de ejemplo se pueden señalar cómo en algunos de los primeros tratados de arquitectura, se encuentran pasajes dedicados entre muchos otros temas, a describir ciertos materiales de construcción; entre ellos se encuentra el libro segundo de la obra de *De architectura* de Marco Vitruvio Polión, en el cual se desarrollan ideas acerca de algunos de

los materiales de construcción conocidos en la época y las características que estos debían de poseer para su correcto empleo y funcionamiento, entre estos se encuentran: la arena, la cal, el polvo de puzol, las canteras y la madera.

Sobre la cal, Vitruvio menciona en el capítulo V, del libro segundo; “Elegida la mejor arena para el mortero, se ha de poner no menos diligencia en la cal, haciéndola de piedra blanca, o de pedernal. La de piedra densa y dura será mejor para fabricar: la de piedra más porosa, para los revoques. Después de apagada, se hará el mortero en esta forma: si la arena fuere de mina, a tres partes de ella se pondrá una de cal, incorporándolo todo bien: y si fuere de río o mar, a dos partes de arena una de cal: esta regla es la que debe seguirse en la composición del mortero. Si a la arena de mar o río se añadiese una tercera parte de polvos cernidos de ladrillo cocido, hará una mezcla de mucho mejor calidad” (Vitruvio, 1787, p.35-36), dando a entender que diversas formas de tratar la cal, pueden ofrecer distintos resultados que mejoren ciertas cualidades constructivas, que se asocian a ciertas actividades y elementos arquitectónicos.

Por su parte Leon Battista Alberti, en su tratado *De Re aedificatoria*, dedica en su libro segundo, dedicado a los materiales de construcción un pasaje titulado, *diversas especies de cal y yeso, y las conveniencias de natura y disconveniencias, y a cerca de estas cosas otras algunas no indignas de ser sabidas*, en donde pondera la calidad de las piedras destinadas a la cal; “[...] Caton Cenforio reprueba la cal de varias piedras y la cal que se haze de pedernal condenala para toda obra. Y de más de esto, para hazer cal es muy inútil qualquiera piedra gatzada, seca o podrida, en cuyo cozimiento el fuego no halle que consumir, quales son las piedras areniscas, y las que están medio coloradas y amarillas, junto a Roma en el campo Fidenato y el Albano” (Battista Alberti, 1582, p. 54).

La cal ha sido importante en la historia de la construcción y en este caso en particular el mejoramiento de los suelos arcillosos con cal, que es una técnica milenaria que se ha tratado de recuperar en los diferentes ámbitos de las obras civiles, gracias a la industria calera que ha transmitido el conocimiento técnico y se ha estado mejorado para perfeccionarla. Es un proceso en el cual se modifica el comportamiento mecánico de un material para obtener una resistencia estructura. (Bauzá Castelló, 2014)

Lo anterior demuestra una tradición constructiva y un marcado interés en la selección y empleo de ciertos materiales debido a las cualidades que presentaban y ofrecían al construir, misma situación que se sigue utilizando en la actualidad en el empleo de los materiales y sistemas constructivos tradicionales.

Es necesario tener presente que muchas veces la naturaleza no industrializada o la falta de normatividad en la fabricación de materiales y sistemas constructivos tradicionales, los hace susceptibles al rechazo por parte de constructores o entidades gubernamentales, sin embargo, no hay que perder de vista que “la tradición se presenta dentro de la arquitectura, como una forma de continuidad de usos, costumbres, hábitos y modos de vida, que se ven reflejados en el mantenimiento de una forma determinada de hacer las cosas, la tradición, en cualquiera de sus manifestaciones es un concepto que no es estático, que se ve obligado adaptarse a nuevos tiempos, para no anquilosarse, pero que conserva su esencia” (Ayala, 2019, p.38).

El uso de la cal para mejorar los suelos arcillosos plásticos y deformables a un material trabajable puede ser de gran impacto al medio ambiente (Bauzá Castelló, 2014), ya que se puede utilizar el suelo que se encuentra en el lugar evitando la extracción y transporte del material del sitio como la compra de material mejorado.

Los cambios que tiene el suelo estabilizado con cal son: mayor trabajabilidad, incremento de la resistencia, reducción de la contracción e índice de plasticidad (Bauzá Castelló, 2014), estas características permiten fabricar block de tierra comprimida y adobes de mejor durabilidad al medio ambiente.

2 OBJETIVOS

El objetivo de la investigación es conocer si el contenido de hidróxido de la cal impacta en cuanto al porcentaje de cal que se debe agregar para que sea estabilizado y diferencias que pueda obtenerse de límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contracción lineal, además de conocer su clasificación en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) con cada tipo de cal.

3 METODOLOGÍA

3.1 Porcentaje de cal

La prueba realizada para conocer el porcentaje de cal necesario para la estabilización del suelo arcilloso fue la Eades & Grimm. La prueba consta de añadir distintos porcentajes de cal a 20 gramos de suelo, que debe estar seco y cribado por la malla #40. En este caso se realizó la prueba con cal de construcción (CC) que tiene un contenido de hidróxido de calcio de mínimo 80%, cal química con un contenido de hidróxido de calcio de 90% (CAP90) y cal química con un contenido de hidróxido de calcio de 95% (CAP95). Estas cales se encuentran en polvo y se adquieren en el mercado de la construcción. Los porcentajes de cal que se probaron fueron 2, 3, 4, 5 e 6%.



Figura 1. Suelo arcilloso de la región de Morelia



Figura 1. Porcentajes de cal

El objetivo de esta prueba es encontrar con cual porcentaje se obtiene un pH de 12.4. Ello indica que el porcentaje es el contenido de cal óptimo para la estabilización (Anaya Gómez, 2015).

3.2 Determinación de límites

Para la obtención de la plasticidad se realizó la prueba en base a la norma NMX-C.493 (2019), que sirve para determinar por este medio el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad y contracción lineal.



Figura 2. Muestras para determinación del límite plástico

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las pruebas Eades & Grimm arrojó que el porcentaje necesario para la estabilización es del 4 % con todas las cales. Por lo que se pudo observar que el contenido de hidróxido no interviene en la cantidad de cal que es necesaria, por otro lado los datos arrojados de las pruebas de los límites demostró que si existe un cambio en los valores obtenidos.



Figura 3. Medición del pH en prueba Eades &Grim (Elena Navarro, 2021)

Los resultados del suelo natural fueron realizados por empresa privada (tabla 2), las muestras estabilizadas con cal de construcción (CC), cal con un contenido de hidróxido de calcio 90% (CAP90) y cal con un contenido de hidróxido de calcio 95%(CAP95) son presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de límites y contracción lineal

Muestra	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)	Contracción lineal (%)
Suelo natural	58	30	28	10.25
CC	45.8	37.1	8.7	4.2
CAP90	45.2	33	12.2	3.6
CAP95	38.7	34	4.7	3.9

Con ello se considera que el suelo se clasifica como CH en el SUCS que corresponde a un suelo de grano fino, inorgánico, conteniendo arcilla de alta plasticidad y por lo tanto muy difíciles de ser aprovechadas en la industria de la construcción.

A diferencia del suelo y el suelo estabilizado, con las distintas cales según el SUCS, pasa a ser de CH a un ML que se considera arcillas ligeramente plásticas, limos inorgánicos o limos arenosos. Esta modificación permite que el mismo material pueda ser aprovechado.

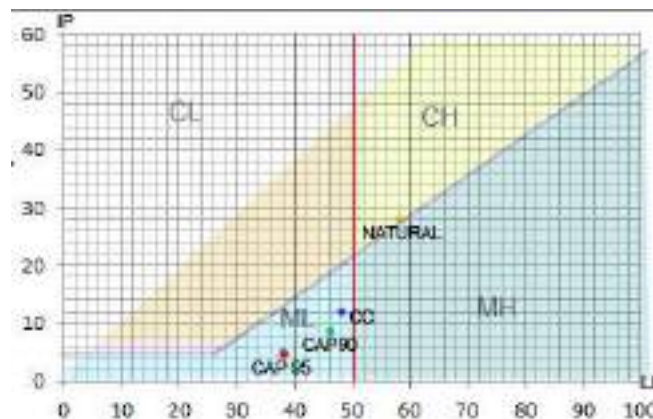


Figura 4. Resultados en la carta de plasticidad

Otro cambio significativo que se observó fue la contracción lineal que se obtuvo, ya que con las cales ronda entre un 3.6 a 4.2 % mientras que la contracción del suelo es de un 10.25%.

5 CONCLUSIONES

La estabilización de suelos arcillosos con cal es una técnica que se está retomando y es necesario realizar pruebas para mejorarla. El uso de distintos tipos de cales nos pueden aportar datos para que se vaya perfeccionando. La cal de construcción es una buena opción ya que es la más fácil de adquirir, en cuanto a las cales químicas se pudo observar que el mejoramiento de la arcilla fue mayor, todas modificaron la arcilla de ser de alta plasticidad a una ligeramente plástica y por lo tanto se puede aprovechar de mejor manera, con ello contribuyendo a la sostenibilidad al mejorar materiales existentes en el área para distintos trabajos de la construcción e ingeniería, como base en caminos y carreteras, mejorar el terreno para la construcción de edificios, realizar block de tierra comprimida (BTC), y adobes.

Para observar si existen más diferencias entre la estabilización de suelos arcillosos con distintas cales es necesario la realización de más pruebas, en particular la resistencia mecánica del material, por lo que este trabajo está en desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anaya Gómez, P. F. (2015). Estabilización de suelos con cal. México: Asociación Nacional de Fabricantes del Cal A.C.

Ayala Ortega, Luis Alfredo (2019). Traditional domestic architecture of Tierra Caliente, Michoacán. Carácuaro: A case study. Michoacan University of San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 2019, 317 pp. [Master's Thesis].

Bauzá Castelló, J. D. (2014). Aplicaciones de la cal en la obra civil: La estabilización de suelos arcillosos. En A. S. et.al, *La Cal. Investigación y restauración* (págs. 63-80). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Battista Alberti, Leon (1582). The ten books of architecture (De Re aedificatoria), translated from Latin to romance, with privilege at the home of Alonso Gómez, printer of his majesty, Madrid, Alonso Gómes.

Del Moral, E. (1980). Defensa y conservación de las ciudades y conjuntos urbanos monumentales. México: Academia de Artes.

NMX-C-493 (2019). Límites de consistencia de suelos, método de ensayo. México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación

Vitruvio Polión, Marco (1787). The ten books of architecture (De Architectura), translated from Latin, and commented on by Don Joseph Ortiz y Sanz, Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al equipo del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, quienes me apoyaron durante la investigación en todo momento

AUTORES

Elena Guadalupe Navaro Mendoza, arquitecto, doctorante en arquitectura, maestría en Investigación y restauración de sitios y monumentos, especialista en restauración de sitios y monumentos, cursadas en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Especialista en mezclas de albañilería y usos de la cal, profesor de licenciatura y posgrado.

Elia Mercedes Alonso-Guzmán, doctora en ciencias químicas, maestra en metalurgia y ciencias de los materiales, ingeniera civil. Primera Profesora Emérita de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Es la responsable del Primer Cuerpo Académico Consolidado-UM-147 de la Facultad Ingeniería Civil, "Ciencias, Ingeniería y Tecnología de los Materiales para la Construcción" y del Grupo de Investigación de Materiales.

Luis Alfredo Ayala Ortega, arquitecto en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México; Profesor de licenciatura, doctorante en arquitectura de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, maestro en Arquitectura Investigación y Restauración de Sitios y Monumentos, cursada en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México; Profesor de licenciatura

Adrià Sánchez Calvillo, doctorante en arquitectura, máster en construcción avanzada en la edificación, especialista en restauración de monumentos, graduado en arquitectura técnica y edificación. Investigador de doctorado y profesor en la Universidad Michoacana San Nicolás Hidalgo. Director del proyecto DBMC 2020 para el estudio del patrimonio vernáculo del estado de Michoacán, México. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Adria-Sanchez-Calvillo>

PROPIEDADES MECÁNICAS, ESTÉTICAS Y DINÁMICAS DE ARCILLAS ESTABILIZADAS

Elia Mercedes Alonso-Guzman¹, Wilfrido Martinez-Molina², Adrià Sanchez-Calvillo³, Hugo Luis Chavez-Garcia⁴, José Luis Ruvalcaba-Sil⁴

¹Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; Michoacán, México,

¹elia.alonso@umich.mx; ³adria.sanchez@umich.mx

²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; Michoacán, México,

²wilfrido.martinez@umich.mx; ⁴luis.chavez@umich.mx

⁴Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

jose-luis.ruvalcaba@gmail.com

Palabras clave: suelos, propiedades de materiales, estabilización volumétrica, SUCS, VPU.

Resumen

En el ámbito de la construcción de tierra, se tienen como antecedentes estructuras y conjuntos de gran antigüedad, que forman parte del patrimonio cultural; también se encuentra todos los tipos vernáculos, para la edificación de viviendas con materiales tradicionales y disponibles en el contexto local. Hoy en día se tiene por correcta la apreciación de que el adobe en zonas de gran precipitación pluvial tiene una menor vida útil que otros materiales cerámicos, aun sí es más amigable con el medio ambiente, ya que no requiere el consumo de algún combustible para el secado, por lo cual, con esta investigación, se busca dar a la tierra una previa adición que mejore las propiedades ante la humedad y pueda ser considerado como un material durable en la construcción de vivienda y más estructuras. Los suelos como materia prima presentan gran disponibilidad en la región de Michoacán, México. Este trabajo analiza las propiedades mecánicas, dinámicas y apreciación estética de varias muestras de suelo arcilloso estabilizado con cemento, cal, hidróxido de sodio, yeso, y mucílago de nopal, respecto a una muestra natural sin estabilizante que funcionó como testigo. Se estudiaron proporciones diferentes de los estabilizantes y la tierra arcillosa, que proviene de bancos de la localidad de Santiago Undameo, donde actualmente se explota para su uso como material para elaborar ladrillos cerámicos. Además, las propiedades dinámicas como la velocidad de pulso ultrasónico (VPU), que es una prueba no destructiva, se correlacionaron con otras pruebas mecánicas destructivas.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción con tierra es un fenómeno extendido a lo largo del planeta, con regiones que cuentan con una fuerte presencia de construcciones a base de técnicas tan reconocidas como el adobe, la tapia o el bajareque. Sin embargo, no es posible entender todos estos sistemas tradicionales sin la función aglutinante de las arcillas, las partículas más pequeñas que se puede encontrar en los suelos naturales.

Las arcillas se definen como partículas microscópicas en forma de escamas de mica, minerales arcillosos y otros minerales. Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando además, en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen, casi siempre, una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas.

Respecto al tamaño de partícula y en relación con la clasificación de los suelos, las arcillas también se definen como partículas menores a 0.002 mm.

Las arcillas constituyen casi el 70% de la corteza terrestre y la mayor ventaja que ofrecen, aparte de su disponibilidad, es que debido a su estructura laminar, obligan a que una reacción química se produzca en un único plano y no en el espacio tridimensional. Además, la facilidad para modificar sus propiedades adecuándolas a las necesidades concretas de la aplicación a la que son destinadas, justifica su utilización.

Los minerales arcillosos del tipo montmorillonita son comunes en suelos y sedimentos, y debido a su abundancia, son materiales de los que se puede disponer en casi todas las regiones del planeta. Desde la antigüedad, ha sido la materia prima de muchas culturas en la construcción de sus viviendas y centros ceremoniales. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) clasifica los suelos de granos finos (arcillas y limos)¹ como de alta, media y de baja compresibilidad; la expansión también es un índice para la clasificación que hacen los mineralogistas: el grupo de las esmectitas² es al que pertenecen las arcillas jóvenes que presentan los mayores índices de expansión y contracción (Juárez; Rico, 2006). Estas por lo tanto presentan mayores dificultades y retos a la hora de usarse en la construcción y edificación, razón por la cual es tan importante y común la estabilización de suelos.

Una clasificación general es la que incluye montmorillonita, illita, caolinita, vermiculita y clorita (Klein y otros, 2003). La montmorillonita está compuesta estructuralmente por una capa de aluminio hidratado o una de magnesio hidratada, más capas sílices; es la menos resistente de las arcillas, ya que tiene gran cantidad de vacíos, por lo tanto alta humedad y mucha plasticidad, la liga entre las distintas capas es débil, por lo que el agua que entra se inserta con facilidad entre ellas produciendo expansión y al secarse, se produce retracción considerable con el consiguiente agrietamiento. Este tipo de arcilla presenta muchas más complicaciones en los usos para construcción, como por ejemplo la elaboración de adobes, motivo por el cual es muy común el uso de estabilizantes que mejoren sus propiedades.

Siendo la arquitectura y construcción con tierra un tema pertinente en la sociedad actual debido a los problemas medioambientales y la elevada emisión de gases de efecto invernadero, es una obviedad explorar alternativas de edificación que empleen los materiales locales y las técnicas tradicionales de cada región (Aranda-Jiménez; Suarez-Dominguez, 2019).

Pese a que en los últimos años se ha puesto la mira en la tierra como material de construcción sostenible todavía es necesario un grado mayor de análisis en estos sistemas, que no cuentan con reglamentación en muchos países de América Latina pese a su importante presencia histórica y cultural.

2. OBJETIVO

Los objetivos del presente trabajo pasaron por caracterizar y estudiar la combinación de suelos arcillosos de uso común con estabilizantes de fácil acceso y disponibilidad en el contexto estudiado. Estas adiciones permiten mejorar varias propiedades de los materiales, y mediante esta investigación puede determinarse cuál es el porcentaje óptimo que logre obtener las mejores condiciones.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la presente investigación se estudiaron las propiedades de distintas mezclas de suelos arcillosos con diferentes proporciones de estabilizantes. Para el estudio de estas mezclas se aplicaron ensayos no destructivos, como la medición del potencial de hidrógeno, la colorimetría, o la velocidad de pulso ultrasónico; ensayos de resistencia mecánica, incluyendo pruebas a compresión, flexión y tensión; así como ensayos de mecánica de suelos, con la obtención de los límites de Atterberg y la clasificación de suelos SUCS.

La tierra estudiada proviene de bancos del estado de Michoacán, México; concretamente de la localidad de Santiago Undameo, donde actualmente se explota para su uso como material para elaborar ladrillos cerámicos. Primeramente, se analizaron los distintos materiales en el laboratorio para caracterizarlo mediante el SUCS. Para las mezclas, se utilizaron combinaciones de suelos naturales con cemento, cal, yeso, hidróxido de sodio (NaOH) y

¹ Suelos que contienen por lo menos 50% de limo + arcilla.

² Grupo de minerales arcillosos y micáceos que incluyen a la montmorillonita, beidelita y nontronita, entre otros.

mucílago de nopal (cactus) como estabilizantes, con proporciones de 2, 4, 6, 8 y 10% respectivamente. También se determinaron los límites de Atterberg: el límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP), límite de consistencia (LC) y la clasificación de los suelos (CL), de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma.

En cuanto a las pruebas no destructivas, se determinó el potencial de hidrógeno (pH), tanto para una muestra saturada del suelo natural (fungiendo como testigo), así como para las muestras preparadas con la adición de los estabilizantes en sus distintas proporciones para verificar si las mezclas cumplen con el valor de 12.4 especificado como mínimo aceptable por la norma ASTM D 6276 (2019). Son conocidos y especificados los valores para el uso de la cal, siendo uno de los estabilizantes más antiguos y comunes en el territorio mexicano, con una presencia prehispánica muy importante en el sur del país (Navarro y otros, 2019), y un uso tradicional discontinuado en la construcción, ya que en los últimos años ha sufrido un relevo por parte del cemento (Guerrero, 2013).

Otro de los ensayos aplicados a las mezclas fue el de colorimetría. La prueba de colorimetría permite medir objetivamente el color de un objeto a partir de la reflectancia, para ello, el equipo arroja tres parámetros: a^* , b^* y L^* (Sánchez-Calvillo y otros, 2020)³. Como es lógico, cada una de las adiciones y sus porcentajes provocaron cambios en el color de los suelos, siendo este un aspecto muy importante en la restauración patrimonial a fin de preservar el aspecto original de las edificaciones (Martínez y otros, 2018).

Respecto al resto de los ensayos, se elaboraron especímenes cúbicos de 5 cm de arista para las pruebas de compresión simple, para las pruebas de flexión y velocidad de pulso ultrasónico (VPU) se elaboraron prismas de 4cm x 4cm x 16 cm; mientras que para las pruebas de tensión simple se elaboraron briquetas de 7.5cm x 1.91 cm x 3.81cm. Para las pruebas mecánicas de compresión, tensión y flexión se decidió utilizar para hacer los especímenes, los porcentajes de 6% en la cal, el cemento, y el yeso, ya que en porcentajes mayores ocurría un cambio muy brusco de coloración y con los porcentajes de 2% de hidróxido de sodio y nopal ya que en estos elementos a mayores proporciones aparecía una especie de cristales en la superficie del espécimen. En las pruebas mecánicas, para la mezcla suelo-hidróxido de sodio no se pudieron elaborar especímenes ya que todos se fracturaban durante el proceso de secado.

Tabla 1. Preparación y dimensiones de especímenes para los ensayos

Propiedad	Probeta	Estabilizante (%)				
		Cemento	Cal	Yeso	NaOH	Nopal
Resistencia a compresión	Cubo (5x5x5) cm	6	6	6	2	2
Resistencia a flexión	Prisma (4x4x16) cm	6	6	6	2	2
Velocidad de pulso ultrasónico						
Resistencia a tensión	Briqueta (7.5x1.9x3.8) cm	6	6	6	2	2

Los moldes se recubrieron con aceite mineral en capas lo más delgadas posibles para evitar que influyeran sobre el color de la cara expuesta. En algunos casos los especímenes no pudieron descimbrarse a 8 días, por lo tanto, no existen resultados a edades tempranas. Se realizaron infinidad de especímenes, los especímenes prismáticos tendieron a agrietarse y fracturarse con mayor facilidad y hubo que repetir muchos de ellos, también ocurrió ese problema en todos los especímenes sin adiciones. En promedio sólo pudieron usarse un 50% de los especímenes elaborados, el resto se desechó por presentar problemas como los descritos.

Por último, los resultados del ensayo de VPU fueron correlacionados con la resistencia a compresión mediante una ecuación de correlación simple. La ecuación está diseñada para

³ El parámetro a^* corresponde al eje rojo-verde del color, el parámetro b^* al eje amarillo-azul, mientras que el parámetro L^* o luminosidad corresponde al eje blanco-negro.

determinar el módulo de elasticidad dinámico del concreto, buscando aplicarse en este caso a materiales en tierra, puesto que no existe un parámetro o fórmula establecido para calcular este módulo en elementos como los adobes, pese a algunos ejemplos en investigaciones patrimoniales (Aguilar y otros, 2015).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de las distintas pruebas efectuadas en las mezclas de suelo-estabilizante, desglosando entre los análisis de mecánica de suelos, pruebas no destructivas y ensayos de resistencia mecánica.

4.1. Límites de consistencia (límites de Atterberg) y clasificación SUCS

Los límites de consistencia, comúnmente referidos en la literatura como límites de Atterberg, son presentados a continuación en las tablas 2 a 6 en función del estabilizante empleado para la mezcla con suelos. En las tablas también se incluye la clasificación de los suelos mediante el sistema SUCS, dando una idea de la reducción de plasticidad en las mezclas según los distintos estabilizantes.

Tabla 2. Límites de Atterberg y clasificación para la mezcla de suelo-cemento

Límites	Testigo	Adicción de cemento				
		2%	4%	6%	8%	10%
LL (%)	66.00	50.50	49.00	47.80	47.17	50.16
LP (%)	24.80	29.69	22.82	30.50	30.90	39.57
IP (%)	41.20	20.81	26.18	17.30	10.27	10.59
LC (%)	14.12	15.34	20.67	28.04	35.32	35.77
CL (%)	17.50	13.00	12.30	7.00	5.60	4.90
SUCS	CH	MH	CL	CL	ML	ML
Δ C. agua%	51.88	35.16	28.33	19.76	11.85	14.39

Tabla 3. Límites de Atterberg y clasificación para la mezcla suelo-cal

Límites	Testigo	Adicción de cal				
		2%	4%	6%	8%	10%
LL (%)	66.00	51.20	44.8	43.9	43.64	43.28
LP (%)	24.80	25.80	35.38	39.47	30.18	36.46
IP (%)	41.20	25.40	9.42	4.43	13.46	6.82
LC (%)	14.12	17.43	27.21	27.67	28.56	40.46
CL (%)	17.50	13.10	7.90	6.20	6.01	4.20
SUCS	CH	CH	ML	ML	CL	ML
Δ C. agua%	51.88	33.77	17.59	16.23	15.08	2.82

Tabla 4. Límites de Atterberg y clasificación para la mezcla suelo-yeso

Límites	Testigo	Adicción de yeso				
		2%	4%	6%	8%	10%
LL (%)	66.00	60.80	57.50	57.50	57.12	49.83
LP(%)	24.80	22.32	17.43	25.44	16.08	19.91
IP (%)	41.20	38.48	40.07	32.06	41.04	29.92
LC (%)	14.12	14.95	15.45	19.53	27.45	16.06
CL (%)	17.50	15.90	15.50	14.55	15.60	20.27
SUCS	CH	CH	CH	CH	CH	CL
Δ C. agua%	51.88	45.85	42.05	37.97	29.67	33.77

Tabla 5. Límites de Atterberg y clasificación para la mezcla de suelo-hidróxido de sodio

Límites	Testigo	Adicción con hidróxido de sodio				
		2%	4%	6%	8%	10%
LL (%)	66.00	59.20	59.00	62.90	53.32	53.86
LP (%)	24.80	53.91	30.45	30.27	24.91	28.40
IP (%)	41.20	5.29	28.55	32.63	28.41	25.46
LC (%)	14.12	15.91	19.37	28.94	21.87	33.69
CL (%)	17.50	16.10	13.48	11.10	9.00	6.80
SUCS	CH	MH	CH	CH	CH	CH
Δ C. agua%	51.88	43.29	39.63	33.96	31.45	20.17

Tabla 6. Límites de Atterberg y clasificación para la mezcla suelo-nopal

Límites	Testigo	Adicción con nopal				
		2%	4%	6%	8%	10%
LL (%)	66.00	68.00	68.80	73.50	82.00	91.34
LP (%)	24.80	22.31	19.94	15.22	19.26	19.66
IP (%)	41.20	45.69	48.86	58.28	62.89	71.68
LC (%)	14.12	20.61	7.43	14.28	28.82	16.82
CL (%)	17.50	16.10	16.40	16.20	17.9	19.30
SUCS	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Δ C. agua%	51.88	47.39	61.37	59.22	53.18	74.52

Se observó que las mezclas de suelo-cemento (tabla 2) y suelo-cal (tabla 3) presentaron mejora considerable en controlar los cambios volumétricos de la arcilla, como puede observarse con los valores SUCS de clasificación de suelos. Se puede observar como las estabilizaciones con cal y cemento reducen la plasticidad de las muestras, pasando de arcillas de alta plasticidad (CH), a arcillas y limos de baja plasticidad (CL y ML)⁴. El resto de estabilizantes no presentaron cambios volumétricos significativos, como se ve en las tablas 4, 5 y 6; excepto por el uso de yeso en proporción del 10%.

Cabe destacar que, a partir de la experimentación, se observó que la mezcla de arcilla-hidróxido de sodio en el porcentaje de 6% en adelante, se generaba una capa de cristales que provocaba desmoronamiento de la muestra. También es notoria la reducción del contenido de humedad, con decrementos tan significativos como el de la estabilización con cal, propiedad que ya ha sido empleada históricamente para el secado de suelos (Navarro y otros, 2019).

4.2. Ensayos no destructivos

Sobre los resultados de la medición del pH de los materiales que se utilizaron como estabilizantes, dos no cumplieron con la norma ASTM D 6276, ya que se obtuvieron valores menores de 12.4, estos valores fueron de entre 7 y 8 siendo el yeso y el mucílago de nopal respectivamente las adiciones que no cumplieron la norma. Las adiciones de hidróxido de sodio, cemento y cal mínimo cumplían en los casos de las proporciones de 8 y 10 %. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que la norma referida aconseja estos valores únicamente para la estabilización mediante cal, sin tomar en cuenta el empleo de otros materiales como los presentes en esta investigación.

⁴ El sistema de clasificación de suelos SUCS presenta símbolos de dos letras para denominar los suelos a partir de la granulometría: CH corresponde a high plasticity clay, mientras que CL y ML a low plasticity clay y low plasticity silt.

Tabla 7. Potencial de hidrógeno (pH) de los estabilizantes

Estabilizante (%)	Potencial de hidrógeno (pH)				
	Cemento	Cal	Yeso	NaOH	Nopal
2.0	10.8	11.3	5.6	12.3	5.8
4.0	11.5	12.0	5.8	12.5	5.9
6.0	11.7	12.3	5.9	12.6	6.2
8.0	12.1	12.6	6.2	12.9	6.5
10.0	12.9	13.2	6.6	13.7	7.8

Según se reportó en Martínez y otros (2018), las variaciones de color medidas con el equipo colorímetro fueron mínimas, obteniendo los mejores resultados con la mezcla suelo-yeso, puesto que apenas presentó variaciones significativas en los cinco porcentajes empleados. Esta técnica también puede ser empleada para identificar el cambio de color de suelos naturales y elementos constructivos como la mampostería de adobe, permitiendo relacionar los estabilizantes encontrados mediante otros análisis con la variación según la escala CIE⁵, además de la posibilidad de poder implementar el ensayo in situ.

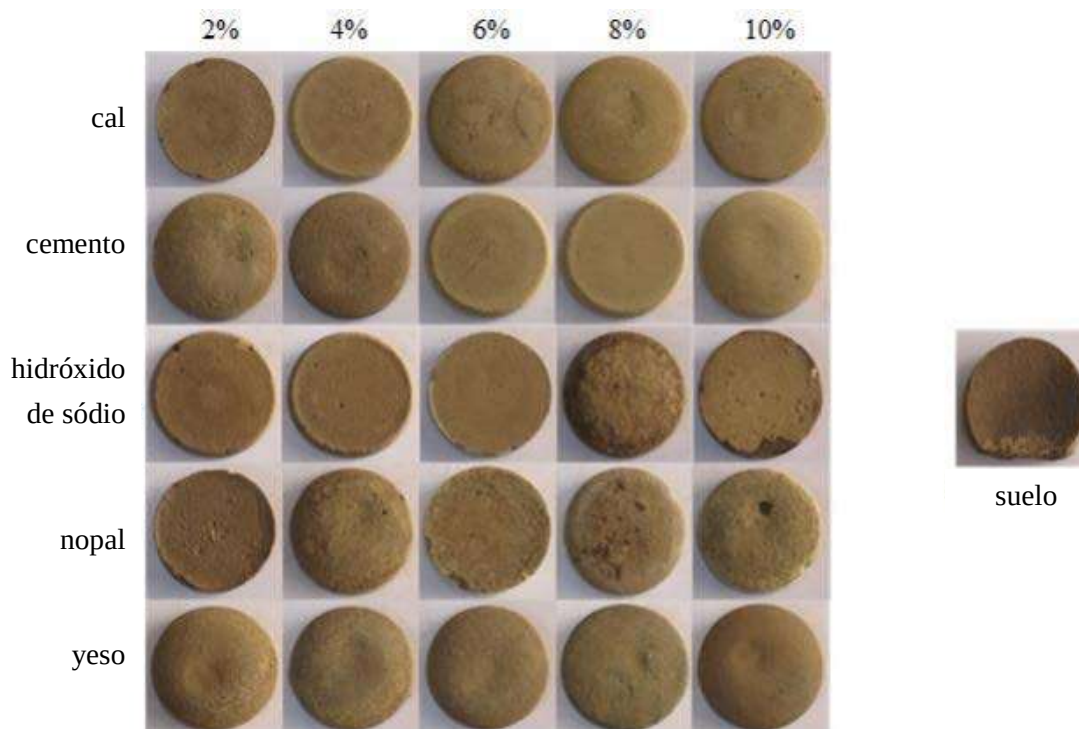


Figura 1. Comparativa de la variación colorimétrica entre la muestra testigo de suelo natural y las distintas mezclas con proporciones de estabilizantes. Fuente: Martínez y otros, 2018

4.3. Propiedades mecánicas

En las figuras 2, 3 y 4 pueden observarse respectivamente los valores de resistencia a compresión, flexión y tensión de las muestras suelo-estabilizante, permitiendo identificar la afectación de cada adición a las propiedades mecánicas del material, siendo esto fundamental para los usos de edificación y construcción.

⁵ Acrónimo de Commission Internationale de l'Éclairage

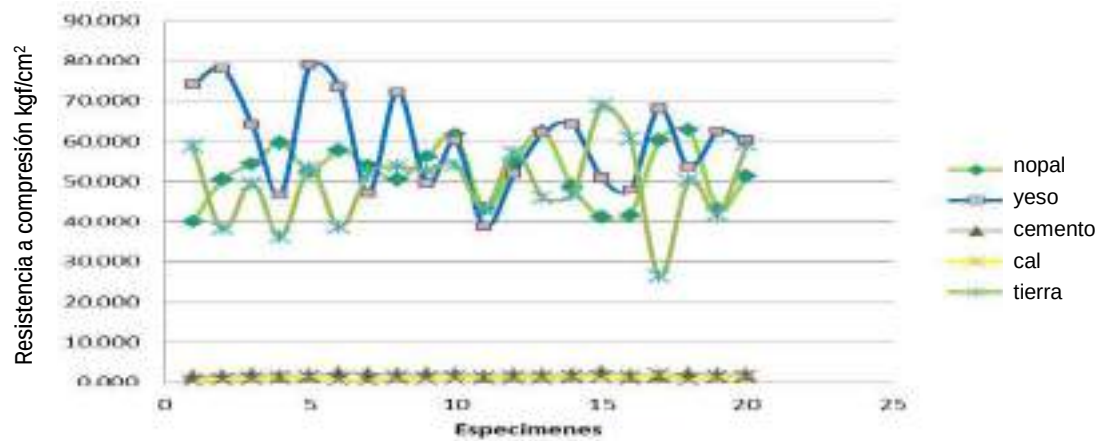


Figura 2. Resistencia a compresión en cubos

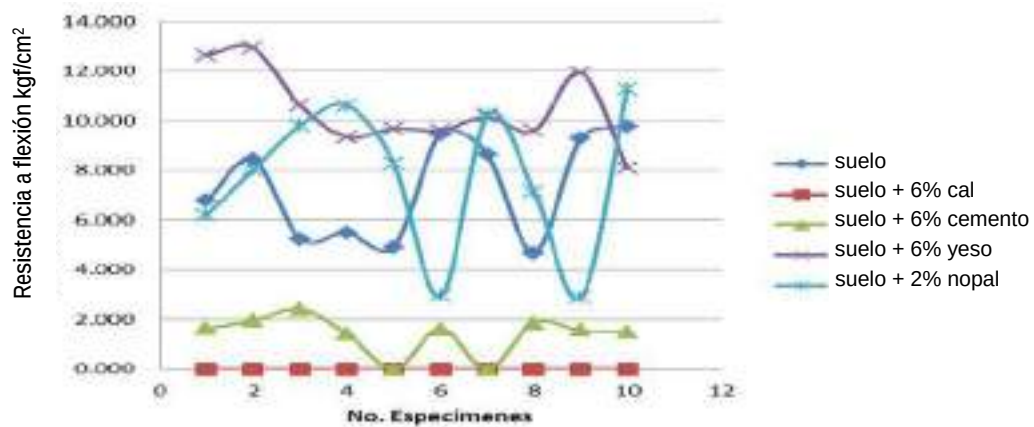


Figura 3. Resistencia a flexión en prismas

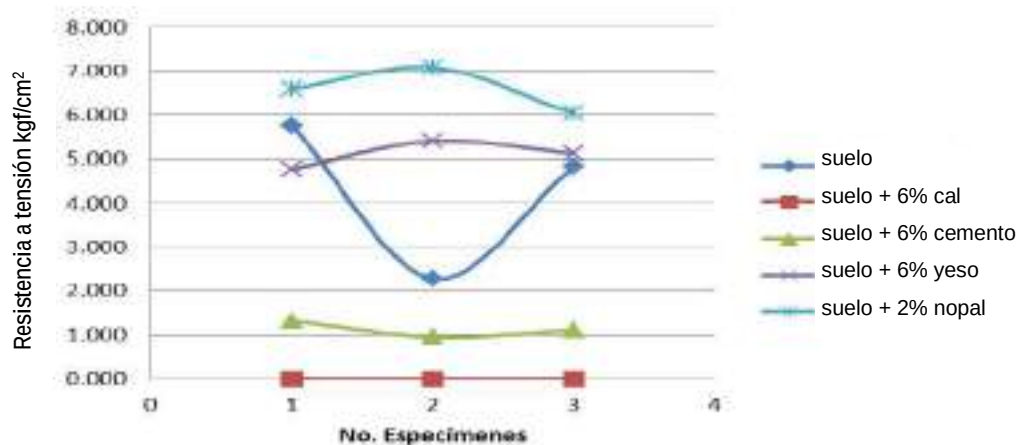


Figura 4. Resistencia a la tensión en briquetas

Los valores de compresión fueron comparados mediante una ecuación de correlación simple con los valores de VPU, para de este modo poder estimar el módulo de elasticidad dinámico de las mezclas, siendo este difícil de obtener para materiales de tierra.

Tabla 8. Ecuaciones de correlación simple entre la velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a compresión

Material	Ecuación
Suelo natural	$Y = -0.0334x + 89.5690$
Suelo + 6% cal	$Y = -1E-0.5x + 1.1115$
Suelo + 6% cemento	$Y = 0.0034x + 0.7225$
Suelo + 6% yeso	$Y = 0.0112x + 45.3010$
Suelo + 2% m. nopal	$Y = -0.0118x + 67.2710$

Tabla 9. Ecuaciones de correlación simple entre la velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a flexión

Material	Ecuación
Suelo natural	$Y = -0.0274x + 39.0890$
Suelo + 6% cal	No resiste
Suelo + 6% cemento	$Y = 0.0059x + 3.7952$
Suelo + 6% yeso	$Y = -0.0024x + 14.3450$
Suelo + 2% m. nopal	$Y = -0.0099x + 19.8780$

5. CONCLUSIONES

Se determinaron los límites de consistencia dando como resultado que la mejor adición fue el porcentaje de 10% de cal, controlando prácticamente los cambios volumétricos de la arcilla; los porcentajes de cemento presentaron un comportamiento similar a las adiciones de cal, ya que ambos materiales fueron los que propiciaron mayor disminución de la plasticidad. En las adiciones mayores de 6 % del hidróxido de sodio y del mucílago de nopal se generaba una cubierta de cristales, en el caso del hidróxido de sodio, y una especie de lama en el mucílago de nopal.

Sobre los resultados del valor del pH de las mezclas, se observó que con la adición del yeso y del nopal no es posible cumplir con la norma ASTM D 6276, ya que los valores son menores a 12.4. Por otro lado, las adiciones de hidróxido de sodio (4, 6, 8 y 10%), y cemento y cal (8 y 10%) si cumplen los requisitos. No obstante, debe tomarse en cuenta que la norma únicamente ha sido diseñada para el uso de la cal como estabilizante, por lo que es necesario expandir la investigación con otros materiales y probar su viabilidad.

Un punto importante a mencionar es que se genera un cambio notorio en el color de las mezclas con proporciones mayores a 6 %. Para las diferentes adiciones, sólo en la mezcla de yeso conserva coloración similar con todos los porcentajes. Este aspecto puede ser importante para los trabajos de restauración y conservación de arquitectura patrimonial con acabados visibles en tierra, ya que siempre se busca preservar el aspecto original de estas edificaciones sin aplicar grandes cambios estéticos. Sin embargo, si se busca desarrollar un material de construcción con condiciones de durabilidad sin tener en cuenta estos requerimientos, puede obviarse el factor de la colorimetría.

Las pruebas mecánicas se realizaron en especímenes con porcentajes de 6% de adición máximo para guardar la similitud en las tonalidades de los especímenes. Respecto a las propiedades mecánicas, mientras que las adiciones de 6% de cemento y cal fueron las mejores para controlar los cambios volumétricos; sin embargo, obtuvieron valores bajos en su capacidad de carga a compresión, flexión e incluso nula para la tensión, mucho menores que las de la muestra testigo. En las pruebas mecánicas, la adición que mejores resultados brindó fue la de 6% de yeso, tanto en compresión y flexión dando un mejoramiento respecto a la muestra testigo. El mucílago de nopal presentó comportamiento similar a la muestra testigo con una mejora discreta en compresión y flexión, pero siendo la de mejor comportamiento en las pruebas de tensión.

Para las pruebas de pulso ultrasónico se obtuvo el valor de la velocidad VPU (m/s), el cual se correlacionó directamente con la resistencia mecánica obtenida de la prueba destructiva ya que no se puede obtener directamente el módulo de elasticidad dinámico con el equipo ya que la ecuación está diseñada para determinar el módulo de elasticidad dinámico del concreto, y así se obtuvo una ecuación que determina la resistencia del suelo arcilloso estudiado, en base a la velocidad de pulso.

El presente estudio cuenta con el valor de tomar en cuenta varias propiedades de los materiales: tanto la capacidad mecánica, como los cambios volumétricos, la percepción estética, o la densidad y estructura interna de las muestras entre otros. Es importante discernir en qué propiedades de los materiales se quiere actuar en función del uso constructivo y las características requeridas. Resulta muy interesante ver como ciertos estabilizantes mejoran algunas propiedades mientras que afectan negativamente en otras; por ello, es importante lograr un balance entre el porcentaje y el tipo de adición. En general, es de suma importancia continuar con el estudio de los materiales de construcción con tierra, por sus excelentes cualidades y el bajo impacto ambiental que presentan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, R.; Saucedo C.; Montesinos, M.; Ramírez, E.; Morales, R.; Uceda, S. (2015). Caracterización mecánica de las unidades de adobe del complejo arqueológico Huaca de la Luna mediante ensayos de ultrasonido. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 15. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca/PROTERRA. p.28-39
- Aranda-Jiménez, Y.; Suarez-Domínguez, E. (2019). La huella de carbono en elementos de arquitectura con tierra. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p. 119-126
- ASTM D6276-19 (2019). Standard test method for using pH to estimate the soil-lime proportion requirement for soil stabilization, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Guerrero, L. (2013). La cal y los sistemas constructivos. En: L. Barba Pingarrón; I. Villaseñor Alonso, La cal: historia, propiedades y usos. Distrito Federal: UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas; ANFACAL. p.49-72
- Juárez Badillo, E.; Rico Rodríguez, A. (2006), Mecánica de Suelos Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, 3ª edición, 13ª reimpresión. México: Editorial Noriega Limusa.
- Klein, Cornelis; Dana, J. D.; Hurlbut Jr., Cornelius S. (2003), Manual mineralogía: basado en la obra de J. D. Dana. España; Editorial Reverté.
- Martínez, W.; Torres-Acosta, A. A.; Alonso-Guzmán, E. M.; Chávez, H. L.; Lara, C.; Bedolla, A.; López, H. Z.; Ruvalcaba J. L. (2018). Colorimetry of clays modified with mineral and organic additives. *Revista ALCONPAT*, 8 (2), p. 163 – 177
- Navarro Mendoza, E. G.; Sánchez Calvillo, A.; Alonso Guzmán, E. M. (2019). Estabilización de suelos arcillosos con cal para firmes y blocks. En C. Neves, Z. Salcedo Gutiérrez, O. Borges Faria (ed.), Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p.284-201
- Sánchez-Calvillo, A.; Alonso-Guzmán, E. M.; Ruvalcaba-Sil, J. L.; Martínez-Molina, W.; Chávez-García, H. L.; Bedolla-Arroyo, J. A.; Velázquez-Pérez, J. A. (2020). Colorimetry of clays as a tool to identify soil materials for earthen buildings restoration. *Key Engineering Materials*, 862, 56-60. doi:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.862.56>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte financiero de la Coordinación de Investigación Científica de la UMSNH, del CONACYT con las 315660 y 315680, y del Programa SEP-PRODEP. Además, los autores agradecen el apoyo del proyecto ganador del premio del 1r Concurso Internacional de Proyectos de Cooperación y Desarrollo del 15th International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020), Barcelona, España. También fue invaluable el soporte técnico de los Ingenieros Civiles Amado Flores Rentería y Mario Alberto Olguín Domínguez, y del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

AUTORES

Elia Mercedes Alonso-Guzmán, doctora en química por la Universidad Nacional Autónoma de México y profesora investigadora en la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Trabaja en la caracterización de materiales de construcción patrimoniales, históricos, vernáculos, artísticos, tradicionales, nano y sustentables. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/E-Alonso-Guzman>

Wilfrido Martínez-Molina, doctor en ingeniería por la Universidad Autónoma de Querétaro y profesor investigador en la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Trabaja en la durabilidad y mecanismos de daño de los distintos materiales de construcción: patrimoniales, históricos, vernáculos, artísticos, tradicionales, nano y sustentables. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Wilfrido-Martinez-Molina>

Adrià Sánchez-Calvillo, doctorante en arquitectura, máster en construcción avanzada en la edificación, especialista en restauración de monumentos, graduado en arquitectura técnica y edificación. Investigador de doctorado y profesor en la Universidad Michoacana San Nicolás Hidalgo. Director del proyecto DBMC 2020 para el estudio del patrimonio vernáculo del estado de Michoacán, México. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Adria-Sanchez-Calvillo>

Hugo Luis Chávez-García, profesor investigador en la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Trabaja con pruebas no destructivas con los distintos materiales de construcción: patrimoniales, históricos, vernáculos, artísticos, tradicionales, nano y sustentables. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Garcia-2>

José Luis Ruvalcaba Sil, doctor en ciencias, jefe del departamento de física experimental en la Universidad Nacional Autónoma de México y coordinador del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC). Sus líneas de investigación incluyen la física atómica y molecular y el estudio y preservación del patrimonio cultural. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Ruvalcaba-2>

INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE ARCILLAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUELOS TUCUMANOS EN LA ADHERENCIA DE REVOQUES DE TIERRA

Gonzalo García Villar¹, Enzo Marcial², Guillermo Rolón³

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, arggonzalogv@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto Superior de Correlación Geológica, Centro Integral de Microscopía Electrónica, Universidad Nacional de Tucumán, enzomarc7@gmail.com

³Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán. Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas, guillerolon02@gmail.com

Palabras clave: cizallamiento, compensación granulométrica, arcillas, formación geológica, durabilidad

Resumen

La fracción arcilla es el componente reactivo y ligante en los suelos utilizados para revoques de tierra. La provincia de Tucumán presenta diversas unidades fisiográficas, por lo que los suelos presentan diferentes composiciones, clases y proporción de arcillas. La adherencia de los revoques de tierra se ve influenciada por la mineralogía de los suelos, y principalmente por el tipo de arcilla que los compone. El objetivo del artículo es evaluar la influencia del tipo y origen de las arcillas en la adherencia de revoques de tierra. Se caracterizaron cuatro suelos de Tucumán correspondientes a diferentes ambientes. La composición mineralógica fue determinada mediante difracción de rayos X (DRX). Por otro lado, también se obtuvo la granulometría utilizando el método del densímetro, se determinó el índice de plasticidad y se calculó la actividad de las arcillas. Los suelos fueron normalizados en base a su granulometría equiparándolos mediante una compensación con áridos. Con las muestras normalizadas se realizaron revoques gruesos experimentales sobre el reverso de cerámicos a los que se le aplicaron ensayos de corte o cizallamiento. Con los resultados obtenidos se pudo corroborar que existe una relación directa entre el aumento de la resistencia al corte/cizallamiento con la muestra que contiene mayor cantidad de arcilla del tipo esmectita. Mientras que las muestras que presentan menor resistencia son aquellas con mayor contenido de arcillas del tipo caolinita y bajo contenido de esmectita. Con respecto a la relación con el índice de plasticidad (IP) parece haber una tendencia que a mayor IP mayor resistencia, sin embargo no es determinante. Por otro lado, la actividad de las arcillas indicaría una relación directa con la fuerza adhesiva obtenida en los ensayos.

1 INTRODUCCIÓN

Los revoques cumplen diversas funciones en las edificaciones, entre ellas la de protección de los paramentos o soportes sobre los que se aplica, frente a la acción erosiva de factores naturales y antrópicos. En el caso de revoques de tierra, los agentes atmosféricos juegan un papel significativo en el proceso de deterioro y afectan su durabilidad, en tanto pueden alterar la cohesión interna del material o su capacidad adherente. Justamente, una de las características que permite que el revoque se mantenga unido al soporte es la fuerza adhesiva, entendida como la capacidad para resistir a las tensiones normales y tangenciales en la interfaz del soporte (Faria et al., 2019). Los revoques de tierra están compuestos principalmente por tierra, arena, fibras y agua. La fracción arcilla contenida en la tierra es responsable en la adquisición de la cohesión interna y adherencia del revoque; las fracciones de arenas y limos, así como la arena incorporada adicionalmente, conforman un esqueleto granular y resistente, y las fibras colaboran en absorber las tensiones de retracción que aparecen en la muestra durante el secado de los revoques (Stazi et al., 2016); la incorporación de agua se realiza a los fines de activar las arcillas y alcanzar un estado plástico y trabajabilidad de la mezcla durante la preparación y ejecución del revoque.

El término arcilla tiene una doble acepción, además de indicar un rango granulométrico, es el nombre asignado a un grupo de minerales dentro de la familia de los silicatos, los filosilicatos. Los filosilicatos son silicatos de aluminio hidratados que se caracterizan por su estructura en capas o laminillas. Las capas de arcilla pueden adherirse unas a otras y entre distintos módulos, para formar flóculos, a causa de cargas por rotura de enlaces en los bordes de las laminillas (Van Olphen, 1977). La fracción arcilla es un material de origen natural formado por minerales de partículas muy pequeñas, inferiores a 0,002mm - 2µm - desde una perspectiva geológica e inferiores a 0,005mm desde una perspectiva ingenieril, que presenta un comportamiento plástico con cantidades apropiadas de agua y aporta cierto grado de dureza al secarse o calentarse. Las arcillas desde un punto de vista mineralógico son minerales secundarios presentes en los suelos que se forman por la alteración de minerales preexistentes. Por lo tanto, dependiendo de cómo actúan factores formadores de suelos -material parental, relieve, tiempo, clima y cobertura vegetal- en los distintos ambientes se originan diferentes arcillas. Es conocido que cada familia de arcilla presenta propiedades mineralógicas y químicas distintivas que son aprovechadas en muy diversas aplicaciones (Odom, 1984; Ekosse, 2010; Muhammad Faheem et al., 2013), apreciándose, en especial, su actividad adherente en el campo de la construcción. En la mayoría de los casos se encuentran en un mismo suelo más de una familia de arcillas, siendo pocos los suelos que están compuestos por una sola.

La adherencia es un fenómeno que tiene lugar cuando se está frente a un sistema formado por dos materiales que se pretende unir denominados adherentes o adherendos, y un tercer material que se llama junta o unión adhesiva. En el caso de los revoques de tierra, la junta o unión adhesiva lo conforma la cara interna de la mezcla del revoque, que también llamamos adherente, y eventualmente la arcilla contenida en el sustrato. La adherencia puede ser mecánica o química. La primera es un fenómeno físico y se da por trabazón entre los materiales componentes en los revoques y los soportes, donde la presencia de poros y microporos en las superficies favorece el proceso. La segunda se produce por la formación de compuestos e interacción química entre moléculas, así como fuerzas electrostáticas de atracción a escala atómica o molecular. En los revoques de tierra se dan los dos tipos de adherencia: la mecánica está posibilitada por los materiales, la forma y rugosidad de la superficie, presencia de elementos de anclaje como ser fibras, marcas o elementos punzantes y la porosidad del sustrato, sumado a las arenas, limos y fibras contenidos en el revoques, lo cual genera una trabazón al momento del secado; la química se da por interacción entre los materiales del sustrato, la arcilla y otros materiales cementantes contenidos en el revoque, que reaccionan estableciendo uniones durante el proceso de secado.

Tucumán es la provincia más pequeña de Argentina, sin embargo presenta una importante diversidad de unidades fisiográficas. Estas características condujeron a la formación de diferentes suelos a lo largo de todo su territorio. Los diversos suelos se aprovechan intensamente como tierra para la construcción, incluido su empleo en la elaboración de revoques de tierra destinados a obras nuevas como en la restauración de arquitecturas existentes y patrimoniales. El conocimiento tácito de los constructores locales les ha permitido identificar distintas tierras necesarias para sus obras, tomando especial aprecio por aquellas que consideran más “ligosas” o “gredosas”. Si bien han aparecido unos pocos trabajos enfocados en analizar la incidencia de la fracción arcilla en la capacidad adherente de los revoques (Faria et al. 2019; Quiñónez; Ayala, 2014) no existen estudios científicos que aporten información al respecto para esta región en particular.

Esta investigación evalúa y compara cuatro suelos tucumanos de diferente origen y con distinta composición mineralógica a fin de identificar la relación e influencia de los tipos de arcilla en la adherencia de revoques de tierra. Para la evaluación de adherencia en revoques de tierra existen dos maneras, mediante el método de arrancamiento directo (rotura por esfuerzo de tracción) para morteros y sustratos normalizado en la BS EN 1015-12 (2000) ampliado para revoques de tierra en DIN 18947 (2013), y el método de corte o cizallamiento (rotura por esfuerzo de corte) propuesto por Hamard et al. (2013). En esta investigación se utilizará el segundo.

2 METODOLOGÍA

Considerando que la composición mineralógica de los suelos, en especial de la fracción arcilla, depende directamente del lugar y los procesos de formación, se empleó una metodología comparativa que evaluó la capacidad adherente de suelos procedentes de ambientes edáficos distintos en el empleo de revoques de tierra. Para ello, se tomaron muestras de suelos en diferentes unidades fisiográficas en el sector noroccidental de la provincia de Tucumán que son conocidos por su empleo como tierras para construcción. Luego se procedió a caracterizarlos mediante distintos análisis para determinar composición mineralógica, granulometría, plasticidad y nivel de actividad de las arcillas. Para evaluar la adherencia de mezclas elaboradas con los respectivos suelos, se procedió en primera instancia, a compensar la granulometría de los suelos para equiparlos y, a continuación, una vez realizados los revoques, se evaluó esta propiedad mediante ensayos de cizallamiento.

2.1 Selección de suelos

Los suelos utilizados en este trabajo corresponden a cuatro unidades fisiográficas diferentes ubicadas al noroeste de la provincia de Tucumán: dos zonas montañosas, una seca y otra húmeda y dos zonas de valles intermontanos, el Valle de Santa María y el valle de Tafí. Los suelos característicos de cada región según Puchulu y Fernandez (2014) se pueden observar en la figura 1. Las muestras fueron identificadas como:

- Río Jorge (RJ) (Valle intermontano de Santa María)
- Barranca Lara (BL) (Zona montañosa seca)
- Potreriillo Rincón (PR) (Valle intermontano de Tafí)
- Las Mesadas (LM) (Zona montañosa húmeda)

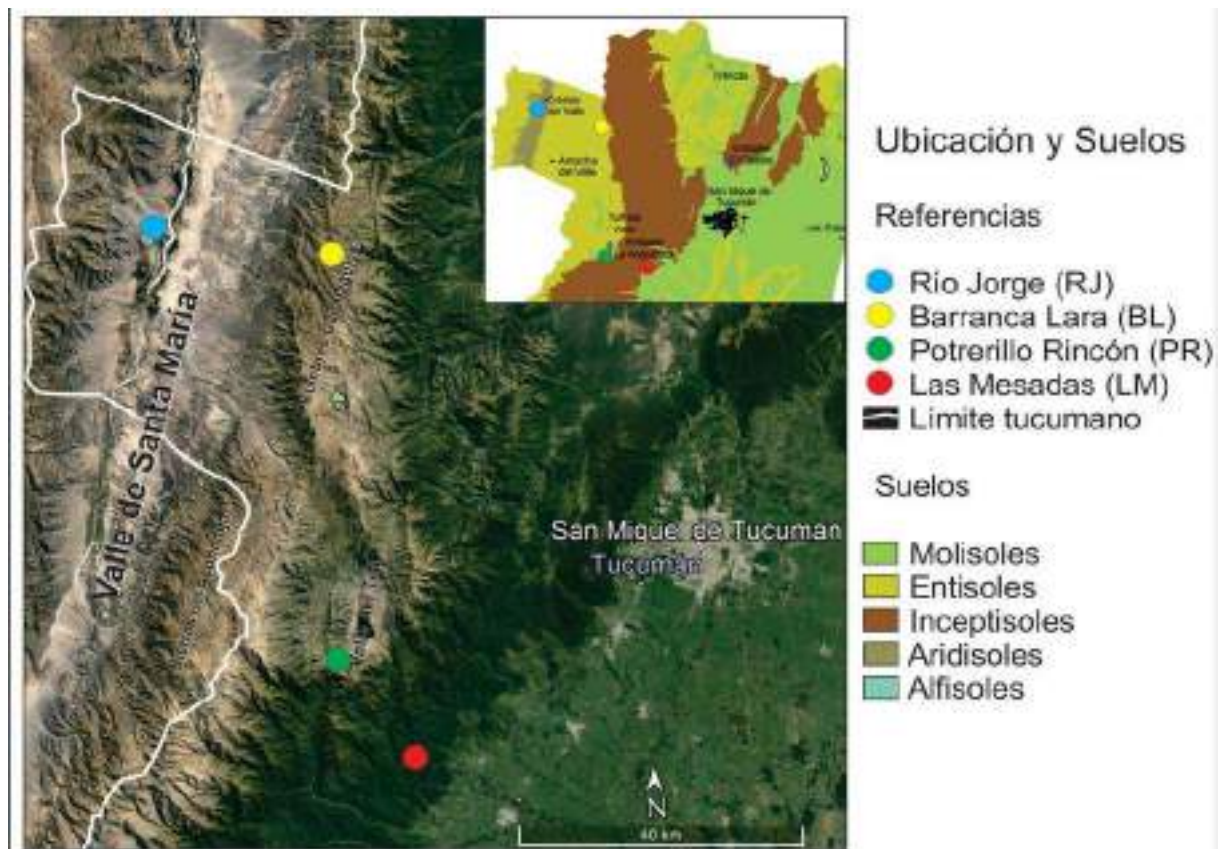


Figura 1. Imagen satelital extraída de Google Earth con la ubicación de los suelos muestreados y mapa de suelos adjunto (modificado de Puchulu y Fernandez, 2014)

2.2 Caracterización del suelo

Una vez recolectados los suelos se realizan los siguientes análisis a fin de lograr la caracterización de los mismos:

a) Análisis DRX

Separación de arcillas y análisis de DRX:

Descripción del tratamiento: Las muestras se colocaron en agua milliRo y se sonicaron durante 15 minutos. Luego, a cada muestra se añadió un dispersante (metafosfato de sodio), se agitó durante 15 min y, mediante el procedimiento de centrifugación, se separó la fracción menor a 2 μm . Cada fracción obtenida se colocó sobre dos portaobjetos (original y duplicado) para obtener agregados ordenados (A.O) y se dejaron secar al aire.

Condiciones de medición mediante DRX: Los A.O. originales se analizaron mediante DRX en un difractómetro PANalytical X'Pert Pro a 40 kV y 40 mA con una radiación Cu-K α , entre los ángulos 4° y 35° 2 θ (tiempo por paso 35,015 s y paso de 0,02°), para cada muestra se realizaron 3 difractogramas correspondientes a: 1) A.O. secado al aire, 2) A.O. glicolado y 3) A.O. calcinado. Para el glicolado, las muestras se colocaron en un desecador con etilenglicol y se dejaron en una estufa a 50 ° durante 12 h. Por otra parte, el calcinado se llevó a cabo 500 ° C durante 2h.

Identificación de los minerales en la fracción arcilla: El estudio de las arcillas consta de la lectura de tres difractogramas, cada uno representa a la muestra bajo determinado tratamiento previo a la obtención del espectro. El primer difractograma corresponde a la muestra orientada secada al aire, el segundo a la muestra orientada secada al aire posteriormente solvatada en una atmósfera de etilenglicol (denominada muestra glicolada) y el tercero corresponde a la muestra orientada secada al aire y calcinada en una estufa a 500°C por dos horas.

Se identifican los distintos tipos de arcillas según su comportamiento frente a los tratamientos mencionados.

Los difractogramas obtenidos fueron analizados empleando el programa PANalytical X'Pert HighScorePlus 4.0-4.7^a. Posteriormente, sobre la base de las intensidades relativas (Moore and Reynolds, 1997) de las principales reflexiones de los componentes mineralógicos previamente identificados se procede a la semi-cuantificación de los mismos.

b) Análisis granulométrico mediante el método del densímetro y tamizado

Se realizó un análisis granulométrico por sedimentación mediante el método de Bouyoucos. Se utilizó un densímetro (152H) para las partículas inferiores a 0,075mm - 75 μm , para las partículas mayores se utiliza el método de tamizado según norma ASTM D-422 63 (2007), previo lavado de la muestra sobre tamiz n° 200. Estos métodos consisten en determinar las proporciones de los diferentes tamaños de grano del suelo en una masa dada, obteniendo el porcentaje de arcilla, limo, arena y grava, y representado mediante una curva granulométrica y un gráfico triangular de fracciones de las fracciones arena, limo, arcilla. (ASTM D-422-63. 2007).

c) Determinación del índice de plasticidad y actividad de las arcillas

Se obtuvo el índice de plasticidad según el método de los límites de Atterberg establecido en la norma IRAM 10501 (2007), cuyo resultado es la resta entre el límite líquido y el límite plástico obtenido. La plasticidad se define como la aptitud o capacidad de la tierra a ser moldeada, es determinante la sensibilidad de la tierra a la variación del agua incorporada, y es una característica vinculada en gran medida a la fracción fina del suelo. Según la clasificación de Atterberg, este índice permite identificar si el suelo tiene una composición mayoritaria de limo o arcilla, de baja o alta plasticidad.

d) Determinación de la actividad de las arcillas

La actividad de las arcillas se obtiene a partir del índice de plasticidad antes calculado y la

cantidad de arcilla en la muestra obtenida por el método de Bouyoucos, y se define como el cociente entre estos dos, de la siguiente manera:

$$A = \frac{IP}{\% \text{ de arcilla}}$$

dónde: A: actividad de las arcillas

IP: índice de plasticidad

% de arcilla: porcentaje de arcilla en la muestra

Skempton (1953) plantea una clasificación en donde define inactivas a las caolinitas, normales a las illitas y activas a las esmectitas.

2.3 Método de compensación granulométrica de suelos

Se normalizaron los suelos equiparándolos mediante una compensación con áridos de distintos tamaños, para lograr suelos con cantidades similares de fracción fina y equivalente contenido de arena. El objetivo fue medir el desempeño adherente de los tipos de arcilla de cada suelo reduciendo al mínimo la incidencia por variabilidad de la granulometría.

Para ello se tomó como referencia el suelo con mayor porcentaje de fracción arena de los cuatro seleccionados, en este caso RJ, y se ajustaron las curvas de los demás suelos en relación a este. Para lograr una equiparación proporcional a la arcilla contenida en la muestra se utilizó el teorema de Tales como referencia según se observa en la figura 2. De esta manera se obtiene, en primer lugar, un factor de relación entre la arena contenida en la muestra RJ y las demás, realizando un cociente entre las mismas. Como todas los suelos poseen mayor porcentaje de fracción fina que la muestra RJ el cociente para obtener el factor de relación se realiza de la siguiente manera: LM:RJ; PR:RJ, y BL:RJ. Con este factor comienzan las compensaciones de arena con los tamices número 4, 10, 20, 50, 100 y 200.

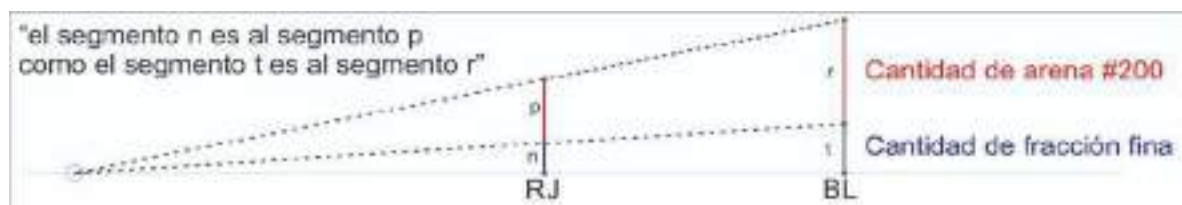


Figura 2. Esquema ejemplificador de relaciones y proporcionalidades basado en el teorema de Tales

2.4 Elaboración de revoques, aplicación y curado

Se colocó en un recipiente plástico 600 g de cada suelo ya compensado y se le agregó 30 ml de agua para amasado. Se amasó durante 2 minutos con espátula (un mismo operario realiza el amasado de todos los suelos). Luego se tapó el recipiente y se dejó reposar todos los suelos hasta el día siguiente a temperatura ambiente para que las arcillas pudieran humedecerse.

Se utilizó la superficie tramada y rugosa de un cerámico como soporte de los revoques debido a que posee una textura y mejora la adherencia de los suelos. La superficie se trató previamente con una pintura de tierra y agua para acondicionarla, y cada pintura corresponde a la tierra del revoque a analizar. Luego, los suelos se mezclaron por un minuto y se colocaron en moldes de PVC de 5 cm de diámetro por 1,5 cm de ancho -tamaño final de las muestras- dispuestas directamente sobre la superficie de los cerámicos. El molde se retiró inmediatamente y los suelos se dejaron secar durante al menos 28 días.

2.5 Ensayo de cizallamiento

Para este ensayo se siguió una metodología similar a la expuesta por Hamard et al. (2013), y las modificaciones se realizaron para evitar fuerzas de vuelco y rozamientos del instrumental en la pared o sustrato. El instrumental consta de un cerámico de 24 cm x 20 cm al que se le aplican los revoques. Para la realización del ensayo se colocó el cerámico en

vertical sobre un soporte, y una abrazadera metálica a cremallera en el revoque, de la que se colgó un cable de acero y un recipiente. Luego el ensayo se realizó colocando 300 grs de arena en el recipiente cada 10 segundos hasta producir el corte en la muestra. La figura 3 ejemplifica el instrumental y el ensayo.



Figura 3. Instrumental para el ensayo de cizallamiento

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Identificación de arcillas mediante DRX

A continuación, en la figura 4 se muestran los difractogramas obtenidos a partir de la fracción arcilla de los suelos RJ, BL, PR y LM.

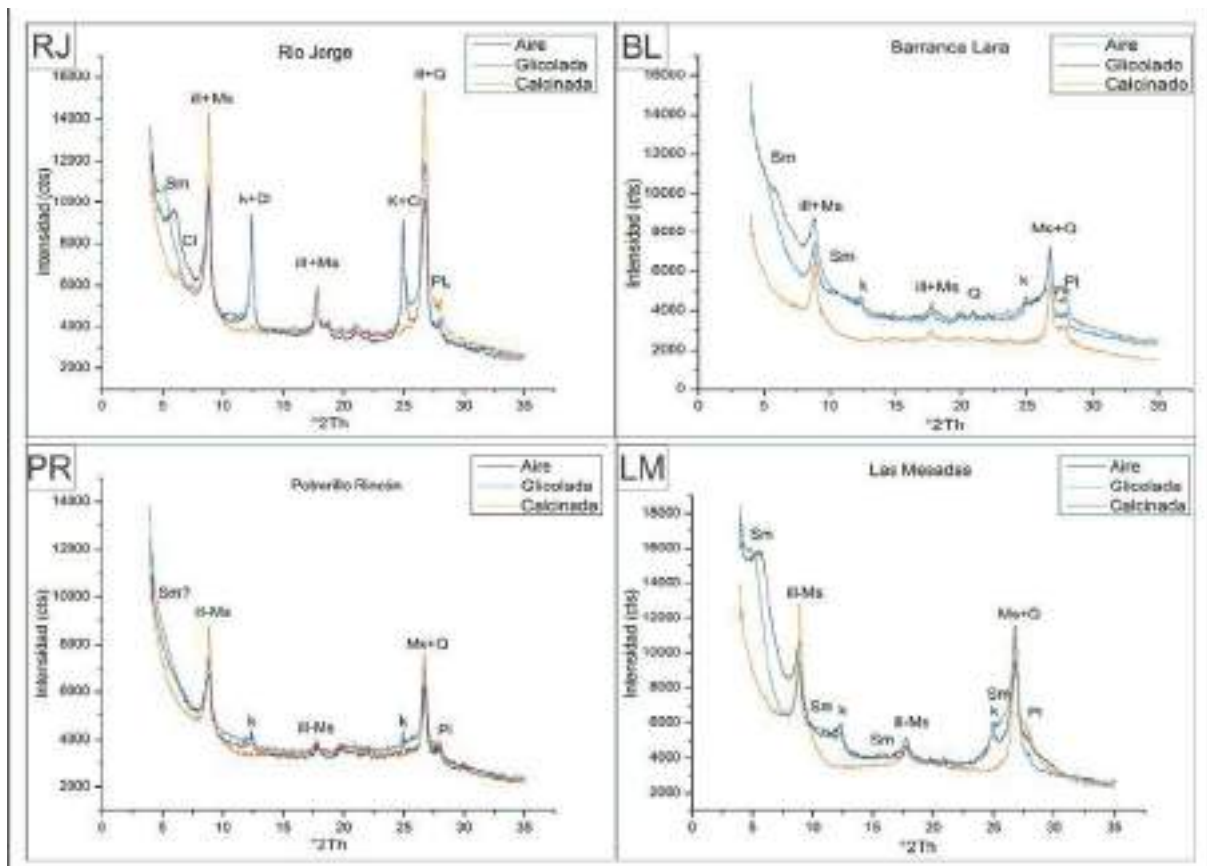


Figura 4. Difractogramas de la fracción arcilla de los suelos analizados. Sm: esmectita; Ill: Illita; K: Caolinita; Cl: Clorita; Q: Cuarzo; Pl: Plagioclase; Ms: micas

Las arcillas fueron identificadas y semi-cuantificadas a partir de los picos de los difractogramas característicos de cada arcilla, dando como resultado la tabla 1.

Tabla 1. Identificación y semi-cuantificación de arcillas.

Suelo	Tipos de arcillas (%)			
	Illitas-Mica (ill-Ms)	Esmeclita(Sm)	Caolinita(K)	Clorita (Cl)
RJ	58	3	37	2
BL	83	3	14	0
PR	69	0	31	0
LM	69	11	20	0

3.2 Análisis granulométrico mediante el método del densímetro y tamizado

En la figura 5 se observan las curvas granulométricas de los cuatro suelos en un gráfico con escala logarítmica, y se muestran los porcentajes por tamaños de partículas. Las curvas granulométricas son sustancialmente diferentes entre todos los suelos. Esta diferencia es compensada granulométricamente para equiparar los suelos. En la tabla 2 se observan los porcentajes de cada fracción correspondiente a arena, limo y arcilla.

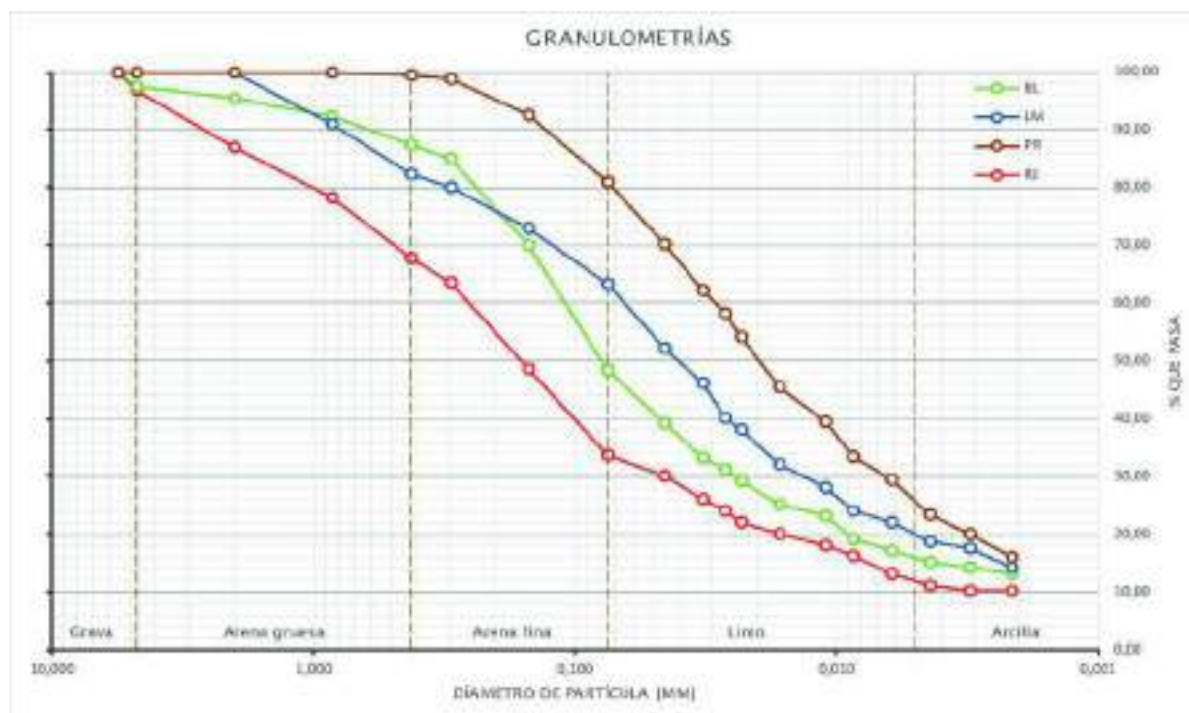


Figura 5. Curvas granulométricas de los cuatro suelos.

Tabla 2. Porcentajes y gramos de cada fracción para cada suelo.

Suelo	Composición del suelo en 50 g					
	Arena		Limo		Arcilla	
	%	g	%	g	%	g
RJ	66	33.15	22	10.9	12	5.95
BL	52	25.83	32	16.19	16	7.98
PR	19	9.49	55	27.73	26	12.78
LM	37	18.33	43	21.71	20	9.96

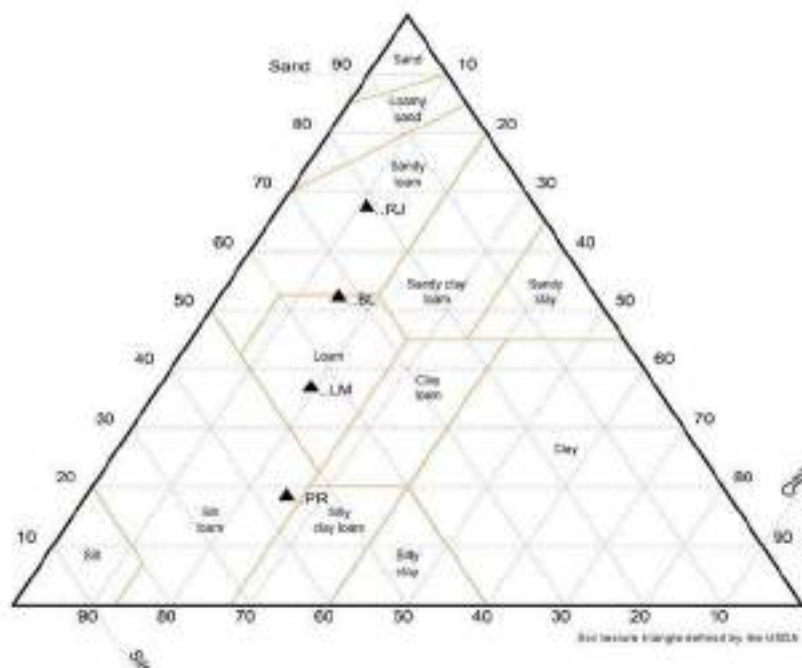


Figura 6. Triángulo textural para clasificación de suelos

3.3 Determinación del Índice de plasticidad y actividad de las arcillas

En la figura 7 se exponen los índices de plasticidad de los cuatro suelos. Según la clasificación en el cuadro de Atterberg el suelo LM es el de mayor plasticidad y corresponde junto a PR a arcillas de baja plasticidad. El suelo RJ es el de menor plasticidad y junto a BL se clasifican en limos de baja plasticidad.

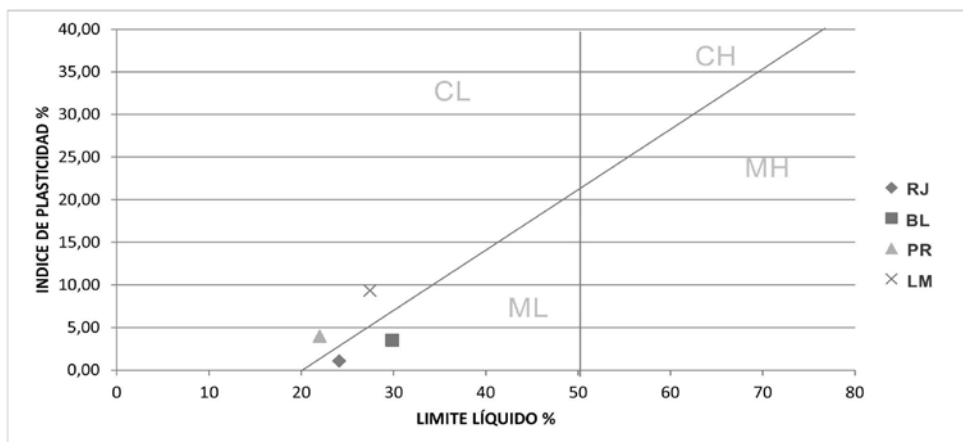


Figura 7. Cuadro para clasificación de suelos según los límites de Atterberg

En cuanto a la actividad de las arcillas las diferencias son sustanciales, teniendo una actividad de 0,47 para el suelo LM, y muy alejada para el suelo RJ, con 0,09; en referencia a los suelos BL y PR poseen una actividad similar al igual que el Índice de plasticidad.

Tabla 3. Tabla con actividad de las arcillas

Suelo	Índice de plasticidad (%)	% de arcilla	Actividad de la arcilla
RJ	1.0	12	0.09
BL	3.5	16	0.22
PR	3.9	22	0.18
LM	9.3	20	0.47

3.4 Método de compensación granulométrica de suelos

Para realizar este método se parte de las cantidades de cada fracción obtenidas en el análisis granulométrico. Para ejemplificar la compensación se toma el suelo RJ cuyo porcentaje limo-arcilla es 16,85 g (tabla 2), y el suelo BL cuyo valor es 24,17 g. El factor de relación es $24,17 : 16,85 = 1,434$. Para los áridos correspondientes al tamiz N.4, se ajusta RJ multiplicando los gramos de áridos, en este caso 1,65 g por el factor de relación, obteniendo un valor de 2,37grs. Finalmente a este valor se le resta la cantidad de áridos de la muestra BL que retuvo el tamiz N.4 y da la primera compensación de arena, en este caso $2,37g - 1,3g = 1,07g$. Este procedimiento se repite con los demás tamices propuestos. En la figura 8 se observan las muestras compensadas a RJ.

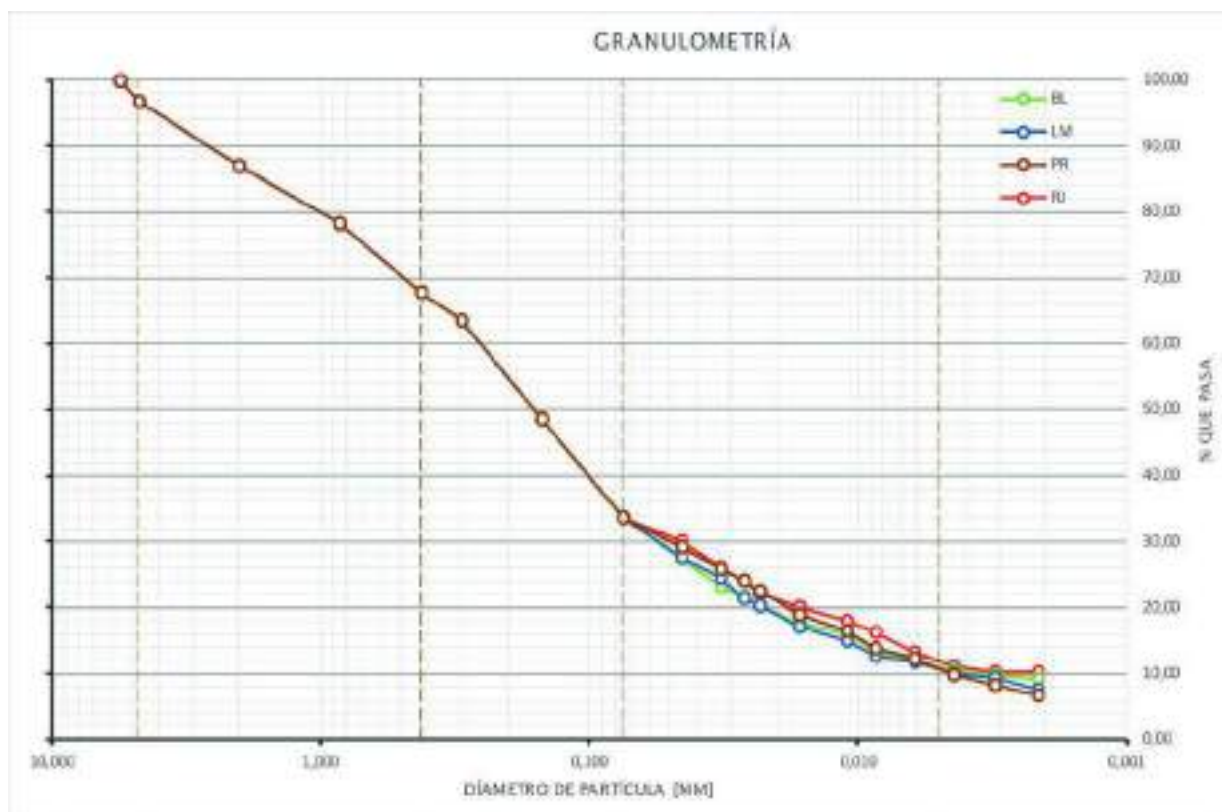


Figura 8. Curvas granulométricas compensadas a RJ

3.5 Ensayo de cizallamiento

Los resultados del ensayo de cizallamiento se exponen en la tabla 4, y reflejan el promedio entre los 5 ensayos realizados por suelo. El suelo LM es el que presenta mayor resistencia a cizallamiento, con 0.13 N/mm^2 , le siguen en orden de resistencia los suelos BL, PR, y finalmente RJ con 0.06 N/mm^2 . Además LM presenta la mayor actividad de las arcillas con un 0.47, coincidentemente le siguen BL, PR, y finalmente RJ con 0.09.

Tabla 4. Resultados del ensayo de cizallamiento

Suelo	Resistencia a cizallamiento (N/mm^2)
RJ	0.06
BL	0.11
PR	0.06
LM	0.13

($1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kgf/cm}^2$)

4 CONCLUSIONES Y PROSPECCIONES

Con los resultados obtenidos se pudo corroborar que existe una relación directa entre el aumento de la resistencia al corte (cizallamiento) con el suelo que contiene mayor cantidad de arcilla del tipo esmectita. Mientras que los suelos que presentan menor resistencia son aquellos con elevado contenido de arcillas del tipo caolinita y bajo contenido de esmectita. Al parecer las arcillas del tipo illita no influyen significativamente sobre la resistencia al cizallamiento. Debido a que solo una muestra presenta arcillas del tipo clorita y en bajas proporciones no se pudo obtener datos del comportamiento de este tipo de arcilla con relación al aumento o disminución de la resistencia al cizallamiento.

Skempton (1953) indica que la arcilla del tipo esmectita es la de mayor actividad en comparación a las illitas clasificadas como normales, y a las caolinitas como inactivas. Lo cual también coincide con el comportamiento de los suelos ante los esfuerzos de cizallamiento ya que el suelo LM que presenta el mayor porcentaje de esmectita entre los suelos analizados (11%), es el de mayor resistencia al cizallamiento, así también es el de mayor índice de plasticidad. En el otro extremo, el suelo RJ que presenta el mayor contenido de caolinitas (37%) y es el que menor resistencia al cizallamiento obtuvo. Por otro lado, es el que presenta menor Índice de plasticidad y actividad de las arcillas. Todo indica que la actividad de las arcillas según su tipo está directamente relacionada a la resistencia al cizallamiento.

Con respecto al método de compensación utilizado en este artículo, cabe destacar que los suelos fueron equiparados teniendo en cuenta la fracción gruesa, mientras que el limo de la fracción fina no pudo ser compensado mediante este método. A pesar de esto, se puede observar en las curvas granulométricas compensadas, que la diferencia entre las curvas es pequeña. Se propone corregir y mejorar el método de compensación para lograr una mayor exactitud en futuros estudios.

Se prevé, para futuras investigaciones, complementar con otros ensayos de adherencia como el de arrancamiento directo, los resultados obtenidos. También se podría centrar el objetivo en el agregado de esmectita a los suelos para corroborar la mejora de la adherencia en los revoques y sus límites.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D-422-63 (2007). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. ASTM Internacional.
- BS EN 1015-12 (2000). Methods of test for mortar for masonry Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates. European Standard.
- DIN 18947 (2013). Earthen plasters - Terms and definitions, requirements, test methods. Germany. Deutsches Institut Fur Normung
- Ekosse, G.-I. E. (2010). Kaolin deposits and occurrences in Africa: Geology, mineralogy and utilization. *Applied Clay Science*, 50(2), 212–236. doi:10.1016/j.clay.2010.08.003.
- Faria, P.; Lima, J.; Silva, V. (2019) Assessment of adhesive strength of an earth plaster on different substrates through different methods. 5th Historic Mortars Conference HMC2019. RILEM Publications SARL. In Proceedings. Pamplona, Spain. p. 51-64.
- Hamard, E., Morel, J., Salgado, F., Marcom, A., Meunier, N. (2013) A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture. *Journal of Cultural Heritage*. 14 p. 109-115.
- IRAM 10501 (2007). Determinación del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP). Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Muhammad Faheem, M. T., Al Bakri, A. M. M., Ghazali, C. M. R., Kamarudin, H., Izzat, A. M., & Abdullah, A. (2013). New Processing Method of Kaolin-Based Geopolymer Brick by Using Geopolymer Brick Machine. *Key Engineering Materials*, 594–595, 406–410. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.594-595.406>.

Odom, I. E. (1984). Smectite clay Minerals: Properties and Uses. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 311(1517), 391–409. doi:10.1098/rsta.1984.0036.

Puchulu, M.E. y Fernández, D., (2014). Características y distribución espacial de los suelos de la provincia de Tucumán. En: *Geología de Tucumán (2014)*. Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de Tucumán. Eds: Moyano, Puchulu, Fernandez, Vides, Nieva, Aceñolaza.

Quiñónez, F., Ayala, V. (2014) Evaluación de la adherencia de revestimientos en paredes construidas con tierra mediante un equipo de laboratorio autoconstruido. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil. p. 1-10.

Skempton, D. (1953). The Colloidal “Activity” of Clays. *International society for soil mechanics and geotechnical engineering*. p. 57-61.

Stazi, F., Nacci, A., Tittarelli, F., Pasqualini, E., Munafo, P. (2016) An experimental study on earth plasters for earthen building protection: The effects of different admixtures and surface treatments. *Journal of Cultural Heritage* p. 27-41.

Van Olphen, H., (1977). An introduction to Clay colloid chemistry. PH Hsu For Clay Technologists, Geologists, and Soil Scientists Wiley New York.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Andrea Cavicchioli por facilitar una metodología mejorada para realizar ensayos de cizallamiento.

AUTORES

Gonzalo García Villar, Arquitecto, doctorando en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Becario doctoral de CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador en permacultura por el Instituto Argentino de Permacultura. Diseñador, director y constructor de diversas obras de arquitectura de tierra y bioclimáticas. Miembro de la red argentina PROTIERRA.

Enzo Rubén Marcial. Geólogo, doctorando de la Facultad de ciencias Naturales e IML de la UNT. Becario doctoral de CONICET, perteneciente al Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO) y al Centro Integral de Microscopía Electrónica (CIME). Estudiante de la Maestría en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNT.

Guillermo Rolón, Doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, Master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, Arquitecto, Investigador Adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC; Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la red argentina PROTIERRA.

MORTERO DE TIERRA MODIFICADO CON EXTRACTOS VEGETALES ORGÁNICOS APLICADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Mildred Navarro¹; S. Beatriz Sibaja²; Josué F. Pérez³

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México,

¹G15071550@cdmadero.tecnm.mx; ²Silvia.bs@cdmadero.tecnm.mx

³ Universidad Autónoma de Tamaulipas, josue.perez@uat.edu.mx

Palabras clave: antocianinas, mucílago de nopal, extracto de rábano rojo, inhibición microbiana, protección contra iones

Resumen

La tierra es un material de construcción fundamental debido a su disponibilidad y propiedades. Al ser muy común, se buscan métodos que incrementen su uso para mejorar el bienestar económico y social, además de reducir el impacto ambiental. Con este objetivo se han aplicado técnicas modernas a fin de mejorar los sistemas constructivos y optimizar los elementos construcción a base de tierra, en términos de resistencia mecánica y durabilidad, mediante la adición de componentes orgánicos. El presente artículo propone un mortero de tierra como una alternativa para mejorar la calidad de los materiales de construcción de la vivienda rural, en cuanto a las propiedades mecánicas de los elementos constructivos y la mejora de la calidad del ambiente interior. Produciendo una mezcla con suelo arcilloso y un suelo limoso, así mismo, estabilizado con hidróxido de calcio, además de la incorporación de los extractos orgánicos en diferentes dosificaciones: mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) con el cual se refuerza la aglomeración de los agregados y obtiene una mayor resistencia mecánica y el extracto de rábano rojo (*Raphanus Sativus*) que aportara la interacción con iones en un medio acuoso salino.

1 INTRODUCCIÓN

La construcción con tierra es una alternativa a la insuficiencia de viviendas adecuadas y la vulnerabilidad del hábitat, los cuales son reflejos de la difícil situación económica y social que se vive en zonas rurales, donde las posibilidades de tener una vivienda de calidad, desde su construcción hasta su mantenimiento, representan una limitante para el desarrollo pleno de una población. Por lo anterior, es necesario buscar alternativas que se adapten a las condiciones físicas, económicas y sociales de los usuarios. La mayoría de las viviendas presentan problemas debido a materiales impropios, a la alta humedad del ambiente y la ventilación inapropiada que provoca enmohecimientos, los cuales llegan a afectar a la salud (Ramírez Rodríguez et al., 2013). El presente trabajo propone elaborar un mortero a base de tierra, modificado con mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), estabilizado con cal, adicionando extracto de rábano (*Raphanus Sativus*), para usarlos como una alternativa para potenciar un efecto antimicrobiano y favorecer la interacción de iones en medio acuoso salino para emular las condiciones de salinidad presente en el ambiente en el que se encuentran las edificaciones. Para lograrlos se estableció obtener los extractos de mucílago y rábano, así mismo, caracterizar por espectroscopia ultravioleta-visible (UV-vis) para determinar el contenido total de fenoles y antocianinas, resonancia magnética nuclear (RMN), así como espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para estudiar la estructura química y determinar las características de los fenoles y antocianinas extraídas, realizando probetas con mortero de tierra, agregando extractos orgánicos, en diferente dosificaciones de 5, 10 y 15% v/v de los extractos y determinar resistencia a la compresión, así como las pruebas de interacción en medio acuoso salino.

2 DESARROLLO

Para la obtención de extracto de mucílago se utilizó 1 kg de cladodios y se colocaron en un recipiente, añadiendo agua destilada para obtener una mezcla con una relación agua-material crudo en peso de 2:1. El cual se extrajo a una temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante un periodo de 3 h en agitación manual cada 10 min; posteriormente, se filtró la mezcla para eliminar las partículas gruesas usando un tamiz No.100 ($150 \mu\text{m}$) y se mantuvo en refrigeración hasta su uso (León-martínez et al., 2014).

En la obtención del extracto de rábano se mezclaron 421 g de piel de rábano con 1648 mL de una mezcla acidificada (HCl al 1% v/v) de agua-etanol (50/50% v/v) como medio de extracción; posteriormente se filtró para eliminar partículas fibrosas. En relación sólido-liquido de 1:4 con un tiempo de molienda mecánica de 2 min a temperatura ambiente. El producto de la extracción se sometió a un proceso de centrifugación a 6,000 rpm durante 20 minutos para eliminar las partículas suspendidas en la mezcla y un segundo ciclo de 10 minutos para asegurar la eliminación de otras partículas suspendidas y se dejó reposar por 24 h en refrigeración para preservar sus propiedades (Chayavanich et al., 2020).

2.1 Caracterización de los extractos obtenidos

En la caracterización de los extractos de mucílago de nopal y rábano se realizó por espectroscopia ultravioleta visible (UV-vis) para determinar el contenido total de fenoles en el mucílago y antocianinas en el rábano, así mismo, resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para estudiar su estructura química y determinar las características de los fenoles y antocianinas extraídas. Por lo tanto, para la cuantificación por medio de UV-vis se obtuvo una mezcla, la cual se ajustó a un pH ácido (pH 1) con la finalidad de llevar las antocianinas a la forma de ion flavilio, realizando una solución con 250 mg de muestra, adicionando etanol acidificado (etanol/HCl 1N en proporción 85:15 v/v) y se sometió a 6,000 rpm durante 40 min; posteriormente se determinó el pH, el cual debe mantener un valor de 1 con HCL 4N. La mezcla se afora a 50 mL con etanol acidificado y finalmente se le da lectura. La concentración de antocianinas totales se calculó de acuerdo con la ecuación 1.

$$\text{concentraci3n de antocianinas totales} = \frac{A \times PM \times DF \times 10^3}{\epsilon \times L} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \quad (1)$$

D3nde:

A= absorbancia $A_{510}(\text{pH } 1.0) - A_{510}(\text{pH } 4.5)$

PM = es la masa molar de la antocianina (433.2 g/mol)

DF= es el de factor de diluci3n

ϵ = coeficiente de extinci3n ($31600 \text{ cm}^{-1}\text{M}^{-1}$)

L= longitud (1 cm)

Para la concentraci3n de fenoles se determin3 mediante la colorimetría por el m3todo de Folin Denis (Jurado et al., 2016), donde el m3todo consiste en tomar 0.5 mL de mucílago de nopal, a los cuales se aña 0.75 mL de reactivo Folin-Denis 1N y 0.75 mL de carbonato de sodio al 20%; se agita y se deja reposar en oscuridad por 90 min. Transcurrido el tiempo se analiza la muestra y los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente por mL (mg GAE/mL), a partir de una curva de calibraci3n construida con concentraciones conocidas del ácido gálico como referencia.

Así mismo, se tiene la caracterizaci3n por RMN de los extractos con un sistema Bruker Ascend 400, para confirmar la presencia de fenoles en el mucílago y antocianinas en el rábano, donde los extractos fueron mezclados en una soluci3n de 30 mg en 0.55 mL de solvente (D_2O) y las mezclas se analizaron con una frecuencia de 400 MHz y secuencia de 30 pulsos electromagn3ticos con registro de 48 escaneos a 25°C .

Finalmente, para determinar los grupos funcionales presentes en los extractos se utiliz3 el FTIR marca Perkin Elmer modelo Spectrum 100, donde se emple3 la t3cnica de reflectancia

total atenuada (ATR) con resolución de 4 cm^{-1} y 16 escaneos, en un intervalo de 4000 a 400 cm^{-1} (Tiernan et al., 2020).

2.2 Preparación y caracterización del mortero

La preparación de la mezcla es a base de suelo limoso y arcilloso, se trabajó las probetas con dos líneas de preparación, una estabilizada con cal y una sin estabilizar. Además, se añadió extractos de mucílago y de rábano en diferentes proporciones; para las muestras modificadas con extracto de mucílago se emplearon concentraciones de 5, 10 y 15% m/m y para las muestras modificadas con extracto de mucílago y extracto de rábano se utilizaron concentraciones de 2.5, 5 y 7.5 % m/m para cada una, como se muestra en la tabla 1. Las probetas cilíndricas se compactaron a 8000 psi por 15 min en una prensa hidráulica Marca Offite.

Tabla 1. Diseño de experimentos

ID Prueba	Mezcla de suelos [%m/m]		Estabilizante [%m/m]	Extractos orgánicos [%m/m]	
	Arcilla	Suelo limoso		Mucílago	Rábano
Blanco 1 (T)	70	30	0	0	0
TM5	67.5	27.5	0	5	0
TM10	65	25	0	10	0
TM15	62.5	22.5	0	15	0
TMR5	67.5	27.5	0	2.5	2.5
TMR10	65	25	0	5	5
TMR15	62.5	22.5	0	7.5	7.5
Blanco 2 (TC)	70	20	10	0	0
TCM5	67.5	17.5	10	5	0
TCM10	65	15	10	10	0
TCM15	60	15	10	15	0
TCMR5	67.5	17.5	10	2.5	2.5
TCMR10	65	15	10	5	5
TCMR15	62.5	12.5	10	7.5	7.5

T=mezcla de tierra, C=cal, M=extracto de mucílago, R=extracto de rábano.

2.3 Pruebas de resistencia mecánica

Esta prueba se empleó para determinar las propiedades mecánicas de las probetas fabricadas y se empleó una maquina universal computarizada. Así mismo se obtendrá la resistencia a la compresión del material y este se hizo por triplicado para obtener un valor promedio.

La resistencia a la compresión se calculó con base en el concepto de esfuerzo normal en mecánica de materiales, con la ecuación 2

$$R = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde

R, F y A representan la resistencia a la compresión (N/m^2), carga aplicada (N) y área de la sección transversal (m^2).

2.4 Prueba de interacción en medio acuoso salino

La interacción se realizó por el método de Mohr, aplicando las indicaciones de la norma mexicana NMX-AA-073-SCFI-2001. Así mismo, las pruebas se realizaron con una disolución 0.0014 N de NaCl, de la cual se tomaron alícuotas para la prueba de cloruros; en dicha prueba se sometieron todas las muestras que se mencionaron en la tabla 1, con el objetivo de observar el efecto de cada una de las concentraciones. Las probetas se colocaron alícuotas de 100 mL de las muestras acuosas bajo análisis, en agitación constante a aproximadamente 30 rpm. Dicha prueba consistió en tomar una alícuota cada 20 minutos. La alícuota se aforo y se le adiciono 1 mL de solución indicadora de cromato de potasio (K_2CrO_4 0.014 N), seguido de una titulación con nitrato de plata ($AgNO_3$ 0.014 N) hasta que se logró el vire de color amarillo a naranja ladrillo.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación de contenido de fenoles totales

Se midió la absorbancia de las soluciones de ácido gálico patrón. Con dichos datos se elaboró la curva patrón respectiva (figura 1).

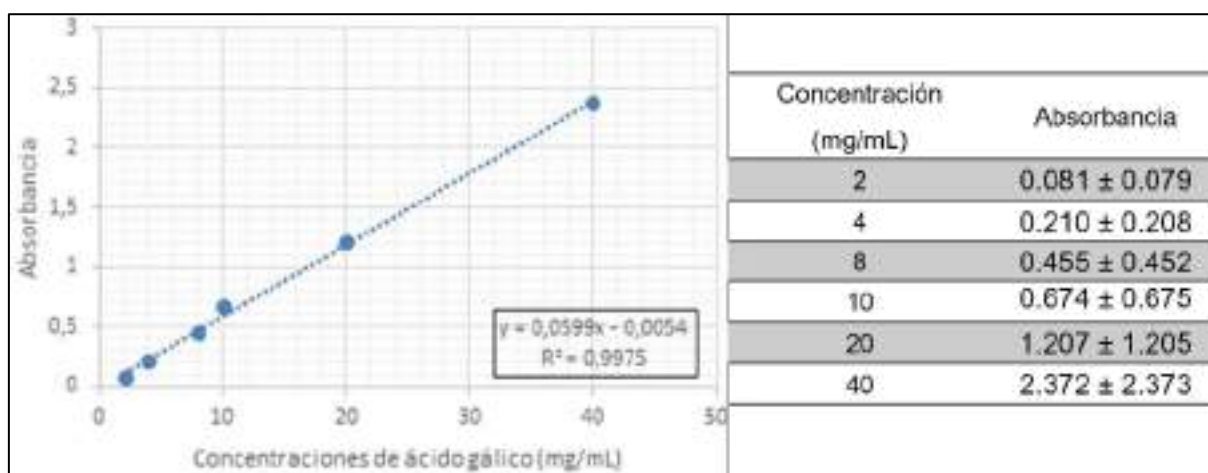


Figura 1. Curva de calibración del ácido gálico

Así mismo, mediante el análisis de UV-vis, del extracto de mucílago de nopal se obtuvo 3.8737 de absorbancia, empleando la siguiente fórmula se relacionó la concentración del ácido gálico con la absorbancia.

$$\text{Contenido de Fenoles totales} = \frac{3.8731 - 0.0054}{0.0559} = 69.2 \text{ mg/mL}$$

Se reportaron 69.18 mg GAE/mL de fenoles totales en el extracto de mucílago de nopal.

3.2 Determinación de antocianinas totales en el extracto de rábano

La figura 2 muestra los espectros de absorbancia en la región UV-vis de la solución de extracto de rábano a un pH1 dando absorbancias más altas y en un pH4.5 disminuye la extracción de las antocianinas, provocando un decremento en la absorción en la región visible. La finalidad de llevar las antocianinas a la forma de ion flavilio se realizó para generar un radical libre en el extracto que propicia la interacción de iones en medio acuoso en el mortero de tierra. Esto permite la retención de los iones cloruro y sulfatos en la matriz del mortero evitando su flujo hacia el ambiente interior y protegiendo otros elementos del sistema constructivo. La solución del mucílago de nopal muestra un pico ubicado a 510 nm en la región de luz visible, lo cual indica la presencia de antocianinas (Giusti; Wrolstad, 2003). A partir de la información obtenida en este análisis se calculó el contenido total de antocianinas, para la aplicación de la ecuación 1.

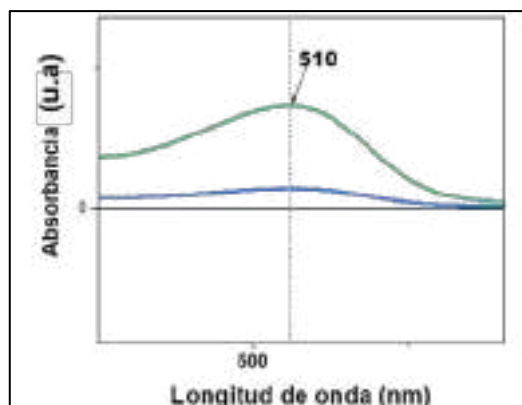


Figura 2. Espectros UV-Vis del extracto de rábano rojo

$$\begin{aligned} \text{contenido total de antocianinas } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) &= \frac{A \times 433.2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1 \times 10^3}{31600 \frac{1}{\text{M} \cdot \text{cm}} \times 1 \text{ cm}} \\ &= 39,3 \times 10^3 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

3.3 Análisis RMN de los extractos obtenidos

Se muestra la caracterización en la figura 3a el espectro del mucílago de nopal, donde se observa en 6.4 ppm la presencia de un grupo aromático, dando características a los fenoles, posteriormente en menor frecuencia se observa una señal en 4.8 ppm correspondiente al patrón residual del solvente deuterado. En los espectros 4.3, 4.2 – 3.4 ppm indican la presencia del ácido galacturónico, lo cual menciona (Matsuhira et al., 2006) quienes estudiaron este compuesto y asignan estas señales. Sin embargo, los espectros encontrados entre 4.3 – 3.4 son característicos de azúcares, además de la señal encontrada a 3.2 ppm que por su forma denota la presencia de alcoholes, así mismo en 2.5 y 1 ppm se le atribuye al grupo grupo metilo, en el cual está presente la ramnosa.

Así también, se muestra el espectro de resonancia del extracto de rábano, donde se les atribuye a compuestos aromáticos en 7-9 ppm, los cuales pueden ser dos anillos presentes en la estructura de las antocianinas. Se tiene a 6.2 ppm la presencia de $\text{CH}_2=\text{C}$, ArOH , $\text{HC}=\text{C}-\text{H}-\text{N}-\text{C}=\text{O}$, ArH y en 4.05 ppm se tiene OCH_3 una región de azúcares, así mismo para los desplazamientos en 3.9-3.53 ppm. Además de tener en 1.8-1.1 ppm grupos metilo.

La caracterización de estos compuestos es importante pues se debe confirmar que los métodos de extracción están siendo realizados de forma adecuada en comparación con la literatura. Además, la función de retención de iones en el mortero se debe a la presencia de estos compuestos, por lo que su identificación es relevante.

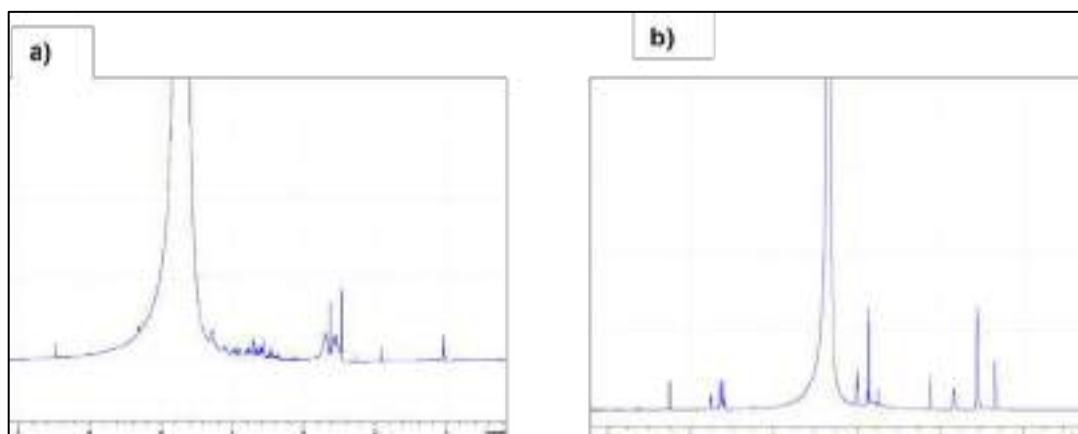


Figura 3. Espectros de ^1H de RMN del mucílago de nopal purificado (a) y del extracto purificado del rábano (b)

3.4 Determinación de grupos funcionales por FTIR

Este análisis permitió determinar los grupos funcionales de los compuestos en los extractos de rábano y nopal y así obtener señales que pueden relacionarse fácilmente con compuestos éter, aminas y amidas, mismos que se encuentran en las estructuras químicas de los extractos. En la figura 4a se muestran los espectros del mucílago de nopal, dichas bandas son identificadas de acuerdo con (Skoog et al., 2008) y (Contreras-Padilla et al., 2016) son bandas en 3300 cm^{-1} que corresponde a los grupos hidroxilo, asociados en una región donde se encuentran los fenoles ya que tienden a encontrarse en frecuencias de $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$. En 2924 cm^{-1} se observó un estiramiento característico del alcano. En la banda a 2850 cm^{-1} se atribuye al grupo dando características de los polisacáridos pépticos, así también, se tiene una señal en 2120 cm^{-1} correspondiente al grupo alcano; se aprecia una banda a 1582 cm^{-1} correspondiente al grupo carboxilo. En la banda 1391 cm^{-1} se observan una flexión atribuyéndose al grupo alcano y las señales que se presentan en 1265 , 1230 y 1047 cm^{-1} son estiramientos que se le atribuye al anillo de la piranosa del término de los sacáridos y así mismo con una banda en 890 cm^{-1} la cual es característica de los azúcares. Debido a esta caracterización se identificaron los grupos funcionales del mucílago de nopal, donde se encontró con grupos amina, los cuales son asociados a las moléculas de polisacáridos, mismo que es utilizado como aditivo en la mezcla del mortero, el cual ayuda en la retención de agua, favoreciendo al material.

En el extracto de rábano rojo, se muestran espectros en las figuras 3b y 4b bandas a 3394 cm^{-1} con estiramiento y esto se debe al grupo hidroxilo -OH y así también como la presencia de aminas -NH, así mismo, se apreció a 2927 y 2857 cm^{-1} un estiramiento correspondiente al grupo alcano, ligado a metilo. En la señal de 2062 cm^{-1} corresponde al grupo de los alquinos $\text{C}=\text{C}$; y el que aparece en 1654 cm^{-1} se debe al estiramiento del grupo carbonilo, las señales que vienen a continuación son derivados de compuestos orgánicos como los son los flavonoides también denominadas antocianinas que se encuentran presentes en el extracto y se observaron bandas a 1388 cm^{-1} dando un estiramiento que corresponde al grupo carboxílico.

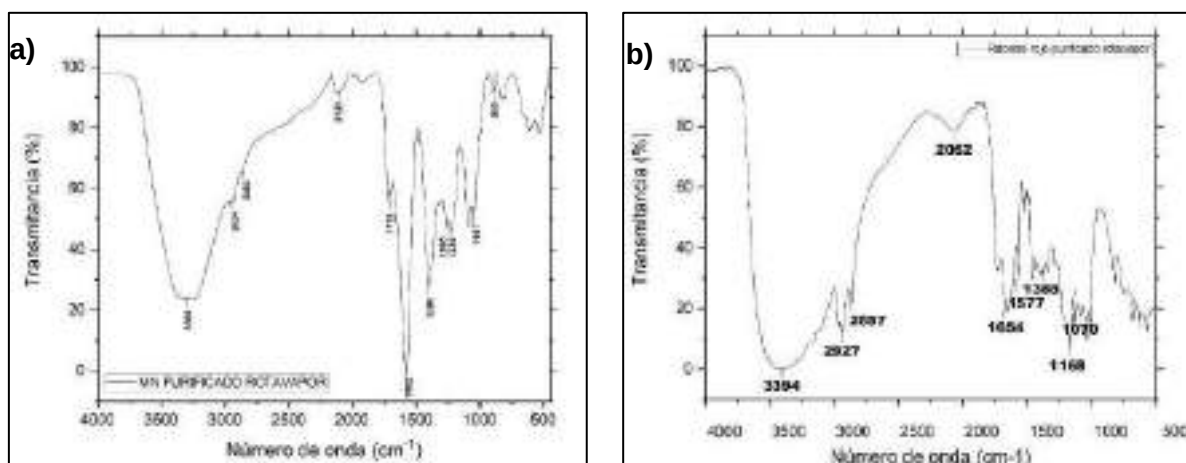


Figura 4. Espectros FTIR del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y del rábano rojo (*Raphanus sativus*).

3.5 Pruebas de resistencia a la compresión

Los resultados de las pruebas mecánicas en el mortero de tierra con extracto de mucílago y rábano se desprenden del ensayo de compresión que se muestra en la tabla 2 y figura 5, donde se puede apreciar que no hay una diferencia significativa en la resistencia a la compresión entre los blancos y las muestras tratadas con los compuestos vegetales orgánicos o estabilizadas con cal. Sin embargo, en las muestras estabilizadas con cal y que además cuentan con los dos extractos se puede observar una desviación estándar mucho menor que aquellas muestras que no tienen estas características, por lo tanto esto es un indicativo de la estabilidad que confiere los materiales en los elementos constructivos.

Tabla 2. Resistencia a la compresión

ID	Resistencia a la compresión (MPa)
Blanco 1 (T)	0.7216 ± 0.0796
TM5	0.7007 ± 0.0878
TM10	0.6799 ± 0.0575
TM15	0.6080 ± 0.0628
TMR5	0.6000 ± 0.0320
TMR10	0.6208 ± 0.0451
TMR15	0.6187 ± 0.0288
Blanco 2 (TC)	0.6373 ± 0.0480
TCM5	0.4480 ± 0.0335
TCM10	0.4503 ± 0.0363
TCM15	0.5168 ± 0.0301
TCMR5	0.5548 ± 0.0378
TCMR10	0.5539 ± 0.0454
TCMR 15	0.5488 ± 0.0185

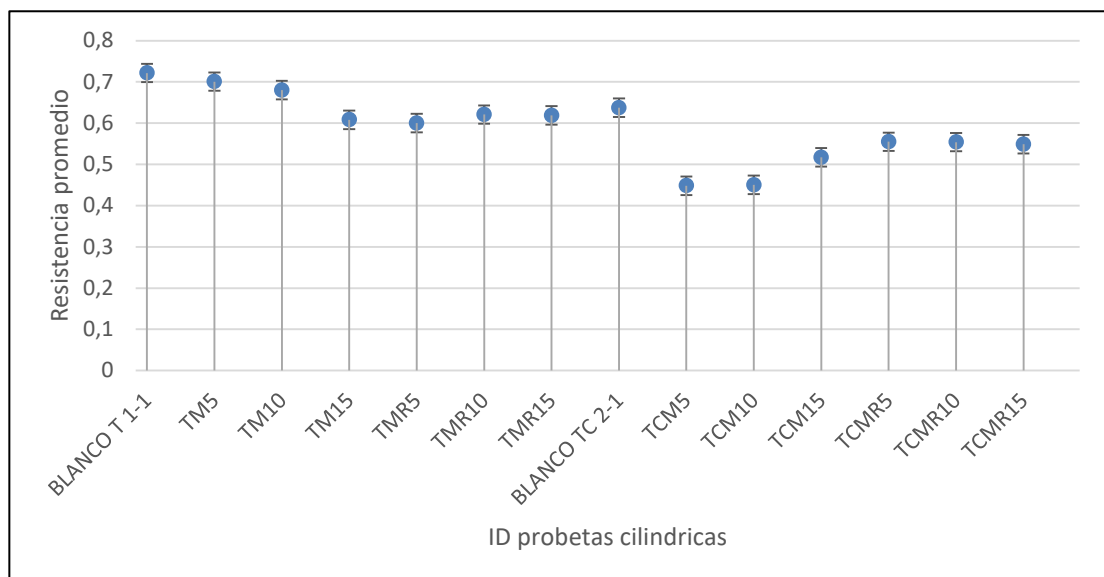


Figura 5. Resistencia a la compresión

3.6 Interacción en medio acuoso salino

Para la determinación de cloruros se aplicó el método de Mohr, cuyos resultados se observaron que las probetas que solamente contienen mucílago de nopal presentan cierta interacción positiva con los iones cloruros, sin embargo, esta interacción no es estable, pues como se puede observar las variaciones son mucho más marcadas que en el caso de las probetas que tienen el extracto de rábano como se puede mostrar en la figura 6, esto es un indicativo de que el extracto de rábano estabiliza esa interacción y permite entonces que el material retenga de manera adecuada estos iones y que estos no se filtren hacia el interior de la probeta, si no que se pueden mantener en la superficie o en el elemento de tierra y esto permitiría entonces combinar los materiales con otros como el acero, para brindar un método de prevención de la oxidación, es importante mencionar que esta prueba aunque solo se realizó con cloruros, la literatura reporta que el extracto de rábano y el mucílago de nopal también presentan interacción con metales pesados y otros entes iónicos, por lo tanto

como trabajo futuro se debe estudiar la interacción con otros iones o incluso con ese tipo de materiales o elementos inorgánicos.

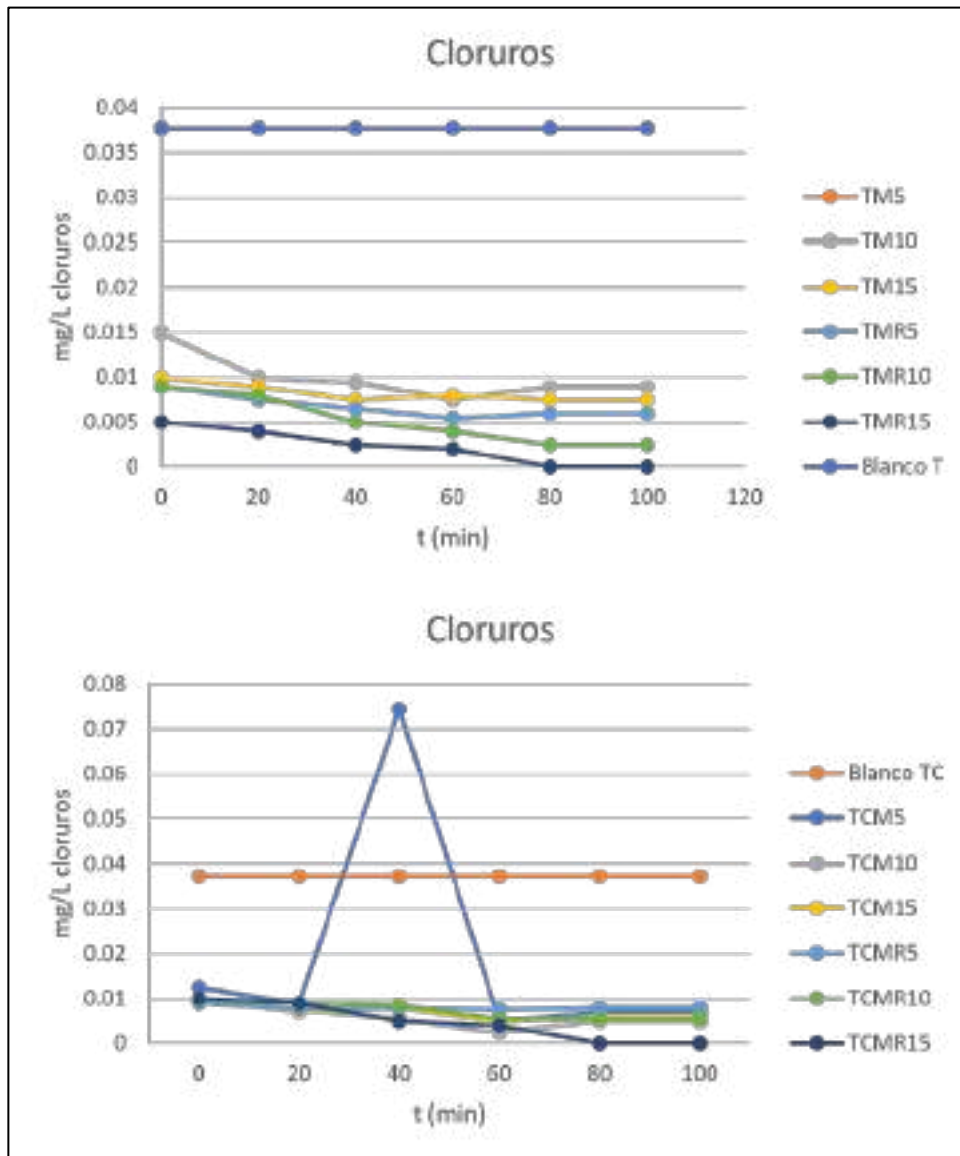


Figura 6. Determinación de cloruros por el método de Mohr

4 CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió el efecto de la interacción de mucílago de nopal y extracto de rábano en morteros de tierra a base de arcilla y suelo limoso estabilizados con cal. El mucílago se obtuvo por el método de cocción y el extracto de rábano por trituración. En las antocianinas en el extracto de rábano, que son aquellas moléculas que presentarían la interacción con los iones en el medio acuoso, se encontró una concentración de $39,3 \times 10^3$ mg/kg de material extraído de la materia prima, mientras que, para el mucílago del nopal, cuyas moléculas principales son los fenoles, se obtuvo una concentración de 69.2 mg/mL.

En cuanto a la resistencia a la compresión de los materiales no se observaron variaciones significativas con respecto a los blanco o a las muestras que no contienen los extractos o que no están estabilizados con cal, sin embargo, se observa una menor desviación estándar durante las pruebas de compresión, lo cual es un indicativo de la mayor estabilidad que tienen estos elementos cuando se emplean como elementos constructivos o elementos estructurales por la repetibilidad que se confiere al emplear los materiales orgánicos.

En cuanto a la interacción con iones cloruro, se observa que el extracto de rábano produce una mayor estabilidad que la que solamente presenta el mucílago en las probetas, esto entonces se puede tomar como un trabajo futuro para estudiar o evaluar las características principales de estos materiales, como, prevención a la corrosión y que entonces los materiales con tierra se puedan combinar también con otros materiales para reforzar la estructuras como lo es el acero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chayavanich, K.; Thiraphibundet, P.; Imyim, A. (2020). Molecular and biomolecular spectroscopy biocompatible film sensors containing red radish extract for meat spoilage observation. *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 226, 117601.
- Contreras-Padilla, M.; Rodríguez-García, M. E.; Gutiérrez-Cortez, E.; Valderrama-Bravo, M. del C.; Rojas-Molina, J. I.; Rivera-Muñoz, E. M. (2016). Physicochemical and rheological characterization of *Opuntia ficus* mucilage at three different maturity stages of cladode. *European Polymer Journal*, 78, 226–234.
- Jurado, B.; Aparcana, I. M.; Villarreal, L. S.; Ramos, Eva; Calixto, M. R.; Hurtado, P. E.; Acosta, K. M. del C. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3): 272–79
- Giusti, M. M.; Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 217–225.
- León-martínez, F. M.; Cano-barrita, P. F. D. J.; Lagunez-rivera, L.; Medina-torres, L. (2014). Study of nopal mucilage and marine brown algae extract as viscosity-enhancing admixtures for cement based materials. *Construction and Building Materials*, 53, 190–202.
- Matsuhiro, B.; Lillo, L. E.; Sáenz, C.; Urzúa, C. C.; Zárate, O. (2006). Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate polymers*, 63(2), 263-267
- NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de agua – determinación de cloruros totales en agua naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba.
- Ramírez Rodríguez, M.; Aguiluz León, J.; Gutiérrez Martínez, R. (2013). Prototipo de vivienda de adobe con energías renovables: caso de estudio. *CIENCIA Ergo-Sum*, 20(3), 231–237.
- Skoog, D.; Holler, F.; Crouch, S. (2008). Principios de análisis fundamental. In Cengage Learning.
- Tiernan, H.; Byrne, B.; Kazarian, S. G. (2020). ATR-FTIR spectroscopy and spectroscopic imaging for the analysis of biopharmaceuticals. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 241, 118636.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a través del programa de becas nacionales (1086754)

Al centro de investigación en petroquímica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México y al centro de investigación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación

AUTORES

Mildred Navarro, Ingeniera ambiental, estudiante de la maestría en ciencias de la ingeniería del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México.

S. Beatriz Brachetti, jefa de laboratorio de síntesis del centro de investigación en petroquímica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México, cuenta con experiencia en técnicas de análisis.

Josué F. Pérez, jefe de laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

ESTABILIZACIÓN DE UNA MEZCLA A BASE DE TIERRA POR MEDIO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

Araí S. Rieppi Godoy¹, Lucas E. Peisino², Rosana Gaggino³, Guillermo Rolón⁴, Bárbara Belén Raggiotti⁵

Centro experimental de la vivienda económica, ¹arairieppigodoy@gmail.com; ²lpeisino@ceve.org.ar; ³rgaggino@ceve.org.ar

⁴Instituto de investigaciones territoriales y tecnológicas para la producción del hábitat, guillerolon02@gmail.com

⁵Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad, belenraggiotti@gmail.com

Palabras clave: revestimientos de tierra, revoque estabilizado, ceramizado, adherencia

Resumen

Los revoques y muros exteriores de tierra sufren una acelerada degradación por las inclemencias medio ambientales (lluvia, viento, y biodeterioro, entre otras). Actualmente, hay un avance en el perfeccionamiento de las propiedades mecánicas, estabilización y durabilidad de estos revoques a través de la incorporación de aditivos como cemento, cal, etc. (estabilización química) y/o corrección granulométrica, agregado de fibras (estabilización mecánica), en muchos casos con un alto consumo energético e impacto ambiental. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un nuevo procedimiento para realizar revestimientos compatibles con la arquitectura de tierra. En este sentido se llevó a cabo la transformación química superficial de un revoque de tierra, mediante un tratamiento térmico de bajo consumo energético como estrategia para incrementar su durabilidad. Se realizaron revoques de 6 mm de espesor sobre adobes con distintas formulaciones, variando los materiales y las dosificaciones. Se empleó tierra, arcilla comercial, arena, ceniza, bórax y esmalte alcalino. Luego de 30 días de secado, se realizó un tratamiento térmico superficial utilizando una resistencia eléctrica, variando los tiempos de exposición (5 y 10 minutos), también se dejó una probeta de cada formulación sin tratamiento térmico como material de referencia. Finalmente se realizaron ensayos de erosión por goteo y abrasión. Los revoques calentados 10 minutos sufrieron un desprendimiento desde la superficie del sustrato (adobe). Las mezclas que poseen alta proporción de tierra tienen una mejor resistencia a la erosión a mayor tiempo de tratamiento térmico. El ensayo de abrasión reveló resultados diferentes, ya que todas las mezclas sin tratamiento se comportaron mejor frente al desgaste, notando un leve decrecimiento de la resistencia con el aumento de tiempo de exposición a la fuente de calor.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra, junto con la madera y la piedra, abundantes y accesibles, han sido materiales de construcción naturales empleados desde el afincamiento de las primeras civilizaciones, adaptando el desarrollo de las tecnologías en cada contexto cultural y ambiental desde entonces. La arquitectura con tierra es uno de los productos culturales y tecnológicos más antiguos de la civilización con la que se construyeron desde pequeños caseríos hasta grandes núcleos urbanos y también edificios representativos y monumentos religiosos en casi todas partes del mundo. La actual crisis ambiental está movilizandoprogresivamente a la sociedad a demandar edificaciones más económicas, de menor impacto ambiental y energéticamente eficientes, dando mayor valor a aspectos tales como la salud y el confort climático de sus casas. Estos requerimientos de hábitat han generado un cambio de visión despertando un interés en materiales y técnicas de construcción locales favorables a la autoconstrucción. Se ha comprendido que la tierra como material natural tiene mejor rendimiento en tal sentido que los materiales convencionales como el hormigón, los ladrillos cerámicos, los perfiles y laminados metálicos, entre otros, y un gran potencial, no solo para favorecer la autoconstrucción sino también para la construcción industrializada a partir de ella (Minke, 2005).

En estos momentos, los grupos de investigación interesados en introducir a la tierra en un proceso de mayor industrialización y dentro del marco legal de las normas de construcción

se encuentran en aumento estableciendo nuevas agendas de investigación en esta dirección. Muchos de los desarrollos consideran el mejoramiento y adaptación de las técnicas ancestrales en la medida que favorecen el desarrollo económico y ecológico local. Entre las líneas de avances y mejoras se encuentra el desarrollo de materiales compatibles para la protección y el avance de la apariencia exterior de las construcciones con tierra. El estudio de los revestimientos exteriores es fundamental para avanzar en la respuesta a estos requerimientos.

Es conocido que los revoques exteriores de tierra sufren una acelerada degradación debido a las inclemencias medioambientales (lluvia, viento, granizo, biodeterioro, etc.) pero resultan, al mismo tiempo, entre los más adecuados para ser aplicados sobre muros y techos construidos con este mismo material. Por esta razón, a lo largo de la historia, se han desarrollado diversas estrategias para mejorar su durabilidad. Algunas de estas estrategias consisten en la estabilización química (mediante la incorporación de aditivos como por ejemplo cemento, cal, emulsiones poliméricas, etc.) y/o mecánica (corrección granulométrica y agregado de fibras, entre otras), que modifican sus características originales y aumentan en cierto porcentaje la resistencia del material obtenido. Otras estrategias recurren a la protección adicional del revoque mediante el control de las condiciones de exposición a los agentes ambientales como el empleo de aleros, elevación de sobrecimientos, pinturas y recubrimientos superficiales, etc. Pero hasta el momento es escasa la experiencia por vía de la transformación química del material, donde el tratamiento térmico (habitual para la elaboración de cerámicos) es una posibilidad. La novedad de este trabajo, es que se propone realizar un tratamiento térmico *in-situ*, sobre la capa de revoque de tierra; a diferencia de la fabricación de bloques cerámicos, los cuales reciben el tratamiento térmico en fábrica.

En el objetivo de este trabajo se plantea un procedimiento para obtener revestimientos que sean compatibles con la arquitectura de tierra mediante la transformación termoquímica, desarrollando un proceso de estabilizado. En este sentido, se propone llevar a cabo la modificación superficial de un revoque de tierra e arcilla, mediante un tratamiento térmico como estrategia para incrementar su durabilidad frente a la acción de distintos agentes ambientales.

En este trabajo, se reportan diversas dosificaciones de mezclas de tierra para la fabricación de un revoque ceramizable donde este tratamiento ocurre *in situ* sobre el revoque ya ejecutado. También se presentan las propiedades mecánicas de los recubrimientos ceramizados.

1.1 Marco teórico

El enfoque de hábitat sostenible constituye un área de conocimiento orientada, entre diversos aspectos, al uso eficiente de recursos y reducción del impacto ambiental en el diseño, construcción y mantenimiento edilicio. En ese marco, la construcción con tierra es una de las tecnologías que se ubica dentro de la línea de sostenibilidad ambiental, revalorizada a escala global en las últimas décadas, por presentar ventajas ambientales de confort térmico y economía de recursos frente a otros sistemas constructivos, entre otras cuestiones (Rotondaro; Mandrini, 2018; Minke, 2006). Uno de los principales desafíos que presenta actualmente este tipo de construcción, es el desarrollo de revoques exteriores durables, económicos y compatibles con las diferentes técnicas de construcción con tierra. A lo largo de la historia, se han desarrollado innumerables formulaciones para la estabilización de los revoques exteriores de tierra, centradas principalmente en la incorporación de aditivos que le otorgan al material las características necesarias para soportar las condiciones ambientales. Dentro de los estabilizantes más investigados se encuentran la cal y el cemento, los cuales se utilizan juntos o por separado en proporciones de no más del 10 % (Pinto et al., 2017; Santos et al., 2017). Otros aditivos minerales que otorgan a la tierra una mayor resistencia contra el agua son el bitumen y los silicatos de sodio y potasio (Minke, 2006). También, para este fin, es posible utilizar productos de origen animal o vegetal, como por ejemplo los mucílagos de cactus (*Opuntia* spp.). Recientemente, se ha difundido la

utilización de emulsiones acrílicas y superplastificantes como aditivos que mejoran la resistencia a la erosión hídrica de los revoques de tierra (Kebao; Kagi, 2012). A su vez, se ha reportado el empleo de otras sustancias procedentes de la industria química, como el silicato de etilo (Castilla, 2011). De este modo, las mezclas de tierra para revoques exteriores que mejor comportamiento poseen frente a las condiciones climáticas extremas son las elaboradas con aditivos industrializados. Sin embargo, la producción y el transporte de éstos generan un gran impacto ambiental y va en contra de los criterios de la construcción de un hábitat sostenible. Desde la antigüedad es conocida la posibilidad de transformar de manera irreversible objetos de tierra a través de un tratamiento térmico, para convertirlos en cerámicos. Los ladrillos cocidos y las tejas cerámicas son un ejemplo de ello, estos no poseen una apariencia visual muy diferente a los productos de tierra; sin embargo, su resistencia mecánica es mucho mayor y la propiedad más distintiva respecto a los materiales de tierra es la resistencia a la erosión hídrica (Boch; Nièpce, 2007). Este proceso de transformación de la tierra en cerámica a altas temperaturas por acción del calor es denominado ceramización (Zuleta Roa, 2012). Así mismo, desde un punto de vista microscópico, la transformación de tierra en cerámica se puede describir como un proceso de sinterización (figura 1). Dicho proceso consiste en la consolidación de un aglomerado en polvo (un material granular poco cohesivo) por efecto de la temperatura, donde parte de las partículas del polvo de partida (tierra en este caso) se unen o sueldan entre sí, para crear un sólido cohesivo generalmente policristalino (cerámica). Como se puede observar en el esquema de la figura 1, en el proceso de sinterizado puede ocurrir solo el crecimiento de los granos, sin la densificación del material; o puede ocurrir con densificación del material y una reducción de la porosidad, que implica contracción. En este punto es importante mencionar que los materiales de construcción cerámicos como los ladrillos cocidos presentan una muy alta energía incorporada debido al proceso de ceramización, frente a los materiales sin tratamiento térmico, tales como los adobes o revoques de tierra. Por tal razón, considerar las propiedades de la ceramización solo para un reducido espesor del revoque implica maximizar las posibilidades que brindan ambos estados de la materia haciendo un uso racional de la energía empleada.

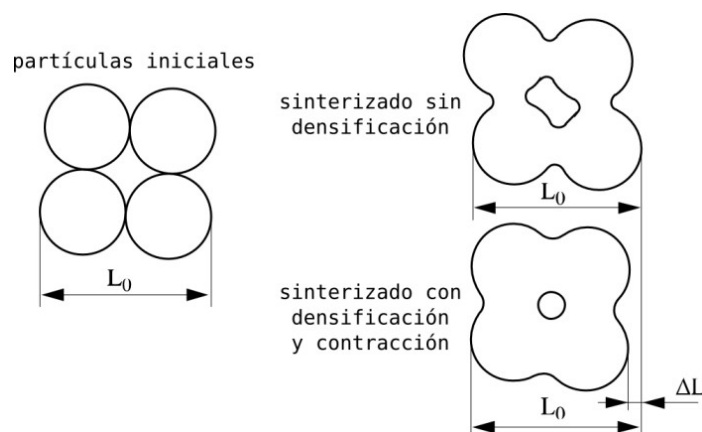


Figura 1. Sinterizado de cuatro partículas de un polvo. En el sinterizado puede ocurrir solo el crecimiento de los granos sin densificación del material; o puede ocurrir con densificación del material y una reducción de la porosidad, que implica contracción, $L_{\text{final}} = L_0 + \Delta L$; (Boch; Nièpce, 2007)

1.2 Antecedentes

En el año 1999, fue construida la “Casa Terracota”, ubicada en Villa de Leyva, en el departamento de Boyaca, Colombia (Zuleta Roa, 2012; Martín Díaz, 2016). Esta casa es básicamente una pieza de cerámica monolítica, de 500 m² que aprovecha los recursos del sector en el que se localiza. Está hecha únicamente con dos materiales: arcilla y agua, extraídos artesanalmente del mismo suelo donde se emplaza la obra. Se realizó en capas, cuando se terminaba de armar la habitación, se dejaba secar a la intemperie con las condiciones climáticas de temperatura ambiente entre 10°C y 22°C y humedad relativa del 80%. Claramente para este proceso el sol y el viento jugaron un papel fundamental.

Finalmente se construía un horno sobre esa pared y se encendía durante 30 días utilizando carbón coque y se dejaba enfriar otros 30 días, como se muestra en la figura 2. Este es solo un ejemplo a modo de ilustrar que resulta posible llevar a cabo una ceramización *in situ*, sin embargo, el gasto energético y la contaminación producida por la quema de combustible fósil involucrado en el proceso de ceramización de la “Casa Terracota” es incalculable y va en contra de todos los lineamientos de la producción arquitectura en el marco de un hábitat sostenible.



Figura 2. Proceso de cocción *in situ* de la casa terracota (Baraya 2019)

2 METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Las mezclas realizadas para los revoques tienen como componente principal la tierra. Además, se incluyen otros materiales como agregados (arena fina normalizada), arcillas comerciales que son utilizadas a modo de aditivo (caolín y bentonita) y otras sustancias empleadas como fundentes (cenizas, bórax y esmalte alcalino). Se procedió a realizar una clasificación del suelo empleando para ello el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) según la norma ASTM D2487 (2017). El suelo utilizado para realizar las muestras fue sacado de una cantera en la provincia de Córdoba. Se realizaron los ensayos VN-E1-65- VN-E2-65- VN-E3-65, de la Norma de Ensayos de Vialidad Nacional Argentina (Dirección Nacional de Vialidad, 2001), los cuales corresponden a: tamizado de suelos por vía húmeda, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, respectivamente. Además, se llevó a cabo la determinación granulométrica del suelo empleando el método del hidrómetro de la norma ASTM D7928 (2017), cuya composición arrojó los siguientes valores: 20% arcilla, 48% limo y 32% arena. En función de esta distribución, la clasificación indicó que el suelo corresponde a un limo de baja plasticidad arenoso (ML). Se empleó una arena fina normalizada como agregado. El caolín, la bentonita, la arcilla de alfarería y el cristal alcalino fueron adquiridos comercialmente en una tienda de productos de alfarería. El bórax fue adquirido comercialmente y es de grado técnico.

2.2 Elaboración de probetas

2.2.1 Sustrato base o soporte

Para aumentar la superficie de contacto entre el revoque de tierra y la superficie donde se aplica, esta debe ser suficientemente rugosa con el objetivo de obtener una buena adherencia (Minke, 2005). Los revoques se aplicaron sobre adobes de 24x12x5 cm. Previamente a la colocación del revoque se trató el sustrato siguiendo dos pasos que se mencionan a continuación:

Paso 1: se limpia la superficie del adobe con un pincel seco de cerdas duras para eliminar partículas de polvo sueltas o acumulación de sales, generando un contacto continuo entre las dos capas;

Paso 2: se humecta la superficie a trabajar para evitar la absorción excesiva del agua del revoque, sumergiendo el adobe en agua limpia por unos segundos.

2.2.2 Revoque

En la tabla 1 se muestran las composiciones de las mezclas realizadas para los revoques en porcentaje en volumen (%v/v) de los diferentes componentes. La cantidad de agua para lograr un estado plástico (buena trabajabilidad y plasticidad) de las mezclas se evaluó al momento de su preparación con el fin de lograr una adecuada ejecución del mismo.

Las mezclas se prepararon de la siguiente manera: primero se hidrataron los finos, es decir, se colocó la proporción de tierra más el aditivo con agua, durante siete días. Luego se agregó la arena y se ajustó el agua de amasado para lograr el estado plástico. El mezclado de los materiales se realizó manualmente durante el tiempo necesario para lograr una mezcla homogénea, utilizando cuchara de metal de albañilería y un recipiente de plástico. Inmediatamente, se procedió a la aplicación del revoque, de forma tal de asegurar un buen anclaje mecánico, y evitar el formado de burbujas de aire, creando así un buen contacto entre sustrato y revoque. Para ello, se lanzó mezcla de revoque sobre el adobe con la cuchara de albañil; se cortó o niveló con la ayuda de una regla para eliminar material en exceso, generando una presión continua y movimientos horizontales para conseguir un espesor parejo en toda superficie a cubrir. A medida que el revoque colocado fue perdiendo humedad, se eliminaron las irregularidades superficiales con un fieltro, esto se realizó humedeciendo el elemento levemente y trabajando con movimientos circulares sobre el revoque sin ejercer demasiada presión impidiendo posibles desplazamientos.

Los revoques se aplicaron en la parte central del adobe con una superficie de 12x12 cm para facilitar el proceso de ceramizado. Una imagen de la probeta se muestra en la figura 3.

El secado se realizó en dos etapas: aireación y secado controlado. En la primera se dejaron las probetas un día en laboratorio, sin ninguna condición específica de humedad y temperatura. En la etapa final se dejaron las probetas dentro de un recipiente tapado durante 30 días, el objetivo principal de esta es controlar la evaporación del agua de amasado creando una capa libre de fisuras o micro fisuras.



Figura 3. Disposición del revoque sobre el adobe: probeta seca (crédito: A. Rieppi)

Tabla 1. Composición en porcentaje en volumen de mezclas de revoques elaboradas

Mezclas	Base (%v/v)		Aditivos (%v/v)
M1	Tierra (50)	Arena (50)	
M2	Tierra (25)	Arena (50)	Caolín (25)
M3	Tierra (25)	Arena (50)	Bentonita (25)
M4	Tierra (25)	Arena (50)	Arcilla ^a (25)
M5	Arcilla ^a (50)	Arena (50)	-
M6	Arcilla ^a (45)	Arena (50)	Ceniza (5)
M7	Arcilla ^a (45)	Arena (50)	Bórax (5)
M8	Arcilla ^a (49)	Arena (50)	Esmalte alcalino (1)

^a Arcilla comercial para alfarería

2.2.3 Ceramización

Finalmente, la ceramización se llevó a cabo utilizando una resistencia eléctrica calefactora circular (800 Watt) colocada en contacto con la superficie del revoque, de esta manera se logró ceramizar el revoque *in situ*. Se apoyó el revoque sobre las resistencias verificando que éstas ocupen todo el ancho del revoque como se muestra en la imagen de la figura 4. Una vez ubicada la probeta, se encendió la resistencia eléctrica al máximo de su potencia durante el tiempo previsto, se apagó y se dejó enfriar sobre el mismo.



Figura 4. Proceso de ceramización: disposición de la probeta sobre el calentador circular de resistencias eléctricas (crédito: A. Rieppi)

Los parámetros fundamentales en esta etapa son: velocidad de calentamiento, temperatura de trabajo, tiempo de calentamiento y tiempo de enfriamiento. Es muy importante tener en cuenta que se busca realizar este tratamiento a una película superficial muy delgada del revoque, esto significa que los tiempos de exposición son reducidos. En esta etapa del trabajo se fijaron dos tiempos de exposición: 5 y 10 minutos. Ciertos valores de los parámetros anteriores se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros para la ceramización de los revoques

Condición	Velocidad de calentamiento (°C/minutos)	T final (°C)	t calentamiento (minutos)	t enfriamiento (minutos)
#1	---	---	---	---
#2	100	500	5	60
#3	100	700	10	60

2.3 Propiedades físicas de los revocos

Los revocos realizados se sometieron a ensayos para obtener el índice de erosionabilidad hídrica y el índice de abrasión. Alcanzado el secado total y los correspondientes procesos de coronizado, los especímenes se sometieron a ambos ensayos. A continuación, se detallan los procedimientos.

2.3.1 Índice de erosionabilidad

Este índice se obtiene mediante el ensayo de erosión por goteo bajo la norma NZS 4298 (1998). Consiste en colocar una tira de paño tipo ballerina de 16 mm de ancho dentro de un recipiente con 100 mL de agua, respetando las distancias establecidas en la norma. El agua subirá por capilaridad y saldrá en forma de gota en un tiempo de 20 a 60 minutos (figura 5).

Terminado el ensayo, se mide la profundidad del hoyo (D) en milímetros. Para $0 < D < 5$, el índice de erosión es 2; para $5 \leq D < 10$, el índice de erosión es 3; para $10 \leq D < 15$, el índice de erosión es 4; para $D \geq 15$, el índice de erosión es 5 y representa una falla.

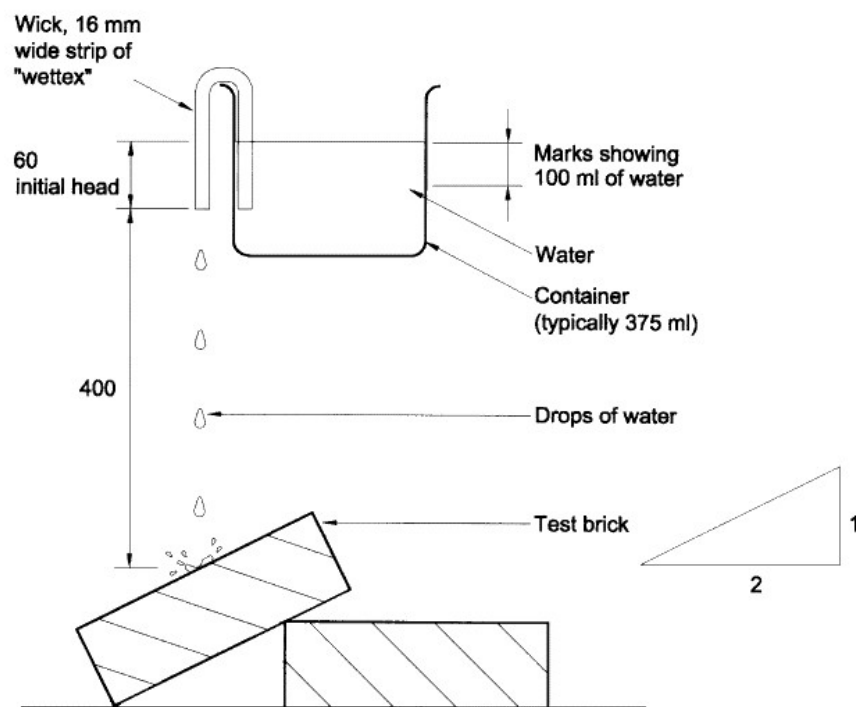


Figura 5. Detalles del ensayo de erosión por goteo (NZS 4298, 1998)

2.3.2 Índice de abrasión

Este índice se obtiene mediante una ligera adaptación del ensayo de abrasión que describe el protocolo de ensayos para la construcción con tierra emitido por la red PROTIERRA (Red Protierra Argentina, 2020). En el ensayo, se hace pasar sobre el revoque de prueba una lija #80 con un peso de 250 g (figura 6). Antes de comenzar, se limpia la superficie con un pincel de cerdas blandas para eliminar material suelto. Se coloca la lija de 25 mm con el peso (perfil T de 200 mm) y se realizan 500 pasadas. Las pasadas se hacen sobre toda la longitud del contrapeso, procurando el contacto de este con el revoque durante toda la ejecución del ensayo. El material desgastado se recoge en un recipiente y se pesa. A su vez se mide la profundidad del surco que dejó el dispositivo de abrasión con un calibre.

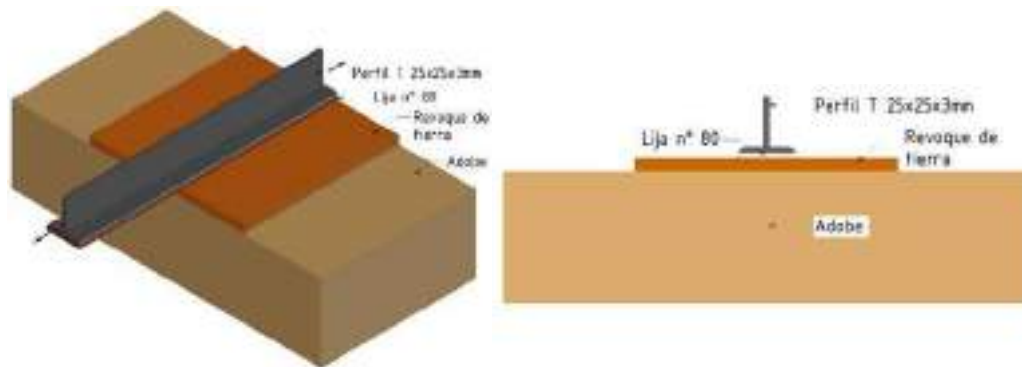


Figura 6. Croquis de ensayo de abrasión adaptado (crédito: A. Rieppi).

Con los datos obtenidos del ensayo, se calcula el coeficiente de abrasión C_a con la fórmula del protocolo (ecuación 1):

$$C_a = \frac{S}{m_{\text{inicial}} - m_{\text{final}}} \quad (1)$$

donde:

C_a es el coeficiente de abrasión (cm^2/g);

S es la superficie lijada (cm^2);

m_{inicial} es la masa inicial de la probeta (g);

m_{final} es la masa final de la probeta (g).

Finalmente, se comparan los resultados con la tabla 5.1 del protocolo de ensayos para la construcción con tierra, en el cual se obtiene el nivel de resistencia a la abrasión según C_a .

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestra la tabla 3 con los valores de los parámetros medidos en cada ensayo y con los índices de erosión y abrasión según normas (NZA 4298, 1998; Red Protierra Argentina, 2020).

Se observa que para las muestras de revocos que contienen como base tierra y arena en su composición a medida que aumenta el tiempo de ceramización (y la temperatura final de proceso), aumenta la resistencia a la erosión hídrica. Por ejemplo, para la muestra M1 que no posee aditivos si la misma no fue sometida al tratamiento térmico, la penetración de la gota de agua del ensayo de erosión es de 5,8 mm dando un índice de erosionabilidad de 3; mientras que cuando se lleva a cabo el tratamiento térmico, ya sea a 500°C o 700°C , la impronta que deja la gota de agua es nula y por lo tanto el índice de erosionabilidad es de 1.

La muestra M2 presenta un comportamiento similar al mencionado anteriormente; sin embargo, esta formulación que contiene caolín como aditivo en una cantidad del 25% es menos resistente a la acción de la gota de agua que M1, lo cual se evidencia por los mayores índices de erosionabilidad determinados. Cuando el aditivo empleado es bentonita en una cantidad del 25% (M3), se observa un resultado similar al obtenido para M2, ya que la muestra sin ceramizar y la ceramizada a 500°C se erosionaron por completo. Cabe destacar que la muestra M3 ceramizada durante 10 minutos (temperatura final de 700°C) no presentó degradación por el efecto de la caída de la gota de agua. Al utilizar arcilla de alfarería como aditivo en un 25 % (M4), se obtiene un comportamiento similar a las muestras anteriores, pero en este caso la erosión para la muestra ceramizada durante 5 minutos (temperatura final de 500°C) fue mayor que para el revoque sin ceramizar. Nuevamente se observó que la muestra ceramizada durante 10 minutos (700°C) no presentó signos de erosión.

Los revocos M5-M8 están elaborados a partir de una base de arcilla comercial de alfarería y arena. En estas muestras la arcilla es en su totalidad el material ligante en contraste con los revocos M1-M4 donde el material ligante representa apenas el 20%, es decir, la

fracción arcilla presente en la tierra empleada. El revoque M5 no posee ningún aditivo, y el comportamiento observado en el ensayo de erosión hídrica es similar a la muestra M1 observándose un aumento de la resistencia al agua a medida que aumenta el tiempo de ceramización y por ende la temperatura final del proceso. Para la muestra con una adición de 5 % de ceniza a modo de aditivo, el resultado obtenido fue el mismo. En contraste, para los revoques basados en arcilla y arena que poseen aditivos fundentes industriales como bórax (M7) y el esmalte alcalino (M8), la erosión hídrica fue completa (una impronta de más de 6mm) independientemente de la temperatura de ceramización.

Tabla 3. Resultados de los ensayos erosión hídrica y abrasión

Mezclas	Condición (T) ^a	Erosión hídrica		Abrasión			
		D (mm)	Índice	Profundidad (mm)	Δm (g)	C_a (cm ² /g)	Nivel de resistencia ^d
M1	#1 (---)	5,8	3	2,7	25,2	1,2	4
M1	#2 (500)	0	1	2,1	16,4	1,8	4
M1	#3 (700)	0	1	5	17,5	1,7	4
M2	#1 (---)	5,5	3	4,1	16,3	1,8	4
M2	#2 (500)	5,5	3	(260p) ^c	31	1	4
M2	#3 (700)	2	2	Falló	---	---	---
M3	#1 (---)	--- ^b	---	1,6	11	2,7	3
M3	#2 (500)	--- ^b	---	3,9	21,6	1,4	4
M3	#3 (700)	0	1	5,8	31,7	0,9	4
M4	#1 (---)	3,3	2	2,5	20,2	1,5	4
M4	#2 (500)	4,8	2	4,7	26,4	1,1	4
M4	#3 (700)	0	1	3,8	16	1,9	4
M5	#1 (---)	--- ^b	---	---	31	1	4
M5	#2 (500)	4,5	2	---	22	1,4	4
M5	#3 (700)	0	1	Falló	---	---	---
M6	#1 (---)	--- ^b	---	---	39	0,8	4
M6	#2 (500)	4,5	2	(170p) ^c	---	---	---
M6	#3 (700)	0	1	(110p) ^c	---	---	---
M7	#1 (---)	--- ^b	---	4,3	26	1,2	4
M7	#2 (500)	--- ^b	---	1,5	9	3,3	3
M7	#3 (700)	--- ^b	---	2,3	17	1,8	4
M8	#1 (---)	--- ^b	---	4,4	19	1,6	4
M8	#2 (500)	--- ^b	---	2,3	11	2,7	3
M8	#3 (700)	--- ^b	---	2,7	16	1,9	4

^a Entre paréntesis se indica la temperatura de ceramización en °C.

^b Erosión completa.

^c Entre paréntesis se indica el número de pasadas en el cual el revoque se erosionó por completo.

^d Se determina por: 3 cuando $5 < C_a \leq 2$ y 4 cuando $C_a \leq 2$.

En líneas generales, se observa que a medida que aumenta el tiempo de ceramización, aumenta la resistencia a la erosión hídrica de los revoques. Esta observación pone en evidencia que están ocurriendo cambios en la estructura química superficial de los revoques ya que las fases policristalinas de cerámica son resistentes a la acción del agua. A su vez,

es importante destacar que a partir de los resultados presentados hasta aquí se demuestra que es posible llevar a cabo una ceramización superficial *in situ* sobre una probeta de revoque de tierra, corroborando así la hipótesis inicial de la investigación.

Respecto al comportamiento de los revoques frente al ensayo de abrasión, como se puede observar en la tabla 3 los niveles de resistencia son entre 3 y 4, (valores bajos). Los resultados observados son muy variables y no se observa una tendencia clara como en el caso del ensayo de erosión hídrica. De todas maneras, es importante hacer las siguientes observaciones:

a) El hecho que la resistencia a la abrasión sea muy baja puede deberse en parte a que las mezclas de revoques no poseen un agregado más fino que la arena que se utilizó, el cual otorgaría a las mezclas una mayor compacidad por ende una mayor resistencia mecánica.

b) En la mayoría de las formulaciones se observó que la resistencia a la abrasión disminuyó al realizar el tratamiento térmico, este hecho de debilitamiento mecánico del revoque por acción del calor puede ser explicado, en parte, por las tensiones generadas en el proceso de sinterizado, evidenciándose como contracciones, las cuales ocurren con más intensidad sobre la superficie del revoque que está en contacto con la fuente de calor. Por esta razón, es que se propone en un futuro la incorporación de agregados finos con el fin de reducir al mínimo las tensiones generadas durante el proceso de ceramización superficial.

c) En el caso particular de los revoques M7 y M8, se observó un aumento de la resistencia a la abrasión en los casos donde el tratamiento térmico se realizó durante 5 minutos, llegando a una temperatura de 500°C. Mientras que cuando el proceso de ceramización se extendió a 10 minutos, la mencionada resistencia disminuyó. Si bien es necesario llevar a cabo un estudio más exhaustivo, es posible que esta pérdida de resistencia luego de un tratamiento a mayor temperatura se deba a un mayor grado de sinterizado y contracción de la superficie del revoque.

Como se puede apreciar, el proceso de ceramización superficial *in situ* sobre las probetas de revoques de tierra presentadas en este trabajo produce un aumento de la resistencia a la erosión hídrica y en contraste una disminución de la resistencia a la abrasión de los mismos. No se esperaba observar estos efectos contrapuestos, sin embargo, es una observación muy importante ya que la resistencia mecánica de un revoque de tierra ceramizado debería ser mayor o igual que un revoque de tierra para que pueda ser utilizado con éxito.

4 CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados de este trabajo indican que es posible llevar a cabo una ceramización superficial *in situ* sobre una probeta de revoque de tierra. El tratamiento térmico *in situ* sobre las probetas de revoques donde la tierra es el material ligante (M1-M4) produce un aumento de la resistencia a la erosión hídrica y en contraste una disminución de la resistencia a la abrasión de los mismos. Mientras que el mismo proceso térmico en los revoques donde el material ligante fue arcilla comercial (M5-M8) no genera una mejora en la resistencia a la erosión hídrica ya que el revoque sufre una erosión completa. Sin embargo, la resistencia al desgaste mejora notablemente cuando estas probetas se someten al tratamiento descrito durante 5 minutos. En base al desempeño técnico obtenido en estas muestras, se ajustarán las formulaciones buscando aumentar las resistencias a la erosión hídrica y a la abrasión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D7928 (2017). Standard test method for particle-size distribution (gradation) of fine-grained soils using the sedimentation (hydrometer) analysis. USA: ASTM International.

ASTM D 2487 (2017). Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). USA: ASTM International.

Boch, P.; Nièpce, J.-C. (2007). Ceramics materials. Process, properties and applications. London: ISTE Ltd.

Castilla, F. J. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. *Informes de la Construcción*, 63(523), p. 143–152. doi: .10.3989/ic.10.019.

Dirección Nacional de Vialidad (2001) Normas de ensayo, p. 243.

Kebao, R.; Kagi, D. (2012). Integral admixtures and surface treatments for modern earth buildings. *Modern Earth Buildings*. Elsevier, p. 256–281. doi: 10.1533/9780857096166.2.256.

Martin Díaz, N. (2016) *Arquitectura tradicional colombiana como sistema pasivo de aprovechamiento energético*. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Minke, G. (2005) *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Fin de Siglo.

Minke, G. (2006) *Building with earth design and technology of a sustainable architecture*. Berlin: Birkhäuser – Publishers for Architecture. Available at: <http://www.birkhauser.ch>.

NZS 4298 (1998). *Materials and workmanship for earth buildings*. New Zealand: Standards New Zealand

Pinto, Jorge; Cunha, Sandra; Soares, Nuno; Soares, Edgar; Cunha, Vítor M. C. F.; Ferreira, Débora; Sá, Ana Briga (2017). Earth-based render of tabique walls – an experimental work contribution. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(2), p. 185–197. doi: 10.1080/15583058.2015.1020459.

Protocolos de ensayos para materiales de tierra (2020). Red Protierra Argentina Comisión de Materiales, Ensayos y Sistemas Constructivos. Disponible en <http://www.redprotierra.com.ar>

Rotondaro, R.; Mandrini, M. R. (2018). Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante. *Estructuras*, 1(2), pp. 8–17. Available at: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/estructuras/article/view/24739>.

Santos, T.; Faria, P.; Silva, A. S. (2017). Avaliação *in situ* do comportamento de rebocos exteriores de argamassas de terra com baixas adições de cais. *Conservar Património*, (26), p. 11–21. doi: 10.14568/cp2016022.

Zuleta Roa, G. (2012). La arquitectura en tierra: una alternativa para la construcción sostenible'. *Hábitat Sustentable*, 1(1), p. 35–39. Available at: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/v1n1>.

AUTORES

Araí S. Rieppi Godoy, ingeniera civil, becaria doctoral de CONICET, estudiante del doctorado en ingeniería mención materiales en UTN-FRC, lugar de trabajo Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE-CONICET-AVE.

Lucas E. Peisino, doctor en ciencias químicas por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Investigador asistente de CONICET. Integrante del grupo de nuevos materiales del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) y la Asociación de Vivienda Económica. Miembro de la red argentina PROTIERRA.

Rosana Gaggino, doctora en ciencias del diseño (egresada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba), magister en diseño arquitectónico y urbano (misma Facultad), arquitecta y urbanista (misma Facultad). Investigadora independiente de CONICET. Directora del Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE-CONICET-AVE, su lugar de trabajo.

Guillermo Rolón, doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, arquitecto. Investigador adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC. Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la red argentina PROTIERRA.

Bárbara Belén Raggiotti, doctora en ingeniería, mención materiales (UTN), ingeniera civil (UTN). Docente investigadora CINTEMAC – UTN, FRC. Profesora adjunta en las cátedras Estructura del hormigón y Tecnología del hormigón de la Facultad Regional Córdoba, UTN. Miembro del Comité Editorial de la Revista Hormigón (AATH). Miembro del Sub-Comité Hormigones y sus Aplicaciones (IRAM)

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CAL Y ADICIONES MINERALES

Virginia Clausen¹, Santiago Cabrera², Ariel González³

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Argentina

¹virginiaclausenr@gmail.com; ²spcabrera@outlook.com; ³agonzalez@frsf.utn.edu.ar

Palabras clave: BTC, puzolana, durabilidad, resistencia

Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizada con cal y adiciones minerales de fácil obtención en Argentina: puzolanas naturales y polvo de ladrillo. Para ello se moldearon series de BTC y de probetas cilíndricas con diferentes proporciones de cal y adiciones minerales, evaluando su resistencia a compresión, resistencia a erosión húmeda y absorción de agua; contrastando los resultados con los de series de control. Los resultados obtenidos permiten afirmar que la incorporación en pequeñas cantidades de ambas adiciones en combinación con cal aérea hidratada en la fabricación de BTC, en comparación con las series de probetas estabilizadas únicamente con cal aérea hidratada poseen un efecto negativo en las propiedades físicas y mecánicas de estos bloques.

1 INTRODUCCIÓN

Durante milenios, los seres humanos han utilizado la tierra como material de construcción en diversas formas: encofrada y compactada (tierra apisonada o tapia); mezclado con paja y puesto a mano, ya sea sola (cob) o como relleno y recubrimiento en estructuras de madera (quincha o bahareque); o como bloques de mampostería (adobes), generalmente moldeados a mano y secados al sol (Aubert et al., 2013). Sin embargo, la construcción con tierra tiene diferentes problemas vinculados a los métodos de producción y construcción artesanales, siendo un desafío la mejora de sus propiedades y vida útil. En los modelos productivos vigentes en la actualidad, ésta puede ser factible si los procesos de construcción se estandarizan, se hacen más eficientes y de fácil reproducción (González López et al., 2018). Desde esta perspectiva, los bloques de tierra comprimida (BTC) representan una evolución moderna sobre las técnicas tradicionales de construcción con tierra (Lima et al., 2012), contribuyendo a racionalizar la construcción con tierra, asegurando así la imagen de una técnica moderna, con un buen rendimiento y económica (Dethier; Cohen, 2019).

El BTC es un producto resultante de la mezcla de tierra, estabilizantes (generalmente cal o cemento) y agua, comprimida mediante la utilización de máquinas específicamente diseñadas para dicho fin que aportan una presión de moldeo de aproximadamente 2 MPa (Aranda Jimenez, 2009). Si bien el material de base para estos bloques lo constituye la tierra, si ésta no posee las características ideales para la producción de BTC, puede mejorarse con la incorporación de estabilizantes (Lima et al., 2012) que permitan mejorar sus propiedades físicas, aumentando así la resistencia a compresión y al intemperismo de estos bloques y reducir las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla (Aranda Jimenez, 2010). Diversos aditivos han sido empleados en la estabilización de los BTC: desde sustancias naturales como la sábila de mucilago (Aranda Jimenez; Suárez-Domínguez, 2014), la caseína y la celulosa (Vissac et al., 2017) hasta derivados del petróleo, como las emulsiones asfálticas (Arteaga Paucar; Loja Saula, 2018). Sin embargo, desde los orígenes de esta tecnología, el estabilizante por excelencia ha sido el cemento portland (Malkanthi et al., 2020), tal es el caso que en numerosas regiones del país y Latinoamérica se los suele llamar “bloques de suelo cemento” (NBR 8492, 2012; NTC 5324, 2005), jerga muy influenciada por la ingeniería de camino.

A pesar de las buenas prestaciones que poseen los BTC estabilizados con cemento, debe considerarse que, además de su elevado costo económico, la fabricación de este aglomerante requiere de elevados procesos de transformación térmica (debe ser calcinado 1450°C) y una molienda intensiva del clinker (Maddalena et al., 2018), liberando enormes cantidades de CO_2 a la atmósfera. Se estima que por cada tonelada de cemento portland producidas, son liberadas a la atmósfera 0.86 toneladas de CO_2 (Miller et al., 2018).

Las características del proceso de producción de la cal, para el cual se requiere calcinar la piedra caliza a solo 900°C y produce una emisión de CO_2 equivalente del 50% respecto a la del cemento portland (Maddalena et al., 2018), pudiendo ser fabricada a pequeña escala y de manera artesanal, combinada con la capacidad de esta de reabsorber durante su proceso de endurecimiento gran parte del CO_2 liberado a la atmósfera durante su proceso de fabricación (National Lime Association, 2004), la han convertido en una alternativa ampliamente utilizada en la estabilización de BTC en diferentes países, mejorando su resistencia y durabilidad manera aceptable (Ouedraogo et al., 2020).

La utilización de cal en la estabilización de BTC no es nueva (Rigassi, 1985), generando mejoras significativas en la resistencia al intemperismo -particularmente a la erosión generada por lluvias (Falceto, 2012)-; sin embargo, la resistencia a compresión de los bloques estabilizados con cal es significativamente menor que la de sus homólogos estabilizados con igual proporción de cemento, lo cual ha sido advertido por numerosos autores (Cabrera; González, 2019; González López et al., 2018; Laguna, 2011; Malkanthi et al., 2020).

Una alternativa posible para disminuir la brecha entre los niveles de resistencia alcanzados por los BTC de suelo-cal y los estabilizados con cemento portland es el reemplazo parcial de cal por materiales con propiedades puzolánicas, los cuales no poseen por sí solos capacidad cementante significativa, pero molidos finamente y en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio (componente principal de la cal) para formar compuestos con propiedades cementantes (Bediako, 2018). Estos materiales inorgánicos, naturales o artificiales, son silíceos o silicoaluminosos con pequeñas cantidades de calcio, magnesio, hierro, potasio y sodio que, tras reaccionar con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, forman silicatos bicálcicos hidratados y aluminatos bicálcicos hidratados, encargados de la mayor parte de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los morteros cementicios (Guilarducci, 2018).

El reemplazo parcial de cal por adiciones minerales puzolánicas, comúnmente denominadas "puzolanas", podría generar productos de mayor resistencia que el CaCO_3 (producto resultante de la reacción de la cal), presentando beneficios ambientales que deben ser considerados: la reducción en la utilización de cal - por ser reemplazada de manera parcial por puzolanas- con la consecuente reducción en las emanaciones de CO_2 y la incorporación de materiales de desecho, como lo son gran parte de los materiales puzolánicos.

2 OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación es evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de fácil obtención en la provincia de Santa Fe (Argentina), como lo son la cal y algunas adiciones minerales con propiedades puzolánicas. Para ello se proponen los siguientes objetivos particulares:

- Estudiar la composición mineralógica y el potencial puzolánico de dos adiciones minerales de fácil obtención en la provincia de Santa Fe, Argentina: Polvo de ladrillo y puzolana natural.
- Evaluar el efecto de la incorporación de las diferentes adiciones minerales al hidróxido de calcio (cal), estudiando el desarrollo de las reacciones puzolánicas; haciendo énfasis en la formación de compuestos cementantes, causantes del aumento de la resistencia.

- Evaluar la resistencia a compresión, resistencia a erosión húmeda y absorción de agua de probetas de BTC estabilizados con cal y las adiciones minerales en estudio, contrastando los resultados con los de sus homólogas estabilizadas únicamente con cal o cemento.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

La tierra empleada en la fabricación de los BTC provino de una cantera emplazada en la comuna de Monte Vera, provincia de Santa Fe, destinada a la extracción de suelo para obras viales. La arena utilizada para la corrección granulométrica de la tierra fue adquirida en una arenera de la ciudad de Santa Fe, quienes la obtienen por dragado en la margen oeste del Río Paraná. El polvo de ladrillo empleado se adquirió en un corralón de la ciudad de Santa Fe, quien lo fabrica triturando ladrillos de descartes (rotos o con un grado de coacción inadecuado para su comercialización) proporcionados por diversas ladrilleras próximas a la ciudad. La puzolana utilizada es extraída y comercializada por la empresa “Minera del Sur” cuyas canteras se encuentran a las afueras del poblado Paraditas, junto a la cordillera de Los Andes en la provincia de Mendoza.

Para la estabilización de las diferentes series de BTC se empleó cemento portland tipo CPC 40 (IRAM 50000, 2019) producido por la empresa “Holcim” y cal aérea hidratada marca “Andina”, fabricada por la empresa “Cal FGH” en la provincia de San Juan, producida por la empresa homónima en la provincia de Córdoba.

3.2 Caracterización de la materia prima

La distribución granulométrica de la materia prima (tierra y arena) se evaluó mediante el análisis mecánico de materiales granulares estipulado por la norma IRAM 10512 (1977). Además, para conocer la distribución porcentual de partículas finas presentes en ambos materiales (tamaño inferior a 75 μm) se realizó el tamizado por vía húmeda estipulado por la norma IRAM 10507 (1986).

Para conocer la distribución de tamaños de la fracción fina de la tierra (partículas menores a 75 μm) se realizó el ensayo de sedimentación estipulado por la norma ASTM D422 (1990), midiendo la velocidad de decantación de las partículas dispersas en agua en función de la variación de la densidad de la solución, empleando para ello un hidrómetro normalizado (H-151). Este ensayo se basa en la ley de Stoke, según afirma que la velocidad de caída de las partículas de igual densidad en un mismo líquido aumenta con el cuadrado de su radio.

La plasticidad de la tierra se determinó sobre la fracción pasante por el tamiz #40 (apertura de 0.43 mm) el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, siguiendo para ello los procedimientos establecidos por la norma IRAM 10501 (2007).

Para evaluar la capacidad puzolánica del polvo de ladrillo y la puzolana se empleó el método “saturated lime test”, el cual determina el potencial puzolánicos empleando como indicador el consumo de Ca^{2+} de una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por g de adición mineral (Donatello et al., 2010). Para ello se agregaron 4 g de adición dentro de un recipiente plástico que contiene de 300 mL de una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, reemplazando el aire contenido dentro de los recipientes por N_2 (para evitar el proceso de carbonatación) y sellándolos, tras lo cual se las almacenó a 40°C (Guilarducci, 2018). Finalmente, se determinó el contenido de Ca^{2+} a 7 horas, 1, 5, 8 y 16 días mediante la utilización de autovalorador potenciométrico (methrom titrando 905). Además de las muestras con polvo de ladrillo y puzolanas naturales se prepararon muestras con un aditivo puzolánico a base de metacaolín y la tierra empleada en la fabricación de las muestras. El aditivo puzolánico empleado es una mezcla de metacaolín, kaolín y vidrio expandido (Poraver, 2021), producido por la empresa alemana Poraver y comercializado bajo el nombre de Metapor®.

3.3 Producción de BTC en fábrica

Para evaluar el efecto del reemplazo parcial de cal por adiciones minerales en las propiedades físicas y mecánicas de los BTC, se fabricaron bloques en la planta de producción de la empresa Eco3 Ingeniería, abocada a la fabricación industrializada de BTC en la ciudad de Esperanza, Santa Fe.

Con el equipamiento propio de la empresa se produjeron 7 series diferentes de BTC, cada una de ellas constituida por 15 ejemplares y una dosificación; empleando una relación tierra:arena de 7:3 para todas las series salvo la estabilizada con cemento, cuya relación tierra arena fue 1:1. La cantidad total de aditivos adicionados se mantuvo constante en todas las series confeccionadas, 10 % de la masa de los bloques. Para la fabricación de estas series de bloques, tanto el polvo de ladrillo como la puzolana se molieron de manera manual hasta pasar por la malla ASTM #200 (75 μ m), mientras que los terrones de la tierra se desintegraron empleando una moledora mecanizada. Finalmente, en tabla 1 se resumen las dosificaciones de cada una de las series producidas.

Tabla 1: Dosificación en masa de los materiales de las diferentes series de BTC producidas en la empresa Eco3Ingeniería

Serie		Tierra (%)	Arena (%)	Cal (%)	Cemento (%)	Puzolana (%)	Polvo de ladrillo (%)
I	Tierra/arena 1	70	30	-	-	-	-
II	Tierra/arena 2	50	50				
III	Cemento 10%	63	27	-	10	-	-
IV	Cal 10%	63	27	10	-	-	-
V	Puzolana 3%	63	27	7	-	3	-
VI	Puzolana 5%	63	27	5	-	5	-
VII	P. ladrillo 3%	63	27	7	-	-	3
VIII	P. ladrillo 5%	63	27	5	-	-	5

El proceso empleado en la fabricación de los BTC fue el siguiente: se incorporó la materia prima de cada serie dentro de una mezcladora mecánica de 300 L de capacidad donde se realizó una homogenización en seco mezclando por 2 minutos, luego de lo cual, con la mezcladora en funcionamiento, se incorporó el agua requerida mediante pulverización, evitando así la formación de grumos. Una vez incorporada la totalidad del agua - determinada por el método manual (Neves; Faría, 2011)-, se continuó el mezclado por 2 minutos, luego de los cuales la mezcla húmeda fue transportada mediante cintas transportadoras a la tolva de almacenamiento de la prensa. Inmediatamente después de ser producidos, los BTC fueron curados por 7 días a temperatura ambiente, manteniéndose envueltos en un film de polietileno. Luego de este período, se dejaron secar por 3 semanas a temperatura y humedad ambiente en un depósito de la fábrica, tras lo cual fueron separados en diferentes lotes para evaluar su resistencia a compresión, erosión húmeda y absorción de agua. En la figura 1 se expone el proceso de estas series de BTC.

Estos bloques se fabricaron con una prensa de alta potencia diseñada y fabricada por la empresa Eco3 Ingeniería, la cual produce BTC huecos de 30 x 15 x 6.5 cm con dos agujeros de 6 cm de diámetro entregando una fuerza de compresión de 12 Tn (2,55 MPa).

De los 15 BTC producidos por cada serie en la planta de Eco3 Ingeniería fueron seleccionados 10 para cortarse en 2 mitades iguales, generando así 20 probetas por serie, empleando 15 de ellas para la realización de ensayos, resguardando el resto para cubrir posibles imprevistos. Para garantizar que las probetas se encontraran completamente secas antes de las determinaciones correspondientes, se mantuvieron en estufa a 105 °C durante las 24 h previas a ser ensayados.



Figura 1: Proceso de fabricación de BTC en la planta de Eco3 Ingeniería: Mezclado de la materia prima; prensado de un bloque y acopio de BTC para ser curados

3.4 Elaboración de probetas cilíndricas

Para contrastar las propiedades físicas y mecánicas de los BTC producidos en la empresa Eco3 Ingeniería se moldearon en el Laboratorio de Materiales de la UTN FRSF probetas cilíndricas de 5.0 cm de diámetro y 7.0 cm de altura (figura 2); 15 por cada una de las 8 series producidas en fábrica (tabla 1).

Con el objetivo de generar probetas representativas se adoptaron los siguientes parámetros de diseño: densidad seca: 1.600 kg/m^3 ; tasa de compresión: 35%; humedad de la mezcla: 13%; tamaño del molde: 5 cm de diámetro x 11 cm de alto. Estos parámetros fueron adoptados en función de las características de los BTC producidos con la prensa desarrollada por la empresa Eco3 Ingeniería.

El procedimiento empleado para la confección de las probetas cilíndricas fue siguiente: el material requerido para cada serie (según dosificación de la tabla 2) se mezcló de manera manual, primero en seco y luego incorporando el agua requerida para alcanzar una humedad del 13%. A continuación, se colocó dentro del molde cilíndrico la cantidad requerida para alcanzar la densidad seca establecida (264.2 g de mezcla húmeda), acomodando el material dentro del molde con los dedos. Luego, con ayuda de un pistón hidráulico se comprimió el contenido del molde para llevarlo desde su altura inicial de 11 cm hasta una altura final de 7.1 cm (tasa de compresión del 35%). Finalmente, con la ayuda del mismo pistón se desmolda la probeta, se pesa y miden sus dimensiones. El curado de las series estabilizadas con cemento, cal y adiciones minerales (series III a VIII) se realizó humedeciéndolas con agua y manteniéndolas envueltas en un film de polietileno. En la figura 2 puede apreciarse el procedimiento empleado.



Figura 2: Probetas cilíndricas producidas en el laboratorio de materiales de la UTN FRSF

3.5 Realización de ensayos

Para conocer la densidad aparente de las probetas cilíndricas y BTC producidos en fábrica se determinaron sus dimensiones y peso seco (tras permanecer 24 h en estufa a 105°C), dividiendo luego ambas magnitudes. La densidad se calculó para cada una de las probetas producidas (15 por serie).

La resistencia a compresión seca se evaluó adoptando los protocolos establecidos por la norma IRAM 12586 (2004) para ladrillos cerámicos y española UNE EN 41410 (2008), específica para la realización de ensayos sobre BTC. Este ensayo se efectuó sobre 5 probetas de cada serie, pudiendo apreciarse en la figura 3 su ejecución.



Figura 3: Realización del ensayo de resistencia a compresión seca sobre probetas cilíndricas y BTC

Para determinar el porcentaje de absorción de agua por saturación en las probetas y BTC producidos, se realizó sobre 4 probetas de cada serie el ensayo de absorción por inmersión detallado en la sección 3.3 de la norma brasileña NBR 8492 (2012), pudiendo apreciarse en la figura 4 el procedimiento empleado durante la realización de este ensayo. Se determinó luego la resistencia a compresión saturada, la cual permite cuantificar la disminución de resistencia a compresión de los BTC cuando se encuentran saturados de agua. Para ello, se realiza el ensayo de compresión ya mencionado, pero empleando las 4 probetas saturadas provenientes del ensayo de absorción de agua por capilaridad. Para la realización de este ensayo se adoptó el protocolo estipulado por la norma brasileña NBR 8492 (2012).

Con el fin de conocer la velocidad de absorción de agua por capilaridad en los BTC se realizó a 3 probetas de cada serie el ensayo estipulado por la norma española UNE 41410 (2008). En la figura 5 pueden apreciarse la realización del ensayo sobre BTC y probetas cilíndricas.

Finalmente, para evaluar la resistencia a erosión húmeda de cada serie se realizó una adaptación del ensayo de pulverizado de agua a presión estipulado por las normas neozelandesa NZS 4298 (1998) e indiana IS 1725 (2013). Se introdujo cada probeta dentro del equipo de ensayo (figura 5) de manera tal que el lado expuesto al chorro de agua (una de las caras laterales del bloque) quede a 20 cm de la boquilla de aspersión, accionándose luego el equipo. El tiempo de exposición de cada probeta fue de 60 minutos y la presión del agua pulverizada de 1 bar. Finalmente se midió la profundidad del patrón de erosión con una varilla metálica de 2 mm de diámetro. Este ensayo solo se efectuó sobre las probetas cilíndricas, realizándose a 3 probetas de cada serie.



Figura 4: Probetas cilíndricas y BTC completamente sumergidos para evaluar su absorción de agua por inmersión y resistencia a compresión saturada

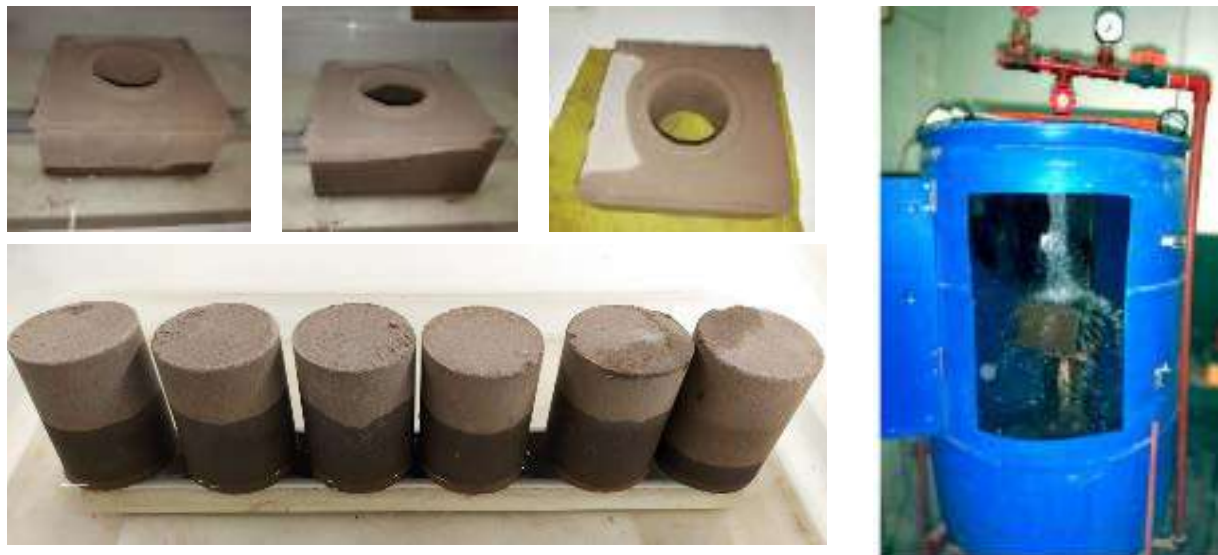


Figura 5: Realización del ensayo de absorción de agua por capilaridad (izquierda) y erosión por pulverizado de agua a presión (derecha)

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de tierra y arena

En la tabla 2 se presentan los resultados de los ensayos de caracterización física realizados sobre la tierra y la arena. Puede apreciarse como la tierra puede catalogarse como un suelo arcilloso de baja plasticidad, con un bajo contenido de arenas (muy finas); mientras que la arena presenta una granulometría uniforme y fina.

Tabla 2. Características físicas de la tierra y la distribución granulométrica de la arena

Tierra		Arena	
Límite líquido (LL)	27 %	Pasante #3/8" (9.5 mm)	100.0 %
Límite plástico (LP)	16 %	Pasante #4 (4.75 mm)	100.0 %
Índice de plasticidad (IP)	11 %	Pasante #10 (2.00 mm)	99.8 %
Contracción lineal	4.3 %	Pasante #20 (0.85 mm)	95.9 %
Clasificación SUCS / HRB	CL / A-6 (7)	Pasante #40 (0.42 mm)	89.0 %
Contenido de arena fina	14.5 %	Pasante #60 (0.25 mm)	60.6 %
Contenido de limos	53.6 %	Pasante #100 (0.15 mm)	23.8 %
Contenido de arcillas	31.9 %	Pasante #200 (0.075 mm)	0.9 %

4.2 Potencial puzolánico de las adiciones

Los ensayos realizados sobre las diferentes adiciones minerales indican que la capacidad puzolánica del polvo de ladrillo y la puzolana son similares entre sí, consumiendo luego de 16 días de ensayo el 55% y 59% del Ca^{2+} disponible. Sin embargo, en la figura 6 puede apreciarse como, a pesar de tener propiedades puzolánicas, éstas son significativamente inferiores a las del metacaolín, adición de comprobada capacidad puzolánica (Arizzi & Cultrone, 2018) el cual, luego de 16 días de reacción consume el 89.2% de la Ca^{2+} en solución. Se observa además como la tierra empleada en la fabricación de las muestras reacciona con el Ca^{2+} en solución, pero en menor medida que las adiciones en estudio, advirtiéndose que el consumo de calcio de ésta ocurre de manera instantánea, manteniéndose prácticamente constante a lo largo del tiempo, lo cual puede atribuirse al intercambio catiónico entre el Ca^{2+} en solución y los cationes de las capas interlaminares de esméctica (Elert et al., 2015; Jofé, Kraemer, 2011).

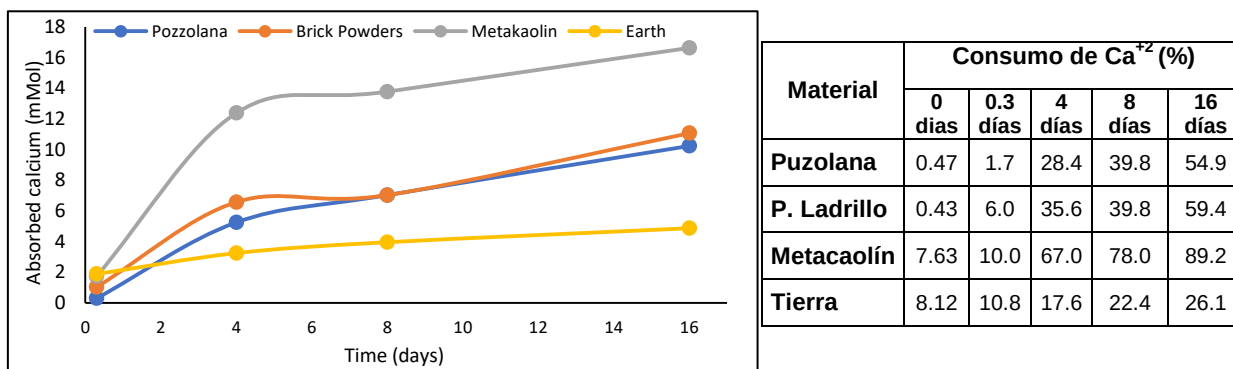


Figura 6. Consumo de calcio de las diferentes muestras ensayadas en mMol (izquierda) y % de calcio en solución (derecha) por el método "saturated lime test".

4.3 Densidad

En la figura 7 se exponen las densidades medias de cada una de las series de probetas. En ella puede apreciarse claramente como la densidad media de las probetas cilíndricas moldeadas en laboratorio no presenta una variabilidad significativa entre series, oscilando entre los 1600 y 1650 kg/m³. Por el contrario, las series de BTC producidos en fábrica presentan una gran variabilidad en su densidad: las densidades de los BTC dentro de cada serie difieren entre sí - lo cual puede advertirse con la elevada desviación estándar - y además, las densidades medias de cada serie de BTC son estadísticamente diferentes entre sí, siendo las series I, II y IV las de menor densidad y las series V y VII las de mayor densidad.

Este comportamiento puede atribuirse a las diferentes condiciones de moldeo empleadas: las probetas cilíndricas se confeccionaron en laboratorio respetando de manera rigurosa - por pesado- la cantidad de material incorporada dentro del molde y la tasa de compresión aplicada, mientras que, por las particularidades del equipo de prensado empleado para la fabricación de los BTC en fábrica, no pudo pesarse la cantidad de material introducida dentro del molde de la prensa, realizándose su llenado "por volumen".

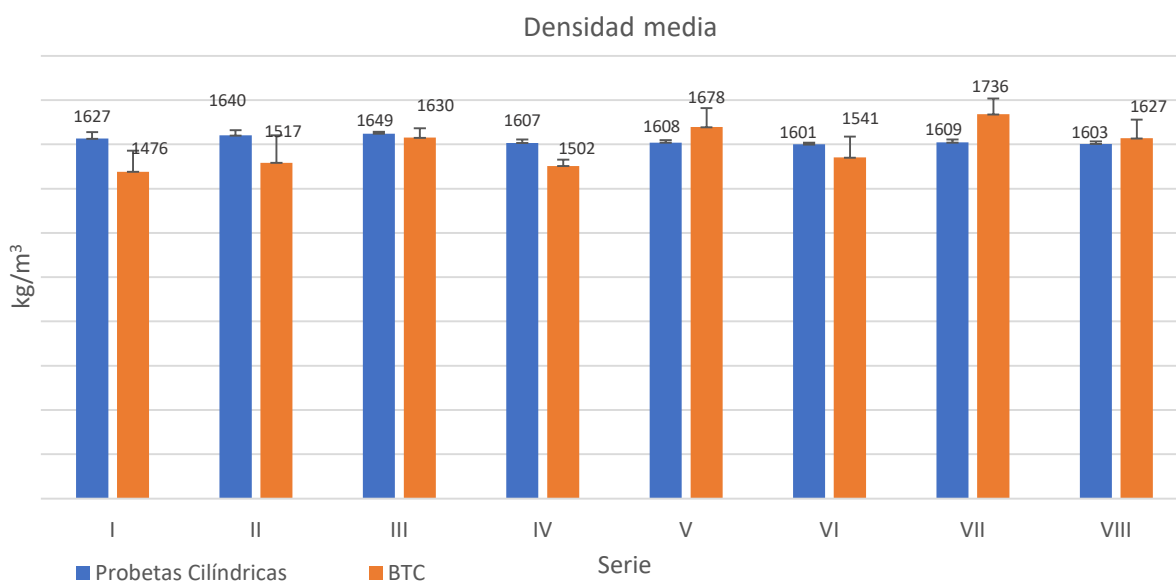


Figura 7. Densidad media de cada una de las series de probetas y BTC confeccionados.

4.4 Ensayos físico-mecánicos

En la figura 8 se exponen la resistencia media a compresión -seca y saturada- y el porcentaje de absorción de agua por inmersión y capilaridad de cada una de las series

ensayadas. En ella se advierte que la resistencia a compresión de las probetas estabilizadas con 10% de cemento supera por más de 6 veces la de las muestras de control, mientras que las resistencias medias a compresión de las series estabilizados con cal es inferior a la resistencia de las series de control; ambos patrones puede apreciarse tanto en las probetas cilíndricas como en los BTC producidos en fábrica. Se observa también que las resistencias medias a compresión seca de las series de probetas cilíndricas estabilizadas con cal y adiciones minerales (series IV a VIII) no presentan diferencias estadísticas entre sí, siendo inferiores a la resistencia media a compresión de la serie de control; lo cual no se aprecia en los ensayos realizados sobre los BTC producidos en fábrica, en los cuales puede apreciarse una mayor resistencia a compresión de las series V y VII. Esta variación en los resultados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas y los BTC producidos en fábrica puede atribuirse a la diferencia en las densidades de moldeo de cada serie de BTC, propiedad directamente vinculada con la resistencia a compresión.

En lo que respecta a la resistencia a compresión saturada, con excepción de las muestras estabilizadas con cemento (serie III), la relación de resistencias entre las probetas secas y saturadas es inferior a 0.5; sin embargo, se resalta que, sin la utilización de estabilizantes minerales (serie de control) no fue posible determinar la resistencia a compresión de las probetas saturadas por su “desintegración” dentro del recipiente con agua.

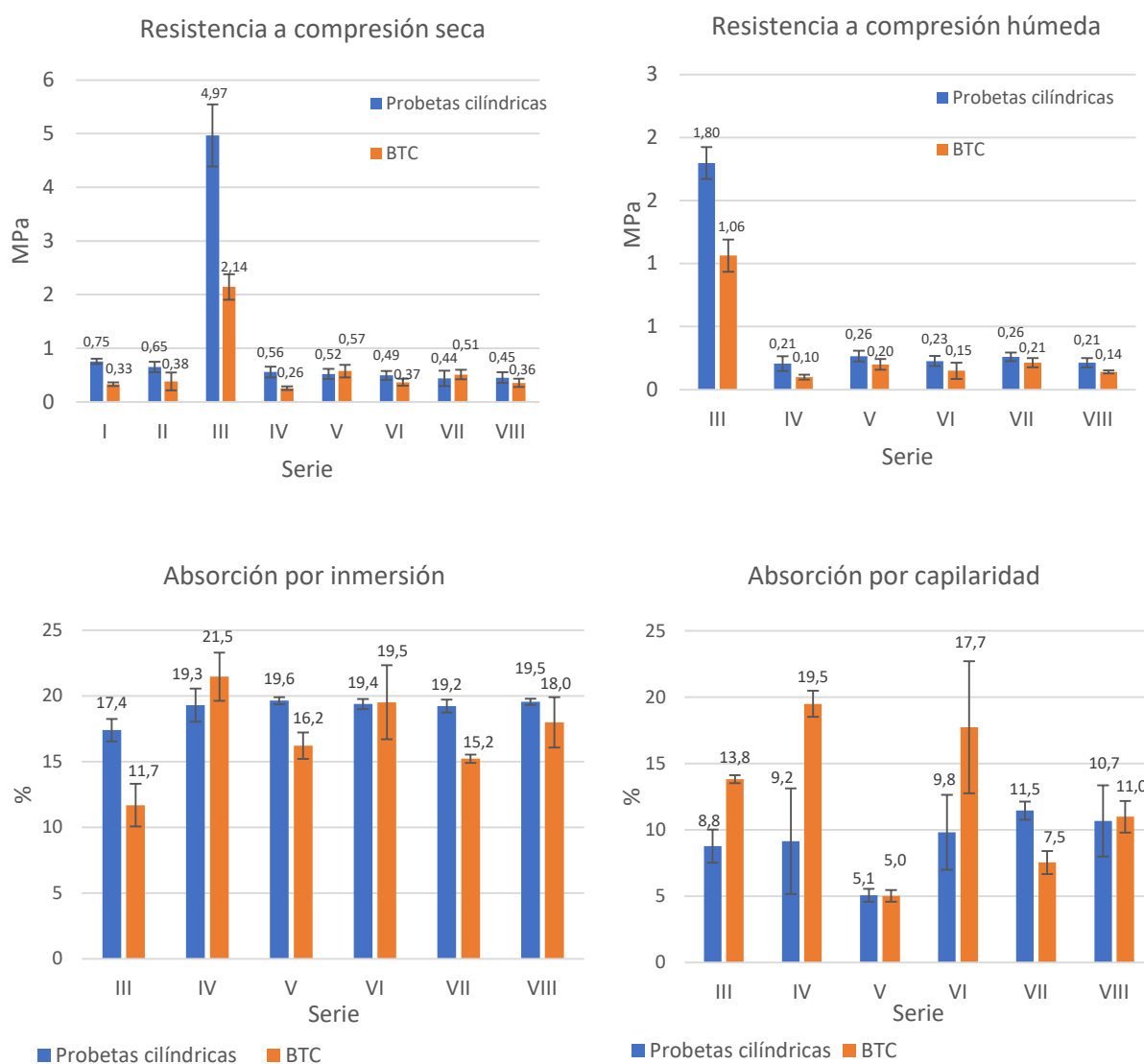


Figura 8: Densidad, resistencia a compresión -seca y saturada- y absorción de agua de las diferentes series de probetas ensayadas

En los resultados del ensayo de absorción de agua por capilaridad sobre las probetas cilíndricas no existe diferencia estadística entre los porcentajes medios de absorción de agua de las diferentes series ensayadas, siendo todos inferiores al 15 % (límite estipulado por la india IS 1725 (2013), la más estricta en este aspecto), lo cual no sucede con los resultados de los BTC producidos en fábrica, cuya variabilidad en la densidad genera una marcada variabilidad en los resultados de este ensayo. Sin embargo, en los resultados de absorción de agua por capilaridad, tanto de probetas cilíndricas como BTC producidos en fábrica, la absorción media de agua de la serie V, estabilizada con 3% de puzolanas, es estadísticamente menor a la del resto de las series.

Finalmente, los resultados obtenidos tras evaluar la resistencia a erosión húmeda por pulverizado de agua a presión de las diferentes series de probetas cilíndricas (figura 9) indican que las series estabilizadas únicamente con cal o cemento no experimentan un deterioro significativo por acción del agua, mientras que las series estabilizado con diferentes porcentajes de polvo de ladrillo y puzolana presentan niveles de erosión considerables.

Muestra	Serie III	Serie IV	Serie V	Serie VI	Serie VII	Serie VIII
						
Pérdida de masa (%)	0.87	0.05	1.31	18.37	7.41	7.16
Profundidad (mm)	1.20	1.6	9.9	20.6	23.5	16.4

Figura 9: Resultados del ensayo de resistencia a erosión húmeda por pulverizado de agua a presión.

5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante esta investigación permiten afirmar que tanto el polvo de ladrillo como la puzolana empleados en la investigación poseen propiedades puzolánicas y forman, en combinación con el hidróxido de calcio, fases amorfas de C-(A)-S-H. Sin embargo, la incorporación en pequeñas cantidades de ambas adiciones en combinación con cal aérea hidratada en la fabricación de BTC, en comparación con las muestras BTC estabilizados únicamente con cal aérea hidratada poseen un efecto negativo en las propiedades físicas y mecánicas de estos bloques. Este comportamiento se atribuye a la conjunción de los siguientes factores:

- La baja actividad puzolánica de las adiciones empleadas, las cuales luego de 16 de inmersión en una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en condiciones ideales de solubilización del hidróxido de calcio (40° de temperatura), consumen menos del 60% del Ca^{+2} disponible.
- El bajo contenido de Ca^{+2} disponible para el desarrollo de las reacciones puzolánicas, motivado por el bajo grado de pureza de la cal empleada (inferior al 70%, declarado por su fabricante) y por el Ca^{+2} tomado por la tierra durante el intercambio catiónico.
- La escasa cantidad de agua empleada durante la fabricación de las muestras (13%) y el proceso de curado, durante el cual simplemente se mantiene constante la humedad de los bloques, no favorece al desarrollo de las reacciones puzolánicas entre las adiciones minerales y la cal aérea hidratada.

Es significativa además la diferencia que existe entre las resistencias a compresión (seca y saturada) de las probetas estabilizadas con cal y las estabilizadas con cemento, alcanzando estas últimas valores superiores a los 5 MPa, lo cual ratifica la utilización de BTC estabilizados con cemento en la construcción de muros de portantes. Se advierte además que la estabilización con cal generó una disminución en la resistencia a compresión de las

probetas en comparación con la resistencia de las probetas de control, sin estabilizantes. Sin embargo, la incorporación de cal como estabilizante mejoró significativamente la resistencia de las probetas ante los efectos perjudiciales del agua (erosión húmeda y absorción de agua por absorción y capilaridad), presentando incluso mejores resultados que el cemento portland. Esta situación permite pensar en la utilización de BTC estabilizados únicamente con cal para muros de cerramiento exteriores que, sin la necesidad de soportar cargas axiales, cuenten con una elevada resistencia a la erosión ocasionada por el intemperismo.

En líneas de investigación futuras se pretende estudiar la interacción química entre la tierra de la región (empleada en estas investigaciones) y el hidróxido de calcio, de manera tal de poder explicar con mayor claridad la disminución en la resistencia a compresión de la serie de probetas estabilizadas con cal respecto a la serie de control sin estabilizar. Además, se evaluarán posibles condiciones de curado de los bloques que favorezcan el desarrollo de las reacciones puzolánicas entre las adiciones minerales y la cal aérea hidratada, generando incrementos en la resistencia mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranda Jimenez, Y. G. (2009). Características del BTC ante diferentes concentraciones de mucílago de nopal y sábila agregadas al agua de mezclado. México: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Aranda Jimenez, Y. G. (2010). Estabilizantes utilizados en la elaboración de BTC. In: Los bloques de tierra comprimida (BTC) en las zonas húmedas. México: Plaza y Valdez S.A. p. 27–42
- Aranda Jimenez, Y. G.; Suárez-Domínguez, E. J. (2014). Efecto de la impermeabilidad del mucílago de nopal en bloques de tierra comprimidos. *Nova Scientia*, 6(11).
- Arizzi, A; Cultrone, G. (2018). Comparing the pozzolanic activity of aerial lime mortars made with metakaolin and fluid catalytic cracking catalyst residue: a petrographic and physical-mechanical study. *Construction and Building Materials*, 184, 382–390
- Arteaga Paucar, J.; Loja Saula, L. (2018). Diseño de adobes estabilizados con emulsión asfáltica. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- ASTM D 422-63 (1990). Standard test method for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International
- Aubert, J. E.; Fabbri, A.; Morel, J. C.; Maillard, P. (2013). An earth block with a compressive strength higher than 45 MPa. *Construction and Building Materials*, 47, 366–369.
- Bediako, M. (2018). Pozzolanic potentials and hydration behavior of ground waste clay brick obtained from clamp-firing technology. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 1–7.
- Cabrera, S.; González, A. (2019). Bloques de tierra comprimida estabilizados con cal. Evaluación de dosificaciones y resistencia a la compresión. In: Encuentro Latinoamericano y Europeo de Edificaciones y Comunidades Sostenibles, 3. Santa Fe; Paraná. Argentina. p. 210–219.
- De Windt, L.; Deneele, D.; Maubec, N. (2014). Kinetics of lime/bentonite pozzolanic reactions at 20 and 50 C: Batch tests and modeling. *Cement and Concrete Research*, 59, 34–42.
- Dethier, J.; Cohen, J. (2019). Arquitecturas de tierra: el arte de construir con tierra. Pasado, presente y porvenir. Blume.
- Doat, P.; Hays, H.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1985). Building whit earth. CRATerre éditions.
- Donatello, S.; Tyrer, M.; Cheeseman, C. R. (2010). Comparison of test methods to assess pozzolanic activity. *Cement and Concrete Composites*, 32(2), 121–127.
- Elert, K.; Pardo, E.; Rodríguez Navarro, C. (2015). Alkaline activation as an alternative method for the consolidation of earthen architecture. *Journal of Cultural Heritage*, 16(4), 461–469
- Falceto, J. J. (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid. <http://oa.upm.es/14647/>
- González López, J.; Juárez Alvarado, C.; Ayub Francis, B.; Mendoza Rangel, J. (2018). Compaction effect on the compressive strength and durability of stabilized earth blocks. *Construction and Building*

Materials, 163, 179–188.

Guilarducci, A. (2018). Generación de adiciones minerales para el cemento Portland a partir de residuos de centrales termoeléctricas de lecho fluidizado. Argentina: Universidad Nacional del Litoral.

IRAM 10501 (2007). Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 10507 (1986). Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 10512 (1977). Mecánica de suelos. Método de análisis granulométrico. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 12586 (2004). Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de ensayo de la resistencia a la compresión. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

IRAM 50000 (2019). Cementos. Cementos para uso general. Composición y requisitos. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IS 1725 (2013). Specification for soil based blocks used in general building construction. India: Indian Standards Institution.

Jofé, C.; Kraemer, C. (2011). Manual de estabilización de suelos con cemento y cal. España: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.

Laguna, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para las construcción. España: Universidad Pública De Navarra.

Lima, S. A.; Varum, H.; Sales, A.; Neto, V. F. (2012). Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. Construction and Building Materials, 35, 829–837.

Maddalena, R.; Roberts, J. J.; Hamilton, A. (2018). Can Portland cement be replaced by low-carbon alternative materials? A study on the thermal properties and carbon emissions of innovative cements. Journal of Cleaner Production, 186, 933–942.

Malkanthi, S. N.; Balthazaar, N.; Perera, A. A. D. A. J. (2020). Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt. Case Studies in Construction Materials, 12.

Miller, S. A.; John, V. M.; Pacca, S. A.; Horvath, A. (2018). Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050. Cement and Concrete Research, 114, 115–124.

National Lime Association (2004). Lime-treated soil construction manual: lime stabilization & lime modification. Bulletin 326. National Lime Association (Issue January).

NBR 8492 (2012). Tijolo de solo-cimento. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Neves, C.; Farías, O. B. (org) (2011). Técnicas de construcción con tierra. Brasil: FEB-UNESP / PROTERRA.

NTC 5324 (2005). Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Metodos de ensayo. Condiciones de entrega. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

NZS 4298 (1998). Materials and workmanship for earth buildings. New Zealand: Standards New Zealand

Ouedraogo, K. A. J.; Aubert, J.-E.; Tribout, C.; Escadeilas, G. (2020). Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant? Construction and Building Materials, 236.

Poraver (2021). Metapor® Metakaolin. Pozolanic additive as a replacement of cement based binders. <https://poraver.com/en/metapor/>

Rigassi, V. (1985). Compressed earth blocks: manual of production. In Network. GATE / BASIN.

UNE 41410 (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. España: Associação Espanhola de Normalização e

Certificação.

Vissac, A.; Bourges, A.; Gandreau, D. (2017). Argiles & biopolymères. Les stabilisants naturels pour la construction en terre. CRATerre éditions.

AUTORES

Virginia Clausen, estudiante avanzada de ingeniería industrial, miembro y becaria de Grupo de Investigadores TIERRA FIRME de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe (UTN- FRSF).

Santiago Cabrera, ingeniero civil, doctorando en ingeniería, mención ing. industrial. Becario CONICET. Docente investigador abocado a las técnicas constructivas en tierra, con énfasis en los Bloques de Tierra Comprimida. Actualmente desempeña sus actividades laborales en el Laboratorio de Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil en UTN – FRSF.

Ariel González, ingeniero en construcciones, magister en metodología de la investigación. Docente investigador de la UTN-FRSF. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema hábitat urbano y rural y técnicas constructivas con tierra; capacitado en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

CAPA SOBRE CAPA. ALTERACIONES Y RECUPERACIÓN DE LA TORTA DE BARRO DE LA IGLESIA DE UQUÍA, JUJUY, ARGENTINA

Jorge Tomasi¹, Julieta Barada²

CONICET / Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina

¹jorgetomasi@hotmail.com; ²ju.barada@gmail.com

Palabras clave: cubiertas de tierra, arquitectura andina, Quebrada de Humahuaca, conservación del patrimonio

Resumen

Las cubiertas no han sido particularmente estudiadas dentro del campo de la construcción con tierra, pese a la significación que tienen en muchas regiones y la incidencia que el mantenimiento tiene en su materialidad. Por su parte, se observan significativos cambios en estas, tanto en edificios históricos como en obras nuevas. La Iglesia de Uquía, en el norte de Argentina, es un caso relevante para analizar las alteraciones y las alternativas técnicas que se han empleado para su recuperación. Este artículo tiene un doble objetivo. El primero es analizar las distintas transformaciones que se realizaron sobre la torta de barro, incorporando materiales incompatibles, en una serie de restauraciones realizadas en el siglo XX, y observar las patologías emergentes de estas acciones. El segundo, es describir la propuesta ejecutada en el presente año para reestablecer la materialidad de la torta de barro, con incorporaciones compatibles, tendientes a mejorar su comportamiento y durabilidad. La presente investigación e intervención se ha basado en una metodología múltiple que ha incluido el registro y relevamiento constructivo de las características del techo con sus alteraciones recientes y de los daños y degradaciones existentes, el análisis de la documentación histórica disponible sobre las distintas intervenciones que ha tenido la iglesia, y la realización de estudios y ensayos, tanto en laboratorio como en terreno, sobre los materiales existentes y aquellos a ser utilizados para la recuperación de la torta de barro. La investigación e intervención realizadas han permitido ponderar las consecuencias del uso de materiales incompatibles en las cubiertas de torta de barro. Por otra parte, se ha podido profundizar en el conocimiento sobre potenciales mejoras en el comportamiento de estas cubiertas a través del empleo de soluciones basadas en las técnicas locales, como el uso de la tierra aligerada y la estabilización con cal.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del amplio campo de estudios sobre las tecnologías de construcción con tierra y las estrategias para su conservación en las arquitecturas históricas, las características de las técnicas utilizadas para la materialización de los techos han tenido una relativa baja presencia en las investigaciones. En efecto, los trabajos han tendido a concentrarse en las características y degradaciones de los muros y las terminaciones. Sin embargo, este es un problema estratégico en tanto las patologías propias de los techos tienden a afectar en forma integral a los edificios. La durabilidad de las terminaciones de las cubiertas y los abordajes para su mantenimiento periódico se constituyen con un tema relevante para la conservación de las arquitecturas con tierra.

El espacio andino, un área heterogénea que involucra los actuales territorios de Perú, Bolivia y el norte de Chile y Argentina, presenta una interesante riqueza en estas técnicas constructivas con diversos procedimientos que involucran el uso de la tierra en combinación con distintos tipos de fibras vegetales. Los prejuicios asociados con estas técnicas y la falta de conocimiento sobre sus características han llevado en muchos casos al reemplazo de las técnicas o bien a cambios importantes en los procedimientos que no solo no han mejorado sus prestaciones, sino que han sido el origen de nuevas patologías. Estos cambios se han concentrado en la incorporación de distintos materiales, en especial el cemento, ajenos a las lógicas de estos sistemas constructivos con la intención de aumentar su durabilidad en el tiempo. Las transformaciones no se han limitado a las construcciones actuales, sino que han afectado a las arquitecturas históricas, incluso las que cuentan con declaratorias formales.

La Iglesia de la Santa Cruz y San Francisco de Paula en la localidad de Uquía, dentro de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, en el norte de Argentina, es un caso emblemático tanto de la presencia de estas técnicas como de las acciones de conservación. Se trata de un templo construido en el siglo XVII, en el marco de los procesos de evangelización coloniales que desde el año 1941 es Monumento Histórico Nacional. Desde esta declaratoria se sucedieron una serie de intervenciones tendientes a su conservación que además de implicar transformaciones en distintas partes del edificio, afectaron particularmente a los techos, realizados con una técnica conocida como *torta de barro* o *tortado*. Esta técnica consiste en la ejecución de capas continuas de barro, en un estado plástico, que se estabiliza con diferentes materiales, en especial las fibras vegetales.



Figura 1. Ubicación de la localidad de Uquía en la provincia de Jujuy

Este artículo se orienta al estudio de las características de los techos de *torta de barro* a partir de este caso, considerando tanto sus características históricas, como las transformaciones que se sucedieron en el tiempo y cuáles fueron sus consecuencias para la conservación integral de este edificio. Se describirán las investigaciones realizadas tendientes a la recuperación de las características de la *torta de barro*, considerando la introducción de modificaciones compatibles con el sistema constructivo. Se describirán los procedimientos utilizados y los ensayos que se encararon en terreno. Estos ensayos permitieron reconocer los diferentes comportamientos de las muestras en función de la estabilización que se aplicó en los suelos.

Este trabajo surge de un asesoramiento brindado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), institución a la que pertenecen los autores, a la Secretaría de Cultura de la provincia de Jujuy, para el desarrollo integral del diagnóstico del estado del edificio, la elaboración del proyecto ejecutivo de intervención, y, posteriormente, el acompañamiento durante los trabajos en obra, que concluyeron en abril del 2021. La metodología empleada implicó un abordaje múltiple incluyendo acciones tanto en terreno como en laboratorio. En cuanto a lo primero se realizó un relevamiento sistemático del edificio, con el registro de las patologías presentes a través de fichas específicas, junto con la toma de muestras que fueron caracterizadas en laboratorio a través de análisis granulométricos, determinación de límites y azul de metileno, comparando los tipos de suelos empleados en las distintas técnicas constructivas. En relación con los ensayos sobre las muestras a ser utilizadas para la mejora de las prestaciones de la *torta de barro*, se realizaron pruebas de laboratorio y en terreno, siendo éstas últimas las que se referirán en este trabajo, consistentes en ensayos de abrasión y de erosión hidráulica.

2 ACERCA DEL TORTEADO CON BARRO

El universo de las técnicas utilizadas para la materialización de techos en las tierras altas de la provincia de Jujuy, incluye dos procedimientos característicos: la *torta de barro* y el *guayado*. Mientras que la primera se refiere a las capas continuas de barro y es

característica de los valles de altura, la segunda consiste en la colocación de manojos de paja parcialmente embebidos en barro de una consistencia viscosa y suele utilizarse particularmente en las áreas de Puna. Particularmente la *torta de barro* ha sido objeto de diversas investigaciones que se han orientado tanto a su caracterización constructiva y sus implicancias sociales (Rotondaro, 1984; Rotondaro; Rabey, 1988; Delfino, 2001; Ramos et al., 2004; Tomasi, 2013) como al estudio de potenciales formas para mejorar sus prestaciones (Rotondaro; Kirschbaum, 1993; Tomasi; Rivet, 2009; Latina et al., 2017).

En términos sintéticos, la *torta de barro* consiste en la ejecución de capas continuas de barro, aplicado en estado plástico, sobre una superficie continua que actúa como encofrado perdido, habitualmente de caña, tablas de madera o tejidos de paja o ramas, dependiendo de los lugares. Habitualmente el *tortear* se ejecuta en dos capas, una de base y otra de desgaste. La primera suele tener un espesor de 5 a 7 cm, y la segunda oscila entre los 2 a 3 cm, para alcanzar alturas totales en torno a los 10 cm. Las granulometrías de los suelos utilizados son sumamente variables, aunque suelen tener una distribución homogénea de los granos, similar a la utilizada para el corte de adobes. En algunas regiones el suelo no es zarandeado y el material se aplica incluso con gravas de hasta 3 cm, realizando el *tortear* en solo una capa. En los casos registrados, incluyendo la Iglesia de Uquía, los suelos presentaban porcentajes de arcilla en torno al 10%, frente al 20% que pueden tener los utilizados para el *guayado*, con un Índice de Plasticidad de 9 (Tomasi; Barada, 2020).

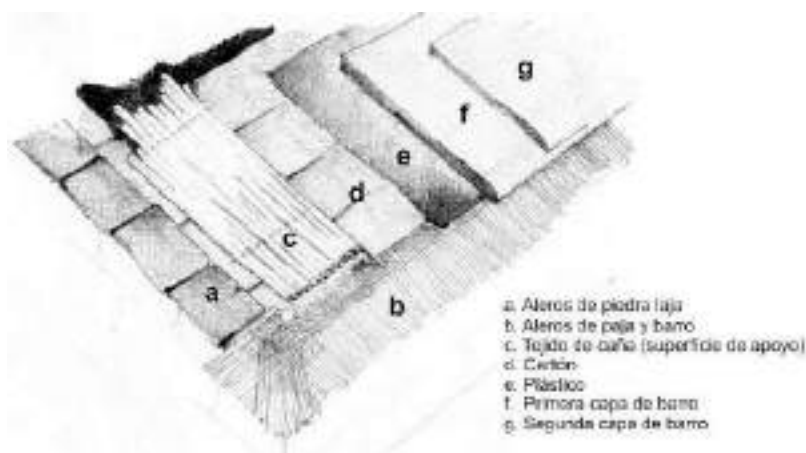


Figura 2. Esquema de un techo de *torta de barro*, con la incorporación del plástico como capa inicial

A los suelos se les incorporan diversos estabilizantes de origen vegetal, animal y mineral. Lo más habitual es el uso de fibras vegetales, en general paja brava, cortada en largos de entre 5 a 10 cm, incorporando en torno a un 10% del volumen del pastón, para contener la retracción del barro en el proceso de secado. Asimismo, se ha registrado el uso de cal mezclada con grasa animal derretida para ser incorporada al suelo en la capa de desgaste para mejorar su capacidad hidrófuga. También solía ser habitual la incorporación de excrementos de llamas, cabras u otros animales con el mismo objetivo y para darle una mayor plasticidad al material. Rotondaro y Rabey (1988) refirieron el uso de ceniza para la preparación del barro, por el aporte asociado a su granulometría fina. La ceniza también se utiliza para incorporarse en las grietas y fisuras producto de la retracción durante el secado. El pastón para *tortear* debe prepararse entre 24 y 48 horas previas a la ejecución, para que el barro pueda *puirirse*, lo que implica dar el tiempo suficiente para que los terrones se desarmen y las arcillas se activen.

El trabajo de *tortear* suele, y en la medida de lo posible debe, ejecutarse en una única jornada para evitar que el secado de los bordes rompa la continuidad de las capas de barro, generando potenciales fisuraciones que permitirían la filtración de agua. La aplicación se realiza en franjas verticales de alrededor de 80 a 100 cm de ancho, comenzando desde la cumbrera hacia los aleros, buscando que la superficie tenga una terminación homogénea, sin grandes oscilaciones donde podría acumularse agua. Recién cuando la capa de base se ha secado completamente es posible ejecutar la capa de desgaste, con un material que

debe tener un mayor porcentaje de agua en la preparación. Los tiempos de duración de un techo de *torta de barro*, antes de las acciones de mantenimiento, son variables y están sujetos a las condiciones ambientales del lugar y la correcta ejecución de la técnica. En todo caso, en general, se espera que puedan mantener sus prestaciones durante períodos que oscilan entre 2 y 4 años. Pasado ese tiempo es necesario incorporar nuevo material, idealmente renovando solo la capa de desgaste, sin afectar la de base. De todas maneras, los constructores suelen recomendar que en períodos más largos, en torno a los 10 años, la *torta de barro* se renueve completamente. Esto está asociado a que en cada *torteadada* se incorpora material y entonces se aumenta la carga sobre la estructura del techo y los muros.

La duración de los techos de *torta de barro* y la necesidad de un mantenimiento periódico son un tema crítico respecto a esta técnica, que ha llevado a la búsqueda de alternativas que mejoren las prestaciones. Los prejuicios, vinculados con la desconfianza y el desconocimiento, llevaron a que esas búsquedas se orientaran a la incorporación de materiales diversos que en general no se basan en el incremento de las capacidades de las técnicas, sino que por el contrario las limitan. Una de las primeras incorporaciones a los techados con *torta de barro*, y que se ha extendido masivamente en la región, es la inclusión de un film plástico debajo de la capa de base, como una aislación hidrófuga adicional, pero que también limita las propiedades higroscópicas del material, impidiendo el intercambio de vapor con el ambiente y favoreciendo la condensación interior. Otra de las transformaciones recurrentes, que también está presente en los revoques de las construcciones de adobe, es la incorporación de una capa superior cementicia que tiene un efecto similar al anterior, pero que además en las condiciones de gran amplitud térmica de la región tiende a fisurarse permitiendo el ingreso de agua en la capa de barro, pero esta no puede liberarse del modo esperado al ambiente, generando diversas patologías producto de la incidencia sostenida de la humedad (Cornerstone, 2006). Más recientemente, a estas incorporaciones, se le ha sumado una capa superficial de membrana asfáltica o membrana líquida con efectos similares a los referidos, limitando las propiedades de los techos de *torta de barro*.

Los cambios ambientales, por un lado, que podrían implicar un aumento de las precipitaciones, y las transformaciones en las dinámicas sociales, por el otro, que reducen la posibilidad de realizar reparaciones periódicas, presentan la necesidad de prolongar la durabilidad de estos techos, alargando los tiempos entre las tareas de mantenimiento. En todo caso, el desafío es diseñar estas respuestas desde las mismas lógicas de las técnicas, en el marco de las culturas constructivas en las que se insertan.

3 LA IGLESIA DE UQUÍA Y SUS INTERVENCIONES

Las primeras referencias históricas sobre la Iglesia de la Santa Cruz y San Francisco de Paula en Uquía corresponden a la segunda mitad del siglo XVII, y su construcción se inserta en el marco de la conformación de las reducciones indígenas, conocidas como pueblos de indios, que organizaron territorialmente parte de la Quebrada y la Puna del actual Jujuy desde el siglo XVI (Sica, 2014). En este marco, su morfología responde, en términos generales, a las características que han tenido las capillas en los pueblos de indios en diferentes sitios (Gisbert; Mesa, 1997), en este caso con la existencia de una nave única, con una cubierta a dos aguas, y un único recinto adosado a uno de sus lados, que funciona como sacristía. Posee también una torre exenta y todo el conjunto se encuentra inserto en un atrio cerrado (figura 3). Las dimensiones de esta Iglesia son bastante excepcionales, constituyéndose como uno de los ejemplos de mayor escala del área, cuya nave tiene una planta de 17m x 7m y una altura interior a la cumbre de 8m. El atrio está delimitado por un muro perimetral de 24m de frente por 34m de profundidad. Finalmente, la torre tiene en su base 4m x 4m exteriores y se organiza en dos tramos en altura, con un remate piramidal, que alcanza una altura máxima de 9,9m.

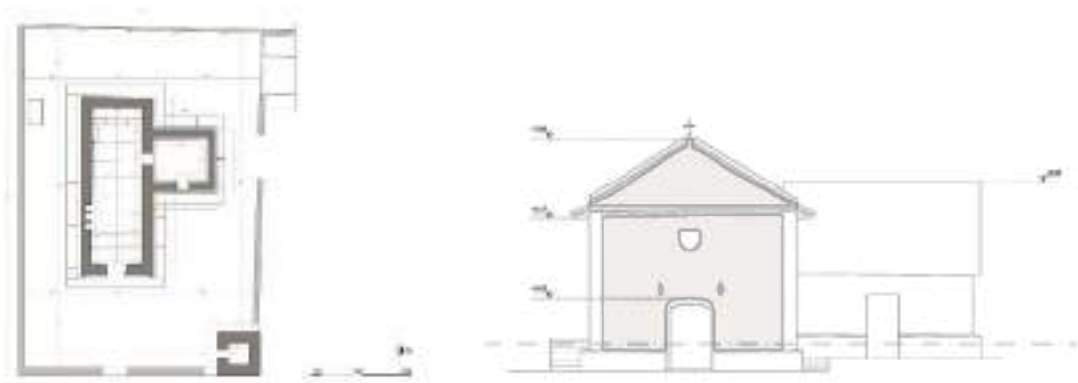


Figura 3. Planta y vista frontal del conjunto de la capilla

En términos constructivos, la Iglesia de Uquía también responde, no sólo a las características generales de su tipo, sino también a las de las arquitecturas domésticas del área, a partir del empleo de diferentes técnicas basadas en el uso de la tierra como materia prima fundamental dentro de un sistema integral. Se trata de una construcción con cimientos y sobrecimientos de piedra y barro cuya altura alcanza los 80cm desde el piso interior, con muros de adobe con un espesor de 1m en la nave y 65cm en la sacristía, conformados con bloques de 60x30x10cm. La estructura de la cubierta, a dos aguas, presenta cerchas de madera sobre una viga collar también de madera que recorre todo el perímetro, y toma la totalidad del espesor del muro. Este sistema, no tan usual en las Iglesias del área, no sólo contribuye a la singularidad de esta obra sino también es una resolución que aporta a la estabilidad general del conjunto y mejora el apoyo de la estructura de la cubierta y su vinculación con el muro. El resto de la techumbre se conforma de un cielorraso de madera de cardón y una terminación de *torta de barro*, la que se constituye como eje de este artículo. En cuanto a los revoques, fueron realizados en barro, con agregado de cal.

Como se ha mencionado, la declaratoria de la Iglesia como Monumento Histórico Nacional fue realizada en el año 1941, en el marco de los primeros procesos de patrimonialización de edificios históricos en la Argentina. Como han señalado Herr y Rolón (2018), estas primeras declaratorias tuvieron una importante presencia de edificios producidos con diferentes técnicas de construcción con tierra. En términos históricos, la valoración de estos primeros edificios estuvo muy vinculada a la reivindicación de un pasado prehispánico y colonial como parte fundante de la identidad nacional (Tomasi, 2012). Este proceso de patrimonialización es especialmente relevante para este artículo en tanto es a partir de ese momento que se dieron una serie de intervenciones, por parte de diferentes organismos nacionales y provinciales sobre la Iglesia, muchas de estas implicando cambios sustantivos en su materialidad. A su vez, la mayoría de estas intervenciones no fue debidamente documentada, por lo que las acciones en las que se enmarca este trabajo constituyeron una instancia relevante en sí misma para el reconocimiento de su trayectoria de conservación.

Someramente, existen referencias a una primera intervención que podría haber tenido lugar en el momento de la propia declaratoria, entre las décadas de 1930 y 1940, en la cual se modificó el remate de la torre y se incorporó a los muros una estructura de vigas y columnas de hormigón armado (Tomasi; Barada, 2021). Esta intervención, cuyas consecuencias han sido particularmente significativas para la integridad de la obra, es relevante para comprender la constitución de un criterio de conservación que formó parte de las acciones desplegadas de manera más o menos sistemática a lo largo del siglo XX en diferentes casos. Particularmente en aquellos edificios construidos con tierra, la adición de elementos estructurales de hormigón armado y del cemento en general, se sostuvo en relación con los prejuicios asociados con la capacidad estructural de estas técnicas y su durabilidad.

Entre las décadas de 1940 y 1960 se realizaron cambios relevantes en el maderamen de la cubierta, quitando el blanqueamiento de cerchas y cardones. Hacia finales de la década de 1980, se registra documentación de dos proyectos de intervención, uno por parte del Ministerio de Obras Públicas, que involucraba tareas de mantenimiento de diversas Iglesias

del área y otro por parte de la Fundación Antorchas, en 1989. En ambos casos pueden reconocerse acciones en lo que respecta a los elementos decorativos, revoques, maderamen y la primera mención explícita a una intervención sobre la *torta de barro*. Las siguientes intervenciones, generadas por la Dirección General de Arquitectura de Jujuy, se concentraron principalmente en la cubierta, con alteraciones significativas a su materialidad. Es relevante señalar la relación que existe entre los procesos de patrimonialización y los sentidos sobre los que se construyen las valoraciones, y los consecuentes criterios de conservación empleados. La declaratoria de la Iglesia, basada principalmente en una mirada objetual sobre sus atributos históricos y estilísticos, tuvo como consecuencia una continuidad de acciones destinadas al mantenimiento del “objeto” más que a la conservación integral de sus criterios y sentidos técnicos, y, entonces, sociales.

3.1 Las transformaciones en la torta de barro

La primera documentación sobre las intervenciones realizadas sobre la *torta de barro* corresponde al proyecto de conservación de la Iglesia de 1989. En esta, se incluye un detalle constructivo de la *torta* a realizar, que además de una serie de cambios en el maderamen, renovando más de la mitad de las tablas de cardón, incluyó la realización de dos capas de *tortado*, y entre estas, el agregado de dos capas sucesivas de “aislación hidrófuga”, “tipo rubber oil”¹, y una “cubrería de chapa”. Un registro posterior sobre el deterioro de la *torta de barro*, realizado en 2012 por la Dirección General de Arquitectura de Jujuy, evidencia la presencia de una media sombra, que debió colocarse en alguna de las intervenciones previas, aunque no se encuentra documentación al respecto. El desprendimiento de la *torta de barro* que describe dicho relevamiento, motivó una nueva intervención sobre la cubierta que incluyó transformaciones drásticas. Concretamente, se propuso ejecutar “una capa hidrófuga cementicia mallada de espesor mínimo sobre el entablonado, dejando elementos en su superficie para sujetar tablillas/listones (transversales a la caída del techo)” (figuras 4 y 5). Estos listones debían evitar el deslizamiento de la *torta* de barro, a partir, supuestamente, de una mejor adherencia sobre la capa cementicia. Finalmente, sobre la *torta*, se colocaría una capa de suelo-cemento como terminación.



Figuras 4 y 5. Estado de la cubierta antes de la intervención de 2012 y luego, la de los trabajos realizados incluidas en el expediente (CNMMyLH, 2012)

Posteriormente, se realizó una nueva restauración en 2018, también a cargo de la Dirección General de Arquitectura. El informe realizado describe la presencia de una media sombra y una membrana líquida que no había sido proyectada en 2012, por lo que se infiere una intervención no documentada entre ambos momentos. En todo caso, es en 2018 cuando se realiza la última intervención sobre la cubierta previo al inicio de los trabajos aquí referidos. Esta última incluyó la reparación de los extremos de la cubierta, en los aleros sobre muros, con la incorporación, nuevamente de mortero cementicio y membrana como terminación.

Los cateos realizados en el contexto de la elaboración del diagnóstico sobre la Iglesia, en 2019, permitieron observar la presencia de las transformaciones que se hicieron a lo largo de las intervenciones citadas, y sus consecuencias en el estado de conservación (figura 6).

¹ CNMMyLH, Archivo, Iglesia de Uquía, 1989.

En este contexto, la materialidad de la *torta de barro* estaba conformada por: una primera capa de mortero cementicio de 2cm de espesor sobre una base de cartón corrugado. Sobre esta, un alambre romboidal con listones de madera de pino, sobre el cual se observó una capa de barro de 8cm de espesor. Como terminación, una tela media sombra, clavada sobre los listones, pintada con membrana líquida.

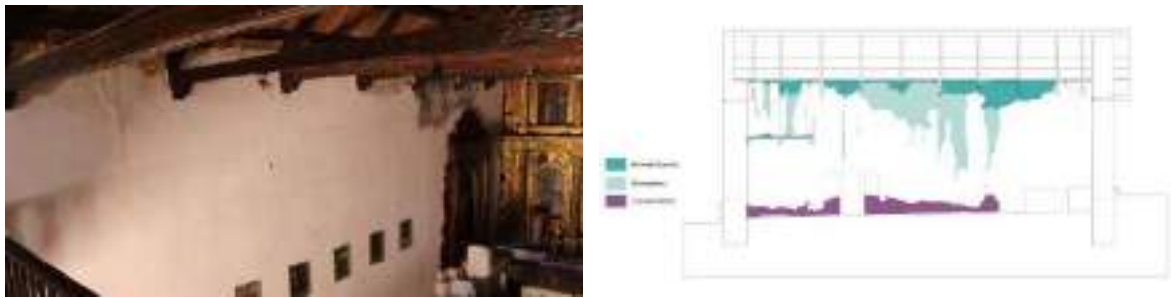


Figura 6. Cateo realizado sobre la *torta de barro* en el estado encontrado al inicio de los trabajos

3.2 Los daños y degradaciones emergentes

El análisis realizado sobre el estado de conservación de la *torta de barro* durante el diagnóstico, implicó hallazgos significativos en términos de daños sobre el edificio, más allá de aquellos evidentemente implicados en su falta de integridad y en la tergiversación de su autenticidad en términos integrales. Además de la presencia del cemento como parte de la composición de la *torta* y su incapacidad para lograr una correcta evaporación de la humedad, esta cualidad fue potenciada negativamente, al menos por otros dos factores. Por un lado, la malla plástica y la capa de membrana líquida utilizada como terminación, fueron fijadas con el uso de clavos, que favorecieron la aparición de puntos específicos de ruptura de la continuidad de la aislación y entonces, de entrada de agua. Por el otro, los listones de madera colocados en diagonal al faldón para evitar el potencial deslizamiento de la torta durante su colocación, favorecieron la generación de una superficie irregular que conllevó a un escurrimiento deficiente de las aguas de lluvia y entonces, su acumulación por sectores.

En este contexto, es necesario considerar el análisis de los cateos realizados durante la etapa de diagnóstico del proyecto llevado a cabo. La capa de torta de barro evidenció un alto nivel de humedad, por encima del 10% en peso, luego de al menos 7 días sin precipitaciones en Uquía. Esto muestra que la resolución elegida no evitó el ingreso de agua, y, además, impidió la adecuada evaporación y secado del material, lo que ha aumentado los deterioros por la humedad continua sobre los elementos de madera y sobre los propios muros (figuras 7 y 8). Así, se pudo registrar el ingreso de agua en distintos paramentos interiores, con consecuencias sobre sus terminaciones y sobre el propio adobe. El análisis realizado sobre los adobes en uno de los sectores más afectados arrojó un 12% de agua en su peso, ante una situación normal que no debiera superar el 2%. Este nivel de concentración de agua fue potenciado por la utilización de revoques cementicios en el interior, que favorecieron su concentración en los muros, con consecuencias visibles. A su vez, se registró un biodeterioro significativo en elementos de madera, particularmente cardones. Finalmente, la entrada de agua concentrada en ciertos sectores del techo, implicó sobrepesos diferenciales en ciertos sectores que, sumados al biodeterioro en maderas, llevaron a la fractura de algunos de los elementos estructurales.



Figuras 7 y 8. Vista general y esquema de uno de los muros con mayor afectación de humedad superior

4 LA PROPUESTA PARA LA RECUPERACIÓN Y SU EJECUCIÓN

El trabajo realizado para restauración de la Iglesia de Uquía implicó un conjunto de acciones orientadas a la consolidación estructural de los muros, que exceden los objetivos de este trabajo, pero que incluyeron la recuperación de la traba de los muros que presentaban grietas, la incorporación de llaves de refuerzo en estos sectores y el drizado parcial de los muros, siguiendo las recomendaciones de la Norma E.080 de Perú (2017), junto con el retiro de todos los revoques cementicios y la reposición de los de barro. En los techos, se repararon y renovaron los elementos de madera dañados por la acción sostenida de la humedad y los biodeterioros, incluyendo la viga collar que la capilla presentaba como parte de su construcción original. En lo que se refiere a la terminación de *torta de barro*, además de retirar todos los elementos ajenos al sistema constructivo, se presentaban una serie de desafíos importantes en el marco de la decisión de recuperar la materialidad de esta técnica. Por un lado, el incremento de la durabilidad de la cubierta, reduciendo la necesidad de tareas de mantenimiento; por el otro, resolver las discontinuidades en el techo en la cumbrera, en los aleros, en la vinculación con el techo de la sacristía y en el encuentro con el frontis. Todos estos sectores implican encuentros complejos donde pueden presentarse comportamientos diferenciales entre los materiales, en los que pueden generarse fisuras en la *torta de barro* que favorecerían las filtraciones.

4.1 La resolución técnica propuesta

El criterio para la ejecución de la nueva *torta de barro* se basó en una serie de premisas que incluían: la recuperación de las características habituales históricas para la región de esta técnica en sus materiales y procedimientos, la no utilización de materiales ajenos al sistema constructivo, que no estén presentes al menos en otras secciones del edificio, y la introducción de mejoras en las capacidades del techado en relación con su durabilidad que formaran parte del universo técnico de estas culturas constructivas. En este sentido, el objetivo no era evitar la necesidad periódica de reparación del *tortado*, sino prolongar su vida útil de los 2 a 4 años habituales a una expectativa de entre 4 a 7 años. Esta duración podría prolongarse si se realizan reparaciones menores en plazos más cortos.

En relación con la introducción de materiales ajenos, se decidió no incorporar la capa de plástico por debajo de la *torta de barro* por dos razones. En primer lugar, porque impide el intercambio de vapor con el ambiente, un tema relevante para un edificio con poca ventilación y que por su uso reúne a grandes cantidades de personas. Esto puede generar una condensación importante con potenciales degradaciones en los elementos constructivos. Por otra parte, esa capa plástica impide el anclaje mecánico de la *torta de barro* con la rugosidad de las tablas de cardón, por lo que pueden generarse deslizamientos en el material en un techo con una pendiente en torno a los 40° tanto en la nave como en la sacristía. La propuesta, entonces, se orientó al desarrollo de tres capas superpuestas en el *tortado*. Una primera, parcial, basada en el uso de tierra aligerada (Volhard, 2016), en todos los encuentros potencialmente problemáticos, la segunda constituida por la tradicional capa de base de unos 7 cm de espesor, y, finalmente, la capa de desgaste, en torno a los 3 cm, estabilizada con cal hidratada para mejorar su resistencia a la erosión. La ejecución de

la capa de base y la de desgaste se verificaron inicialmente en un modelo en escala 1:1 de una porción del techo de la nave, considerando el encuentro en la cumbrera y la pendiente correspondiente. Este modelo estuvo expuesto a las condiciones ambientales del lugar durante 3 meses, verificándose sus niveles de deterioro.

La capa inicial, aligerada, se realizó con paja brava, sin fraccionar, formando manojos, embebidos en una barbotina de barro, con tierra tamizada, replicando las características de la técnica del *guayado*. Estos manojos de paja se colocaron en todos los encuentros, particularmente en los cambios de pendiente de los techos, en un sentido perpendicular, abarcando hasta 1 m hacia cada lado del quiebre. A su vez se aplicaron en los puntos de contacto entre el techo de la nave con el de la sacristía, y en la llegada del primero al muro del frontis, que se eleva por encima de la *torta de barro* (figuras 9 y 10). La mayor flexibilidad que le brindan las fibras vegetales a esta capa permitirá absorber buena parte de los movimientos diferenciales que pueden generarse en la estructura del techo, limitando su transferencia a las capas del torteado que tienen una mayor rigidez. En otros términos, la resolución propuesta tiene una rigidez creciente desde la base de tierra aligerada hasta la capa de desgaste estabilizada con cal. La paja embebida en barro, por otra parte, brinda una aislación hidrófuga adicional en sectores donde existe un mayor riesgo de filtraciones.



Figuras 9 y 10. Detalles de la capa aligerada

La capa de base se ejecutó con una altura constante de 7 cm, buscando reducir las irregularidades propias del entablonado de madera de cardón. El suelo utilizado se obtuvo en la misma localidad, en base a las referencias de la comunidad, correspondiéndose en su granulometría y propiedades con muestras tomadas en otros casos de estudio. En este sentido, se trató de un suelo relativamente fino, con un 55% de los granos pasantes en el tamiz #200, correspondiendo la distribución granulométrica a un 51% de arenas finas, un 38% a limo y casi un 8% a arcillas. En cuanto a sus límites, se registró un límite líquido de 27% y un límite plástico de 17%, resultando en un índice de plasticidad de 9%. Si bien los porcentajes de arcillas no son significativamente altos, estas sí alcanzan un coeficiente de actividad significativo de 1,18, que se equilibra con el porcentaje de arenas presente en el suelo. Para esta capa de base, se estabilizó con paja brava, cortada en largos de 10 cm en una proporción en torno al 10% en volumen. La ejecución de la capa de base sobre la totalidad del techo (178 m² de la nave y 62 m² de la sacristía) se desarrolló en una jornada, para evitar las referidas discontinuidades, avanzando en forma simultánea en los dos faldones del techo, con un equipo de cuatro personas en cada uno. El trabajo se realizó partiendo del extremo este, desde la fachada de la capilla y desde la cumbrera hacia los aleros, en franjas verticales de 80 cm de ancho, unificando las superficies con fratacho (figuras 11 y 12).

La capa de desgaste se realizó a partir de los ensayos realizados sobre muestras realizadas sobre el techo de la sacristía orientado hacia el norte para evaluar el porcentaje de cal hidratada adecuado para la estabilización. El uso de cal hidratada para la estabilización de techos de *torta de barro* fue evaluado recientemente por Latina et al. (2017), en base a la incorporación de 10% y 20%, además de analizar la incidencia de otros estabilizantes. A partir de los ensayos de laboratorio concluyeron que la muestra con 10% de cal obtuvo los

mejores resultados tanto en abrasión como en erosión hidráulica. De todas maneras, el porcentaje adecuado de cal a incorporar está sujeto a las muestras de suelo específicas, considerando los niveles de arcilla presentes y la actividad de éstas. En este sentido, los porcentajes no pueden trasladarse en forma directa y deben ensayarse sobre los suelos específicos a ser utilizados, sobre los soportes reales.



Figuras 11 y 12. Proceso de ejecución de la capa de base

Las cuatro muestras iniciales se realizaron incorporando 5%, 10%, 15% y 20% de cal en volumen, sumándose luego una muestra adicional de 18% para ajustar el porcentaje adecuado. Cada muestra se realizó en rectángulos con una superficie de 1m², sobre el mismo soporte, la capa de base, sobre la que se ejecutaría completa la capa de desgaste. A los efectos de mejorar la adhesión, la superficie se limpió para eliminar las partículas sueltas de material y se remojó en forma abundante, para luego ejecutar una capa de 2 cm de espesor. El suelo utilizado fue el mismo que para la capa de desgaste, aunque pasado por un tamiz de 2mm, y con una consistencia ligeramente viscosa. La revisión en obra de las muestras mostró una apariencia similar en términos de color y textura en las mismas, sin cambios evidentes por la mayor proporción de cal. El comportamiento mecánico fue variable, con una presencia significativa de fisuras y grietas con una mayor proporción en la primera muestra (5% de agregado de cal) y su presencia decrece hacia la muestra 4, con 20% de agregado de cal. Se observaron fallas en la adherencia entre la capa de desgaste y la torta base, que se pudieron observar a partir de desprendimientos manuales en fragmentos de muestra localizados en los extremos y en algunos casos hacia el centro de las mismas. La prueba de abrasión se realizó con un cepillo de alambre de 10 cm de diámetro y 1cm de espesor con cerdas de bronce, montado en un taladro inalámbrico Bosch GSR 120-LI. El disco se apoyó sobre la capa, sin presionar, ejecutando el taladro a una velocidad constante de 380 rpm y un par de giro de 30 Nm, durante 1 minuto. La prueba de erosión hidráulica se realizó a partir de la aplicación de un chorro de agua constante dirigido con presión, perpendicularmente, a una distancia de 10 cm, durante 5 minutos.

Tabla 1. Resultados de los ensayos

Ensayo	Torta Base	1 (5%)	2 (10%)	3(15%)	4(20%)
Abrasión	3 cm	2,6 cm	2.3 cm	2 cm	1,5 cm
Erosión	3 cm	2 mm	Descascaramiento superficial	Sin cambios	Sin cambios

Evidentemente, el incremento de proporción de cal en la mezcla le brinda una mayor durabilidad a la capa, con una resistencia incremental a la abrasión. En todo caso, el comportamiento de las cuatro muestras se evidencia superior al de la capa de base. Como se observa en la tabla, mientras que en las muestras con mayor proporción de cal (3 y 4) no hubo cambios aparentes ante la afectación del agua, en aquellas con menor proporción sí

se observó una pequeña erosión aunque muy limitada si se la compara con la capa de base sin estabilizar. La acción de la cal incorporada a la capa de desgaste es incluso más significativa que en la prueba de abrasión, evidenciando un mejor comportamiento ante la afectación del agua en las condiciones superficiales de la cubierta. En función de estos resultados se realizó una quinta muestra con un 18%, buscando ajustar un porcentaje más preciso, que presentó los mismos resultados frente a los ensayos, con una cantidad limitada de fisuras, y por lo tanto fue el porcentaje elegido para la ejecución en la totalidad del techo.



Figura 13. Muestras para la evaluación de la capa de desgaste

Las muestras se aprovecharon, asimismo, para ensayar las metodologías para el completamiento de las fisuras que se presentarían. A estos efectos, se preparó una barbotina, con el suelo tamizado y estabilizado en el porcentaje de cal seleccionado. Con este material se completaron todas las fisuras en las muestras, en dos aplicaciones. Los resultados fueron los esperados y no solo permitieron el llenado de las fisuras existentes, sino que además, por la filtración del material entre las capas, mejoraron la adherencia en los casos en que no era la adecuada. Al igual que en el caso de la capa de base, la de desgaste se aplicó en una jornada, con una logística similar a la ya referida. Con posterioridad al secado, se procedió a realizar el completamiento de las fisuras con la barbotina estabilizada, en sus dos aplicaciones. En particular el trabajo sobre los bordes en los aleros requirió un tratamiento específico para evitar un encuentro en ángulo que provocaría una línea de fractura por la mayor rigidez del suelo estabilizado.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Los criterios y prácticas de conservación arquitectónica continúan siendo un campo complejo y en discusión, en el marco de la tensión entre la universalidad de soluciones y las particularidades de cada caso. Lo observado aquí en torno a la Iglesia de Uquía y su trayectoria de conservación evidencia, por un lado, la necesidad de concebir a los edificios de un modo integral, comprendiendo a las técnicas y materiales, y a sus prácticas asociadas, como elementos que debieran ser indisociables de la propia valoración, y no como meros medios para la producción de un objeto. Por otro lado, en lo que respecta particularmente a la conservación de las arquitecturas con tierra, el caso expuesto evidencia la persistencia de prejuicios y desconocimientos técnicos que convergen en soluciones deficientes que afectan la conservación y sostenibilidad de los edificios en el tiempo. En este sentido, es relevante considerar el rol y la oportunidad que se da en el conocimiento de los saberes técnicos de las propias comunidades locales como claves para una conservación que se inserte en los criterios “universales”, pero desde los contextos locales, garantizando así la sustentabilidad de los edificios.

El proyecto llevado a cabo desde 2019 para la conservación de la Iglesia y en particular las decisiones tomadas en torno a la recuperación y conservación de la *torta de barro*, procuró el desarrollo de mejoras -principalmente a partir de la incorporación de la cal-, que sean coherentes con el sistema constructivo del edificio, desde la valoración del conocimiento local en diálogo con las experiencias que diferentes investigadores han realizado en este mismo sentido. Así, la propuesta no sólo procuró considerar alternativas que contribuyan a

la conservación integral de los edificios, sin que posibiliten el diálogo entre los distintos actores involucrados en su mantenimiento en el tiempo. En este sentido, resulta relevante considerar tanto la experiencia realizada como su correcta documentación y registro, en función de facilitar los trabajos futuros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cornerstones Community (2006). Adobe conservation. A preservation handbook. Santa Fe: Cornerstones Community.
- Delfino, D. (2001). Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina). En Kuznar, L. (ed.) *Ethnoarchaeology of Andean South America*. Michigan: International Monographs in Prehistory, p.97-137.
- Gisbert, T.; De Mesa, J. (1997) *Arquitectura andina, 1530-1830*. La Paz: Embajada de España.
- Herr, C.; Rolón, G. (2018). Registro documental e intervención patrimonial en la arquitectura religiosa de la provincia de Jujuy. Criterios implementados por la Comisión Nacional de Museos, de Monumentos y Lugares Históricos (CNMMLH) durante el período 1938-1946. *Anales del IAA*, 48(1), p. 31-45.
- Latina, S.; Sosa, M.; Varela Freire, G.; Dorado, P. (2017). Torta de barro. Comportamiento de materiales incorporados en la capa de desgaste. 17° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Paz: FAADU-UMSA / PROTERRA, p.113-122.
- Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>
- Ramos, A.; Nicolini, A.; Demargassi, C.; Marinsalda, J.C. (2004). Arquitectura de tierra. Medio ambiente y sustentabilidad. ¿Sustentabilidad o adaptabilidad? en los pobladores de Susques, noroeste de Argentina. Tercer Seminario Iberoamericano de construcción con tierra. San Miguel de Tucumán: Proterra – CRIATIC, p.121-131.
- Rotondaro, R. (1984). Arquitectura natural de la Puna. *Arquitectura y Construcción*, 41, p.38-41.
- Rotondaro, R.; Kirschbaum, C. (1993). Innovaciones en cubiertas de tierra del altiplano. Estudio comparativo de muestras en laboratorios. San Salvador de Jujuy: Programa de Ecología Regional.
- Rotondaro, R.; Rabey, M. (1988) Experimento tecnológico sobre techos de tierra mejorados en la Puna jujeña de la Región Andina. *Foco de tecnología apropiada*, 26, p.2-13
- Sica, G. (2014). Forasteros, originarios y propietarios en la quebrada de Humahuaca, Jujuy (siglos XVII y XVIII). *Estudios sociales del NOA* 14, p. 15-39.
- Tomasi, J. (2012). Mirando lo vernáculo. Tradiciones disciplinares en el estudio de “otras arquitecturas” en la Argentina del siglo XX. *Revista Área* 17, p. 68-83.
- Tomasi, J. (2013). Cubiertas con tierra en el área puneña. Acercamiento a las técnicas y prácticas contemporáneas en Susques (Jujuy, Argentina). 13° Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Valparaíso: Universidad Católica de Chile / PROTERRA, p.593-604.
- Tomasi, J.; Barada, J. (2020). Patrimonios coloniales y republicanos. Caracterización de sus técnicas y materialidades en la provincia de Jujuy. *Gremium*, 7 (14), p.53-68.
- Tomasi, J.; Barada, J. (2021). Alteraciones y patologías en el patrimonio construido con tierra. La introducción del cemento en casos de estudio en el norte de Argentina. XII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation | CINPAR 2021. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Tomasi, J.; Rivet, C. (2009). Patologías y propuestas en la cubierta de barro de un centro de interpretación arqueológica. Antofagasta de la Sierra, provincia de Catamarca. *Construcción con Tierra* 4, p.63-72.
- Volhard, F. (2016). Construire en terre allégée. Arles: Actes sud.

AUTORES

Jorge Tomasi. Arquitecto (FADU-UBA), Magíster en Antropología Social (IDES-IDAES-UNSAM), Doctor de la Universidad de Buenos Aires (FFyL-UBA) e Investigador Adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones en Ciencia y Técnica (CONICET), con lugar de trabajo en el Laboratorio de

Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT). Profesor Adjunto de la Universidad Nacional de Jujuy. Miembro de ISCEAH-ICOMOS y miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Julieta Barada. Arquitecta (FADU-UBA), Magíster en Antropología Social (IDES-IDAES-UNSAM), Doctora de la Universidad de Buenos Aires (FFyL-UBA) e Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones en Ciencia y Técnica (CONICET), con lugar de trabajo en el Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT). Docente de la Universidad Nacional de Jujuy. Miembro de ISCEAH-ICOMOS y de la Red Iberoamericana PROTERRA.

ENSAYOS DE MATERIALES DE ACABADO A BASE CAL Y SINTÉTICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL ENLUCIDO DEL TEMPLO DE SANTIAGO APÓSTOL DE KUÑOTAMBO, PERÚ

Benjamin Marcus¹, Elena Macchioni², Clemencia Vernaza³, Claudia Cancino⁴

Getty Conservation Institute, Estados Unidos,

¹blmarcus@getty.edu; ²emacchioni@getty.edu; ⁴ccancino@getty.edu

³Consultora del Getty Conservation Institute, Suiza, c.vernaza@bluewin.ch

Palabras clave: arquitectura de tierra,

Resumen

El artículo presenta los métodos y los resultados de la evaluación de los ensayos de acabado exterior en el templo de adobe de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú. Entre 2016 y 2019 el monumento fue restaurado como parte del Proyecto de Estabilización Sismorresistente (SRP, por sus siglas en inglés) del Getty Conservation Institute en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco y luego entregado al Arzobispado de Cusco, propietario del edificio, y a la comunidad campesina para su uso religioso. Las partes interesadas están ahora implementando un plan de monitoreo y mantenimiento, incluyendo la definición de protocolos y materiales para obras de refacción periódica, como el enlucido y pintado periódico de las fachadas. En noviembre 2020 se realizaron pruebas de enlucido y pintado en áreas de un metro cuadrado en la fachada sur del templo utilizando varias mezclas a base de cal y sintéticas. Las pruebas se dejaron expuestas a la intemperie durante la temporada de lluvias. En mayo de 2021 se llevaron a cabo ensayos para evaluar su rendimiento bajo varios criterios, siguiendo los estándares de pruebas ASTM D3359 y D4214 para medir la adherencia al sustrato y resistencia a la abrasión, RILEM II.4 para determinar la permeabilidad; además de medir la porosidad con esponja en contacto y la adhesión al soporte con puntero de resonancia. El objetivo era seleccionar un acabado duradero y compatible con los muros de adobe y acorde con las actividades de mantenimiento del templo a ser llevadas a cabo por parte del Arzobispado de Cusco y de la comunidad campesina de Kuñotambo.

1 INTRODUCCIÓN

El templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo es una estructura de adobe del siglo XVII ubicada en los Andes, en la provincia de Acomayo, al sureste de Cusco (Cancino; Lardinois, 2012). El edificio fue restaurado entre 2016 y 2019 en el marco del Proyecto de Estabilización Sismorresistente (SRP, por sus siglas en inglés) del Getty Conservation Institute (GCI) en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco (DDC–C) (Cancino et al., 2020). El SRP busca validar el uso de técnicas tradicionales, materiales y experiencia local para la estabilización sismorresistente de edificios patrimoniales de tierra; el templo de Kuñotambo es uno de los cuatro casos de estudio peruanos del proyecto, representativo de las construcciones religiosas virreinales de la región andina (Getty, s.f.).

Las obras de conservación y estabilización sismorresistente por parte de la DDC–C terminaron en junio 2019 (figura 1). El monumento fue inaugurado y entregado a su propietario, el Arzobispado de Cusco, responsable de su cuidado junto con la comunidad campesina de Kuñotambo. Las partes interesadas están ahora trabajando juntas para la elaboración de un plan de monitoreo y mantenimiento (Macchioni et al., próxima publicación) que incluye protocolos y materiales para obras refacción periódica. Entre ellas, el enlucido y pintado de las fachadas exteriores del templo y del campanario, necesario no solo a nivel estético, sino también para garantizar la protección a largo plazo del revestimiento de tierra y de los muros de adobe.

Desde la inauguración del templo en junio 2019, la superficie del revestimiento exterior del templo se había ido deteriorando de manera significativa, especialmente en las áreas más expuestas a condiciones medioambientales adversas (figura 2). Como parte de una primera

etapa de investigación durante el año 2020 se estudiaron una serie de ensayos de materiales a base de cal y sintéticos para determinar los mejores para el acabado exterior del templo.



Figura 1 – Vista del templo de Kuñotambo durante los últimos días de la obra de conservación y estabilización sismorresistente en junio 2019. Fotografía Juan Carlos Mellado © 2019, J. Paul Getty Trust y Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco

En noviembre de 2020 un equipo de especialistas liderado por el GCI en colaboración con la DDC–C realizaron muestras de enlucido y pintado en áreas de un metro cuadrado en las esquinas de los contrafuertes de fachada sur del templo utilizando varias mezclas a base de cal y sintéticas. Las muestras se dejaron expuestas a la intemperie durante la temporada de lluvias. En mayo de 2021 se llevaron a cabo ensayos estandarizados en cada muestra para seleccionar un acabado duradero y compatible con los muros de adobe y acorde con las actividades de mantenimiento del templo a ser llevadas a cabo por parte del Arzobispado del Cusco y de la comunidad campesina de Kuñotambo.



Figura 2 – Fachada principal del templo de Kuñotambo mostrando el deterioro del acabado exterior en noviembre 2020. Fotografía Luís Villacorta Santamato © 2020, J. Paul Getty Trust

2 METODOLOGÍA

Para encontrar el material de acabado más duradero y a la vez permeable, se realizaron varias muestras de un metro cuadrado utilizando diferentes mezclas de materiales en las esquinas de los contrafuertes de la fachada sur del templo; esta es la superficie más expuesta a los avatares del medio ambiente como fuertes lluvias y vientos en distintas direcciones (figura 3). Los materiales que se utilizaron para hacer las muestras incluyeron pintura de silicato Isaval, pintura vinil-acrílica (CCP y American Color) y mezclas a base de cal con aditivos como arena, mucílago de cactus, caseína, aceite de linaza, cola animal y jabón (tabla 1). Otra variable que se incluyó fue el uso de un imprimante antes de la aplicación del acabado, directamente sobre el revestimiento de tierra. Se hicieron además muestras con tres y cinco capas de cal para investigar el espesor adecuado; dejando curar cada capa por 24 horas antes de aplicar la siguiente; y manteniendo las superficies siempre húmedas con agua aerosol para facilitar el curado de la cal.

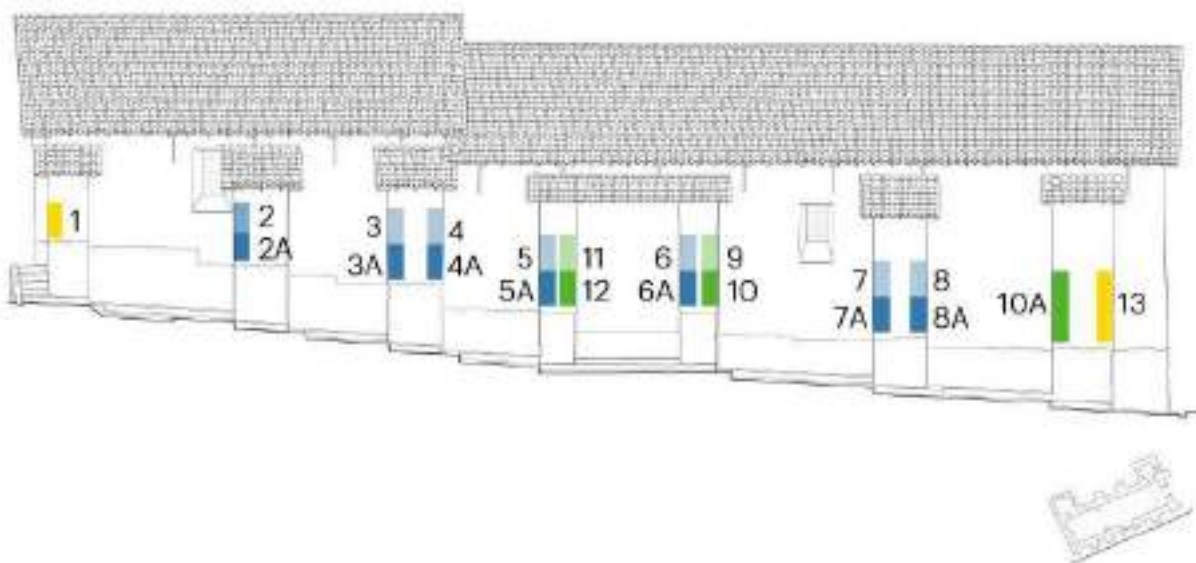


Figura 3 – Alzado sur del templo de Kuñotambo indicando la ubicación de las pruebas de acabado realizadas en noviembre 2020. Dibujo Elena Macchioni © 2021, J. Paul Getty Trust

Tabla 1 – Materiales usados para las muestras de acabados realizadas en noviembre 2020

MUESTRA	1, 13	2, 2A	3, 3A	4, 4A	5, 5A	6, 6A
Base	1 capa diluyente y agua	Embarre	Embarre	Embarre	Embarre	Embarre
Acabado	Pintura al silicato	Lechada de cal	Lechada de cal y arena	Lechada de cal y mucílago 5%	Lechada de cal y aceite de linaza 1%	Lechada de cal y caseína (leche en polvo) 3%
Núm. capas pintura ¹	2 capas con % diferente	2: 3 capas 2A: 5 capas	3: 3 capas 3A: 5 capas	4: 3 capas 4A: 5 capas	5: 3 capas 5A: 5 capas	6: 3 capas 6A: 5 capas
MUESTRA	7, 7A	8, 8A	9	10	11	12
Base	Embarre	Embarre	1 capa sellador y 1 imprimante sintético	1 capa sellador sintético	1 capa imprimante sintético	1 capa imprimante sintético
Acabado	Lechada de cal y jabón (0.5 barra de jabón / 12 litros)	Lechada de cal, jabón, cola y sal	9: Vinil-acrílico satinado 9A: Vinil-acrílico alta calidad	Vinil-acrílico alta calidad	Vinil-acrílico satinado	Vinil-acrílico alta calidad
Núm. capas pintura ¹	7: 3 capas 7A: 5 capas	8: 3 capas 8A: 5 capas	2 capas	2 capas	2 capas	2 capas

¹ Entre cada aplicación de capas de pintura se esperaron 24 horas.

El equipo de trabajo documentó de forma escrita y con fotografías todas las etapas de realización de las muestras (figura 4), incluyendo fotografías de las superficies antes y después de retirar la pintura original ya deteriorada y, después de la aplicación de cada capa de cada muestra utilizando un color checker.



Figura 4 – Maestros de obra de la DDC–C preparando los materiales y aplicando la primera capa de una de las muestras de acabado a base cal y arena en noviembre 2020. Fotografía Luís Villacorta Santamato © 2020, J. Paul Getty Trust

3 PRUEBAS DE EVALUACIÓN

Durante los días del 24 de mayo al 3 de junio de 2021 se realizaron una serie de pruebas sobre cada una de las muestras que permitieron la evaluación de su comportamiento tanto en la cara sur del contrafuerte directamente expuesta a la intemperie como en la cara lateral menos expuesta (figura 5).

Para la evaluación de cada una de las muestras se realizaron las siguientes pruebas:

1. Documentación fotográfica. Se tomaron fotografías de las muestras para cuantificar y graficar los deterioros y comparar el estado actual con el estado inicial de las mismas. Las fotografías se rectificaron con el programa MetigoMap.
2. Inspección visual de las muestras. La inspección visual permite información muy valiosa, en especial la presencia y extensión de craqueladuras y lagunas en la superficie.
3. Prueba de adhesión por puntero acústico o puntero de resonancia. Esta prueba demostró ser de gran utilidad para la evaluación de los revestimientos. El puntero acústico permite localizar las zonas que presentan desprendimientos entre las diferentes capas; esto es de vital importancia en la evaluación del comportamiento de los distintos materiales. Se realizaron gráficos de los desprendimientos localizados sobre fotografías rectificadas y con el programa MetigoMap se cuantificaron las áreas desprendidas para tener un porcentaje que permitiera comparaciones entre las diferentes muestras.
4. Prueba de cohesión (ASTM D4214). Para evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento frente a la cohesión, o pulverulencia, de las muestras se realizó esta prueba sobre un cuadrado de aproximadamente 0.10 x 0.10 m. de tela de pana lisa de color negro.
5. Prueba de Adhesión (ASTM D3359). Para realizar esta prueba se realizó una plantilla en cartón con marcas en los bordes que guiaran los cortes cada 0.02 m. Los cortes se realizaron con cortador utilizando una nueva cuchilla para cada una de las pruebas. Se utilizó cinta adhesiva transparente TESA 4124 de sustrato de PVC y de masa adhesiva de caucho natural. Esta es una cinta adhesiva para empacar con alto nivel de adhesividad y muy resistente al rasgado (Tesa, s.f.).
6. Prueba de absorción de agua a baja presión (RILEM II.4). La adhesión de los tubos de Karsten (RILEM) al sustrato de cal no es siempre fácil debido a que la superficie de cal es intrínsecamente pulverulenta y no facilita la adhesión del tubo. Fue necesario hacer

varias pruebas para garantizar que la prueba fuera completamente hermética y que la medida fuera fiable.

7. Prueba de porosidad abierta por esponja de contacto (NORMA UNI 11432:2011). En cada una de las muestras se realizaron tres medidas para hacer una media más adecuada.



Figura 5 – Ejecución de las pruebas de evaluación de las muestras en mayo 2021: prueba de adhesión por puntero acústico (izquierda), prueba de absorción de agua a baja presión RILEM II.4 (centro) y prueba de porosidad abierta por esponja de contacto UNI 11432 (2011) (derecha). Fotografías Luís Villacorta Santamato © 2021, J. Paul Getty Trust

Se creó una calificación que permitiera poder evaluar el comportamiento integral de las muestras realizando además una media entre el comportamiento de la parte expuesta directamente al medio ambiente y la de la parte más protegida por el alero y el contrafuerte. Para realizar la calificación de cada uno de los parámetros se crearon las matrices detalladas a continuación (tablas 2-3-4-5-6).

Tabla 2 – Observación de la superficie para detección de craquelado.

Sin craquelado	++
Craquelado de menos del 20% de la superficie	+
Craquelado del 20 al 50% de la superficie	-
Craquelado de más del 50 % de la superficie	--

Tabla 3 – Observación de la superficie para detección de abrasión.

Sin abrasión	++
Abrasión moderada	-
Abrasión fuerte	---

Tabla 4 – Prueba de adherencia según ASTM D3359.

ISO 0 ASTM 5B	+++
ISO 1 ASTM 4B	++
ISO 2 ASTM 3B	+
ISO 3 ASTM 2B	-
ISO 4 ASTM 1B	--
ISO 5 ASTM 0B	---

Tabla 5 – Prueba de cohesión (polverulencia) según ASTM D4214.

8	++
6	+
4	-
2	--

Tabla 6 – Prueba de adhesión por puntero de resonancia

Desprendimientos entre 0-10%	+++
Desprendimientos entre 11-20%	++
Desprendimientos entre 21-30%	+
Desprendimientos entre 31-50%	-
Desprendimientos entre 51-70%	--
Desprendimientos >70%	---

Al no existir un ideal de absorción o de porosidad abierta, estos parámetros no se cuantificaron pero si se tuvieron en cuenta para la evaluación final. Sin embargo es necesario tener en cuenta que en las muestras que presentan craqueladuras, el resultado no se refiere a la absorción del material sino a la absorción del sustrato de arcilla y paja muy higroscópica. Es decir que en los intersticios de las craqueladuras el agua se absorbe más independientemente del material que constituye la muestra.

Todos los datos adquiridos en el sitio se consignaron digitalmente en hojas de cálculos para su evaluación (tabla 7).

Tabla 7 – Ejemplo de la tabla digital de resultados para algunas de las pruebas (F se refiere a la cara frontal del contrafuerte, orientada al sur; L se refiere a la cara lateral del mismo)

Muestra	Material	Adhesión resonancia	Cohesión ASTM D4214	Adhesión ASTM D3359	Craqueladuras visual	Abrasión visual	Absorción Riem IL4	Porosidad abierta media	Total +	Media +	Total -	Media -
01 L	Silicato	+++	++	++	+++	++		0.189	11	11	0	0
01 F	Silicato	+++	+	+++	+++	++		0.032	11		0	
02 L	Cal + ceniza 3 capas	+++	+	-	+++	++		1.341	10	9	0	1
02 F	Cal + ceniza 3 capas	-	++	+++	---	++		1.324	8		2	
02A L	Cal + ceniza 3 capas	++	+	-	+++	++		1.193	9	7	0	3
02A F	Cal + ceniza 3 capas	---	++	-	---	++		1.382	5		6	
03 L	Cal + arena 3 capas	+++	-	++	+++	++		0.233	10	9	1	1
03 F	Cal + arena 3 capas	++	++	++	-	++		0.079	8		1	
03A L	Cal + arena 5 capas	+++	-	++	+++	++		0.385	10	8.5	1	1
03A F	Cal + arena 3 capas	-	++	++	-	++		0.08	7		1	
04 L	Cal + macho 3 capas	---	++	-	-	++		0.999	4	4.5	5	4.5
04 F	Cal + macho 3 capas	---	++	-	-	++		0.465	5		4	
04A L	Cal + macho 5 capas	---	++	++	++	++		0.683	6	6.5	5	5
04A F	Cal + macho 5 capas	---	++	+++	++	++		0.338	7		5	
05 L	Cal + aceite de linza 3 capas	+++	++	++	+++	++		0.0276	8	7.5	4	3.5
05 F	Cal + aceite de linza 3 capas	++	+	+	+++	---		0.388	7		3	
05A L	Cal + aceite de linza 3 capas	+++	-	-	+++	++		0.038	8	7.5	2	2.5
05A F	Cal + aceite de linza 3 capas	++	+	-	+++	---		0.554	7		3	
06 L	Cal + coque 3 capas	+++	-	-	+++	++		0.187	9	8	1	1
06 F	Cal + coque 3 capas	+++	+	---	+++	---		0.092	7		3	

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos de las pruebas llevadas a cabo en cada muestra se detallan a continuación y se presentan en el orden desde el mejor al peor comportamiento.

3.1 Muestras con pintura al silicato

Las muestras que mejor se comportaron fueron las de acabados realizados con pintura de silicato. Sin embargo estas muestras presentan una absorción casi nula. Por otra parte este material es muy costoso y solamente se puede adquirir en Lima. Vale la pena hacer un seguimiento a largo plazo a estas muestras, pues es posible que el costo de este material se compense con su durabilidad; esta variable no puede por el momento evaluarse.

3.2 Muestras con pintura a la cal de tres capas

La pintura a la cal sola presenta buenos resultados pero tiene un inconveniente importante que es la presencia de craqueladuras; estas pueden debilitar en corto tiempo los acabados exteriores llevando incluso a lagunas cuando el material está directamente expuesto al medio ambiente (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). Presenta una alta absorción de agua en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. Desde el punto de vista económico la cal presenta una ventaja ya que es un material de bajo costo. De igual manera, la pintura a la cal es de fácil uso y podría eventualmente ser aplicada por los pobladores, una vez capacitados, anual o bianualmente como parte del mantenimiento del monumento.

3.3 Muestras con pintura de cal y arena de tres capas

La superficie es muy firme y resistente. En la parte más expuesta al viento y las lluvias presenta ligeras craqueladuras que podrían con el tiempo crear lagunas y zonas frágiles. Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Los dos materiales empleados (cal y arena) son de bajo costo. El uso de los acabados con cal y arena es un poco más complejo que los acabados de solo cal; sin embargo, con un taller de capacitación para la comunidad, esta podría igualmente aplicar el acabado sin mayores problemas como parte del mantenimiento de las superficies exteriores del templo y del campanario.

3.4 Muestras con pintura de cal y caseína de cinco capas

En este caso la superficie presenta buenas características pero sin embargo es poco resistente a la abrasión al ser expuesta a los avatares del medio ambiente (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La aplicación de un acabado de cal y caseína puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.5 Muestras con pintura de cal y arena de cinco capas

Presenta buen comportamiento aun cuando se aprecia una leve tendencia a la pulverulencia. Por otra parte, al ser expuesta a fuertes vientos y lluvias (muestra frontal, lado sur del contrafuerte) presenta craqueladuras que pueden convertirse en lagunas y debilitar el acabado. Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Estas conclusiones también se aplican a la muestra de cal y arena de tres capas, siendo la realización de este acabado de una complejidad un poco mayor por parte de miembros de la comunidad.

3.6 Muestras con pintura de cal y caseína de tres capas

El problema más importante que presentan estas muestras es la débil resistencia a la abrasión en exposición directa a lluvias y vientos fuertes (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). La paja del revoque se hace visible y la higroscopicidad de la paja podría debilitar todo el revestimiento con un aporte excesivo de humedad. Esto se ve reflejado no solo en la inspección visual sino en la prueba de cohesión ASTM D4214 (2015). Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Los resultados de la prueba ASTM de adhesividad en esta muestra presentan una adhesión débil aun cuando este resultado no se ve reflejado de manera contundente con la prueba por puntero de resonancia. La aplicación de un acabado de cal y caseína puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.7 Muestras con pintura de cal y aceite de linaza de tres y cinco capas

Las muestras de cal y aceite de linaza presentan una abrasión débil lo que es posible observar a simple vista en la cara expuesta a los fuertes vientos y las lluvias (muestra frontal, lado sur del contrafuerte) y en el resultado de la prueba ASTM de cohesión. La paja

del revoque está visible y de igual manera, la higroscopicidad de la paja puede aportar cantidades importantes de humedad al sustrato. Presentan baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La adhesión no es excelente lo que se ve reflejado en la prueba ASTM de adhesión y en la prueba por puntero de resonancia. La aplicación de un acabado de cal y aceite de linaza puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.8 Muestras con pintura de cal y jabón de cinco capas

Las muestras con pintura a la cal y jabón presentan visualmente un buen acabado. Sin embargo su respuesta a las pruebas de cohesión ASTM D4214 y adhesión ASTM D3359 (2017) son débiles. Presentan baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La aplicación de un acabado de cal y jabón puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.9 Muestras con pintura CPP satinado, sellador e imprimante sintético

Los acabados con CPP satinado, sellador e imprimante presentan un grave problema de craquelado. Estas craqueladuras además de ser estéticamente desagradables, presentan un potencial de deterioro al permitir el ingreso de humedad por los intersticios. Por otra parte, la prueba de adhesión ASTM D3359 (2017) refleja una adhesividad baja, aun cuando este comportamiento no se vea reflejado en la prueba con el puntero de resonancia. Esto puede ser porque la capa de pintura no se ha desprendido aun. Las muestras presentan muy baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La pintura CPP es muy fácil de adquirir y podría eventualmente ser aplicada por la comunidad previo taller de capacitación.

3.10 Muestras con pintura CPP alta calidad y sellador

El principal defecto de estas muestras es la cantidad y profundidad de las craqueladuras que están presentes en toda la superficie. Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.11 Muestras con pintura de cal de cinco capas

Las muestras con pintura a la cal de cinco capas presentan principalmente dos problemas: una deficiente respuesta a la adhesión (presentando el 12% de desprendimientos en la superficie) y presencia de craqueladuras en la superficie que pueden causar mayores desprendimientos al permitir el ingreso de agua por los intersticios. Presenta alta absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.12 Muestras con pintura de cal y mucilago de cinco capas

Estas muestras presentan desprendimientos visibles a la prueba con puntero de resonancia, al igual que craqueladuras sobre toda la superficie. Además, presentan muy alta absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.13 Muestras con pintura de cal y jabón de tres capas

El comportamiento de esta muestra frente a la abrasión y a la adhesión es débil. Presenta muy baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.14 Muestras con pintura de cal, jabón, cola y sal de tres y cinco capas

Los resultados de las pruebas sobre estas muestras son muy bajos. Visualmente ya se pueden observar lagunas en las que el revoque es visible y con cierto grado de deterioro. Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

4 CONCLUSIONES

En conclusión, los acabados de alto rendimiento fueron mezclas simples a base de cal que incluían cal pura, arena y aceite de linaza. Si bien los acabados sintéticos como el silicato son duraderos, los costos de adquisición de los mismos son un problema para el propietario y para la comunidad local, además de requerir procedimientos de aplicación especializados. Es importante mencionar que la mezcla más adecuada se podría implementar no solo en el templo de Kuñotambo, sino también en las otras decenas de templos que el Arzobispado posee, haciendo que la variable de costo sea de vital importancia. En la siguiente fase del proyecto, se harán muestras de mayor tamaño en la fachada sur del templo utilizando los cinco acabados que han dado mejores resultados y serán dejados a la intemperie por un período más largo, incluyendo la exposición a la próxima temporada de lluvias; estas muestras serán evaluadas posteriormente utilizando las mismas pruebas. Se espera así seleccionar el acabado más duradero con el mejor desempeño para preservar el exterior de este importante monumento vivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D3359-17 (2017) Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test. USA: ASTM International. Disponible en: www.astm.org, <https://www.galvanizeit.com/uploads/resources/ASTM-D-3359-yr-2010.pdf>.

ASTM D4214-07 (2015). Standard Test Methods for Evaluating the Degree of Chalking of Exterior Paint Films. USA: ASTM International. Disponible en: www.astm.org, <https://worldwidestandard.net/wp-content/uploads/2019/07/D-4214.pdf>.

Cancino, C.; Lardinois S. (2012) Seismic Retrofitting Project: Assessment of Prototype Buildings, 2 vols. Los Ángeles: Getty Conservation Institute.

Cancino, C.; Macchioni, E.; Marcus, B.; Mellado, J. C.; Menéndez, J. C. (2020). Seismic retrofitting using local materials and expertise at a church in Kuñotambo, Peru. APT Bulletin v. 51 n. 2/3 p. 23-30, 2020.

Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco (2015). Proyecto de Inversión Pública: Recuperación del templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, distrito de Rondocan, provincia de Acomayo, departamento de Cusco. Archivo Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco – Área Funcional de Gestión de Proyectos.

Getty. (s.f.) Seismic Retrofitting Project. Disponible en: https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/seismic/index.html.

Macchioni, E.; Karanikoloudis, G.; Lourenço, P. B.; Mellado Flores, J. C.; Miranda Sotomayor, C.; Paliza Flores, V. S.; Rainer, L.; Reina Ortiz, M.; Santana Quintero, M.; Vernaza, C.; Cancino, C. (próxima publicación). Construyendo el cuidado a Largo Plazo: Plan de Monitoreo Multidisciplinario para el Templo de Kuñotambo, Perú. Proceedings of TERRA 2022 International Conference, Santa Fe, New Mexico.

UNI 11432:2011 (2011). Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Misura della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto.

RILEM II. Prueba de absorción de agua a baja presión. Disponible en: <https://www.prginc.com/Building%20Evaluation/Rilem%20Method%20-%20Revised%20-%20202.pdf>.

Tesa. (s.f.) Tesa® Professional 4124 Tesa pack premium. Disponible en: <https://www.tesa.com/en/craftsmen/tesa-professional-4124.html>.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los miembros de las comunidades de Kuñotambo y Rondocan; Luís Villacorta Santamato, consultor del GCI; Claudia Miranda Sotomayor, directora de la Sub-dirección de Patrimonio Cultural y Defensa del Patrimonio Cultural de la DDC-C, Juan Carlos Mellado Flores, arquitecto de la DDC-C y residente de obra en Kuñotambo; Violeta Socorro Paliza Flores, responsable del equipo técnico del Arzobispado del Cusco; y a todo el personal de la DDC-C y del Arzobispado del Cusco que ha colaborado en la realización de las muestras y las pruebas para el acabado exterior del templo de Kuñotambo.

AUTORES

Benjamin Marcus es un conservador especializado en la conservación de edificios y sitios históricos. Tiene una maestría de ciencias en preservación histórica (Columbia University). Desde 2012 es especialista de proyectos en el GCI, y antes de esto fue conservador de arquitectura en varias organizaciones, incluida la Autoridad de Cultura y Patrimonio de Abu Dhabi y Page & Turnbull Inc. En el GCI, trabaja en la Iniciativa de Arquitectura de Tierra incluyendo el Curso Internacional de Conservación de la Arquitectura de Tierra y el Proyecto de Estabilización Sismorresistente.

Elena Macchioni es arquitecta, especialista en patrimonio arquitectónico y paisajístico (Università degli Studi di Genova) y doctora en conservación del patrimonio arquitectónico (Politécnico di Milano). Ha trabajado en proyectos de conservación de patrimonio arquitectónico y arqueológico. Desde 2019 es especialista asociada de proyectos del Departamento de Edificios y Sitios del Getty Conservation Institute y colabora con el Proyecto de Estabilización Sismorresistente liderando el proyecto de monitoreo y mantenimiento del templo de Kuñotambo.

Clemencia Vernaza ha trabajado durante más de 30 años como conservadora privada en los campos de pintura mural y conservación de piedra. Estudió conservación en Colombia y se formó como conservadora de pintura mural en Roma y como conservadora de piedra en Venecia en el ICCROM. También participó en el curso CRATerre sobre la conservación de la arquitectura de tierra. Clemencia trabaja actualmente como freelance en Suiza y Colombia y como consultora en proyectos para la UNESCO y el GCI.

Claudia Cancino es especialista senior de proyectos del departamento de edificios y sitios en el Getty Conservation Institute y dirige la Iniciativa de la Arquitectura de Tierra, que incluye el Proyecto de Estabilización Sismorresistente en Perú. Es arquitecta colegiada del Perú con un certificado en Conservación (ARC 95 ICCROM) y tiene maestrías en administración de empresas (ESAN) y urbanismo (Universidad Ricardo Palma de Lima) y tiene una maestría en preservación histórica y un certificado avanzado en conservación (University of Pennsylvania).

EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA DE CAPAS DE AGARRE PARA REVOQUES DE TIERRA SOBRE PAREDES DE TÉCNICA MIXTA

Gonzalo García Villar

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), arqgonzalogv@gmail.com

Palabras clave: revestimiento, tierra alivianada encofrada, arrancamiento directo, durabilidad

Resumen

Los revoques de tierra son las capas finales de las construcciones con tierra y su función principal es protegerla de los efectos de la intemperie. Por su compatibilidad en los materiales componentes adhieren mejor y son más durables en muros de tierra que revoques compuestos por otros materiales como el cemento. Las superficies de algunos muros no son homogéneas como el caso de la técnica tierra alivianada encofrada (TAE) donde la madera de la estructura queda expuesta, lo que genera una adherencia diferencial. Esta condición provoca grietas y desprendimientos que puede afectar la protección de los muros y disminuir su durabilidad. Para evaluar la adherencia esta investigación propone acondicionar las superficies del muro de TAE mediante capas de agarre previas a los revoques gruesos, y los evalúan mediante ensayos de arrancamiento directo. Los ensayos confirmaron que la compatibilidad del muro, capas de agarre, y revoques gruesos está dada por la similitud en los materiales componentes, lo cual mejora la adherencia mecánica, a lo que se suma el engrudo de harina que genera una adherencia química. Para el ensayo de arrancamiento directo el valor más elevado fue 0.07 N/mm². La capa de agarre de mejor desempeño estaba compuesta por una pintura de tierra, arena y engrudo de harina de trigo, y posteriormente una mezcla de esta pintura con malhoja como fibra, principal material componente del muro de TAE.

1 INTRODUCCIÓN

Los revoques exteriores confieren a los muros una protección adecuada frente a los agentes atmosféricos y biológicos que pueden erosionarla, principalmente en las construcciones con tierra. Al igual que las cubiertas de los techos, son las partes más expuestas a la acción de los agentes ambientales y, por ende, las que sufren mayor degradación (Sosa et al., 2011). Los efectos del intemperismo en los revoques se manifiestan de diversas formas: acción abrasiva del viento, desgaste mecánico por lluvia, lavado por escurrimiento de agua, fisuras provocadas por movimientos sísmicos, por dilataciones y contracciones de los materiales ante cambios de temperatura, fracturas por congelamiento del agua al interior del revoque o degradación por lluvia ácida (Mattone, 2011; Quiñónez; Ayala, 2014). Por otra parte, la importancia en la investigación de los revoques puede evaluarse desde la condición de su ausencia o deficiencia; tales situaciones son causa de múltiples problemas: por ejemplo, en las edificaciones con tierra del ámbito rural y fundamentalmente en las viviendas ranchos, es uno de los principales factores de riesgo en las áreas la proliferación de vinchucas y, con ello, de la Enfermedad del Chagas (Rotondaro et al., 1999; Rolón et al., 2016). Asimismo, malas prácticas como el empleo de mezclas a base de cemento sobre muros con tierra son habituales. Estos revoques resultan en adherencias débiles y, como consecuencia, se agrietan con facilidad frente a cambios bruscos de temperatura e impactos mecánicos. La presencia de fisuras permite el acceso de agua hacia el interior de los muros pero restringe, al mismo tiempo, su posterior evaporación. Este último aspecto es señalado por Stazi et al. (2016) como un factor clave en la pérdida de la adherencia: cuando existe gran diferencia entre el módulo de elasticidad de la pared y el del revoque, los cambios de tensión debidos a sobrecargas, humedad y variaciones de temperatura pueden generar una tensión diferencial posible de dañar la adherencia entre el revoque y la superficie del muro.

Según la norma IRAM 1764 (2003), la adherencia se define como la resistencia a tracción

máxima entre un mortero y un soporte definido. A diferencia de los revocos a base de cemento, aquellos que emplean tierra sola resultan más compatibles con las paredes del mismo material en tanto colaboran en la permeabilidad al vapor de agua y presentan mayor compatibilidad mecánica (Hamard et al., 2013; Minke, 2016). Estas condiciones favorecen la obtención de mejores adherencias entre revocos y soportes, aunque en materiales como madera se reduce la adherencia. Para revestir estos materiales es preciso la aplicación de una capa intermediaria (capa de agarre) que garantice tal adherencia con el soporte. También colabora en evitar que la madera absorba rápido la humedad del revoque recién aplicado, cuestión que puede derivar en un desprendimiento o un craqueo excesivo (Weismann; Bryce, 2009).

En climas húmedos y cálidos, característicos de la ecorregión de selva de Yungas que se desarrolla en el sector Este de la provincia de Tucumán, es fundamental obtener una adecuada aislación térmica e hidrófuga en muros y cubiertas para la preservación de las construcciones y óptimas condiciones de habitabilidad. Esta ecorregión se caracteriza por la presencia de una densa y heterogénea vegetación y por posibilitar el desarrollo de diversas actividades agrícolas como el cultivo de caña de azúcar. A raíz de esta condición, la disponibilidad de pastos y residuos agrícolas de cosecha (RAC), que pueden emplearse como componentes constructivos, es amplia y diversa. En Tucumán y en el Noroeste Argentino el cultivo de la caña de azúcar es la base de la actividad económica regional. El RAC, denominado malhoja¹, presenta un alto potencial energético que actualmente no está totalmente explotado (Pulido et al., 2010), y posee condiciones para ser utilizada como componente constructivo, en especial para las técnicas de entramado como la tradicional quinchá, o bien técnicas de uso actual como la tierra alivianada encofrada (TAE). En ambas técnicas, los sustratos de los muros resultan adecuados para el empleo de revocos de tierra; el material vegetal utilizado, queda expuesto y brinda mejores condiciones de anclaje que en otras técnicas como las mamposterías de adobe o de bloques de tierra comprimida.

Es posible constatar el buen desempeño como aislante térmico de la técnica mixta TAE (Leichtlembau en su término de origen) frente a distintas condiciones ambientales debido al alto contenido de aire remanente en el interior de la masa del muro (Wieser et al., 2020). El uso de esta técnica se presenta como apropiada por el bajo costo de los materiales y la posibilidad de utilizarlo sin la necesidad de herramientas o maquinaria especializada (Minke, 2008); pero, en general, este sistema constructivo aún no presenta una adecuada resolución a dos problemas que se manifiestan en los revocos: la adherencia del revoque sobre la estructura principal de madera; y las fisuras que se transmiten al revoque ante la interrupción de continuidad del sustrato del muro con dicha estructura de madera, provocadas por el secado o por movimientos sísmicos.

El objetivo de este artículo es evaluar la variabilidad de adherencia de revocos de tierra en muros experimentales de tierra alivianada encofrada realizados con malhoja, frente a diferentes configuraciones de capa de agarre, mediante ensayos de arrancamiento directo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales para muros, capas de agarre y revocos

La tierra utilizada en los paneles, capas de agarre y revocos fue extraída al Oeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán, Argentina. Se caracterizó como franco arcillo limosa en el triángulo textural, con un 26% de arcilla, 64% de limo y 10% de arena obtenidos por el método del hidrómetro 152H (ASTM D-422-63, 2007) y por tamizado en seco. La tierra tiene un índice de plasticidad de 20% obtenido según norma IRAM 10501 (2007) y el coeficiente de actividad de las arcillas es de 0,78, entendido como el cociente entre el índice de plasticidad y el porcentaje de arcilla en las muestras (Skempton, 1953).

¹ Todas las hojas y restos de la caña que quedan en las fincas tras la cosecha (Valeiro; Biaggi, 2019)

La arena utilizada fue extraída de la cantera La Aguadita, al Norte de la ciudad de Las Talitas y fue tamizada en tamiz N°10 obteniéndose partículas menores o iguales a 2mm. La fibra denominada malhoja fue un residuo agrícola de cosecha obtenido en forma de megafardo de la Ciudad de Los Ralos, al Este de Tucumán, Argentina.

Finalmente se preparó una tierra base para realizar paneles, capas de agarre y revoques que consistió en una mezcla de 3 proporciones de la tierra desagregada, y 1 proporción de bosta desagregada, ambas tamizadas en tamiz N°10, agua hasta tapar la superficie, y estacionada 30 días.

Para algunas capas de agarre se preparó engrudo de harina de trigo, y además se utilizó malhoja, tela de lienzo y tela de arpillera.

2.2 Preparación del muro experimental de TAE

Para llevar a cabo la evaluación de revoques experimentales en laboratorio se realizaron tres paneles de TAE. Estos fueron hechos con tabla de obra de pino de 1" x 5", y sus dimensiones 0,8m x 0,8m, con 3 tablas separadoras equidistantes dentro del panel. Estas tablas sirvieron para realizar los ensayos. El prototipo de panel se muestra en la figura 1.

La tierra para la elaboración del relleno del panel se diluyó en agua corriente, por 7 días, siendo removida una vez al día para lograr la humectación. El encofrado se realizó con tablas de obra de 1" x 5" atornilladas a la estructura maestra del panel experimental. El procedimiento consiste en embeber la malhoja en barbotina - tierra en estado viscoso-, escurrir todo el líquido hasta que no chorree, y llenar con la mano el panel encofrado, ocupando todos los huecos. Luego del relleno total se dejó secar durante 28 días para la ejecución de las capas de agarre y revoques.

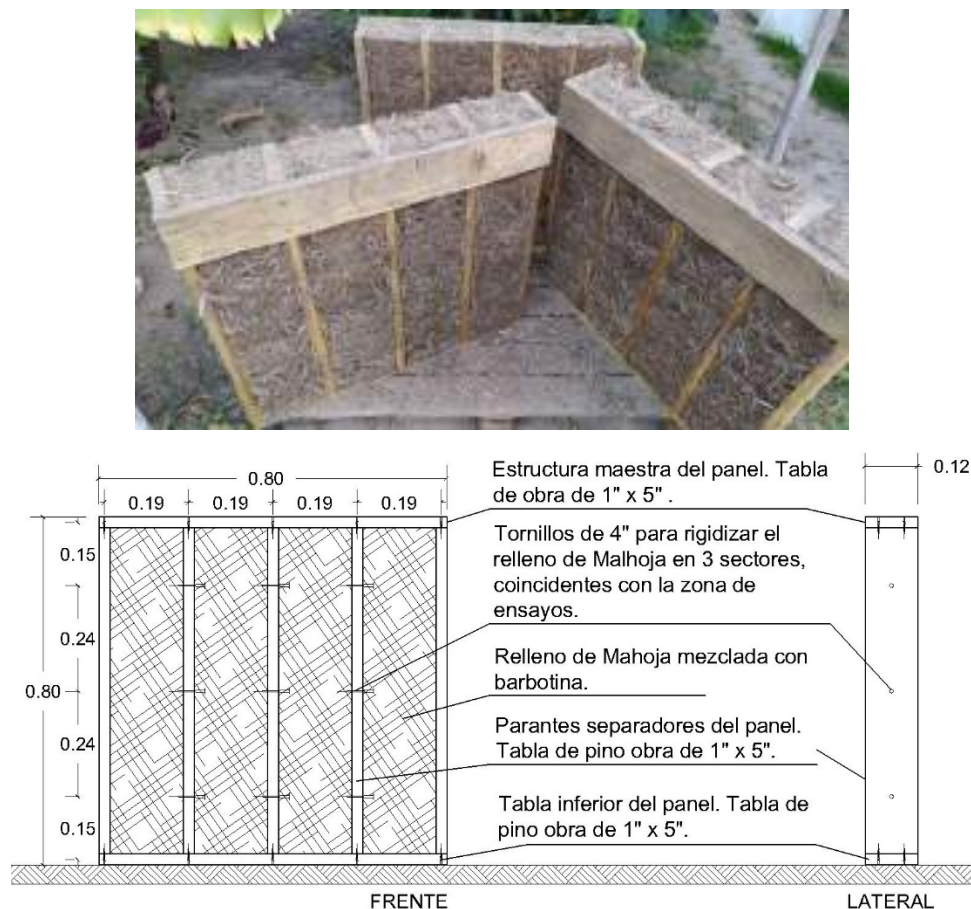


Figura 1. Paneles de TAE

2.3 Definición de dosificaciones de revoques

Para determinar la dosificación del revoque a utilizar se definieron cuatro muestras diferentes, presentadas en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de las muestras

Identificación	Composición en volumen
T	tierra desagregada (1)
TB	tierra base= tierra: bosta (3:1)
TA	tierra base: arena: malhoja (1:1:0,5)
TA4	tierra base: arena: malhoja (1:4:1)

El objetivo es lograr un revoque estable, firme, que no se fisure, con la menor retracción posible para que en el proceso de secado no se desprenda del soporte, es decir que no provoque disminución en la adherencia. Las tres muestras fueron sometidas a dos test simples de laboratorio: retracción lineal y adherencia por golpe.

a) Retracción lineal

Para la realización del test de retracción lineal se prepararon las muestras con cantidad de agua necesaria para lograr estado plástico. Fueron mezcladas durante 2 minutos y colocadas en los moldes correspondientes al test, cuyas dimensiones son 60cm x 4cm x 4cm. Se las deja secar durante 15 días en un ambiente con una temperatura de 25°C y una humedad constante. Para finalizar, se observan las retracciones lineales en forma de encogimiento de la muestra o en forma de grietas, y se miden en milímetros los espacios vacíos.

b) Adherencia por golpe

Para la realización del test de adherencia por golpe se adaptó el procedimiento propuesto por Minke (2008), reemplazando ladrillos comunes por el reverso de un cerámico de 24cm x 20cm, dado que los segundos presentan una superficie más homogénea y estandarizada que los primeros. Se preparan las muestras con cantidad de agua necesaria para lograr plasticidad, se humedece la superficie posterior del cerámico y se aplica con un espesor de 1,5cm. Se dejan secar de forma horizontal durante 7 días en un ambiente con una temperatura de 25°C y humedad constante. Luego, a las muestras de revoque que no se desprendieron del cerámico se le aplican golpes con un martillo de goma en la parte central del frente del cerámico con caída desde un ángulo recto en forma de péndulo como se muestra en las figuras 5 y 6, hasta lograr desprendimientos.

2.4 Ejecución de capas de agarre y revoques gruesos

Se realizaron 3 paneles experimentales de TAE, correspondiente cada uno a un tipo de capa de agarre propuesto. Las capas de agarre están compuestas por una pintura y un elemento de los tres propuestos: malhoja, lienzo y arpillera. De esta forma el panel 1 se ejecutó con pintura a base de tierra en estado viscoso, el panel 2 con una pintura a base de engrudo de harina de trigo, y el panel 3 con una pintura a base de una mezcla de arena, tierra en estado viscoso y engrudo de harina de trigo. A su vez en cada uno de los paneles se ejecutaron tres tipos de elementos finales para el ensayo de arrancamiento. Sobre la madera vertical izquierda se colocaron seis capas de agarre equidistantes de malhoja, lienzo en la central y arpillera en la derecha. Cada elemento se embebió en la pintura correspondiente al panel de trabajo antes de adherirlas. El tamaño de las capas de agarre es de 14cm x 70cm, al igual que el revoque final. La figura 2 muestra las capas de agarre y los revoques finales.



Figura 2. Capas de agarre y revoques por panel

2.5 Ejecución de ensayo de arrancamiento directo

Para el ensayo de arrancamiento directo se fabricó un instrumento de medición que consiste en una estructura metálica atornillada a la estructura maestra del panel, esta estructura tiene una polea canal de 2.5cm de diámetro en la parte inferior externa sujeta mediante tornillo roscado y tuerca, por la que desliza el cable conectado a la pieza vinculada al revoque. Sobre el cable se amarra un recipiente plástico al que se le agrega peso para lograr el arrancamiento, 500 g cada 20 segundos, como propone Hamard (2013). La pieza que se vincula directamente al revoque es un rectángulo de chapa de 6cm x 8cm con un gancho para agarrar el cable, y está adherida con pegamento epoxi para elementos de construcción y anclajes Sikadur-31. Este instrumental es una adaptación del explicitado en la norma IRAM 1764 (2003). En la figura 3 se expone el instrumental.

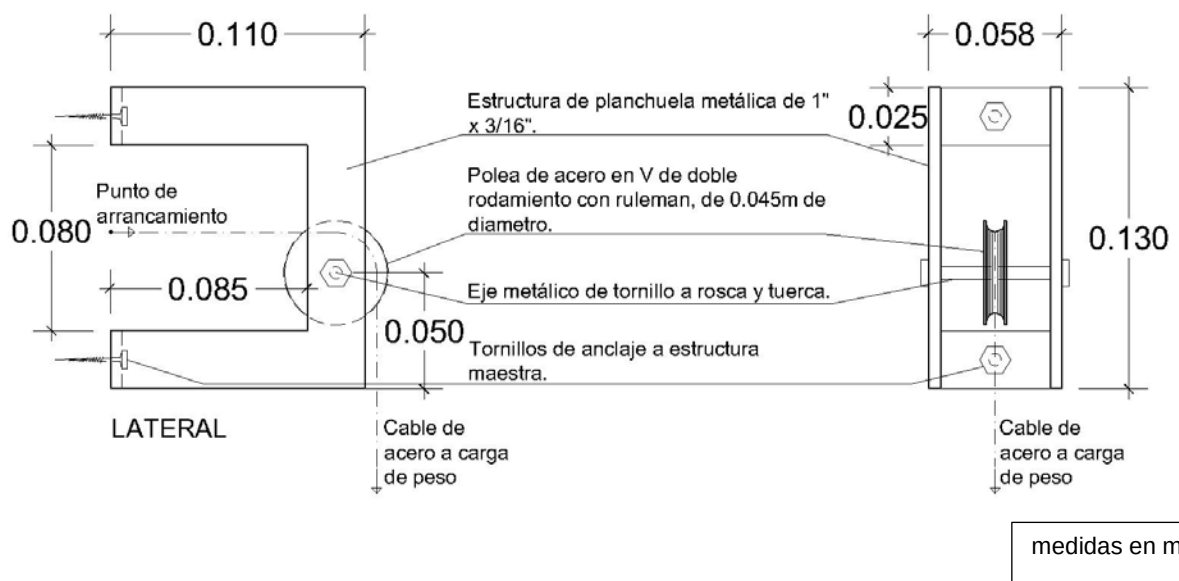




Figura 3. Muestras e instrumental de arrancamiento directo

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Retracción lineal

Los resultados de las cuatro muestras se exponen en la tabla 2 y en la figura 4.

Tabla 2. Retracción lineal

Muestra	Retracción lineal (mm)	
	longitudinal	transversal
T	44	4
TB	35	4
TA	21	2
T4A	2	0

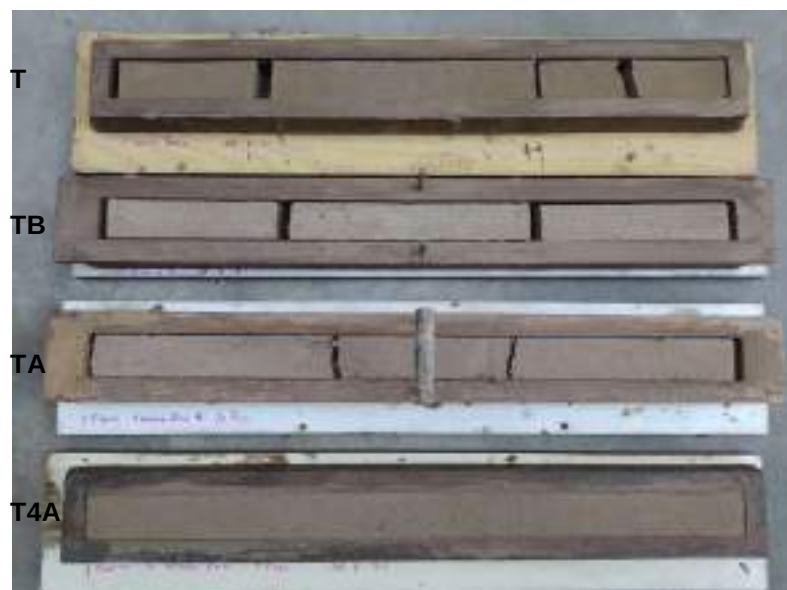


Figura 4. Resultados retracción lineal

3.2 Adherencia por golpe

Las muestras secas se exponen en la figura 5, y resultados del test de adherencia por golpe se muestran en la tabla 3.



Figura 5. Muestras secas para ensayo de adherencia por golpe

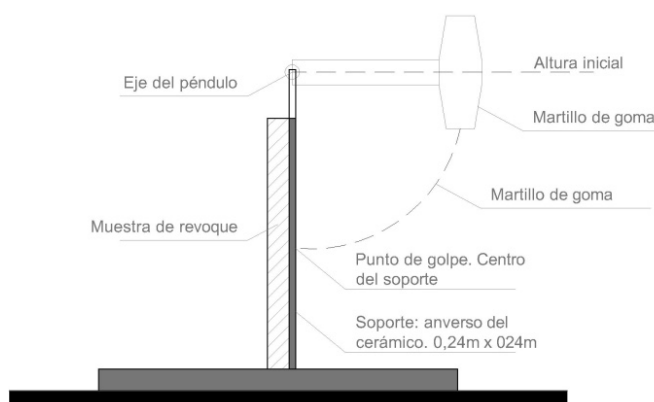


Figura 6. Test de adherencia por golpe

Tabla 3. Resultados de adherencia por golpes

Muestra	Grietas	Retracción (mm)	Adherido	Cantidad de golpes
T	no	8	no	0
TB	sí	8	no	0
TA	sí	0	sí	4
T4A	no	0	sí	14

Finalmente se eligió la muestra T4A para la ejecución de la totalidad de los revoques, porque fue la de menor retracción lineal, y en el test de adherencia por golpe se mantuvo adherida, y además fue la de mayor resistencia a golpes. En orden de desempeño le sigue la muestra TA, la TB, y finalmente la T, aunque en el test de adherencia por golpes la muestra TB presentó una grieta y la T ninguna, es notable la diferencia en el test de retracción en la retracción longitudinal con 44mm para la muestra T y 35mm para la muestra TB.

3.3 Arrancamiento directo

Los resultados obtenidos en el ensayo de arrancamiento directo exponen que las capas de agarre de mejor comportamiento fueron las del panel 3, que combinaron la pintura de tierra, engrudo de harina y arena en proporciones iguales, junto a malhoja, cuya resistencia de

adherencia promediada entre las 6 muestras ensayadas fue de 0.07 N/mm^2 . En orden de resistencia le siguen también en este panel la que utilizó lienzo, con un promedio total de 0.6 N/mm^2 y finalmente la que utilizó arpillera, con un 0.05 N/mm^2 .

De acuerdo con los resultados de resistencia al arrancamiento, la pintura de mejor comportamiento fue la mezcla de arena, tierra en estado viscoso y engrudo de harina de trigo (panel 3), seguida de la tierra (panel 1) y, por última, la de engrudo de harina de trigo (panel 2).

Los resultados se exponen en la tabla 4, y el proyecto de investigación se expone en la figura 7 mediante un organigrama explicativo.

Tabla 4 – Resultado del arrancamiento directo

Muestra	Pintura	Arrancamiento directo (N/mm^2)		
		Malhoja	Lienzo	Arpillera
Panel 1	Tierra en estado viscoso	0.05	0.03	0.01
Panel 2	Engrudo de harina de trigo	0.02	0.01	0.01
Panel 3	Tierra, engrudo, arena (1:1:1)	0.07	0.06	0.05

($1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kgf/cm}^2$)

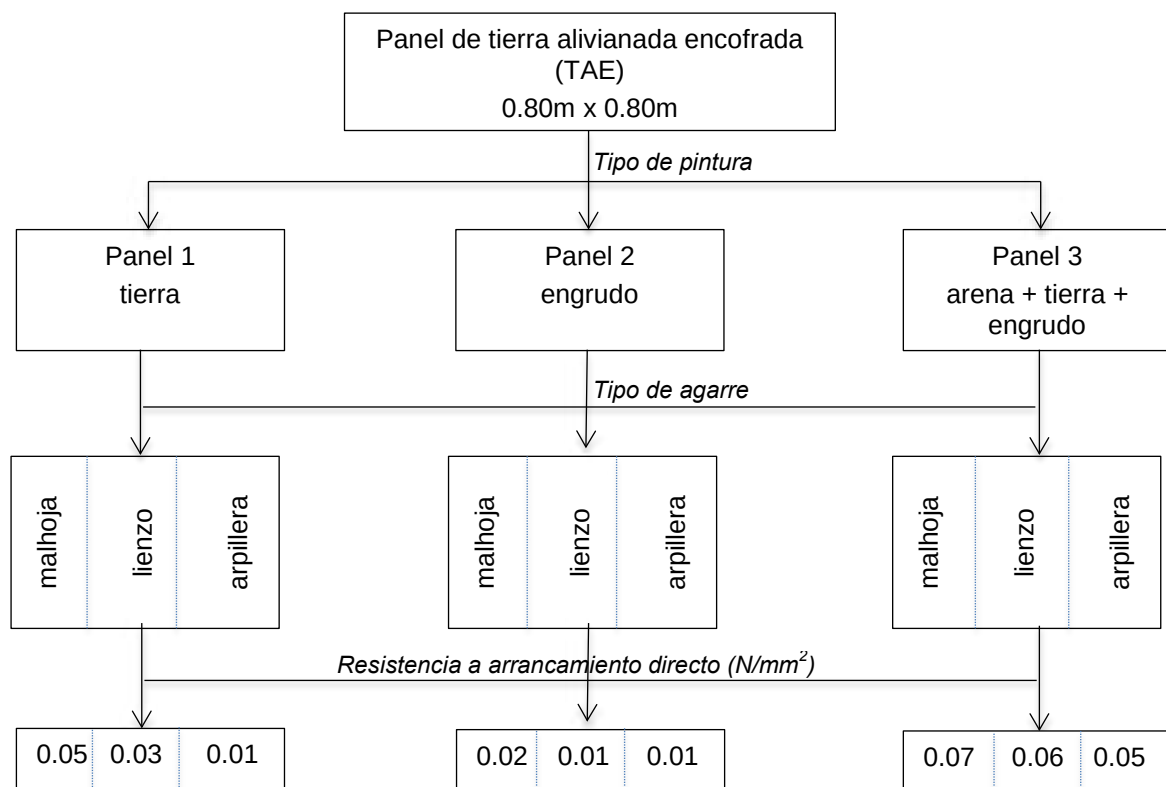


Figura 7. Organigrama del proyecto de investigación con resultados

En referencia al panel al que solo se le aplicó pintura de engrudo cabe destacar que las capas de agarre tendían a desprenderse en el momento de aplicar el revoque, situación que expone la importancia de agregar el engrudo mezclado con otros materiales, como se llevó a cabo en el panel 3, y no como pintura única.

4 CONSIDERACIONES FINALES

La capa de agarre de mejor comportamiento estaba compuesta por una pintura de tierra, arena y engrudo de harina, y se completaba con el elemento malhoja. De esto se interpreta que los materiales constituyentes, tierra, arena y malhoja generan una adherencia mecánica durante el secado, por trabazón entre ellos mismos, y con el sustrato en el que fueron aplicados, constituido por malhoja y madera. Por otro lado, también se interpreta que se genera una adherencia química, dada por la actividad de las arcillas, tanto para dar cohesividad a las muestras durante la preparación y el secado, como para unirse al sustrato que también está constituido por tierra con contenido de arcilla y cuya madera se pinta antes de aplicar la capa propiamente dicha. Además, se interpreta que el agregado de engrudo de harina de trigo también genera adherencia química.

Si bien todas las capas de agarre que estaban constituidas por la pintura antes mencionada fueron las de mejor comportamiento, es importante destacar que en comparación entre los elementos agregados – malhoja, lienzo y arpillera - la malhoja obtuvo las mejores resistencias para los dos tipos de ensayo. Se interpreta que se genera una continuidad en el sustrato, del mismo material con el que está constituido el muro, diferente a lo que sucede al aplicar elementos como lienzo o arpillera, materiales que no fueron incorporados en otra parte del sistema. Incluso la malhoja que constituye el muro y la capa de agarre, también se incorporó al revoque, obteniéndose de esta forma materiales similares en sustrato, capas de agarre y revoques, lo que permite concluir que la similitud de materiales constituyentes del conjunto mejoraría la cohesión interna y la adherencia final del conjunto. Esta similitud en materiales permitiría un comportamiento conjunto ante posibles movimientos sísmicos o cambios de temperatura dado por análogos módulos de elasticidad.

Para futuras investigaciones se propone complementar los ensayos realizados con otros ensayos de corte o cizallamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D422-63 (2007). Standard test method for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International.

Hamard, E., Morel, J., Salgado, F., Marcom, A., Meunier, N. (2013) A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture. *Journal of Cultural Heritage*. p.109-115.

IRAM 10501 (2007). Determinación del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP). Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 1764 (2003). Método de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Mattone, M. (2011). Intonaci in terra e gesso per la protezione delle costruzioni in terra cruda. Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. p. 315-322.

Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Editorial Fin de Siglo, Montevideo.

Minke, G. (2016) Revoques de barro; mezclas, aplicaciones y tratamientos. BRC Ediciones, Buenos Aires.

Pulido, G.; Risso, M.; Rearte, M.; Abdelhamid, S. (2010). Peletizado de residuos agrícolas cosecha de caña de azúcar. Publicado online en <https://www.inti.gob.ar/publicaciones>.

Quiñónez, F., Ayala, V. (2014) Evaluación de la adherencia de revestimiento en paredes construidas con tierra mediante un equipo de laboratorio autoconstruido. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil. p.1-10.

Rolón, G., Olivarez, J., Dorado, P., Varela Freire, G. (2016) Las construcciones del espacio domiciliar y peridomiciliar rural como factores de riesgo de la Enfermedad de Chagas. Universidad de Buenos Aires: Construcción con Tierra. p. 57-68.

Rotondaro, R., Cécere, M., Castañera, M., Gürtler, R. (1999) Propuesta para mejorar la vivienda rural en zonas afectadas por el Mal de Chagas. Santiago del Estero, Argentina. Estudios de Hábitat Vol. 2 (6). p. 5-16.

Skempton, D. (1953). The colloidal "activity" of clays. International society for soil mechanics and geotechnical engineering. p. 57-61.

Sosa, M., Latina, S., Castellote, M., Ferreyra, I., Chaila, J. (2011) Monitoreo de revestimientos de muro construidos con tierra. Caso Amaicha del Valle, Tucumán. In: Libro de Resúmenes del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 13. Valparaíso: Duoc/PROTERRA. p.1-12.

Stazi, F., Nacci, A., Tittarelli, F., Pasqualini, E., Munafo, P. (2016) An experimental study on earth plasters for earthen building protection: The effects of different admixtures and surface treatments. Journal of Cultural Heritage p.27-41.

Valeiro, A.; Biaggi, C. (2019). Revisión crítica de la evolución tecnológica de la cosecha de la caña de azúcar en la Argentina. Revista de investigaciones agropecuarias. p. 31-43.

Weismann, A., Bryce, K. (2009). Enduits y peintures naturels, á base de chaux ou de terre. Editorial La plage. P.161

Wieser, M.; Onnis, S.; Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22(1), 164-174. <https://doi.org/10.14718/ReArq.2020.2633>

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Guillermo Rolón por el aporte y seguimiento en este artículo.

AUTOR

Gonzalo García Villar, Arquitecto, doctorando en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Becario doctoral de CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador en permacultura por el Instituto Argentino de Permacultura. Diseñador, director y constructor de diversas obras de arquitectura de tierra y bioclimáticas. Miembro de la red argentina PROTIERRA.

RESISTÊNCIA À ABRASÃO E PODER DE COBERTURA DE PINTURAS PRODUZIDAS COM PIGMENTOS OBTIDOS DE SOLOS

Fernando de Paula Cardoso¹, Leonardo Gonçalves Pedroti², Anôr Fiorini de Carvalho³, Milene Gil Duarte Casal⁴, Kai Loh⁵

¹Rede Ibero-americana PROTERRA, Brasil, fernandodepaulacardoso@gmail.com

²Departamento de Engenharia Civil, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, lpedroti.ufv@gmail.com

³Departamento de Solos, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, afiorini@ufv.br

⁴Laboratório Hercules – Universidade de Évora; Portugal, mlenegil@uevora.pt

⁵Escola Politécnica – Universidade de São Paulo; SP, Brasil, kai.loh@usp.br

Palavras-chave: tintas látex, pigmentos inorgânicos naturais, desempenho

Resumo

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Nestas tintas, as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas, situação que representa um limite à apropriação da técnica pela população. O objetivo deste estudo é, portanto, analisar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos sobre a resistência à abrasão e o poder de cobertura deste tipo de pintura. Para tanto, foram preparadas amostras de tinta com diferentes tipos de pigmento e proporções de ligante. Estas tintas foram aplicadas em substratos especiais e as pinturas correspondentes foram caracterizadas quanto à rugosidade, à espessura e à microestrutura de suas superfícies. Em seguida, foi avaliado o desempenho quanto ao poder de cobertura e a resistência à abrasão. Os resultados alcançados demonstraram que pigmentos com elevadas proporções de silte ou pseudosilte resultaram em pinturas com elevadas resistências à abrasão e poderes de cobertura, sendo tais resultados também influenciados pelas propriedades ópticas dos pigmentos e o teor de pigmentos das tintas.

1 INTRODUÇÃO

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos, poliacetato de vinila (PVAc) e água, são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Cardoso et al. (2016a) realizaram um estudo inicial com o objetivo de desenvolver um processo de produção e avaliar a resistência à abrasão e o poder de cobertura deste tipo de tinta; Faria e Schmid (2017) avaliaram a resistência à radiação UV, e condensação de água por ensaio acelerado; e Lopes *et al.* (2019) e Tressmann *et al.* (2020) avaliaram a resistência à abrasão e o poder de cobertura destas tintas produzidas com adições de resíduo de corte de granito e mármore, respectivamente.

Apesar da carência de estudos, cabe ressaltar a atuação do projeto Cores da Terra, sediado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que desde 2005 promove ações de pesquisa e difusão de técnicas de produção e aplicação de tintas formuladas com pigmentos obtidos de solos.

A criação do projeto foi inspirada na técnica tradicional de pintura conhecida como barreado, que consistia da aplicação da tabatinga (palavra de origem indígena tupi 'towa'tinga', que significa barro branco ou barro esbranquiçado) nas paredes das edificações com o uso de um pano úmido.

Diferente das tintas industrializadas, a aderência da tabatinga é promovida apenas pelas características superficiais das partículas das argilas e pela porosidade e rugosidade do substrato, insuficientes para garantir a resistência aos efeitos do intemperismo e outros agentes, demandando, portanto, manutenções frequentes.

Uma das possíveis soluções para este problema seria transformar o barreado em uma tinta propriamente dita, por meio da adição de materiais ligantes, como a cola de amido, popularmente conhecida como “grude”, ou o poliacetato de vinila (PVAc), a cola branca.

Estas soluções passaram a ser difundidas por meio de cursos e distribuição de cartilhas em atividades promovidas pela UFV e outras instituições.

A intensa difusão favoreceu o diálogo com os usuários, que passaram a contribuir com o desenvolvimento da técnica por meio de relatos de suas experiências. Muitos deles afirmaram, por exemplo, que com o “grude” era observado o mesmo problema apresentado pelo barreado. Muitos preferiam o PVAc, que garantia maior aderência, mas, por outro lado, era inacessível a uma parte da população devido ao seu custo. Outros já se referiam à rápida decantação dos pigmentos.

Tais situações motivaram a busca pelo conhecimento dos processos industriais de produção de tintas, que se deu por meio do estudo da literatura especializada, do contato com pesquisadores e fabricantes, e do acesso aos métodos de avaliação do desempenho recomendados tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

Esta nova abordagem foi adotada no ano de 2008, por meio da realização da primeira pesquisa científica conduzida pela equipe do projeto, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG). Os resultados desta pesquisa mostraram que era possível definir dosagens com baixos teores de PVAc a partir da análise comparativa do desempenho das pinturas. Além disso, mostraram que a decantação dos pigmentos estava relacionada à existência de aglomerados de partículas e, além disso, de partículas indesejáveis, que deveriam ser eliminadas para melhorar a estabilidade das suspensões.

O conhecimento adquirido motivou a realização de uma segunda pesquisa (Cardoso *et al.*, 2016a), por meio da qual foram solucionados os principais problemas relacionados ao processo de produção das tintas e ao desempenho das pinturas.

Por meio desta pesquisa também se constatou que, para formulações idênticas, as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas. Tal situação se apresenta como um limite à apropriação da técnica pela população, considerando que uma mesma formulação pode acarretar diferentes desempenhos em função do tipo de pigmento empregado.

Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos sobre a resistência à abrasão e o poder de cobertura de pinturas látex econômicas para edificações não industriais.

2 AS PROPRIEDADES DAS TINTAS LÁTEX PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Silva e Uemoto (2005), em um diagnóstico realizado sobre cinco categorias de tintas látex, apresentam os valores mínimos e máximos dos principais requisitos de desempenho apresentados por tais produtos (tabela 1).

Tabela 1 - Valores mínimos e máximos de algumas propriedades de cada classe de tinta látex (adaptado de Silva e Uemoto, 2005, p.15)

Propriedade	Classe de tinta látex				
	Vinil acrílica	Látex PVA	Acrílica fosca	Acrílica acetinada	Acrílica semibrilho
Teor de ligante) (% , massa)	2,7 a 8,0	4,3 a 13,0	5,1 a 14,0	15,9 a 18,8	12,3 a 21,5
Teor de pigmentos (% , massa)	34,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6
Resistência à abrasão úmida (ciclos)	6 a >1000	21 a >1000	>1000		
Poder de cobertura da tinta seca (m²/L)	1,0 a 5,8	2,2 a 7,1	4,0 a 7,0	4,2 a 6,3	4,2 a 8,3

Os pigmentos são comercializados por massa, mas a propriedade de difundir a luz é garantida por seu volume (Braun, 1995). A relação de volume entre pigmento e ligante em uma pintura é descrita pela concentração volumétrica de pigmento (PVC), que é expressa em porcentagem conforme a equação 1.

$$PVC = \left(\frac{\text{Volume de pigmento}}{\text{Volume de pigmento} + \text{Volume de ligante}} \right) \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

Quanto à PVC, as tintas látex comerciais com acabamento fosco empregadas na pintura de paredes são formuladas com PVC de aproximadamente 45%, conforme Learner *et al.* (2007); ou, conforme Waters (1997), PVC de 72% para as tintas látex de cor branca com acabamento fosco e de 35% para aquelas com acabamento semibrilho.

Resistência à abrasão e poder de cobertura

A NBR 15079 (2011) estabelece os requisitos e critérios mínimos para os três níveis de desempenho das tintas látex nas cores claras (econômica, standard fosca, premium fosca), quando utilizadas como acabamento em paredes, muros ou fachadas de edificações não industriais.

Dentre os métodos de ensaio determinados pela norma, aqueles especificados pelas NBRs 14942 e 15078 são os de interesse do presente trabalho: a NBR14942 (2012) apresenta o método para avaliação do poder de cobertura da pintura, que consiste do cálculo da área máxima aplicada, em metros quadrados por unidade de volume, que apresente razão de contraste de 98,5%; e a NBR15078 (2004) apresenta o método para a avaliação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva, que é a capacidade que uma pintura possui de resistir ao desgaste mecânico provocado por escovação realizada pela máquina de lavabilidade.

Os fatores determinantes do poder de cobertura são, conforme Schaeffer (1995), o tamanho das partículas dos pigmentos, o estado de sua dispersão e sua concentração (PVC). Ao diminuir o tamanho, o número de partículas e superfícies para reflexão e refração da luz aumenta, assim como a capacidade de dispersão da luz de um determinado volume de pigmento, existindo, portanto, um tamanho ótimo relacionado ao comprimento de onda da luz, no qual a máxima eficiência de espalhamento é obtida (Schaeffer, 1995). O comprimento de onda do espectro visível varia de aproximadamente 0,4 a 0,7 µm, com pico de luminosidade a 0,55 µm. A dispersão máxima da luz ocorre quando as partículas têm um tamanho de aproximadamente metade do comprimento de onda da luz e há uma grande diferença no índice de refração entre elas e o meio (Faulkner; Schwart, 2009). Conforme

Abel (1999), o tamanho é normalmente expresso como um diâmetro médio das partículas primárias predominantes. No entanto, partículas de pigmentos não são geralmente esféricas e, portanto, podem ter diferentes dimensões em função de suas formas, dependendo das medidas de comprimento, largura e altura, o que resulta em uma série de suposições e simplificações, que enquadram os pigmentos, em geral, entre 0,1 a 5 μm . Já os pigmentos empregados como extensores (os pigmentos conhecidos como extensores ou cargas têm, principalmente, a função de aumentar o poder de cobertura das tintas), predominantemente de origem inorgânica, podem alcançar até 50 μm . À medida que o tamanho das partículas aumenta, sua capacidade de dispersar a luz aumenta até um máximo e em seguida começa a diminuir. Esta capacidade de espalhar a luz é proporcional ao poder de cobertura do pigmento, ou seja, o poder de cobertura também atinge um máximo e diminui à medida que o tamanho da partícula aumenta (Abel, 1999). A opacidade resulta da dispersão da luz em uma interface entre substâncias com diferentes índices de refração (por exemplo, a interface entre ar e polímero, ou ar e pigmento). Tal dispersão e, logo, a opacidade, pode ser alcançada se a película for rugosa ou contiver grande número de espaços vazios (microporos), ou seja, se estiver formulada na concentração volumétrica crítica de pigmento (CPVC) (Stward *et al.*, 2000).

Considerando-se o fator tamanho, apenas a fração argila, que contém partículas de diâmetro menor ou igual a 2 μm , apresentaria opacidade suficiente para ocultar o substrato. Por outro lado, as partículas de silte, que possuem diâmetro entre 2 e 50 μm , podem atuar como extensores, promovendo o aumento do poder de cobertura.

Quanto à resistência à abrasão, este requisito não é uma propriedade única ou isolada de um material, mas sim relacionada a outras características físicas, como dureza, resistência à tração, coesão e elasticidade. Além disso, para manter sua função protetora ou decorativa, a espessura de um revestimento pode ser um fator importante (Morse, 1995), assim como a presença de partículas inertes entre os pigmentos (Mills, 1995).

A resistência à abrasão aumenta à medida que se aumenta a proporção de ligante. Tal efeito é explicado pelo recobrimento mais eficiente dos pigmentos promovido pela maior proporção de ligante. Por outro lado, ao aumentar a proporção de ligante, o poder de cobertura tende a diminuir devido à redução da PVC, que deixa os pigmentos mais dispersos no meio, prejudicando assim a ocultação do substrato (McGonigle; Ciullo, 1996).

Além disso, a polimerização do acetato de vinila ocorre em pHs entre 4 e 6. Fora desse limite, a polimerização é comprometida, limitando assim a capacidade do ligante de recobrir e proteger os pigmentos, afetando a resistência à abrasão (Standeven, 2011; Yamak, 2013).

3 MÉTODOS

3.1 Definição dos solos

Os critérios adotados para definir os solos empregados neste estudo foram a cor e as naturezas mineralógica e textural. Quanto à cor, embora os solos apresentem uma grande variedade cromática, buscou-se representar essa diversidade por meio de amostras com maiores ocorrências na região sudeste do território brasileiro. Quando às propriedades mineralógicas, foram escolhidos solos de dois grandes grupos: com mineralogias oxídica e caulinítica. E, quanto às propriedades texturais, foram escolhidos solos argilosos e siltosos. As classes dos solos (Embrapa, 2018) definidos, bem como as características relevantes para este estudo foram:

Gleissolo Melânico Tb Distrófico (GMD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; partículas com forma laminar, que facilitam o ajuste face-a-face onde as forças de Van der Waals e eletrostáticas se manifestam e aumentam a estabilidade dos agregados.

Argissolo Amarelo Distrocoeso (AAC): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; baixo teor dos agentes cimentantes (óxidos), o que torna os agregados muito suscetíveis à desagregação.

Argissolo Amarelo Distrófico (AAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; apesar de apresentar óxidos, este solo é considerado jovem e, portanto, a cimentação não estabilizou os agregados, facilitando assim a dispersão das partículas.

Latossolo Amarelo Distrófico (LAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica e, em menor escala, gibbsítica; agregados de partículas com matriz agregante estável.

Latossolo Vermelho Distrófico (LVD): material composto predominantemente por silte; as micas remanescentes das rochas de origem ainda conservam parte de suas estruturas e o tamanho das partículas permitem até mesmo serem reconhecidas a olho nu.

Latossolo Vermelho Distrófico Húmico (LVH): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

Latossolo Vermelho Acriférico Típico (LVA): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

3.2 Preparação dos pigmentos

A preparação dos pigmentos consistiu na remoção das partículas indesejáveis à produção de tintas, tais como a areia grossa e materiais orgânicos e na concentração das partículas desejáveis, tais como a argila e o silte. O processo (figura 1) foi realizado mecanicamente em meio líquido, por meio de procedimentos simples, reprodutíveis em escala não-industrial.

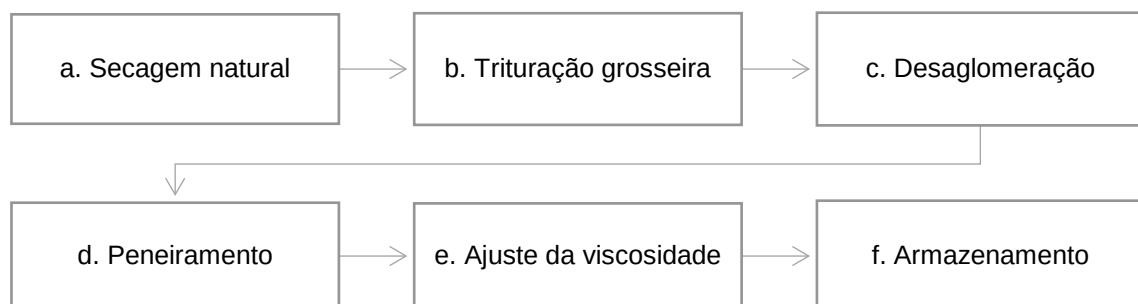


Figura 1 – Processo de preparação dos pigmentos

a. Secagem natural:

Após a coleta, os solos foram espalhados em superfície plana e expostos ao sol pelo prazo de 7 dias.

b. Trituração grosseira:

Após a secagem natural, os agregados foram triturados manualmente até serem reduzidos a fragmentos com diâmetro aproximado inferior a 5mm.

c. Desaglomeração

O material peneirado foi vertido em volumes de 30 litros por vez em recipientes com 60 litros de água; em seguida, o material foi desaglomerado mecanicamente pelo prazo aproximado de 45 minutos. A desaglomeração das partículas se fez por meio de discos cowles (dois discos com diâmetro de 140 mm e distância entre discos de 200 mm), fixos em haste metálica acoplada a um motor com potência de 1/3 CV, capaz de reproduzir 1500 rpm. O procedimento foi encerrado quando o vórtice criado pelo material em plena agitação se manteve estável (efeito de doughnut), indicando que a máxima desaglomeração foi alcançada.

d. Peneiramento

O material diluído foi peneirado em trama com aberturas de 0,177 mm (80 mesh ASTM). A escolha dessa trama é justificada por dois argumentos: retirar a fração areia grossa do

pigmento, que é prejudicial à estabilidade das suspensões devido à sua rápida decantação; e utilizar uma trama com aberturas encontradas em materiais disponíveis, amplamente comercializados e facilmente acessíveis à população apta a adotar processos de autoprodução de tintas, tais como tecidos, meias de nylon ou telas de silk-screen.

e. Ajuste da viscosidade

Os pigmentos diluídos foram mantidos em recipientes com capacidade de 90 litros por 24 horas. Após a decantação dos pigmentos, a água em excesso foi retirada por sifonamento e, sem seguida, realizada a homogeneização com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos. A viscosidade foi medida por meio de viscosímetro copo Ford (este tipo de viscosímetro pode ser reproduzido pelo usuário com materiais simples), equipado com orifício nº4 (4 mm de diâmetro), sendo considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 12 e 14 segundos. Nos casos em que a viscosidade não correspondia ao especificado, foram realizados ajustes até se alcançar a viscosidade ideal.

f. Armazenamento

Após o ajuste da viscosidade, o material foi mantido nos respectivos recipientes devidamente lacrados.

Os pigmentos foram identificados de acordo com as classes dos solos dos quais foram obtidos.

3.3 Caracterização dos pigmentos

3.3.1 Composição granulométrica, densidade de partículas e superfície específica

As frações argila, silte e areia dos pigmentos foram quantificadas conforme o método da pipeta (Embrapa, 2017). Neste método, a dispersão das partículas é realizada quimicamente por meio da adição do NaOH, considerando que solos tropicais são altamente flocculados. A elevação do pH promovida pelo NaOH cria cargas negativas que são responsáveis pela dispersão das partículas primárias. Sem isso, os teores de silte e argila seriam, respectivamente, superestimados e subestimados. A densidade de partículas é a densidade relacionada ao volume efetivamente ocupado por matéria sólida, desconsiderando a porosidade, e foi calculada pelo método do picnômetro, conforme Embrapa (2017). E a superfície específica foi determinada conforme o método de adsorção de BET, por meio do equipamento da marca Quantachrome, modelo Nova 2200e, que se baseia no fenômeno de adsorção física de gases no exterior e superfícies internas de um material poroso.

3.3.2 Composição mineralógica

As análises foram realizadas por meio de difratômetro X'Pert PRO, com radiação de Co (CoK α) na faixa de 4 a 60 °2 θ , em intervalos de 0,01 °2 θ a 1 passo s⁻¹, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. A preparação das amostras foi realizada de acordo com o método especificado pela Embrapa (2017) por meio de montagem orientada de amostras dos pigmentos.

3.3.3 Colorimetria

A medição das cores foi realizada por meio de espectrômetro de fluorescência de raios-x da marca Bruker, modelo Tracer III/IV SD. Para tornar o método de medição da cor reprodutível e representativo, as amostras foram secas na estufa a 100 °C até atingirem uma massa constante e armazenadas em seguida em ambiente seco. Em seguida, as amostras foram inseridas em cilindro de metal com cerca de 1 mm de profundidade e comprimidas com auxílio de uma prensa hidráulica, sendo obtidas superfícies planas comparáveis com uma área de, aproximadamente, 1 cm².

3.4 Formulação das tintas

As tintas foram produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA; emulsão de poliacetato de vinila (PVAc) da marca Cascorez, categoria Universal, como ligante; e água como diluente. As proporções de ligante adotadas foram de 20, 40 e 60 % em massa seca (a emulsão de PVAc da marca Cascorez apresenta teor de sólidos de aproximadamente 50 %) calculadas em relação à massa de pigmento presente em cada suspensão. Estas proporções foram definidas de acordo com pesquisa realizada anteriormente (Cardoso et al., 2016a), sem recorrer, portanto, ao ensaio da absorção de óleo (ASTM D1483–12, 2016) para o cálculo da PVC (concentração volumétrica de pigmento) pois, devido à heterogeneidade dos pigmentos, as tentativas de cálculo produziram resultados extremamente discrepantes. No entanto, as PVCs foram calculadas a posteriori conforme a equação 1.

As proporções de diluente variaram em função das características dos pigmentos e das formulações das tintas, não sendo possível, portanto, defini-las a priori sendo estas proporções determinadas pela viscosidade.

As identificações das amostras formuladas (tabela 2) referem-se aos pigmentos (GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA) e às proporções de ligante (20, 40 e 60%).

Tabela 2 - Formulação final das tintas, concentração volumétrica de pigmento e pH

Tinta	Teor de (%)			PVC (%)	pH
	pigmento	ligante	diluente		
GMD20	26,70	5,34	67,96	67,74	4
GMD40	25,35	10,14	64,51	51,22	4
GMD60	24,13	14,48	61,40	41,18	4,05
AAC20	16,59	3,32	80,09	67,48	4,1
AAC40	16,06	6,42	77,52	50,92	4,07
AAC60	15,56	9,33	75,11	40,89	4,05
AAD20	21,23	4,25	74,53	68,81	4,67
AAD40	20,36	8,15	71,49	52,45	4,49
AAD60	19,57	11,74	68,69	42,37	5,09
LAD20	23,47	4,69	71,83	68,01	4,76
LAD40	22,42	8,97	68,61	51,52	4,66
LAD60	20,08	12,05	67,88	41,47	4,73
LVD20	32,11	6,42	61,47	68,81	4,52
LVD40	30,17	12,07	57,76	52,45	4,4
LVD60	28,45	17,07	54,48	42,37	4,19
LVH20	29,06	5,81	65,13	68,54	4,59
LVH40	27,46	10,98	61,55	52,14	4,35
LVH60	24,55	14,73	60,72	42,07	4,19
LVA20	25,69	5,14	69,18	67,22	5,01
LVA40	23,59	9,44	66,97	50,63	4,75
LVA60	21,37	12,82	65,81	40,60	4,64

3.5 Produção das tintas

O processo de produção constou das etapas apresentadas na figura 2.

a. Cálculo do teor de pigmentos (Embrapa, 2017)

Foram retiradas três alíquotas de cada dispersão após homogeneização com misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, as alíquotas foram pesadas, levadas à estufa à 105°C por 24 horas e novamente pesadas.

b. Preparação das dispersões

Cada dispersão foi novamente homogeneizada com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, foi retirada de cada dispersão uma

amostra de aproximadamente 800 ml, que foi submetida à nova agitação com o disco cowles acoplado em agitador de bancada à 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos.

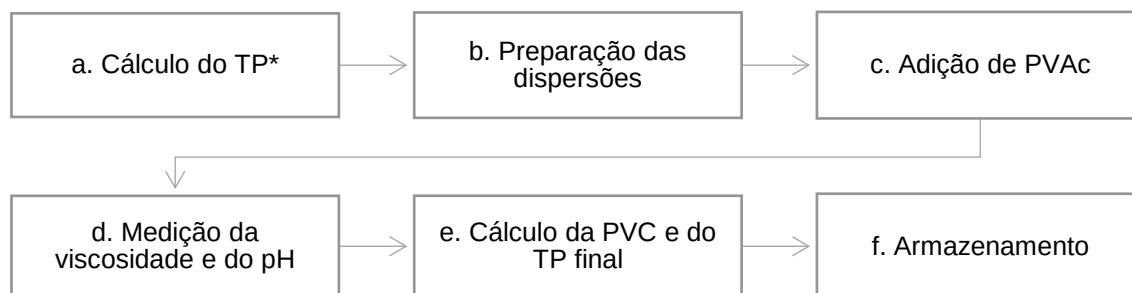


Figura 2 - Processo de produção das tintas.

Legenda: TP (Teor de Pigmento); PVC (Concentração Volumétrica de Pigmento)

c. Adição de PVAc

As respectivas dosagens de PVAc foram calculadas em função da massa de pigmentos presente em cada dispersão e adicionadas gradualmente, com o agitador de bancada equipado com o disco cowles em pleno funcionamento, a 500 rpm, pelo tempo de 15 minutos.

d. Medição da viscosidade e do pH

A medição da viscosidade foi realizada com viscosímetro copo Ford, equipado com orifício nº4, sendo a viscosidade considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 14 e 16 segundos. A viscosidade ideal foi definida por meio de testes preliminares, nos quais foi avaliada a aplicabilidade das tintas por meio de rolos e pincéis, sendo considerada adequada aquela que resultava em tintas com cobertura homogênea sem escorrimentos excessivos ou a formação pinturas muito espessas. O pH foi medido com pHmetro da marca Digimed modelo DM-23 para fins de interpretação dos resultados obtidos das análises de desempenho das tintas.

e. Concentração volumétrica de pigmento (PVC)

Foi calculada com base nas formulações finais das tintas, conforme equação 1.

f. Armazenamento

As tintas foram armazenadas em recipientes com volume de 500 ml para envio ao laboratório responsável pela avaliação do desempenho conforme a NBR 15079 (2011).

3.6 Aplicação das tintas

Para avaliar o poder de cobertura, as tintas foram aplicadas por meio de um rolo de nylon sobre cartelas padronizadas, efetuando-se a medida das intensidades de luz refletidas até alcançar a razão de contraste de 98,5%, dependendo, para tanto, da aplicação de várias demãos se necessário, conforme NBR 14942 (2012). E, para avaliar a resistência à abrasão, as tintas foram aplicadas por meio de extensor no sentido longitudinal da placa de PVC com tempo de extensão de 3 a 5 segundos, conforme NBR 15078 (2004).

3.7 Caracterização das pinturas

A tinta é o material fluido composto por pigmento, ligante e diluente. Após a aplicação, seus componentes voláteis evaporam, restando uma camada composta por pigmento e ligante, chamada doravante de pintura. A rugosidade, a espessura e as microestrutura das superfícies das pinturas produzidas foram analisadas por meio de Fotografias macro (FM), Microscopia óptica (MO) e Microscopia eletrônica de varredura (MEV).

3.7.1 Rugosidade da superfície

As rugosidades foram obtidas das pinturas aplicadas sobre cartela Leneta 12H (NBR 14942, 2012). Elas foram iluminadas com luz rasante e fotografadas por meio de câmera da marca Nikon, modelo D5200, equipada com lente macro de 60 mm da marca Nikon, fixada em suporte rígido com regulagem de altura.

3.7.2 Espessura

As espessuras foram obtidas dos cortes estratigráficos das pinturas aplicadas sobre cartela Leneta 12H (NBR 14942, 2012) por meio de MO da marca Leica, modelo M205C, equipado com câmera e software para medição dos elementos de interesse. As medidas foram feitas em três diferentes pontos de cada amostra.

3.7.3 Análise das superfícies das pinturas por MO e MEV

As superfícies de sete pinturas selecionadas, sendo uma produzida com cada pigmento, aplicadas sobre cartela Leneta 12H (NBR 14942, 2012), foram analisadas por meio de MO da marca Leica, modelo M205C, equipado com câmera e software para processamento de imagens; e por MEV da marca Hitachi, modelo 3700N. A seleção se baseou nos extremos de desempenho apresentados quanto aos requisitos resistência à abrasão e poder de cobertura.

3.8 Avaliação da resistência à abrasão e do poder de cobertura das pinturas

A avaliação do desempenho foi realizada apenas quanto aos requisitos resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva (RAU) e o poder de cobertura da tinta seca (PCS), conforme as NBRs 15078 e 14942, respectivamente. Optou-se por excluir a avaliação quanto ao requisito poder de cobertura de tinta úmida (NBR 14943, 2018), considerado desnecessário para o presente estudo. Cabe ressaltar que a NBR15079 (2011) estabelece que os ensaios se destinam à avaliação do desempenho de tintas com cores claras (fator L, do sistema CIE $L^*a^*b^*$, ≥ 87). No entanto, apenas aquelas produzidas com o pigmento GMD atendem a esta condição. Portanto, na ausência de normas específicas para a avaliação do desempenho de tintas látex nas cores escuras, optou-se por usar os mesmos métodos indicados para as cores claras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência à abrasão e poder de cobertura

Para que o desempenho seja considerado satisfatório (NBR 15078, 2004), os requisitos devem ser atendidos simultaneamente, ou seja, a pintura deve apresentar PCS igual ou superior a 4 m²/L e RAU igual ou superior a 100 ciclos (figura 3).

Apenas pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA atenderam simultaneamente aos dois requisitos, o que demonstra a aptidão dos pigmentos em questão, assim como a inaptidão dos pigmentos GMD, AAC, AAD e LAD, cujas pinturas ora não atenderam a nenhum dos requisitos, ora atenderam à apenas um deles. Além disso, as pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA foram as que exigiram menores números de demãos (figura 4) para alcançar a razão de contraste estabelecida pela NBR 15079 (2011).

Naturalmente, quanto maiores as partículas, menor a superfície específica e, logo, uma menor proporção de ligante é necessária para recobrir os pigmentos, situação que está relacionada à PVC. As PVCs calculadas neste estudo serviram apenas para fins de comparação das pinturas em função da variação das proporções de ligante, sem considerar as propriedades superficiais de cada pigmento. Devido à heterogeneidade dos pigmentos, o cálculo da PVC por meio do teste de absorção de óleo, que permite a definição das proporções de ligante em função das propriedades de cada pigmento, gerou resultados extremamente discrepantes, que contrariavam a experiência obtida em estudos anteriores

(Cardoso et al., 2013; Cardoso et al., 2014b; Cardoso et al., 2014a; Cardoso, 2015; Cardoso et al., 2015; Cardoso et al., 2016a; Cardoso et al., 2016b). Portanto, as PVCs calculadas não consideram a composição granulométrica dos pigmentos. Logo, sabendo que as mesmas proporções de ligante foram empregadas na produção de todas as tintas, aquelas produzidas com pigmentos ricos em silte ou em microagregados de alta estabilidade (pseudosilte) podem ter apresentado uma PVC real menor que a daquelas produzidas com pigmentos ricos em argila. Tal hipótese se comprova pelas elevadas RAUs das pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA formuladas com a menor proporção de ligante (20%) em detrimento das demais (produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD e LAD), que só passaram a atender ao limite de 100 ciclos de abrasão nas formulações com 40% de ligante.

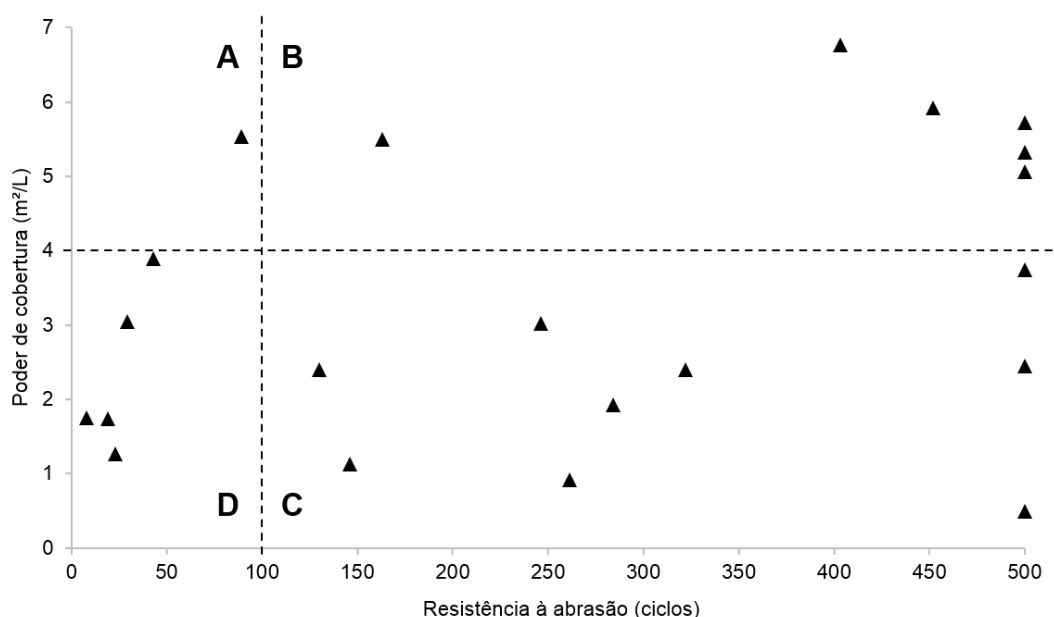


Figura 3 - Diagrama de dispersão do poder de cobertura da tinta seca pela resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva das 21 pinturas.

Legenda: A. Apenas PCS (pintura LVD20); B. PCS e RAU simultaneamente (pinturas LVD40, LVD60, LVH20, LVA20, LVA40 e LVA60); C. Apenas RAU (pinturas GMD40, GMD60, AAC60, AAD40, AAD60, LAD40, LAD60, LVH40 e LVH60); D. Nenhum dos requisitos (pinturas GMD20, AAC20, AAC40, AAD20 e LAD20)

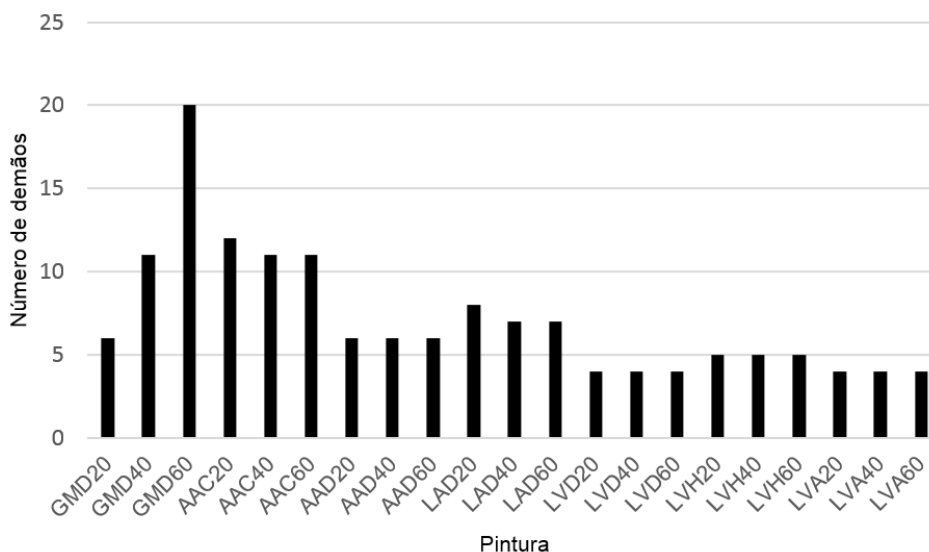


Figura 4 - Número de demãos aplicadas para alcançar a razão de contraste de 98,5% estabelecida pela NBR 15079 (2011)

Com uma menor superfície específica, o silte está menos susceptível aos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem, que promovem dilatações e contrações, fatores responsáveis pela degradação das pinturas. Considerando o caso extremo, que é o do pigmento LVD (77,3% de silte), suas partículas em forma lamelar se orientaram paralelamente ao substrato em camadas justapostas produzindo um efeito de blindagem (Siqueira, 2009).

Além disso, o exame das superfícies dos corpos de prova após o ensaio revela certo benefício dos agregados e aglomerados de partículas, em especial nas pinturas produzidas com os pigmentos LVH e LVA: à medida que a escova realiza a abrasão, os agregados e aglomerados são desgastados gradualmente, atuando como uma espécie de barreira ao desgaste da camada contínua da pintura. Isso ocorre devido à elevada resistência dos agregados dos solos LVH e LVA, que alcançam estabilidade com o tamanho do silte (pseudosilte).

Nas pinturas produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD e LAD, o limite mínimo de 100 ciclos de abrasão foi alcançado apenas nas formulações com 40% e 60% de ligante. Tal situação revela que o recobrimento satisfatório das partículas destes pigmentos ocorreu com maiores proporções de ligante, o que pode estar relacionado à predominância de partículas de menor tamanho e à menor estabilidade dos agregados dos solos dos quais foram obtidos os pigmentos GMD, AAC, AAD e LAD.

As pinturas analisadas neste estudo apresentaram maiores PCSs para maiores PVCs, atendendo ou não ao limite mínimo estabelecido pela NBR 15079 (2011). E, naturalmente, à medida que a PVC diminuiu, o PCS também diminuiu, apenas mantendo-se acima do limite estabelecido (4 m²/L) as pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA. As demais, produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD e LAD, demandaram muitas demãos para alcançar a razão de contraste mínima, mesmo em elevadas PVCs e, ainda assim, não atenderam ao limite mínimo de 4 m²/L estabelecido pela NBR 15079.

O pigmento GMD é composto principalmente por caulinita, que apresenta índice de refração igual a 1,36. Sabe-se que a opacidade está relacionada ao índice de refração e que ela é proporcional à diferença entre o índice de refração do pigmento e o do meio em que está disperso/aplicado, ou seja, quanto maior o índice de refração do pigmento, maior a opacidade do revestimento (Abel, 1999) e, quanto maior a diferença entre os índices de refração do pigmento e o meio circundante, maior a dispersão da luz (Schaeffer, 1995; Broad et al., 1993).

Comparando-se o índice de refração da caulinita com os dos demais minerais constituintes dos pigmentos empregados neste estudo, tem-se 1,45 para o quartzo, 2,39 para a goethita, 2,93 para a hematita, 1,56 para a gibbsita, 2,34 para a magnetita e 2,40 para a ilmenita. Quanto menor o índice de refração dos pigmentos, maior a transparência da pintura, o que pode ser confirmado comparando-se as pinturas GMD60 e LVA60.

Em relação às pinturas produzidas com os pigmentos AAC, AAD e LAD, outro fator comprometeu o poder de cobertura: os baixos teores de pigmentos. Mesmo produzidas com pigmentos com altos índices de refração, suas elevadas superfícies específicas demandaram um maior volume de diluente para equilibrar a viscosidade das tintas. Esta situação resulta em uma maior diluição das tintas e, logo, em uma maior dispersão dos pigmentos. Portanto, mesmo aplicando-se um número elevado de demãos, as pinturas produzidas com estes pigmentos não ocultaram satisfatoriamente o substrato. Em situações similares, a indústria adiciona os pigmentos conhecidos como cargas ou extensores que, sendo inertes, aumentam o teor de pigmentos sem prejudicar a viscosidade das tintas. Tal medida foi comprovada experimentalmente nos estudos de Lopes *et al.* (2019) e Tressmann *et al.* (2020), baseados na adição de resíduos de corte de mármore e granito como cargas ou extensores minerais em tintas produzidas com pigmentos obtidos de solos.

E, quanto às pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA, seus elevados PCSs estão relacionados aos mesmos fatores que garantiram suas elevadas RAUs: predominância da fração silte ou de microagregados de alta estabilidade (pseudosilte). E,

além disso, com seus elevados teores de sólidos, pois foram estas as pinturas que demandaram o menor volume de diluente para alcançar a viscosidade ideal.

Conforme Abel (1999), o diâmetro das partículas empregadas como extensores pode alcançar até 50 μm , o que coincide com o tamanho das partículas dos siltes. Com menor área superficial, é menor a demanda por ligante e, com isso, essas partículas não são apenas inerentemente mais opacas, mas é possível usá-las em concentrações mais altas sem afetar adversamente a viscosidade das tintas. Portanto, considerando a predominância da fração silte no pigmento LVD, e dos microagregados de alta estabilidade (pseudosilte) nos pigmentos LVH e LVA, a condição para alcançar elevados PCSs foi plenamente atendida.

5 CONCLUSÕES

Os pigmentos obtidos de solos com elevadas proporções de silte/pseudosilte promoveram elevadas RAUs, também beneficiando o PCS em conjunto com às propriedades ópticas dos pigmentos e o teor de pigmentos das tintas.

O desempenho das pinturas produzidas com os pigmentos LVD, LVH e LVA permite a classificação como standard fosca ou premium fosca, considerando apenas os requisitos RAU e PCS. Nestes casos em especial, estudos futuros poderão definir proporções mais econômicas de ligante que permitam a classificação das pinturas produzidas com estes tipos de pigmentos na categoria econômica, tornando a tecnologia ainda mais acessível à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, A.G. (1999). Pigments for paint. In: LAMBOURNE, R.; STRIVENS, T.A. Paint and surface coatings: Theory and Practice. 2.ed. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.. cap. 3, p. 91-197.
- ASTM D1483–12 (2016). Standard test method for oil absorption of pigments by gardner-coleman method. USA: ASTM International.
- BRAUN, J.H. (1995). White pigments. In: KOLESKA, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 19, p. 159-178.
- BROAD, R; POWER, C; SONEGO, A. (1993). Extender pigments. In: Surface coatings – Raw materials and their usage. London: Springer Science and Business Media Dordrecht. cap. 29, p. 514-529.
- CARDOSO, F.P. (2015). Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos. 2015. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F. (2015). Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos. In: Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 15. Anais... Cuenca, Ecuador: Proyecto vliirCPM-Universidad de Cuenca/PROTERRA.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. (2016a). Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. Ambiente Construído, v. 16, n. 4, p. 167-183.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F.; MENDES, T.S.G. (2016b). A influência da superfície específica e do teor de pigmentos de solos sobre o poder de cobertura de tintas para a construção civil. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 6, Bauru. TerraBrasil 2016: Anais.... Bauru: Rede TerraBrasil; UNESP, p. 39-48.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. (2014a). Resistência à abrasão de tintas produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica e química de solo caulínico. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 5, Viçosa. TerraBrasil. Anais.... Viçosa: Rede TerraBrasil; UFV, p.12-18.
- CARDOSO, F.P.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. (2014b). Resistência à abrasão de tintas imobiliárias produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica de solos. In: Congresso Luso-

Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 1, Guimarães. CLB-MCS 2014: Anais.... Guimarães: Universidade do Minho.

CARDOSO, F.P.; CARVALHO, A.F.; PIRES, F.J. (2013). Os efeitos da desagregação mecânica dos solos na qualidade das tintas imobiliárias produzidas a base de pigmentos e cargas minerais. In: Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 13. Valparaíso: Duoc/ PROTERRA.

EMBRAPA (2017). Manual de métodos de análise de solo. Brasília: Embrapa, 3.ed.

EMBRAPA (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa.

FARIA, F.C.; SCHMID, A.L. (2017). Tintas naturais para a construção civil: ensaio de resistência ao intemperismo. Espaço Energia, Issue 26, 2017.

FAULKNER, E. B.; SCHWARTZ, R. J. (2009). High performance pigments. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

LEARNER, T.J.S.; SMITHEN, P.; KRUEGER, J.W.; SCHILLING, M.R. (2007). Modern paints uncovered. Los Angeles: Getty Conservation Institute.

LOPES, M.M.S.; ALVARENGA, R.C.S.S.; PEDROTI, L.G.; RIBEIRO, J.C.L.; CARVALHO, A.F.; CARDOSO, F.P.; MENDES, B.C. (2019). Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. Construction and Building Materials, v.205, p.463-474.

MCGONIGLE, F.; CIULLO, P.A. (1996). Paints and coatings. In: CIULLO, P.A. Industrial minerals and their uses – A handbook and formulary. New Jersey: Noyes Publications. cap. 4, p. 99-155.

MILLS, G.D. (1995). Particle-size measurements. In: KOLESKE, J.V. Paint and Coating Testing Manual Fourteenth Edition of the Gardner- Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 32, p. 305-332.

MORSE, M.P. (1995). Abrasion resistance. In: KOLESKE, J.V. Paint and Coating Testing Manual Fourteenth Edition of the Gardner- Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 45, p. 525-533.

NBR 14942 (2012). Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 14943 (2018). Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 15078 (2004). Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 15079 (2011). Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

SCHAEFFER, L. (1995). Hiding power. In: KOLESKE, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 42, p. 481-506.

SILVA, J.; UEMOTO, K. L. (2005). Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo. Boletim Técnico. SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SIQUEIRA, R.H.S. (2009). Caracterização do encrostamento superficial do solo cultivado com cafeeiros submetido ao controle de plantas daninhas com herbicida de pré-emergência. 2015. 66f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STANDEVEN, H. A. L. (2011). House paints, 1900-1960: History and use. Los Angeles: Getty Conservation Institute.

STEWART, P.A.; HEARN, J.; WILKINSON, M.C. (2000). An overview of polymer latex film formation and properties. Advances in colloid and interface science, n.86, p.195-267.

TRESSMANN, D.M.G.A.; PEDROTI, L.G.; CARVALHO, A.F.; RIBEIRO, J.C.L.; CARDOSO, F.P.; LOPES, M.M.S.; OLIVEIRA, A.F.; FERREIRA, S.O. (2020). Research into the use of marble waste as

mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. *Construction and building materials*, v.241, p.1-16, 2020.

WATERS, J.A. (1997). Latex paint formulations. In: ASUA, J.M. *Polymeric dispersions: principles and applications*. San Sebastián: Springer Science and Business Media Dordrecht. p.421-434.

YAMAK, H.B. (2013). Emulsion polymerization: Effects of polymerization variables on the properties of vinyl acetate-based emulsion polymers. *Polymer Science*, p. 35-72.

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso, doutor em engenharia civil; mestre em engenharia civil; arquiteto; membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; pesquisa sobre tintas com pigmentos de solos desde 2006; projeta, capacita e constrói com terra; coordenou a Rede TerraBrasil (2017-2019); foi professor do curso de Tecnologia em Conservação e Restauro do IFMG - Ouro Preto e professor na Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/0139431424276626>.

Leonardo Gonçalves Pedroti, doutor em engenharia e ciência dos materiais; mestre em estruturas; engenheiro civil; professor do curso de engenharia civil da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: cerâmica vermelha, resíduos, alvenaria estrutural, solo-cimento e concreto com adições de resíduos industriais. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8770106216994640>.

Anôr Fiorini de Carvalho, doutor e mestre em solos e nutrição de plantas; agrônomo; professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: pesquisa e extensão sobre tintas à base de solos e agroecologia. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3776363148666390>.

Milene Gil Duarte Casal, doutora em conservação e restauração; conservadora-restauradora; pesquisadora vinculada ao Laboratório Hercules da Universidade de Évora, Portugal; especialista em conservação e restauração de pinturas murais. Mais informações em <https://www.researchgate.net/profile/Milene-Gil>.

Kai Loh, doutora e mestre em engenharia civil; química; pesquisadora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; especialista na área de tintas para construção civil, tintas à base de cal e cimento, estudos de coberturas frias ("cool roofs"), hidrofugantes, revestimentos frios e autolimpantes (fotocatálise), pigmentos frios, materiais nanoparticulados. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5252794657800781>.

RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO NATURAL DE PINTURAS PRODUZIDAS COM PIGMENTOS OBTIDOS DE SOLOS

Fernando de Paula Cardoso¹, Leonardo Gonçalves Pedroti², Anôr Fiorini de Carvalho³, Milene Gil Duarte Casal⁴, Kai Loh⁵

¹Rede Ibero-americana PROTERRA, Brasil, fernandodepaulacardoso@gmail.com

²Departamento de Engenharia Civil, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, lpedroti.ufv@gmail.com

³Departamento de Solos, UFV – Universidade Federal de Viçosa; MG, Brasil, afiorini@ufv.br

⁴Laboratório Hercules – Universidade de Évora; Portugal, mlenegil@uevora.pt

⁵Escola Politécnica – Universidade de São Paulo; SP, Brasil, kai.loh@usp.br

Palavras-chave: tintas látex, pigmentos inorgânicos naturais, desempenho

Resumo

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Nestas tintas, as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas, situação que representa um limite à apropriação da técnica pela população. O objetivo deste estudo é, portanto, avaliar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos, assim como os do óleo de linhaça, sobre a resistência ao intemperismo natural de pinturas látex. Para tanto, foram preparadas amostras de tinta com diferentes pigmentos obtidos de solos, PVAc, água e óleo de linhaça. Estas tintas foram aplicadas em placas de argamassa e as microestruturas das pinturas correspondentes foram caracterizadas. Em seguida, as pinturas foram expostas ao intemperismo natural pelo prazo de 24 meses. Os resultados alcançados comprovaram que pigmentos com mineralogias cauliniticas e oxídicas podem produzir pinturas látex com elevadas resistências ao intemperismo natural, desde que compostos predominantemente por silte/pseudosilte; e que apesar de elevar a resistência ao intemperismo das pinturas nas quais foi adicionado, o óleo de linhaça não conteve completamente o processo de degradação.

1 INTRODUÇÃO

As tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos, poliacetato de vinila (PVAc) e água são cada vez mais difundidas no Brasil, apesar da carência de estudos científicos relacionados ao assunto. Cardoso et al. (2016), realizaram um estudo inicial com o objetivo de desenvolver um processo de produção e avaliar a resistência à abrasão e o poder de cobertura deste tipo de tinta; Faria e Schmid (2017), avaliaram a resistência à radiação UV/condensação de água por ensaio acelerado; e Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020) avaliaram a resistência à abrasão e o poder de cobertura destas tintas produzidas com adições de resíduo de corte de granito e mármore, respectivamente.

Apesar da carência de estudos, cabe ressaltar a atuação do projeto Cores da Terra, sediado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que desde 2005 promove ações de pesquisa e difusão de técnicas de produção e aplicação de tintas formuladas com pigmentos obtidos de solos.

A criação do projeto foi inspirada na técnica tradicional de pintura conhecida como barreado, que consistia da aplicação da tabatinga (palavra de origem indígena tupi 'towa'tinga', que significa barro branco ou barro esbranquiçado) nas paredes das edificações com o uso de um pano úmido.

Diferente das tintas industrializadas, a aderência da tabatinga é promovida apenas pelas características superficiais das partículas das argilas e pela porosidade e rugosidade do substrato, insuficientes para garantir a resistência aos efeitos do intemperismo e outros agentes, demandando, portanto, manutenções frequentes.

Uma das possíveis soluções para este problema seria transformar o barreado em uma tinta propriamente dita, por meio da adição de materiais ligantes, como a cola de amido, popularmente conhecida como “grude”, ou o poliacetato de vinila (PVAc), a cola branca.

Estas soluções passaram a ser difundidas por meio de cursos e distribuição de cartilhas em atividades promovidas pela UFV e outras instituições.

A intensa difusão favoreceu o diálogo com os usuários, que passaram a contribuir com o desenvolvimento da técnica por meio de relatos de suas experiências. Muitos deles afirmaram, por exemplo, que com o “grude” era observado o mesmo problema apresentado pelo barreado. Muitos preferiam o PVAc, que garantia maior aderência, mas, por outro lado, era inacessível a uma parte da população devido ao seu custo. Outros já se referiam à rápida decantação dos pigmentos.

Tais situações motivaram a busca pelo conhecimento dos processos industriais de produção de tintas, que se deu por meio do estudo da literatura especializada, do contato com pesquisadores e fabricantes e do acesso aos métodos de avaliação do desempenho recomendados tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

Esta nova abordagem foi adotada no ano de 2008, por meio da realização da primeira pesquisa científica conduzida pela equipe do projeto, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG). Os resultados desta pesquisa mostraram que era possível definir dosagens com baixos teores de PVAc a partir da análise comparativa do desempenho das pinturas. Além disso, mostraram que a decantação dos pigmentos estava relacionada à existência de aglomerados de partículas e, além disso, de partículas indesejáveis, que deveriam ser eliminadas para melhorar a estabilidade das suspensões.

O conhecimento adquirido motivou a realização de uma segunda pesquisa (Cardoso et al., 2016), por meio da qual foram solucionados os principais problemas relacionados ao processo de produção das tintas e ao desempenho das pinturas.

Por meio desta pesquisa também se constatou que as características dos pigmentos interferem diretamente sobre o desempenho das pinturas. Tal situação se apresenta como um limite à apropriação da técnica pela população, considerando que uma mesma formulação pode acarretar diferentes desempenhos em função do tipo de pigmento empregado.

Os estudos supracitados apoiaram-se nos métodos de ensaios recomendados pela NBR 15079 (2011), que estabelece os requisitos e critérios mínimos para os três níveis de desempenho das tintas látex nas cores claras (econômica, standard fosca, premium fosca), quando utilizadas como acabamento em paredes, muros ou fachadas de edificações não industriais.

Este tipo de tinta, principalmente as classificadas como econômicas, são recomendadas para aplicações em ambientes internos. No entanto, os usuários das tintas látex produzidas artesanalmente com pigmentos obtidos de solos as aplicam tanto interna quanto externamente, alcançando resultados ora positivos ora negativos em ambas as situações, o que pode estar relacionado à natureza dos pigmentos.

Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar os efeitos das composições granulométrica e mineralógica de diferentes pigmentos obtidos de solos, assim como os do óleo de linhaça, sobre a resistência ao intemperismo natural de pinturas látex para edificações não industriais.

2 AS PROPRIEDADES DAS TINTAS LÁTEX PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Silva e Uemoto (2005), em um diagnóstico realizado sobre cinco categorias de tintas látex, apresentam os valores mínimos e máximos dos teores de ligantes e de pigmentos que compõem as formulações deste tipo de tinta (tabela 1).

Tabela 1 - Valores mínimos e máximos de algumas propriedades de cada classe de tinta látex (adaptado de Silva e Uemoto, 2005, p.15)

Propriedade	Classes de tinta látex				
	Vinil acrílica	Látex PVA	Acrílica fosca	Acrílica. acetinada	Acrílica semibrilho
Teor de ligante) (% , massa)	2,7 a 8,0	4,3 a 13,0	5,1 a 14,0	15,9 a 18,8	12,3 a 21,5
Teor de pigmentos (% , massa)	34,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6

Apesar de comercializados por massa, a propriedade de difundir a luz é garantida pelo volume dos pigmentos (Braun, 1995). A relação de volume entre pigmento e ligante em uma pintura é descrita pela concentração volumétrica de pigmento (PVC), que é expressa em porcentagem conforme a equação 1.

$$PVC = \left(\frac{\text{Volume de pigmento}}{\text{Volume de pigmento} + \text{Volume de ligante}} \right) \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

As tintas látex comerciais com acabamento fosco empregadas na pintura de paredes são formuladas com PVC de aproximadamente 45%, conforme Learner et al. (2007); ou, conforme Waters (1997), PVC de 72% para as tintas látex de cor branca com acabamento fosco e de 35% para aquelas com acabamento semibrilho.

2.1 Resistência ao intemperismo natural

Quando expostas ao intemperismo natural, as pinturas passam por uma série de processos químicos e físicos irreversíveis, que são desencadeados principalmente pela radiação solar, temperatura, umidade, poluição e biodeterioração. Estes processos promovem alterações no brilho e na cor, perda de aderência e flexibilidade, fissuras, bolhas, etc. sendo estes os principais parâmetros usados para avaliar o desempenho das pinturas (Stoye; Freitag, 1998).

O processo de intemperismo é dominado pelos efeitos da radiação eletromagnética (principalmente radiação ultravioleta), calor, água (líquida e vapor) e poluentes atmosféricos. Cada uma delas desempenha um papel maior ou menor, dependendo do revestimento e da localização geográfica específica da exposição (Nichols, 2012).

A deterioração se deve em grande parte, aos efeitos sinérgicos entre radiação, temperatura e umidade, causando estresses e liberação de tensões na pintura. À medida que as camadas superficiais se decompõem, as camadas interiores do material são expostas como novas camadas superficiais a serem degradadas. Qualquer material exposto alcançará um equilíbrio de umidade com seu entorno, e as tensões criadas quando o material perde ou absorve água para alcançar este equilíbrio são um dos fatores responsáveis por sua deterioração (Hicks; Crewdson, 1995).

A exposição à radiação solar é a causa fundamental da deterioração da maioria dos materiais, podendo ser dividida em três regiões principais: ultravioleta (UV), visível e infravermelha (IR), sendo cada região representada por faixas distintas de comprimentos de onda. Geralmente, quanto menor o comprimento de onda UV, mais prejudicial o seu efeito sobre os materiais. Para revestimentos externos, a radiação com λ entre 295 e 400 nm é a mais prejudicial, pois é nesta faixa que os radicais livres dos materiais orgânicos podem se degradar na presença de luz e oxigênio (Nichols, 2012).

Além da radiação, a temperatura de um material sob exposição é um fator cuja influência deve ser entendida para estabelecer uma relação de causa e efeito do intemperismo. Para a maioria dos materiais, as temperaturas não causam deterioração per se, mas, quando a

temperatura aumenta em conjunto com a radiação solar, a taxa e o tipo de deterioração podem variar muito (Hicks; Crewdson, 1995).

A exposição à água tem um efeito químico e físico prejudicial sobre os revestimentos. Os aglutinantes orgânicos na maioria dos revestimentos estão sujeitos à hidrólise, isto é, à clivagem das cadeias poliméricas na presença de moléculas de água. Esse processo ocorre em todas as temperaturas, mas se intensifica em temperaturas mais altas, como as que ocorrem durante a exposição ao ar livre. A água também pode agir para degradar fisicamente os revestimentos, sendo a ação de lavagem da superfície dos painéis responsável por extrair pequenas moléculas solúveis dos revestimentos, além de remover os pigmentos da superfície. Sobretudo, a absorção e perda de água levam a repetidos ciclos de tensão na pintura, em consonância com a radiação e a temperatura (Nichols, 2012).

2.2 Óleo de linhaça

Este tipo de óleo é composto por triglicerídeos naturais constituídos por seis aminoácidos: ácido linolênico, linoleico, oleico, palmítico, esteárico e araquídico, que contém alta porcentagem de ácidos graxos poli-insaturados, que conferem a propriedade de secagem ao ar, oxidando-se e formando uma rede tridimensional estável (Mateo et al., 2009; Mallégo et al., 2000) que não retorna ao seu estado original (Mayer, 2015).

Apesar do óleo de linhaça ser conhecido como um óleo secativo, esta secagem não ocorre no sentido comum da evaporação de um ingrediente volátil e sim pela oxidação via absorção do oxigênio do ar (Mayer, 2015). Por ser constituído por compostos hidrofóbicos, o óleo de linhaça ajuda a melhorar a resistência das superfícies à ação da água (Vissac et al., 2017), também sendo usado pela mesma razão nas formulações das tintas, tornando laváveis as pinturas com elas produzidos (Scholz, 1953).

3 MÉTODOS

3.1 Definição dos solos

Os critérios adotados para definir os solos empregados neste estudo foram a cor e as naturezas mineralógica e textural. Quanto à cor, embora os solos apresentem uma grande variedade cromática, buscou-se representar essa diversidade por meio de amostras com maiores ocorrências na região sudeste do território brasileiro. Quando às propriedades mineralógicas, foram escolhidos solos de dois grandes grupos: com mineralogias oxídica e caulinítica. E, quanto às propriedades texturais, foram escolhidos solos argilosos e siltosos. As classes dos solos (Embrapa, 2018) definidos, bem como as características relevantes para este estudo foram:

Gleissolo Melânico Tb Distrófico (GMD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; partículas com forma laminar, que facilitam o ajuste face-a-face onde as forças de Van der Waals e eletrostáticas se manifestam e aumentam a estabilidade dos agregados.

Argissolo Amarelo Distrocoeso (AAC): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; baixo teor dos agentes cimentantes (óxidos), o que torna os agregados muito susceptíveis à desagregação.

Argissolo Amarelo Distrófico (AAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica; apesar de apresentar óxidos, este solo é considerado jovem e, portanto, a cimentação não estabilizou os agregados, facilitando assim a dispersão das partículas.

Latossolo Amarelo Distrófico (LAD): mineralogia da fração argila essencialmente caulinítica e, em menor escala, gibbsítica; agregados de partículas com matriz agregante estável.

Latossolo Vermelho Distrófico (LVD): material composto predominantemente por silte; as micas remanescentes das rochas de origem ainda conservam parte de suas estruturas e o tamanho das partículas permitem até mesmo serem reconhecidas a olho nu.

Latossolo Vermelho Distrófico Húmico (LVH): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

Latossolo Vermelho Acriférico Típico (LVA): mineralogia da fração argila essencialmente oxídica; parte da argila dos agregados está tão estável que passa a se comportar como silte funcional (pseudosilte).

3.2 Preparação dos pigmentos

A preparação dos pigmentos consistiu na remoção das partículas indesejáveis à produção de tintas, tais como a areia grossa e materiais orgânicos e na concentração das partículas desejáveis, tais como a argila e o silte. O processo foi realizado mecanicamente em meio líquido, por meio de procedimentos simples, reprodutíveis em escala não-industrial.

a. Secagem natural

Após a coleta, os solos foram espalhados em superfície plana e expostos ao sol pelo prazo de 7 dias.

b. Trituração grosseira

Após a secagem natural, os agregados foram triturados manualmente até serem reduzidos a fragmentos com diâmetro aproximado inferior a 5mm.

c. Desaglomeração

O material peneirado foi vertido em volumes de 30 litros por vez em recipientes com 60 litros de água; em seguida, o material foi desaglomerado mecanicamente pelo prazo aproximado de 45 minutos. A desaglomeração das partículas se fez por meio de discos cowles fixos em haste metálica acoplada a um motor com potência de 1/3 CV, capaz de reproduzir 1500 rpm (dois discos com diâmetro de 140 mm e distância entre discos de 200 mm). O procedimento foi encerrado quando o vórtice criado pelo material em plena agitação se manteve estável (efeito de doughnut), indicando que a máxima desaglomeração foi alcançada.

d. Peneiramento

O material diluído foi peneirado em trama com aberturas de 0,177 mm (80 mesh ASTM). A escolha dessa trama é justificada por dois argumentos: retirar a fração areia grossa do pigmento, que é prejudicial à estabilidade das suspensões devido à sua rápida decantação; e utilizar uma trama com aberturas encontradas em materiais disponíveis, amplamente comercializados e facilmente acessíveis à população apta a adotar processos de autoprodução de tintas, tais como tecidos, meias de nylon ou telas de silk-screen.

e. Ajuste da viscosidade

Os pigmentos diluídos foram mantidos em recipientes com capacidade de 90 litros por 24 horas. Após a decantação dos pigmentos, a água em excesso foi retirada por sifonamento e, sem seguida, realizada a homogeneização com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos. A viscosidade foi medida por meio de viscosímetro copo Ford (este tipo de viscosímetro pode ser reproduzido pelo usuário com materiais simples), equipado com orifício nº4 (4 mm de diâmetro), sendo considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 12 e 14 segundos. Nos casos em que a viscosidade não correspondia ao especificado, foram realizados ajustes até se alcançar a viscosidade ideal.

f. Armazenamento

Após o ajuste da viscosidade, o material foi mantido nos respectivos recipientes devidamente lacrados.

Os pigmentos foram identificados de acordo com as classes dos solos dos quais foram obtidos.

3.3 Caracterização dos pigmentos

3.3.1 Composição granulométrica, densidade de partículas e superfície específica

As frações argila, silte e areia dos pigmentos foram quantificadas conforme o método da pipeta (Embrapa, 2017). Neste método, a dispersão das partículas é realizada quimicamente por meio da adição do NaOH, considerando que solos tropicais são altamente floclados. A elevação do pH promovida pelo NaOH cria cargas negativas que são responsáveis pela dispersão das partículas primárias. Sem isso, os teores de silte e argila seriam, respectivamente, superestimados e subestimados. A densidade de partículas é a densidade relacionada ao volume efetivamente ocupado por matéria sólida, desconsiderando a porosidade, e foi calculada pelo método do picnômetro, conforme Embrapa (2017). E a superfície específica foi determinada conforme o método de adsorção de BET, por meio do equipamento da marca Quantachrome, modelo Nova 2200e, que se baseia no fenômeno de adsorção física de gases no exterior e superfícies internas de um material poroso.

3.3.2 Composição mineralógica

As análises foram realizadas por meio de difratômetro X'Pert PRO, com radiação de Co (CoK α) na faixa de 4 a 60 °2 θ , em intervalos de 0,01 °2 θ a 1 passo s⁻¹, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. A preparação das amostras foi realizada de acordo com o método especificado pela Embrapa (2017) por meio de montagem orientada de amostras dos pigmentos.

3.3.3 Colorimetria

A medição das cores foi realizada por meio de espectrômetro de fluorescência de raios-x da marca Bruker, modelo Tracer III/IV SD. Para tornar o método de medição da cor reprodutível e representativo, as amostras foram secas na estufa a 100 °C até atingirem uma massa constante e armazenadas em seguida em ambiente seco. Em seguida, as amostras foram inseridas em cilindro de metal com cerca de 1 mm de profundidade e comprimidas com auxílio de uma prensa hidráulica, sendo obtidas superfícies planas comparáveis com uma área de, aproximadamente, 1 cm².

3.4 Formulação das tintas

As tintas foram produzidas com os pigmentos GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA; emulsão de poliacetato de vinila (PVAc) da marca Cascorez, categoria Universal, como ligante; e água como diluente. As proporções de ligante adotadas foram de 20, 40 e 60 % em massa seca (a emulsão de PVAc da marca Cascorez apresenta teor de sólidos de aproximadamente 50 %) calculadas em relação à massa de pigmento presente em cada suspensão. Estas proporções foram definidas de acordo com pesquisa realizada anteriormente (Cardoso et al., 2016), sem recorrer, portanto, ao ensaio da absorção de óleo (ASTM D1483–12, 2016) para o cálculo da PVC (concentração volumétrica de pigmento) pois, devido à heterogeneidade dos pigmentos, as tentativas de cálculo produziram resultados extremamente discrepantes. No entanto, as PVCs foram calculadas a posteriori conforme a equação 1.

As proporções de diluente variaram em função das características dos pigmentos e das formulações das tintas, não sendo possível, portanto, defini-las a priori sendo estas proporções determinadas pela viscosidade.

As identificações das amostras formuladas (Tabela 2) referem-se aos pigmentos (GMD, AAC, AAD, LAD, LVD, LVH e LVA) e às proporções de ligante (20, 40 e 60%).

Tabela 2 - Formulação final das tintas, concentração volumétrica de pigmento e pH

Tinta	Teor de (%)			PVC (%)	pH
	pigmento	ligante	diluyente		
GMD20	26,70	5,34	67,96	67,74	4
GMD40	25,35	10,14	64,51	51,22	4
GMD60	24,13	14,48	61,40	41,18	4,05
AAC20	16,59	3,32	80,09	67,48	4,1
AAC40	16,06	6,42	77,52	50,92	4,07
AAC60	15,56	9,33	75,11	40,89	4,05
AAD20	21,23	4,25	74,53	68,81	4,67
AAD40	20,36	8,15	71,49	52,45	4,49
AAD60	19,57	11,74	68,69	42,37	5,09
LAD20	23,47	4,69	71,83	68,01	4,76
LAD40	22,42	8,97	68,61	51,52	4,66
LAD60	20,08	12,05	67,88	41,47	4,73
LVD20	32,11	6,42	61,47	68,81	4,52
LVD40	30,17	12,07	57,76	52,45	4,4
LVD60	28,45	17,07	54,48	42,37	4,19
LVH20	29,06	5,81	65,13	68,54	4,59
LVH40	27,46	10,98	61,55	52,14	4,35
LVH60	24,55	14,73	60,72	42,07	4,19
LVA20	25,69	5,14	69,18	67,22	5,01
LVA40	23,59	9,44	66,97	50,63	4,75
LVA60	21,37	12,82	65,81	40,60	4,64

3.5 Produção das tintas

O processo de produção constou das seguintes etapas:

a. Cálculo do teor de pigmentos (Embrapa, 2017)

Foram retiradas três alíquotas de cada dispersão após homogeneização com misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, as alíquotas foram pesadas, levadas à estufa à 105°C por 24 horas e novamente pesadas, para assim calcular o teor de pigmentos presente em cada dispersão.

b. Preparação das dispersões

Cada dispersão foi novamente homogeneizada com o uso de misturador helicoidal acoplado em furadeira pelo prazo de 10 minutos; em seguida, foi retirada de cada dispersão uma amostra de aproximadamente 800 ml, que foi submetida à nova agitação com o disco cowles acoplado em agitador de bancada à 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos, com o objetivo impedir a formação de agregados. Para o caso das tintas sem adição de óleo de linhaça, segue-se desta etapa diretamente para a etapa d (Adição de PVAc).

c. Adição de óleo de linhaça

A massa de óleo de linhaça, correspondente a 5% da massa (Weismann; Bryce, 2009) de pigmentos presente em cada dispersão, foi adicionada e misturada com o disco cowles acoplado em agitador de bancada à 1500 rpm pelo tempo de 10 minutos.

d. Adição de PVAc

As respectivas dosagens de PVAc foram calculadas em função da massa de pigmentos presente em cada dispersão e adicionadas gradualmente, com o agitador de bancada equipado com o disco cowles em pleno funcionamento, a 500 rpm, pelo tempo de 15 minutos.

e. Medição da viscosidade e do pH

A medição da viscosidade foi realizada com viscosímetro copo Ford, equipado com orifício nº4, sendo a viscosidade considerada aceitável quando o tempo de passagem pelo orifício estava compreendido entre 14 e 16 segundos. A viscosidade ideal foi definida por meio de testes preliminares, nos quais foi avaliada a aplicabilidade das tintas por meio de rolos e pincéis, sendo considerada adequada aquela que resultava em tintas com cobertura homogênea sem escorrimentos excessivos ou a formação pinturas muito espessas. O pH foi medido com pHmetro da marca Digimed modelo DM-23 para fins de interpretação dos resultados obtidos das análises de desempenho das tintas.

f. Concentração volumétrica de pigmento (PVC) e teor de pigmentos (TP)

A PVC foi calculada com base nas formulações finais das tintas, conforme equação 1; e o TP foi calculado conforme as formulações finais das tintas.

g. Armazenamento

As tintas foram armazenadas em recipientes com volume de 500 ml.

3.6 Aplicação das tintas

As tintas foram aplicadas em substratos de argamassa à base de cimento, cal e areia, nas proporções de 1:2:8, moldados em molduras de madeira com dimensões internas de 20 x 40 cm reforçadas internamente com tela metálica fixada com pregos para evitar eventuais deslocamentos. A aplicação foi realizada após o prazo de cura da argamassa, de acordo com os procedimentos referentes à preparação dos corpos de prova indicados pela ABNT NBR14942 (2012), limitando a três, no entanto, o número de demãos.

3.7 Caracterização das pinturas

A tinta é o material fluido composto por pigmento, ligante e diluente. Após a aplicação, seus componentes voláteis evaporam, restando uma camada composta por pigmento e ligante, chamada doravante de pintura.

Superfícies e cortes estratigráficos das pinturas

As imagens das superfícies e dos cortes estratigráficos de sete pinturas selecionadas aplicadas em substrato de argamassa, sendo uma produzida com cada pigmento, foram obtidas por MEV da marca Hitachi, modelo 3700N.

3.8 Avaliação da resistência ao intemperismo natural

O método empregado baseou-se na norma ASTM G7/G7M (2013), que especifica os procedimentos para a realização de ensaios de exposição atmosférica de materiais não metálicos. Para a realização do ensaio, foi construída uma estrutura de madeira (rack) para a exposição das amostras (figura 1), observando-se a recomendação de evitar qualquer tipo de contaminação, como a das amostras posicionadas nas fileiras inferiores pelas posicionadas nas superiores, ou contaminações provenientes do solo.

A calha metálica (figura 1B) está integrada a uma estrutura de proteção da metade superior de cada pintura, para possibilitar a comparação dos efeitos do intemperismo sobre as partes exposta e a protegida.

Quanto à exposição, foi garantida a ausência de projeções de sombra sobre as superfícies para ângulos de elevação do sol superiores a 20°; exposição de todas as pinturas às mesmas condições atmosféricas; orientação para o Norte, de modo a garantir a máxima incidência solar sobre as pinturas; e inclinação de 70° em relação a horizontal.

As pinturas foram expostas ao intemperismo por 24 meses, sendo monitoradas semanalmente com o objetivo de registrar as anomalias desde o seu surgimento, em função das condições meteorológicas registradas por estação instalada nas proximidades do local de exposição.



Figura 1 - Estruturas para realização do teste de resistência ao intemperismo natural: A) pinturas expostas ao intemperismo natural; B) detalhe do rack para fixação e exposição das placas de argamassa ao intemperismo natural

A medição da área degradada durante o período de exposição ao intemperismo natural foi feita a partir da vetorização dos espaços com extremos de contraste, que indicam ora a parte da pintura que permaneceu aderida ao substrato, ora a superfície do substrato, sendo os resultados apresentados em porcentagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência ao intemperismo natural

A degradação foi mais acentuada nas pinturas produzidas com a mínima proporção de ligante devido às elevadas PVCs. Nesses casos, as partículas dos pigmentos estavam mais expostas e, conseqüentemente, mais sujeitas à degradação. Aumentando-se a proporção de ligante, ou seja, diminuindo-se a PVC, a degradação foi menos acentuada, nem mesmo ocorrendo em parte das pinturas (figura 2).

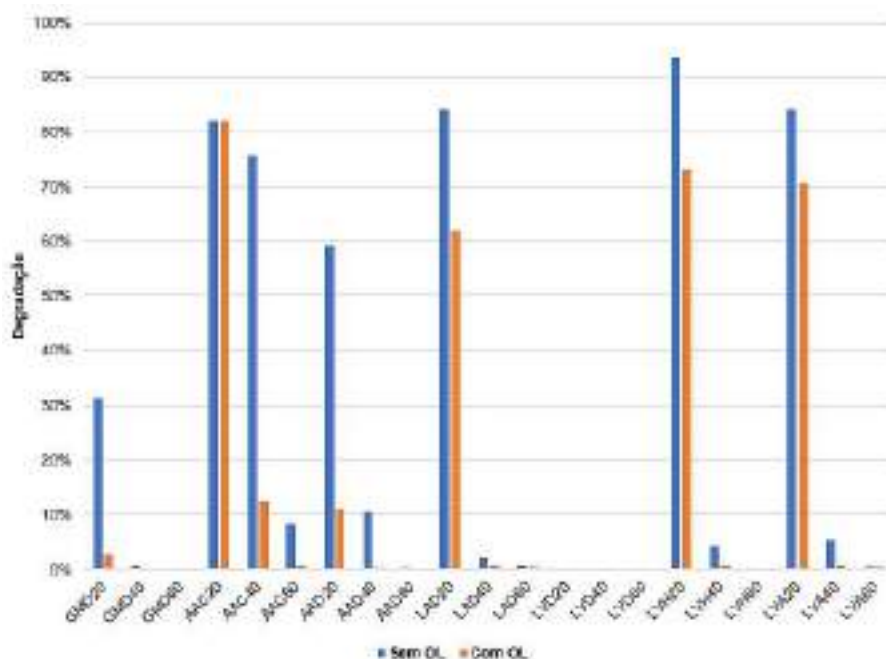


Figura 2 - Degradação das 42 pinturas após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Observa-se também que as pinturas produzidas com adições de óleo de linhaça se degradaram menos que as demais, o que comprova seu efeito benéfico sobre o desempenho. Todavia, o processo de degradação não foi totalmente controlado, o que pode estar relacionado à proporção de óleo de linhaça ou à eficiência de sua dispersão e oxidação/secagem.

Dentre as 42 pinturas, apenas nas produzidas com os pigmentos GMD, AAD, LVD e LVH foi possível controlar os efeitos da degradação por ação do intemperismo natural.

Na maioria dos casos, as pinturas se fragmentaram e permaneceram aderidas ao substrato até que foram removidas pelas chuvas, em coincidência com um aumento brusco da precipitação ocorrido em dezembro de 2017. Em elevadas PVCs, as partículas dos pigmentos estão menos recobertas pelo ligante e, com isso, a superfície da pintura será mais porosa, o que facilita a absorção e a perda de água. Devido à sua baixa resistência à umidade (Cascola, 2020), a eficiência do PVAc como ligante é reduzida à cada ciclo de umedecimento e secagem, enfraquecendo a rede polimérica até que ela perda sua aderência com o substrato.

Para fins de comparação, as fotos das pinturas após 24 meses de exposição ao intemperismo natural foram organizadas por pigmento, separadas por formulação (sem e com adição de óleo de linhaça) e com a indicação das áreas protegidas e expostas, conforme figuras 3, 4 e 5.

Pinturas produzidas com o pigmento GMD

Devido à sua maior refletância, à predominância da fração silte e ao elevado teor de pigmentos da pintura GMD20, os efeitos da dilatação e contração manifestaram-se com menor intensidade, limitando a sua degradação a 31%. A partir da proporção de 40% de ligante combinada com a adição de óleo de linhaça, as pinturas produzidas com este pigmento não apresentaram sinais de degradação. No entanto, com 60% de ligante, o poder de cobertura aparente (constatação baseada na análise visual das pinturas) foi prejudicado.

Pinturas produzidas com o pigmento AAD (figura 3):

As pinturas produzidas com o pigmento AAD apresentaram um poder de cobertura aparente satisfatório, não sendo percebidos danos na pintura formulada com 60% de ligante (pintura AAD60OL) e adição de óleo de linhaça. Nesse caso, a maior proporção de silte em conjunto com a elevada proporção de ligante controlou os efeitos da dilatação e contração. Além disso, entre os sete pigmentos, este é o que apresenta a segunda maior refletância para comprimentos de onda entre o UV e o IR, sendo também, por esta razão, menos susceptível aos efeitos da dilatação e contração.



Figura 3 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento AAD após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Pinturas produzidas com os pigmentos AAC (figura 4), LAD e LVA

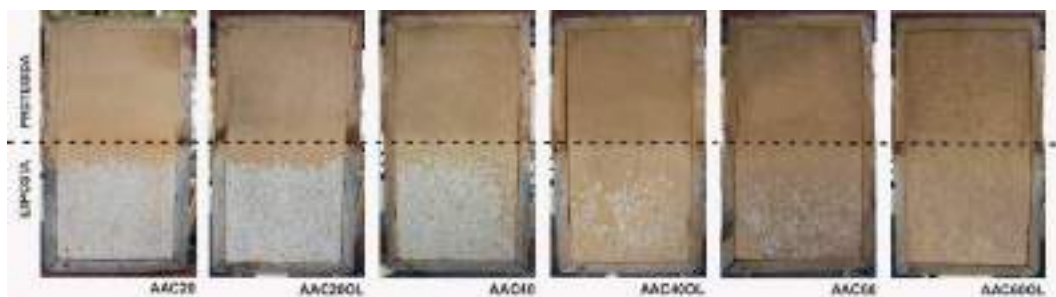


Figura 4 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento AAC após 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Nestes casos, tanto as elevadas proporções de ligante quanto a sua combinação com o óleo de linhaça não foram suficientes para conter completamente os efeitos da degradação.

Devido à sua elevada proporção de argila (91,2%), as pinturas produzidas com o pigmento AAC demandaram um maior volume de diluente para equilibrar a viscosidade, o que resultou em baixos teores de sólidos e, logo, em pinturas muito diluídas e com as menores espessuras quando comparadas às demais. Tal situação prejudica o poder de cobertura. E, devido ao baixo teor de pigmentos, ao aumentar a proporção de ligante, assim como se adicionando o óleo de linhaça, o poder de cobertura aparente é ainda mais prejudicado e, mesmo assim, sem resultar no controle do processo de degradação. Tal situação pode estar relacionada à reduzida proporção de agentes cimentantes (óxidos de ferro) e, logo, à facilidade de dispersão das partículas do pigmento AAC, assim como às suas propriedades ópticas (baixo índice de refração), considerando-se à elevada proporção de caulinita em sua composição.

Situação similar foi verificada no caso das pinturas produzidas com o pigmento LAD, que, além de apresentar uma elevada proporção de argila (89,8%), também apresenta elevada superfície específica (57,46 m²/g), o que as sujeita mais intensamente aos efeitos da dilatação e contração. Neste caso, mesmo reduzindo a intensidade da degradação com maiores proporções de ligante e adição de óleo de linhaça, observa-se a redução do poder de cobertura aparente.

E, quanto às pinturas produzidas com o pigmento LVA, a elevada superfície específica (61,4 m²/g) combinada com a baixa refletância (16,99%) foram os principais fatores responsáveis pela degradação, que não foi contida nem mesmo com elevadas proporções de ligante e adição de PVAc.

Pinturas produzidas com o pigmento LVD (Figura 5)

Apenas as pinturas produzidas com o pigmento LVD não sofreram danos para todas as formulações testadas devido à predominância da fração silte (77,3%). Com uma menor superfície específica, o recobrimento das partículas pelo ligante é mais eficiente e, além disso, a pintura sofrerá menos os efeitos da dilatação e contração. Neste caso em especial, o desempenho satisfatório foi alcançado com a menor proporção de ligante e sem a adição de óleo de linhaça, o que evidencia o potencial deste pigmento para a produção de pinturas para usos externos.

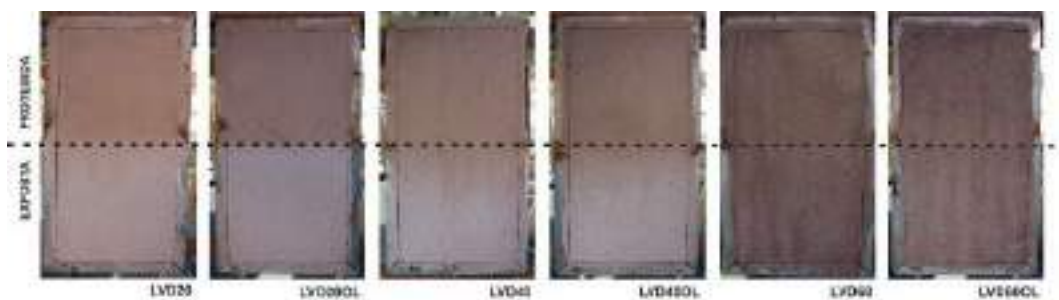


Figura 5 - Aspecto final das pinturas produzidas com o pigmento LVD 24 meses de exposição ao intemperismo natural

Pinturas produzidas com o pigmento LVH

Quanto às pinturas produzidas com o pigmento LVH, apenas a formulação com a máxima proporção de ligante combinada com a adição de óleo de linhaça (pintura LVH60OL) foi capaz de conter o processo de degradação. Devido à predominância da argila, que promove a dilatação e contração da pintura, a elevada proporção de ligante pode ter aumentado a dispersão das partículas, assim reduzindo os efeitos das forças eletrostáticas.

Considerando a eficiência, apenas as pinturas GMD60, LVD20, LVD40, LVD60, LVH60, GMD40OL, GMD60OL, AAD60OL, LVD20OL, LVD40OL, LVD60OL e LVH60OL apresentaram boas condições de uso externo, sendo as produzidas com o pigmento LVD em especial as que apresentaram melhor desempenho, demandando a mínima proporção

de ligante sem depender da adição de óleo de linhaça para controlar a degradação por ação da umidade.

5 CONCLUSÕES

Ao comparar as pinturas que apresentaram boas condições para uso externo, constata-se que, quanto maior a proporção de silte/pseudosilte dos pigmentos, menor a intensidade da degradação. Portanto, desde que compostos predominantemente por silte/pseudosilte, os pigmentos com mineralogias caulínicas e oxídicas podem produzir pinturas látex com elevadas resistências ao intemperismo natural. Contudo, os pigmentos altamente oxídicos e ricos em agregados de alta estabilidade estarão mais sujeitos à degradação devido às suas maiores absorções.

Apesar de elevar a resistência ao intemperismo das pinturas nas quais foi adicionado, o óleo de linhaça não conteve completamente o processo de degradação, sendo até mesmo desnecessário no caso das pinturas produzidas com o pigmento LVD. Outros estudos poderão definir dosagens eficientes deste aditivo, principalmente para os pigmentos ricos em argila.

Tal situação comprova que é possível produzir artesanalmente tintas látex econômicas para usos externos, desde que empregados pigmentos obtidos de solos com elevadas proporções de silte/pseudosilte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D1483–12 (2016). Standard test method for oil absorption of pigments by gardner-coleman method. USA: ASTM International.
- ASTM G7/G7M – 13 (2013). Standard practice for atmospheric environmental exposure testing of nonmetallic materials. USA: ASTM International.
- BRAUN, J.H. (1995) White pigments. In: KOLESKE, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM. cap. 19, p. 159-178.
- CARDOSO, F.P.; ALVARENGA, R.C.S.S.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. (2016). Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. Ambiente Construído, v. 16, n. 4, p. 167-183.
- CASCOLA. Boletim Técnico nº1301. Disponível em <https://www.cascola.com.br/pt/produtos/colas-brancas-pva/universal.html>. Acesso em 24 de janeiro de 2020.
- EMBRAPA (2017). Manual de métodos de análise de solo. Brasília: Embrapa, 3.ed.
- EMBRAPA (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa.
- FARIA, F.C.; SCHMID, A.L. (2017). Tintas naturais para a construção civil: ensaio de resistência ao intemperismo. Espaço Energia, Issue 26, 2017.
- HICKS, L.S.; CREWDSON, M.J. (1995). Natural weathering. In: KOLESKE, J.V. Paint and coating testing manual - Fourteenth edition of the Gardner - Sward Handbook. Ann Arbor: ASTM, 1995. cap. 52, p. 619-642.
- LEARNER, T.J.S.; SMITHEN, P.; KRUEGER, J.W.; SCHILLING, M.R. (2007). Modern paints uncovered. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- LOPES, M.M.S.; ALVARENGA, R.C.S.S.; PEDROTI, L.G.; RIBEIRO, J.C.L.; CARVALHO, A.F.; CARDOSO, F.P.; MENDES, B.C. (2019). Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. Construction and Building Materials, v.205, p.463-47.
- MALLÉGOL, J.; LEMAIRE, J.; GARDETTE, J.(2000). Drier influence on the curing of linseed oil. Progress in Organic Coatings, n.39, p.107-113.
- MATEO, M.; CTVRTNICKOVA, T.; NICOLAS, G.(2009). Characterization of pigments used in painting by means of laser-induced plasma and attenuated total reflectance FTIR Spectroscopy. Applied Surface Science, n.255, p. 5172–5176.

MAYER, R. (2015). Manual do artista. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes.

NBR 14942 (2012): Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro: ABNT.

NBR 15079 (2011). Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NICHOLS, M. (2012). Paint weathering tests. In: KUTZ, M. Handbook of environmental degradation of materials. Oxford: Elsevier, p.597-619.

SCHOLZ, H. A. (1953). History of water-tinned paints. Industrial and Engineering Chemistry, v.45, n.4, p.710-711.

SILVA, J.; UEMOTO, K. L. (2005). Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo. Boletim Técnico. SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

STOYE, D.; FREITAG, W. (1998). Paints, coatings and solvents. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH.

TRESSMANN, D.M.G.A; PEDROTI, L.G; CARVALHO, A.F; RIBEIRO, J.C.L; CARDOSO, F.P; LOPES, M.M.S; OLIVEIRA, A.F; FERREIRA, S.O. (2020). Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. Construction and building materials, v.241, p.1-16, 2020.

VISSAC, A.; BOURGÈS, A.; GANDREAU, D.; ANGER, R.; FONTAINE, L. (2017). Argiles et biopolymères. France: Craterre éditions.

WATERS, J.A. (1997). Latex paint formulations. In: ASUA, J.M. Polymeric dispersions: principles and applications. San Sebastián: Springer Science and Business Media Dordrecht. p.421-434.

WEISMANN, A.; BRYCE, K. (2009). Enduits et peintures naturels à base de chaux ou de terre. Paris: La plage.

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso, doutor em engenharia civil; mestre em engenharia civil; arquiteto; membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; pesquisa sobre tintas com pigmentos de solos desde 2006; projeta, capacita e constrói com terra; coordenou a Rede TerraBrasil (2017-2019); foi professor do curso de Tecnologia em Conservação e Restauro do IFMG - Ouro Preto e professor na Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/0139431424276626>.

Leonardo Gonçalves Pedroti, doutor em engenharia e ciência dos materiais; mestre em estruturas; engenheiro civil; professor do curso de engenharia civil da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: cerâmica vermelha, resíduos, alvenaria estrutural, solo-cimento e concreto com adições de resíduos industriais. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/8770106216994640>.

Anôr Fiorini de Carvalho, doutor e mestre em solos e nutrição de plantas; agrônomo; professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa; tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: pesquisa e extensão sobre tintas à base de solos e agroecologia. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/3776363148666390>.

Milene Gil Duarte Casal, doutora em conservação e restauração; conservadora-restauradora; pesquisadora vinculada ao Laboratório Hercules da Universidade de Évora, Portugal; especialista em conservação e restauração de pinturas murais. Mais informações em <https://www.researchgate.net/profile/Milene-Gil>.

Kai Loh, doutora e mestre em engenharia civil; química; pesquisadora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; especialista na área de tintas para construção civil, tintas à base de cal e cimento, estudos de coberturas frias ("cool roofs"), hidrofugantes, revestimentos frios e autolimpantes (fotocatálise), pigmentos frios, materiais nanoparticulados. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5252794657800781>.

ECOACABADOS: REVESTIMIENTOS COLOREADOS CON PIGMENTOS TERROSOS

Oscar José Becerra Mejía¹, Gloria Lucia Medina Barona²

¹Taller de Arcillas&Ecoacabados, Palmira – Valle del Cauca, Colombia, arcillaecoacabados@gmail.com

²Departamento de Tecnología de la Construcción – Escuela de Arquitectura – Universidad del Valle, Colombia, gloria.medina@correounivalle.edu.co

Palabras clave: revoques, tierra, arcilla, innovación.

Resumen

Sobre la base de la aplicación de los revestimientos elaborados con tierras arcillosas y las formulaciones tradicionales analizadas en este ejercicio experimental, se demuestra que éstas pueden ser innovadas al crear las condiciones para hacer aplicadas sobre diferentes superficies mediante un proceso realizado con muestras y ensayos, cuyo resultado final se ha denominado ecoacabados con pigmentos terrosos. Con estas intervenciones se puede evidenciar que la adherencia y coloración inicial se optimizan por la propiedad conglomerante y el contenido de pigmentos terrosos de las tierras arcillosas destacando las cualidades inherentes e inmanentes.

1 INTRODUCCIÓN

En las Ciencias Naturales la Biología (del griego bio:vida) existe un campo dedicado a la investigación de las condiciones en las que se relacionan diferentes especies de seres vivos entre sí y con su entorno que es la Ecología (del griego oiko:casa), en este sentido, los ecoacabados realizados con las cualidades inherentes de las tierras arcillosas dotan a los espacios construidos, para que una especie, el homo sapiens (Harari, 2016), tenga las condiciones de salubridad y calidades ambientales óptimas para el hábitat.

La finalidad de los acabados es el de proteger el sustrato del material base y también embellecerlos, dando ese toque estético que los hará permanecer como obras de arte o referentes simbólicos en la arquitectura regional. Se puede pensar que hay ciertas relaciones entre la superficie y la protección, así como, en la madera, las lacas sellan la porosidad, resaltando además el veteado; en los muros de adobe, las argamasas preparadas con tierras arcillosas y cales protégelos de la erosión y, al incorporar los colores del pigmento local, darle un sentido estético a la obra construida.

En esta propuesta investigativa, el término revestimiento continuo, realizados en el interior o exterior de una obra con argamasas preparadas con tierras arcillosas, cal o mixtas, aplicadas en una o varias capas tendidas de la misma o diferente composición, que admiten ser aplicados con distintos tipos de acabados (Barahora, 1991, p. 34). En este estudio, se toman como revestimientos continuos elaborados con tierras arcillosas para describir, indistintamente, la última capa del acabado o todo el conjunto.

Este documento describe los procesos realizados en la preparación y aplicación de las argamasas tradicionales, conociendo sus cualidades para posteriormente transformar dichos procesos, mejorando su aplicación procurando que estos materiales estén disponibles en la región sin afectar el ambiente.

El objetivo de este proceso investigativo-experimental es la optimización e innovación de las argamasas y revoques tradicionales con el fin de incorporarlos como ecoacabados en las obras contemporáneas, como en el caso de la obra Sede Taller, descrito en el documento. Uno de los cambios es de las propiedades, que debe ser mejoradas al superar su condición inicial de aplicarse solamente sobre soportes porosos, dotándolas con una nueva propiedad, que permita aplicarlas sobre materiales industriales contemporáneos no porosos, como por

ejemplo los prefabricados en concreto, placas de fibrocemento, etc.

Al reconocer, en las argamasas pigmentadas con colores terrosos, la expresión estética, de identidad local y simbolismo, manteniendo las tonalidades de los colores en los revestimientos para la arquitectura del lugar.

Antecedentes

La universalidad de los revestimientos se corresponde con la abundancia de las tierras arcillosas situadas en la superficie del planeta, razón por la cual no son estándar y tienen resultados diferentes en cada cultura. El concepto de cultura utilizado por Sprandley como “todo aquello que ha sido aprendido o producido por un grupo de gente”. (Sandoval, 1996. pg.30). Para el caso de estas culturas ancestrales en América Latina que son prehispánicas, se toma como referente la cultura Mochica del siglo VII, localizada en la ciudad de Trujillo-Perú.

La cultura Mochica se caracteriza por la utilización de los relieves en el material tierra revocada y pinturas de origen natural (Wright, 2007). De igual manera por el manejo de las técnicas constructivas con tierra como el adobe para la construcción de pirámides escalonadas, revestidas y pintadas con pigmentos naturales, adornadas con inigualables geometrías grabadas con expresiones estéticas, representando su cosmogonía de estructuras de poder y el componente mitológico. (Weismann; Bryce, 2010).

Estas huellas ancestrales del saber hacer, con el paso del tiempo, se transformaron en técnicas tradicionales; proceso en el que se va disminuyendo su aplicación y utilización produciéndose pérdidas en la calidad final de las obras causada por el cambio en la calidad de los materiales o la descalificación de la mano de obra (figura 1).



Figura 1. Mural en la huaca de la luna en Trujillo – Perú

Las condiciones, que históricamente han limitado la utilización de las tierras como acabados en la época moderna, pasan por la elaboración con materiales ofrecidos por el entorno inmediato, sin previo análisis y aplicando técnicas constructivas con herramientas y mano de obra poco calificadas. Los acabados, generalmente con mezclas de tierras poco densas, no protegían al sustrato de las inclemencias ambientales, situaciones resueltas con “buen sombrero y buenas botas” (Cerro; Barch, 2011).

Es evidente la menguada aplicación de los revestimientos y pinturas naturales elaboradas con tierras arcillosas, fibras naturales e hidratadas con agua. Esta realidad motiva para considerarlas como objeto de investigación e innovación, mejorando las calidades de los materiales, formulación y modos de empleo, más acordes con la actualidad.

La innovación de estas técnicas tradicionales es un imperativo entre los profesionales que ejercen su trabajo en el mejoramiento de viviendas populares por su bajo costo y cualidades constructivas, ligadas a su saber-hacer con formas organizativas autónomas que le permitan actuar en el mejoramiento de la vivienda más allá del acompañamiento técnico (Becerra, 1992) y entre los profesionales dedicados a la restauración de monumentos simbólicos por su expresión y significados socialmente identificados.

2 PROCESO METODOLÓGICO Y CONTEXTO.

Este documento evidencia el proceso investigativo realizado donde se reconoce la tierra arcillosa como material para acabados, por lo cual se llevó a cabo una investigación de tipo cualitativo con enfoque descriptivo y experimental, donde se genera el análisis mediante guías para tener claridad de las formulaciones iniciales y su innovación a partir de las propiedades de los materiales utilizados, como por ejemplo reconocer las arenas y minerales por su granulometría, obteniendo datos y resultados de fuentes primarias, al ser sistematizados directamente y por la literatura especializada.

Las actividades investigativas para desarrollar las innovaciones están cruzadas por conceptos y datos primarios, es decir, sistematizados directamente por las experiencias realizadas en la sede Taller y registradas en las fichas guías, que han sido codificadas, permitiendo la cualificación de los conocimientos del material. Estas actividades han sido complementadas con datos secundarios difundidos en los informes de otras investigaciones especializadas sobre el tema, retroalimentado por el intercambio de saberes con otros investigadores, visitantes o invitados en la realización de los talleres teórico-prácticos en las instalaciones de la sede Taller.

Con el conocimiento previo de las técnicas tradicionales, objeto de esta indagación, las muestras experimentales se preparan con los mismos materiales tradicionalmente utilizados para la elaboración de las argamasas, dosificadas con las siguientes proporciones en volumen: 5 partes de tierra, 3 partes de arena y 10 % de ese total en fibras naturales mezcladas y humectadas con agua; esta cantidad se mide de acuerdo a la consistencia; tradicionalmente estas medidas son un tanto imprecisas como las paladas, baldados, etc.

La investigación se dinamiza con las continuas experimentaciones y ensayos con las argamasas tradicionales, introduciendo inicialmente una unidad de medida en volumen o peso para prepararlas. En la etapa preliminar se realiza un análisis de las condiciones en las que se producen las argamasas tradicionales, evidenciando la inexistencia de un control de medidas definidas; siendo las formulaciones el resultado empírico del constructor y de los materiales básicos utilizados como las tierras, arena, fibras naturales y agua.

Posteriormente se evalúa la calidad de los materiales utilizados definidos por sus propiedades físico, mecánicas y químicas e igualmente el de sus cualidades inherentes e inmanentes; estos resultados son sistematizados siendo un referente directo para los cambios a futuro dentro de la investigación tendiente a la innovación.

En la fijación de los revestimientos continuos, tradicionalmente no hay una definición y control tanto del espesor de las capas aplicadas como el de la humectación relacionada con el tipo de revestimiento; esto se modifica definiendo su espesor, controlando las condiciones de secado y la ejecución de esgrafiados.

2.1 Registro de la información – Guías

El trabajo de campo inicia con la extracción de las tierras arcillosas y la primera calificación conocida como sensorial, donde predomina los sentidos, es decir, identificar de manera visual, el color; con el olfato, el olor metálico; al tacto, su plasticidad; y con el gusto, sentir la granulometría. Al llegar a la sede Taller, las muestras de tierra se ciernen en una malla N°6 (3,36mm) con la humedad que traen del sitio; luego, se exponen a la energía solar, durante un periodo de tiempo, permitiendo que al secarse se vea el color básico y la coherencia interna.

En el proceso experimental y de producción en el Taller, se elaboran fichas guías para registrar los datos recopilados durante la extracción y la aplicación de los test. Estas contienen las informaciones de la localización territorial: departamento, municipio, etc., con los puntos cardinales, las coordenadas geográficas (latitud y longitud), altitud, y algunas referencias sobre la utilización en el lugar del material tierra en la construcción.

Con el fin de determinar algunas propiedades y realizar una clasificación de la tierra arcillosa se realizan los procedimientos:

- Se toma una parte de la muestra de la tierra húmeda y se simula un guante, la tierra con alto contenido de arcilla se dificulta el lavado de las manos.
- Se toma una parte de la muestra y se hace una bola húmeda y se parte con una navaja, a más brillo de la superficie mayor cantidad de arcilla.
- Se elabora un rollo con la tierra con un diámetro de 1 cm, con un largo de 15 cm y al hacer un círculo no se parte es flexible y arcillosa.
- Se elabora una bola de tierra a la altura de la cintura, se deja caer y al impactar en el piso se observa si se desagrega es muy arenosa y si se aplasta sin fisuras es arcillosa

Con estos test leídos en conjunto, se puede encontrar cómo influyen en las características del material tierra, las proporciones en las que participan las diversas fracciones de granos contenidos en cada uno; características físicas propias y, según su proporción, le aportan cualidades diferentes. Con esta base, se clasifican las muestras de la siguiente manera (Guillaud; Houben. 1989):

- Tierras arenosas donde predominan las arenas y son propicias para un mortero.
- Tierras limosas predominan los limos, tierras finas con poca cohesión y un aspecto sedoso.
- Tierras arcillosas predominan las arcillas, con mucha cohesión, pegajosas y modelables en estado húmedo.

Por su naturaleza, la tierra arcillosa forma parte del planeta Tierra siendo parte de la cubierta terrestre, producida por la meteorización de la roca madre, mediante la alteración química de los minerales conformados por la sílice, feldespato, micas, etc.; son erosiones internas provocadas por los movimientos glaciares, las alteraciones mecánicas, físicas y químicas, transportadas a diferentes lugares geológicos de la Tierra por el viento, el agua y los movimientos telúricos. (Guillaud; Houben. 1989).

Existen numerosos test para comprobar las condiciones físico mecánicas de las arcillas. Aquí se ha aplicado algunos, por considerarlos que aportan los datos necesarios para la clasificación y selección en la elaboración de los revestimientos de finalización. Ahora se realiza estas pruebas más complejas para obtener la información y conocimientos necesarios en la etapa de producción. Los test son los siguientes:

a) Test BCE

El objetivo de esta prueba es conocer la localización precisa de las arcillas en los rangos de franco-arenosa, franco-limosa o franco-arcillosas, el método es por comparación entre varias muestras de tierras arcillosas que se han esparcido húmedas sobre una base de madera, donde los resultados se obtienen en el proceso de secado.

En este estado se analizan la densidad del color del pigmento terroso, que van desde la más húmeda hasta la seca. Este rango sirve como referente para la elaboración de paletas tanto en los revoques de finalización como en las pinturas naturales. Como se puede observar en la figura 2, a partir de la reacción de la tierra con respecto al craquelado en cada una de las muestras, la más craquelada es una tierra arcillosa y la menos craquelada es una tierra arenosa.

Una lectura detenida de los resultados permite definir las granulometrías necesarias para la estabilización de las tierras arcillosas como acabados, permite también prever las condiciones de adherencia al soporte dependiendo del espesor del revoque.

b) Test de retracción lineal

Se realiza en una formaleta de madera que se llena con la muestra de tierra arcillosa húmeda; la información obtenida complementa los resultados del test BCE, permitiendo

decidir algunos cambios en las dosificaciones para la preparación de los revoques pigmentados y también algunas pautas para la estabilización

Los análisis se realizan con la barra de tierra arcillosa seca conformada por unos estratos horizontales (similares a los horizontes, conformados al interior de la formaleta por decantación); en la parte superior se localizan las arcillas y en la parte inferior o fondo están los agregados gruesos, permitiendo una lectura de las proporciones del conjunto (figura 3. Guía registro).

La abrasividad se mide rozando la cara superior de la muestra y no dejar restos (entizar) de coloración en los dedos. La granulometría en la parte inferior se identifican los granos gruesos. La barra puede estar sometida a la tracción y torsión, los resultados se registran en la ficha guía (figura 3. Guía registro). La manera como se retrae y se quiebra da a conocer las características, si son tierras arcillosas o arenosas, las tierras con arcillas expansivas se curvan dentro del molde y no es aconsejable su utilización. Las tierras pulverizadas se obtiene el indicador de la cohesión interna del material.



Figura 2. Muestras de tierras aplicando el test BCE y de retracción lineal

Figura 3. Guía de registro detallado de los datos obtenidos

c) *Test de sedimentación*

Puede denominarse como la prueba clásica para descubrir en la tierra seleccionada el porcentaje del contenido de arcilla, limos y agregados finos. La prueba se realiza en un frasco de vidrio cilíndrico en el que se deposita 1/4 de su altura con la tierra seleccionada y se completa con agua hasta llegar a 3/4 de volumen.

El contenido se deja en reposo, observando qué tan rápido y cuánta agua absorbe; luego se agita el frasco con las manos y se deja nuevamente reposando, en una superficie horizontal; continúa este proceso durante una hora y deja decantar el contenido. Se logra observar, sin mucha precisión, en orden ascendente: la grava, la arena, el limo, la arcilla y el agua. La prueba es útil porque puede dar una visión rápida de la composición de la tierra seleccionada, que, indudablemente, se debe analizar con mayor rigor.

2.2 Elaboración de la muestra

Las muestras se elaboran siguiendo las instrucciones de las guías impresas que, para tal fin, han sido diseñadas indicando el nombre de la obra, área a revocar, el color y número del tamiz en el que se cernieron las tierras arcillosas. Estas guías de registro se componen de varios aspectos que van desde la localización del sitio de extracción de la tierra hasta las dosificaciones utilizadas para la preparación de las mezclas que son aplicadas de manera rigurosa.

A través de la historia, se han utilizado los códigos para identificar los lugares de origen de cada uno de los materiales utilizados, como la tierra, aditivos, humectantes y el producto final, que tendrán también un código asignado, al igual que las fórmulas, el color, etc. Esta costumbre es un legado introducido por los alquimistas con el fin de mantener en secreto sus investigaciones y resultados. Hoy en día, la codificación es una condición para la utilización y manejo de las técnicas de manera apropiada.

La tierra arcillosa es el núcleo sobre el cual se produce las argamasas con pigmentos terrosos. Las tierras arcillosas no son estándar por varias causas como: las proporciones de los minerales revueltas con las diferentes tallas de los agregados, influyen también la localización en distintos lugares geológicos, los pisos climáticos o el óxido o hidróxido del mineral que contienen, etc.

Por esta razón, la tierra arcillosa, que ha sido testada para clasificarla según las guías de identificación aplicadas, con anterioridad a la preparación de las muestras. Ahora, se prueba en esa muestra el comportamiento de las formulaciones, con el fin de obtener datos sobre los resultados dicha formulación, fundamentalmente las cantidades de insumos utilizados, datos que son la guía para la preparación de grandes volúmenes de argamasas coloreadas.

Para el mezclado se ha utilizado el método del burrito (figura 4), por su fácil manejo y veracidad en los resultados. La humectación se realiza lentamente porque estos volúmenes de las argamasas pasan del estado sólido al líquido rápidamente, alcanzando la densidad de la mezcla requerida. Se registra la información en la guía de preparación, como la cantidad de agua utilizada; este ejercicio se realiza para cada una de las muestras, controlándolas por la no estandarización de las tierras arcillosas.

El método del burrito es un sistema de mezclado utilizado en la elaboración de pequeñas cantidades que producen un mezclado compacto, sin vacíos internos. Al final, se determina la cantidad de humectante necesario para obtener la consistencia de la argamasa y, con este fin, se ha medido la cantidad de agua consumida. En esta etapa es necesario resaltar la dosificación realizada mediante las unidades utilizadas en términos proporcionales, para tener una formulación con medidas definidas en peso o volumen y obtener un resultado óptimo.

Los soportes experimentales se construyen teniendo en cuenta las características de porosidad y condiciones ambientales de la obra donde se aplicarán los revestimientos. Los

revestimientos deben de tener un espesor máximo de 2.5 cm; la aplicación se realiza con llana japonesa o inox 52 metálica; los soportes siempre deben estar húmedos.



Figura 4. Mezcla mediante el método del burrito, realizado en la sede Taller. Experiencia Taller 2018

El ejercicio de las aplicaciones, como en la recolección y la sistematización de los datos recopilados a lo largo de la investigación, transcurre en varios periodos en el tiempo a raíz del lento secado de las muestras, por el porcentaje de humedad relativa del lugar que, en su mayoría, es alto, y por los procesos de extracción, preparación y secado de las tierras arcillosas; por esta razón, el tiempo es una variable importante en este recorrido exploratorio.

3 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA MUESTRA

Después de realizadas todas las actividades de la etapa de preliminares, se inicia el recorrido metodológico planteado para la investigación, definido de tipo cualitativo con muestras continuas, donde se realiza la recolección de los datos apoyados en las guías de registro y el análisis con el acervo conceptual del marco teórico.

Teniendo en cuenta que, al referirse a los suelos, se debe conocer algunas de sus propiedades fundamentales, como lo son la granulometría o textura de la tierra, siendo clasificadas a partir de las diferentes tallas de los agregados, la plasticidad o posibilidad de ser modelados, la compactibilidad, la posibilidad de reducir la porosidad y la cohesión, una propiedad particular de la tierra para mezclarse con otros materiales.

La tierra es utilizada en las técnicas constructivas, definidas cada una por los niveles de humedad de las mezclas, como bien lo han determinado las investigaciones de CRAterre (Fontaine; Anger, 2009) y las cualidades de la tierra como se ha mencionado anteriormente definidas por los diferentes tipos de grano, “un suelo compuesto por el 15 al 25 % de arcilla y de un 75 al 85 % de agregados constituye el material bruto ideal para elaborar un cob” (Weismann; Bryce, 2010, p.41).

La tierra arcillosa tiene propiedades inmanentes y cualidades inherentes, las primeras definen las propiedades físico, mecánicas y químicas, que son analizadas con los test de identificación, por no ser estas estándar, inestables, aglutinantes y/o conglomerantes, ignífugas, etc. Estos análisis de los materiales, para la elaboración de las muestras requieren el conocimiento de cada uno por sus comportamientos para elaborar revestimientos.

3.1 La tierra

Se inicia la investigación con el cambio de la tierra arenosa utilizada en la técnica tradicional por tierras arcillosas (contiene el 60 al 90% de arcilla), son conglomerantes, con capacidad de cohesionar los materiales que componen las mezclas.

La base de las argamasas pigmentadas son las tierras arcillosas, que han sido seleccionadas para la investigación e innovación a partir de los test y guías de identificación realizados inicialmente, cumpliendo en términos generales con las siguientes propiedades: las franco-arcillosas, tienen capacidad conglomerante, generosas en pigmentos terrosos y con bajo porcentaje de retracción lineal.

De la formulación tradicional se mantienen la arena, las fibras naturales mezcladas y humectadas con agua potable, dosificadas con los volúmenes descritos en el proceso metodológico antes mencionado.

Las tierras arcillosas, al no ser estándar, se identifican, analizan y clasifican para cada una de las muestras. En este proceso investigativo, los resultados fueron de una aceptable adherencia y color claro. En la figura 5 se ilustra los resultados de un taller teórico-práctico en una vivienda de los participantes, donde se evidencia las falencias de la formulación tradicional comparada con la aplicación de una formulación con el análisis previo de los materiales utilizados.



Figura 5. Contraste de las calidades de los revestimientos tradicional e innovado en zona rural de Buga; después de participar de un taller teórico práctico

3.2 Humectantes: agua y cal

Desde la antigüedad se ha reconocido la gran influencia que tiene el agua, tanto en el apagado de las cales como el que proporciona la resistencia en los morteros (Barahora, 1991, p.49). Cuando el agua se agrega a la tierra arcillosa, las fibras vegetales y los agregados se forma un material denso y homogéneo para producir los revestimientos. El aglutinante son las tierras arcillosas humedecidas que envuelve los agregados con las fibras, facilitando su cohesión, que siempre deben agregarse con los volúmenes definidos en las formulaciones, debido a que, su exceso o baja cantidad, afecta la calidad del producto final.

La cal hidráulica es el resultado del conocido ciclo de la cal, iniciado con la calcinación de las rocas calizas en los hornos de colmena para la producción de la cal, que fueron introducidos por los conquistadores españoles en el s. XV. Actualmente existen activos en el municipio de Vijes, Valle del Cauca, donde proviene la cal hidráulica y termina con la carbonatación porque, al secarse, absorbe el gas carbónico contaminante de la atmósfera. La cal hidráulica (NHL) al producirla por esta razón se considera un material ecológico.

El humectante de las argamasas tradicionales es el agua, tradición que se innova introduciendo un humectante preparado con una dosificación de 1 volumen de agua potable y 1 volumen de cal hidráulica. En la formulación se han dosificado las argamasas con una

tasa de tierra arcillosa, suficiente para agregarles la cal hidráulica a la mezcla. Los efectos de la cal son los siguientes:

- Refuerza la cohesión entre los agregados y la arcilla;
- Reduce o anula la reversibilidad de la arcilla;
- Mejora la resistencia de la argamasa;
- Elimina las bacterias y hongos (Cerro; Baruch, 2011, p. 32).
- Aumenta la maleabilidad de la argamasa.

Mantener inalteradas las propiedades inherentes e intrínsecas de los materiales utilizados en la preparación de los revestimientos con pigmentos terrosos, se garantiza con la incorporación de materiales de origen natural y orgánico, sin transformaciones antes de ser aplicados.

En este rango adquiere gran relevancia las cualidades inherentes tales como la higrometría, por la cual los espacios revocados con revestimiento a base de tierras arcillosas y pigmentos terrosos que generan confort climático en los espacios interiores con la serenidad que añaden sus condiciones acústicas neutralizando la reverberación sonora ambiental (Fontaine; Anger, 2009, p.153).

3.3 Las fibras vegetales

En esta etapa del proceso investigativo para innovar los revoques tradicionales, los efectos obtenidos mejoran la adherencia de la argamasa en el sustrato con una huella de amarre alta; de igual manera se comporta la abrasividad y mantiene una coloración tenue.

Las fibras vegetales, generalmente recolectadas in situ e incorporadas en las argamasas tradicionales, han ido desapareciendo en el campo. Actualmente son reemplazadas, dependiendo de la región, por otros tipos de fibras vegetales como: el capacho desmenuzado del coco, tiras finas de calcetas de las matas de plátano, etc. La observación en los procesos de reconstrucción ha permitido encontrar en revestimientos en viviendas construidas con técnicas ancestrales, reconocer que el uso de estas fibras ha disminuido.

Los efectos físico-mecánicos de las fibras vegetales, incorporadas a la argamasa, aumentan la resistencia a la tracción; es una armadura interna natural que podrían asimilar con las nervaduras de una hoja; igualmente resiste los asentamientos de suelos y ciertas fuerzas sísmicas; evitan fisuras eventuales en las estructuras; absorben el exceso de agua en la fragua; atrapan el aire y son buenos aislantes térmicos; forman parte de la apariencia rústica en los acabados. (Cerro; Baruch, 2011, p.157).

Al adicionar las fibras vegetales secas, contribuyen internamente al proceso de secado de las mezclas, algunas incorporan elementos como la sacarosa, producida por la fotosíntesis dotándola de una mayor absorción de energía solar incidiendo en la opacidad del color. La capacidad de despertar los sentimientos de pertenencia o los recuerdos familiares de otras generaciones, afloran cuando los revoques dejan ver las fibras naturales efecto reproducido con fines decorativos.

Las puzolanas originadas por las cenizas volcánicas contienen minerales particularmente reactivos con la cal. La reacción química subyacente produce, como las fibras naturales, la dureza, estabilidad y durabilidad a los revestimientos. Las de origen vegetal, son el resultado de la acumulación de sílice al interior y entre las células de las plantas vivas, por ejemplo, la cascarilla del arroz la contiene en gran cantidad. (Fontaine; Anger, 2009, p.191).

3.4 Los agregados

Los agregados conforman la parte estable de las argamasas dado que son intrínsecamente estables, es decir, no cambian la talla al pasar del estado seco al húmedo. Su rol principal es el de estabilizar las arcillas que son un material intrínsecamente inestable. (Weismann;

Bryce, 2010, p.53).

Los agregados, en el caso de esta investigación, son harinas de roca granítica con diferentes tallas, como lo son: las arenas gruesas con un diámetro entre los 2.0 y 0.2 mm; las arenas finas con un diámetro entre los 0.2 y 0.06 mm; limo con un diámetro entre los 0.06 y 0.02 mm, utilizadas dependiendo del espesor del revestimiento.

En los revestimientos tradicionales los agregados es la arena de río con granos de forma esférica, con pocas condiciones para ser aglutinadas, por lo tanto, se considera de escasa eficiencia comparadas con los minerales de cavas o canteras “triturados artificialmente a los que se controla la granulometría y tienen superficies angulosas” que se imbrican estrechamente creando un buen amarre y estabilidad a los morteros (Garate, 2002, p. 102).

Por esta razón en el proceso de mejoramiento de la argamasa con pigmentos terrosos para el revestimiento se ha reemplazando por los agregados de harina de roca, logrado adherirse en todas las condiciones de porosidad en el soporte como acabado final.

4 LA MUESTRA: TONALIDAD DEL COLOR

Al iniciar la producción del revestimiento pigmentado, se ha elegido una tonalidad del color. En los procesos de aplicación, en esta investigación, se ha seleccionado las tierra a dado la tonalidad requerida. Por esta razón, se ha continuado en la exploración a partir de la siguiente pregunta base: ¿Cómo lograr el color a los revestimientos con pigmentos terrosos alcanzando la tonalidad requerida?

Para resolver esta pregunta, fue necesario el diseño de una nueva fórmula, lograda mediante varias aplicaciones de muestras y análisis de los componentes, mezclando aglomerantes, cargantes y pigmentos terrosos con diferentes proporciones, mediante el método comparativo. Al obtener los resultados relacionados con la tonalidad, se opta por la fórmula con mejor comportamiento en su aplicación.

En el momento de tener el pigmento terroso denso obtenido por levigación (figura 6), como lo recomienda McCloud (1997): después de remojar por 30 minutos la tierra seleccionada con tres veces su volumen, se agita y luego se deja reposar antes de pasar su contenido en otro tarro, dejando en el fondo de este primer tarro las impurezas después de haberlo agitado. El proceso de remojo se repite para separar el pigmento con una calidad más fina del agua.

Con el pigmento terroso obtenido se diluye en una proporción de 1 volumen de cal hidráulica (NHL) por un $\frac{1}{4}$ de volumen de pigmento, añadido a la mezcla del revestimiento hasta obtener la tonalidad del color requerida.



Figura 6. Pigmentos terrosos densos líquidos obtenidos por levigación. Tierras arcillosas colores ocre y amarillos

En la figura 7, se evidencia la comprobación de los resultados en varias aplicaciones en las que se aumenta la cantidad de pigmento terroso líquido: la muestra A tiene el color claro inicial, la B aumenta la coloración y la muestra C alcanza la densidad del color requerida.

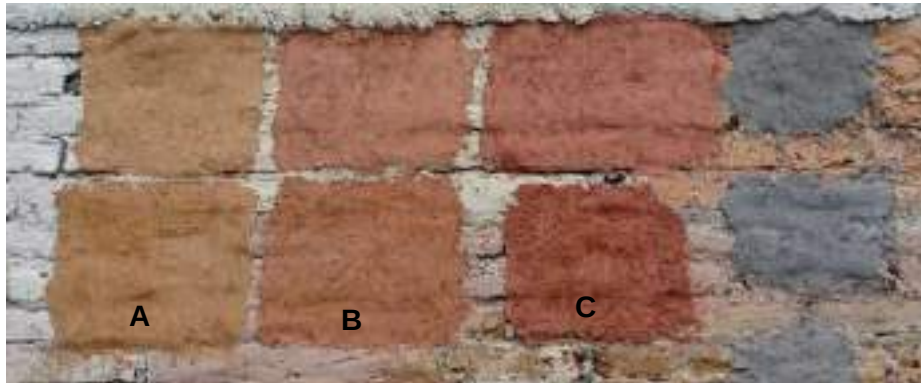


Figura 7. Cambio de la densidad del color con pigmento terroso líquido

Los revestimientos con pigmentos terrosos, preparados con materiales naturales y orgánicos, le permiten transpirar al sustrato poroso. Los soportes de origen industrial no transpiran por lo cual estos revestimientos naturales, aplicados sobre estas superficies autónomamente, mantienen activas las cualidades inherentes de las aplicaciones con un espesor mínimo de 2.5 cm. En la figura 8, se puede observar aplicaciones de varios tipos de muestra sobre placas de fibrocemento.



Figura 8. Aplicaciones de muestras de los ecoacabados en placas de fibrocemento, soportes no porosos

4.1 Ecoacabados, una propuesta estética y de confort.

La obra sede Taller es un espacio de encuentro para la investigación, experimentación y difusión de conocimientos relacionados con la utilización de las tierras arcillosas como acabados. Construido con técnicas mixtas amigables con el ambiente, con un sistema portante en madera aserrada y cerramientos exteriores elaborados con esterilla de guadua como soporte para los revestimientos coloreados con pigmentos terrosos como acabado final. (figura 9).

Los revestimientos finales pigmentados con colores terrosos e innovados, están aplicados en las fachadas de la sede Taller elaborados en esterilla de guadua y madera (figura 9) y expuestos como mural decorativo con diferentes colores y matices; se convierten en un referente para el diseño cromático de una paleta de colores para la arquitectura del lugar. Los paneles soportes, en los espacios interiores, son en esterilla de guadua revestidas con argamasas conglomeradas con cal, protegidas con pinturas naturales.

El reconocimiento de este material a base de tierra arcillosa denominados ecoacabados para los revestimientos coloreados con pigmentos terrosos, expuesto en este documento,

invita a la sensibilidad perceptiva de la ambientación, belleza y armonía de este tipo de acabados.



Figura 9. Sede Taller, un lugar para la investigación, experimentación y producción de los ecoacabados desde 2007: A) técnica de construcción mixta con madera y esterilla de guadua; B) uso de los revestimientos con pigmentados terrosos

5 CONSIDERACIONES FINALES

En los revestimientos coloreados con pigmentos terrosos, la producción como material de construcción es limpia, no contamina el ambiente, consume poca energía, el proceso lo conforman una serie de reacciones químicas internas entre los materiales naturales, como las tierras arcillosas, agua, cales aglomerantes de los agregados y fibras naturales. En algunas condiciones climáticas es necesaria la utilización de aditivos para reforzar su comportamiento por ejemplo hidrófugos que neutralicen la acción de deterioro producida por los rayos ultravioletas en las fachadas. (Álvarez, 2017).

La aparente sencillez de las formulaciones y métodos de mezclado queda reevaluada a comprobarse con esta investigación la complejidad en la definición de las proporciones, en las que, cada material participa, la incidencia de los niveles de humedad y la dificultad en lograr las tonalidades cromáticas deseadas con pigmentos terrosos.

Esta investigación experimental logró incorporar, la innovación en los procesos tradicionales tanto en el diseño, formulación y aplicación de las técnicas en los acabados, avalando la posibilidad de cohesión de los materiales de origen natural entre sí, en la incorporación de nuevas técnicas, en la medida que no afecten al ambiente.

De igual manera, aporta conocimientos para la revaloración del hábitat construido en el material constructivo principal son las tierras arcillosas, evidenciando la importancia en la cualificación técnica de la cultura constructiva del lugar, garantizando una continuidad en el tiempo de estas propuestas innovadas de revestimientos coloreados con pigmentos terrosos.

Por lo tanto, es importante promover la difusión de las técnicas de elaboración mejoradas y de cualificación de la mano de obra en el lugar, donde formulaciones contemporáneas para los revestimientos con pigmentos terrosos, mejoren las condiciones estéticas valorando y apropiándose su uso en el hábitat construido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez M.P. (2017). Análisis sobre el pigmento del óxido de hierro amarillo utilizado dentro del concreto coloreado y los efectos sobre la estabilidad del mismo a causa de la radiación ultravioleta y otros factores ambientales. Ed. Unal de Colombia.

Barahora, C. (1991). Revestimientos continuos en arquitectura tradicional Española. Publicación de Tesis Doctoral publicada por el Ministerio de obras públicas y transporte. Edición Vivienda y Arquitectura. Madrid.

- Becerra Mejía, O.J. (1992). Diseño y construcción participativos. Centro Editorial Universidad del Valle.
- Cerro, M.; Baruch, T. (2011). Enduits terre & leur décor mode d'emploi. Ed. Eyerolles. Paris.
- Fontaine, L.; Anger R. (2009). Bâtir en terre. Du grainne sable à l'architecture. Francia. Editions Belin.
- Garate, I. (2002). Arte de la cal. Editorial Munilla-Lería. España.
- Guillaud, H.; Houben, H. (1989). Traité de construction en terre. Ed. Parenthèses.Marseille.
- Harari, Y.N. (2016). De animales a dioses. Breve historia de la humanidad. Bogotá, D.C. Penguin Random House Grupo Editorial.
- McCloud, K. (1997). Las Técnicas de pintura en la decoración. Barcelona. Editorial BLUME.
- Sandoval, C.A. (1996). Investigación cualitativa. Santafé de Bogotá, Cundinamarca. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior - ICFES.
- Weismann A.; Bryce K. (2010). Construire en terre facilement. La technique du cob. Francia. Editions La Plage.
- Wright, Veronica (2007). Étude de la polychromie des reliefs sur terre crue de la Huaca de la Luna Trujillo, Pérou. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris–Sorbonne.

AUTORES

Oscar José Becerra Mejía, especialista en espacio urbano, arquitecto, sociólogo; director y fundador del Taller experimental sobre ecoacabados en la Buitrera Palmira. Profesor Titular jubilado de la Escuela de Arquitectura de la Universidad del Valle.

Gloria Lucía Medina Barona, maestra en arquitectura con énfasis en tecnología, arquitecta; profesora del Departamento de Tecnología de la Construcción de la Escuela de Arquitectura de la Universidad del Valle. Miembro del taller experimental sobre ecoacabados en la Buitrera Palmira.

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE TIERRA VERTIDA CON IXTLE Y MUCÍLAGO DE NOPAL

Edgardo J. Suárez-Domínguez¹, Yolanda G. Aranda-Jiménez², Josué F. Pérez-Sánchez³

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU). Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, México

¹edgardo.suarez@uat.edu.mx; ²yaranda@uat.edu.mx; ³josue.perez@uat.edu.mx³

Palabras clave: sustentabilidad en construcción, construcción con tierra, comportamiento mecánico

Resumen

En México actualmente se requiere el incremento de producción de vivienda al alcance de sectores vulnerables económicamente, accesibles principalmente en poblaciones de más bajos recursos. Alternativas de tierra consiste en diversas técnicas destacando el bloque de tierra comprimido, el tapial, la tierra vertida entre otros. En este trabajo se evalúa un material a base de un suelo estabilizado con mucílago de nopal y fibra de ixtle para determinar el comportamiento del esfuerzo en el tiempo con respecto a una mezcla sin fibra. El trabajo de laboratorio consistió en la caracterización de los componentes de tierra y la evaluación mecánica a la compresión de mezclas de tierra con mucílago de nopal e ixtle estabilizados con cemento al 6%, encontrando la gráfica temporal del esfuerzo. Se encontró que las mezclas de tierra con mucílago de nopal e ixtle presentaron un ensanchamiento en la curva de esfuerzo/tiempo, con cambios progresivos de pendiente, a diferencia de las no dosificadas que llegan a un máximo y la pendiente se incrementa instantáneamente.

1. INTRODUCCIÓN

En México hay una larga historia del uso del mucílago de nopal en combinación con la cal, la cual hace que, principalmente en los morteros con estos dos componentes aumenten sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. Tradicionalmente, también el mucílago de nopal se ha empleado de modo similar con el yeso, para morteros en paredes de adobe y de ladrillo; y también como una barrera al agua en el estuco.

Actualmente se han incorporado subproductos de origen natural o industrial en el concreto, tal como el mucílago de nopal. Estudios realizados en los años de los 1980 (Sanjuán, 2001 citado en Ramírez, 2008) sobre las causas que comprometen la durabilidad del concreto, se atribuyen a defectos en la calidad de los materiales en un 16.2%, siendo los errores de ejecución el 38.5% y más del 40% a errores de diseño o cálculo.

El aumento en el precio de los aditivos que se usan con materiales a base de cemento en una obra ha llevado a la búsqueda de nuevas opciones e incluso más económicas. Es por esto que es necesario identificar aditivos naturales de alta disponibilidad en el medio que contribuyan a mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. El uso de mucílago de algunas cactáceas, como el nopal o la sábila, es una de las alternativas de obtener aditivos naturales y eficaces para el concreto.

“La selección de algunas plantas[...] surgió a partir del interés en los estudios de la aplicación del nopal en la pintura de cal y yesos para mejorar sus propiedades higroscópicas” (Torres et al., 2010, p.13); por otro lado existen fibras naturales que pueden modificar algunas propiedades de los sólidos, como la que proviene del ixtle¹.

Algunos materiales orgánicos que han sido utilizados en la construcción con tierra podrían funcionar para mejorar las propiedades de elementos tradicionales a base de mampostería, pero que pueden ser sustentables si se usan con tierra y otros materiales vernáculos. Para su adición en el concreto, es necesario analizar la modificación de propiedades como

¹ fibra vegetal resistente proviene principalmente del agave lechuguilla, encontrada en México

resistencia a la compresión y tensión cuando se añaden estos elementos orgánicos, que en este trabajo se corresponden con fibras de ixtle y mucílago de nopal.

2. OBJETIVO

Analizar las propiedades de resistencia a la compresión y tensión del material producido con tierra, fibras de ixtle y mucílago de nopal

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para desarrollar el trabajo de investigación se tomó como base los trabajos relacionados con anterioridad por los autores utilizando el material disponible en la Zona de Tampico-Madero-Altamira, México. Éste material es un suelo integral al que se analizó la granulometría contando con grava, arena, arcilla y limos.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Preparación del mucílago nopal

Se seleccionaron y cortaron los nopales más verdes para favorecer a la extracción del concentrado de mucílago. Para conseguir el extracto, se debe licuar 1 kg de nopal por cada 10 litros de agua. Una vez obtenido el producto, se filtra para retirar cualquier residuo de gran tamaño.

El producto obtenido mezcla con 50 ppm de ácido cítrico y 100 ppm de benzoato de sodio como conservador, dejándose reposar en un bidón muy bien cerrado, durante 24 horas.

3.2 Fibra de ixtle

Esta fibra se obtiene a partir de la planta de *Agave lechuguilla torrey* obtenida en Tampico, Tamaulipas, dentro de las instalaciones de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Para ello, se toman pencas que por estriado se retira el epitelio presente y desprendiéndose las fibras, las cuales son enjuagadas con agua potable y posteriormente se secan a temperatura y presión normales en mesas de laboratorio. Este material también ha sido probado en otras mezclas con suelo, encontrando que es sustentable y amigable con el medio ambiente (Moreno-Chimely et al., 2021)

3.3 Caracterización de la tierra

La tierra utilizada, originada de un banco denominado Champayán, localizado en la Ciudad de Altamira, Tamaulipas, México, contiene agregados pétreos de forma natural. Se utilizó este suelo por que se encuentra disponible en la Región, es de fácil acceso y uso común para rellenos y otras actividades; además este componente presenta de forma natural los agregados de arena, limo, arcilla y agregado pétreo que es utilizado en tierra vertida. A este suelo se le determinó la composición granulométrica, los límites de Atterberg y su contracción lineal.

3.3 Preparo de las probetas

La tabla 1 presenta las doificaciones y tipos de probetas adoptadas para los ensayos de caracteración del suelo y sus adicciones. Las fibras de ixtle son cortadas en tiras de 10 a 15 cm.

Las pruebas para ambos casos, vigas y cilindros, se realizaron a los 7 días y a los 28 días de fraguado o secado según fuera el caso. Para las pruebas de resistencia mecánica se utilizó una máquina universal Marca Controls, facilitada por el Centro de Investigación FADU de la UAT.

Tabela 1 – Probetas y dosificaciones

Forma de la probeta		Ensayo	Cantidad	Mezcla			
Forma	Dimensiones (cm)			Tierra	Mucílago de nopal	Fibra de ixtle	Cemento
cilíndrica	15x30	Resistencia a compresión	4	100%	-	-	-
			4	100%	1%	0,05%	-
			4	100%	1%	0,05%	6%
			4	concreto: 3 arena, 2 grava + 6% de cemento			
viga	15x15x60	Resistencia a flexión	4	100%	-	-	-
			4	100%	1%	0,05%	-
			4	100%	1%	0,05%	6%
			4	concreto: 3 arena, 2 grava + 6% de cemento			

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 presenta la curva granulométrica de la parte gruesa (grava) del suelo utilizado, denominado Champayáde; la tabla 2 presenta los valores de los límites de Atterberg y de contracción del suelo que pasa por la malla de 0,42 mm (#40).

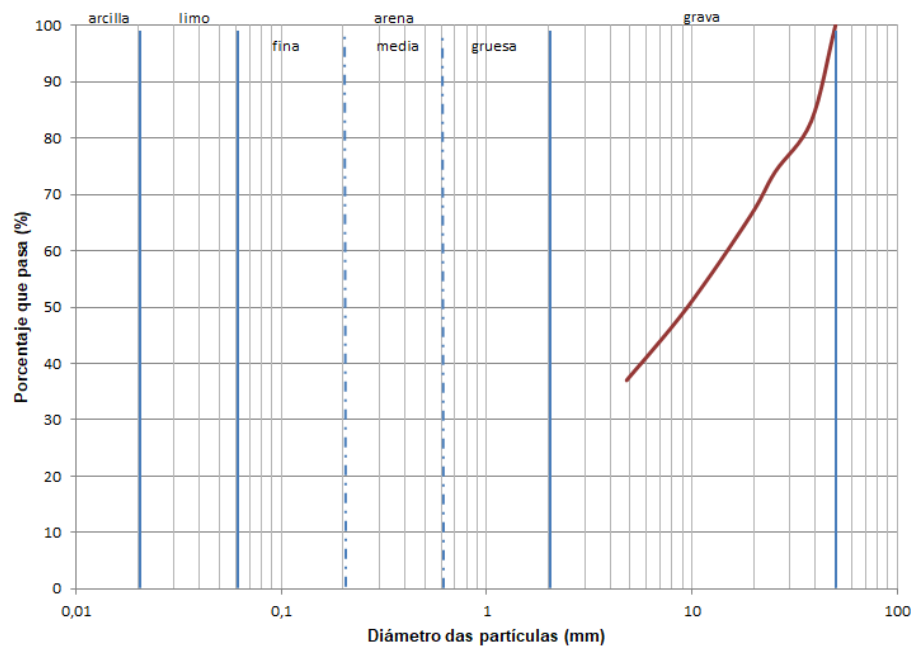


Figura 1 – Curva granulométrica del suelo

Tabla 2.- Límites de Atteberg y de contracción del suelo de Champayán que pasa malla #40 (0,42 mm)

Índices del suelo	Natural	Dosificado con mucílago
Límite líquido (%)	27.7	24.6
Límite plástico (%)	15.5	13.5
Contracción lineal (%)	4.5	3.9

Con respecto a los límites, cómo se puede observar, hay una reducción cuando se añade el mucílago de nopal. En los valores de contracción lineal, el suelo dosificado con el mucílago reduce en poco más del 12% este valor, lo que indica una mayor interacción entre los

componentes.

En este sentido, los efectos cualitativos de los resultados anteriormente mencionados se reflejan físicamente en estructuras de tierra con menos agrietamiento y podría estar relacionada con su resistencia mecánica a la tensión y a la compresión. Este hecho se ha publicado anteriormente por los autores y que se tiene observado un mayor valor cuando los componentes se encuentran mayormente adheridos entre sí y se encuentra dificultad para separarlos o producir un fracturamiento, que es lo que sucede por efecto de una carga.

En la tabla 3 pueden observarse los resultados de resistencia a la compresión obtenidos para los diversos casos, mientras que en la tabla 4 se observan los resultados de resistencia a la flexión obtenidos en las vigas para cada una de las muestras.

Puede observarse que en los casos donde se añade la fibra se tiene una mejora sustancial con cemento. Para fines prácticos se realizó una mezcla sin fibra bajo las mismas condiciones observando que de manera general se presenta una reducción de hasta el 5% de la resistencia para cada uno de los casos. También se notó que se vio afectado por la longitud de la fibra utilizada y que en este caso fue de 3 cm.

Tabla 3 - Resistencia a la compresión (kgf/cm²)

Probeta cilíndrica	7 días	28 días
Tierra con 1% mucílago de nopal y 0.05% fibra	4.02±0.15	12.21±0.05
Tierra con 1% mucílago de nopal y fibra 0.05% + 6% de cemento	31.05±0.08	33.11±0.06
Concreto	28.03±0.18	41.95±0.12
Tierra	3.01±0.35	3.85±0.42

Tabla 4.- Resistencia a la flexión en vigas (kgf/cm²)

Probeta	7 días	28 días
Tierra con 1% mucílago de nopal y 0.05% fibra	0.58±0.07	1.19±0.01
Tierra con 1% mucílago de nopal y fibra 0.05% + 6% de cemento	2.47±0.06	2.87±0.19
Concreto	2.16±0.18	3.9±0.20
Tierra	0.28±0.09	0.3±0.09

En la figura 2 se muestra para el caso a) una curva con respecto al tiempo para tierra con mucílago e ixtle. Note la forma de la curva que para el caso de compresión finaliza la prueba sin el colapso total del elemento.

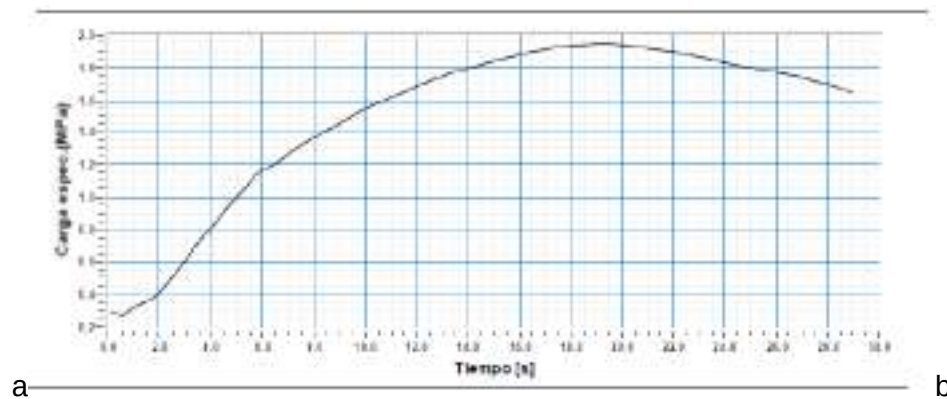


Figura 2.- a) Gráfica de prueba a la compresión en el tiempo; b) Aspecto final de la probeta

Jimenez y Suárez-Domínguez (2014) relatan un método para elaborar mezclas con tierra vertida que fue aplicado para proponer un muro monolítico en vivienda cuyas propiedades fueron mejoradas, posteriormente, mucílago de nopal o acíbar, sin embargo no se explica el por qué de la mejora sustancia de la resistencia, aunque se hipotetiza una mejor interacción de partículas. Cristelo et al. (2012) habían realizado otras estabilizaciones, principalmente con compuestos alcalinos que cambian iones con los componentes del suelo: lo que se encontro en este trabajo no parece interactuar de esta manera. En efecto, el mucílago de nopal, no presentan cationes en su estructura ni otro tipo de metal (Suárez Domínguez; et al., 2013) pero tiene la capacidad de modificar la superficie.

Lo que se encuentra en este trabajo apoya los resultados anteriormente y permiten explicar por qué las mejoras en los resultados de superficie: cuando se tienen cambios en los límite líquido y plástico como los expuestos anteriormente, que son producidos por la añadidura de estabilizantes, puede producir además una reacomodo de los componentes que resulta en modificaciones de su superficie, disminuyendo la rugosidad, además de incrementar su resistencia a esfuerzos externos, esto también podría estar sucediendo con otros estabilizantes naturales como por ejemplo la goma utilizada en Zarazua-Portes et al. (2016).

Además de otros cambios físicos se han tenido mejoras como por ejemplo la transferencia de calor (Suarez-Dominguez et al., 2017) lo que puede deberse a que, aunque exista un mejor arreglo, no necesariamente se traduce en una separación infinitamente pequeña, sino que existe una separación también que mejora en su conformación inhibiendo el paso de calor.

5. CONCLUSIONES

Ante los resultados de esta experimentación, se ha llegado a la conclusión de que el mucílago de nopal, combinado con fibra, funciona para vigas de tierra vertida, donde se pudo observar que evita la fractura instantánea del material ante una compresión, sin embargo la viga sin fibra obtuvo menor resistencia al realizarse la prueba a los 7 y 28 días.

En un trabajo futuro se reducirá la fibra en dimensiones para visualizar los cambios en los resultados. También se encontró que aunque las vigas con fibra presentan una mayor resistencia a la falla no colapsan, quedando “colgadas” al finalizar las pruebas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cristelo, N.; Glendinning, S.; Miranda, T.; Oliveira, D.; Silva, R. (2012). Soil stabilisation using alkaline activation of fly ash for self compacting rammed earth construction. *Construction and building materials*, 36, 727-735.

Jimenez, Y. G. A.; Suárez-Domínguez, E. J. (2014). Diseño de muros mololítico para un prototipo de vivienda sustentable. *CONTEXTOS. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 8(9), 67-76.

Moreno-Chimely, L. C.; Sánchez-Medrano, M. T.; Aranda-Jiménez, Y. G.; Arvizu-Sanchez, E.; Suarez-Dominguez, K.; Suarez-Dominguez, E. J. (2021). Environmental analysis impact reduction from replacing a traditional mortar with an earth-fiber plaster.

Ramírez Arellanes, S. (2008). Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural. (Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, México

Suárez Domínguez, E. J.; Aranda Jiménez, Y. G.; Izquierdo Kulich, E. (2013). Modelo temporal de resistencia a la compresión para tierra vertida. *épsilon*, 1(23), 33-42.

Suárez-Domínguez, E. J.; Aranda-Jiménez, Y. G.; Fuentes-Pérez, C.; Zúñiga-Leal, C. (2017). Behavior of the heat capacity and ultrasonic characterization for poured earth. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 14(6), 18-22.

Torres, A. A.; Celis, M. C.; Martínez, M. W.; Lomelí, G. M. (2010). Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Publicación Técnica No 326. Recuperado de: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>

Zarazua-Portes, E.; Zúñiga-Leal, C.; Gallegos-Villela, R. R.; Aranda-Jiménez, Y. G. (2016). Mechanical resistance to compression poured earth, mixed with natural latex obtained from *Tabernaemontana alba* Mill Apocynaceae. *American Journal of Engineering Research*, 5(10), 363-366.

AGRADECIMIENTOS

Los equipos de laboratorio utilizados en La presente investigación se mantuvieron y calibraron con el apoyo del CONACYT proyecto 2021 y el apoyo de fortalecimiento de infraestructura al Laboratorio de Resistencia de Materiales y Mecánica de suelos.

Se agradece al proyecto 54-INVESUAT21 por el apoyo recibido. La presentación de esta investigación se realiza con apoyo del PRODEP en convocatoria 2021 para CAEF.

AUTORES

Edgardo J. Suárez-Domínguez, doctor en el área fisicomatemática por la UNAM, con posdoctorado en Materiales. Profesor investigador y jefe de la Unidad de Posgrado de la FADU-UAT. Los últimos 5 años ha publicado más de 30 artículos en revistas indexadas y cuenta con más de 6 patentes y 5 libros publicados..

Yolanda G. Aranda-Jiménez, doctorado en Arquitectura con énfasis en vivienda (UAT 2010), línea de investigación en construcción con tierra. Miembro del SNI nivel I. Miembro de Proterra desde 2005. Representante de la Catedra UNESCO para la tierra en la FADU-UAT. Cuenta con varios artículos indexados y participación en congresos internacionales. Es autora del Libro *Tierra Vertida*, una técnica olvidada.

Josué F. Pérez-Sánchez, doctor en ciencias de los materiales (ITCM) y Maestro en Rehabilitación Ecoeficiente de Edificios y Barrios por la Universidad de Sevilla. Cuenta con dos libros, dos patentes en evaluación, 3 derechos de autor y más de 20 artículos publicados en los últimos 5 años.

PANELES AISLANTES PREFABRICADOS DE TIERRA PARA CIELORRASOS

Marco Aresta¹, Fábio Mendes², Bárbara Correia³

¹Instituto de la Espacialidad Humana, Laboratorio de Morfología, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo e-mail: maaresta@unrn.edu.ar

DeBarro-BioArquitectura y Bioconstrucción, ²debarroarquitectura@gmail.com; ³debarroarquitectura@gmail.com

Palabras clave: placas, aislación, arcilla, paja

Resumen

Este trabajo pretende compartir un ejemplo de aislación térmica con materiales naturales, sanos y de uso local, a saber: tierra arcillosa y paja. Esta propuesta es exploratoria y, como tal, denota y describe las instancias preliminares en la obtención de resultados finales, etapa posterior que se pretende en el futuro poder agregar a la actual. Sin embargo, en una primera instancia de producción y aplicación de la solución propuesta, se tiene obtenido resultados satisfactorios que se enuncian en este artículo. Esos resultados cumplen con el objetivo de aislar las paredes y techos, teniendo en cuenta la aplicación de paneles aislantes prefabricados para uso en obra nueva o en mejoramiento de obra edificada. Los paneles utilizados son de fácil transporte y aplicación y su producción es económica y de fácil ejecución, lo que agrega una ventaja en términos sociales y económicos. La investigación de los procesos, sus condicionantes y resultados fue hecha por métodos de la práctica del hacer y con la verificación empírica por experimentación en base a los aciertos y errores paulatinamente alcanzados. En conclusión, los paneles aislantes prefabricados de tierra funcionaron como solución al problema presentado, es decir, se pudo aplicar una aislación en una cubierta ya existente sin necesidad de desarmarla, lo que simplificó el proceso, disminuyendo los costos de obra, al mismo tiempo que nos sirvió para estudiar su producción y aplicación en otras posibles obras.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de las viviendas es responsable de un enorme impacto ambiental, en su mayoría provocado por el gasto energético. Este gasto energético está directamente relacionado a la falta de aislación en la vivienda. El lugar de mayores pérdidas energéticas, que obligan al gasto excesivo en calefacción, es exactamente el techo. Muchas veces las cubiertas están hechas con tejas o chapas aplicadas directamente sobre la estructura. Se justifica incluir aislación térmica para las cubiertas ya existentes con un material de tierra, de fácil aplicación y económica producción.

La solución propuesta viene dada por distintas experiencias hechas en obra con el objetivo de dar respuesta a la demanda de un material aislante colocado en seco y de manera rápida. Esto surge como idea teniendo como referencia los materiales industrializados existentes en el mercado.

La mayor diferencia que se ha constatado es en relación a los tiempos de ejecución directamente relacionados a los costos de mano-de-obra. Es decir, cuando hacemos una carpeta aislante de pisos o de techos, comparando las carpetas aislantes de materiales naturales con la aplicación de paneles de materiales como el poliestireno expandido o compactado, los rollos de lana de vidrio o lana de roca, entre otros; observamos una mayor practicidad y velocidad de estos últimos. Esta constatación llevó a varios experimentos con el objetivo de producir materiales prefabricados en paneles o rollos, posibles de ser aplicados en seco en la obra.

En este artículo se pretende enseñar la última experiencia producida con materiales naturales, sanos y de acceso local, exactamente para dar respuesta a un caso tipo, la necesidad de aislar un techo sin desarmar la cubierta de tejas ya existente.

2. OBJETIVOS

El presente artículo pretende compartir una técnica de paneles aislantes de tierra para su aplicación en cielorrasos. Estos paneles tienen como objetivo mejorar la aislación térmica de las cubiertas con déficit de aislación sin con eso tener que desarmar el techo. Los mismos paneles son aplicados desde abajo en cubiertas ya existentes. El objetivo es originar un material prefabricado, estabilizado y de aplicación en seco que permita un acabo posterior, usando materiales no contaminantes, tales como la tierra y la paja.

Se tiene como objetivo específico la disminución de tiempos de obra en términos de ejecución y secado de las carpetas aislantes y, con eso, la disminución de costos, con el mínimo impacto ambiental.

3. METODOLOGÍA

Para la investigación en curso se eligió un caso tipo para ejemplificar el método aplicado. Los paneles térmicos son aplicados en el techo entre las vigas de hormigón armado que soportan la cubierta de tejas (figura 1).



Figura 1. Techo de la cubierta existente. Las tejas están directamente aplicadas sobre la estructura ninguna capa de aislación térmica

El techo original evidenciaba la acumulación de humedad, así como se verificaba la entrada de insectos por los espacios entre las tejas. La gran porosidad del material de los paneles y la existencia de espacios (juntas) entre ellos pueden presentar el riesgo de la nidificación de insectos. En base a este fenómeno se optó por aplicar una pintura de cal (calada) para repeler los insectos y evitar la degradación de los paneles. La aplicación de la pintura a cal fue hecha con una máquina de aspersión para garantizar su homogeneidad y rapidez de aplicación.

3.1 Características

La dimensión de los paneles cambia en función de la estructura existente, pudiendo producirse distintas dimensiones cambiando el molde usado. En el caso ejemplificado, las dimensiones de las placas resultan del espacio existente entre yeseras ("clavaderas") que soportan las tejas, de manera a poder encajarlas entre las vigas.

Las variables llevaron a la elección de tres paneles. A saber, en el modelo 1 y 3 las dimensiones son de 74 cm x 34 cm x 8 cm, con un peso de 4 kg y de 7,5 kg respectivamente. La diferencia entre los dos paneles está en su peso dada la cantidad

dificultó, por su peso, la aplicación en el techo desde abajo, lo que llevó a aplicarlo en las paredes.

El panel 3 tiene una densidad de 277 kg/m^3 . Con el anterior dato se toma la tabla comparativa de la figura 3 según Gutiérrez y González (2012) y se determina que el panel 3 tiene un valor de conductividad térmica entre $0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ y $0,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Este valor es relativamente bajo dado su baja densidad, lo que garantiza su aplicación para efectos de aislación térmica.

En todas las pruebas fue usado el mismo procedimiento y los mismos materiales. Las pruebas fueran ejecutadas en el mismo día y por las mismas personas. El factor variable fue la altura del molde, la cantidad de tierra arcillosa aplicada y el grado de compactación adoptado.



Figura 4. Molde de madera para la producción de paneles de tierra

3.2 Producción

El procedimiento de la producción fue: a) se preparó en la “hormigonera”, la mezcla de tierra arcillosa hidratada y en estado plástico (“barbotina”) junto con la fibra larga de cereal; b) se dejó reposar en el piso por lo menos 24 horas para mejoramiento de la mezcla; c) se aplicó la mezcla en el molde de madera (figura 4); d) se colocó una tapa y se comprimió con un peso aproximado de 130 kg; e) se retiró el molde y se dejó secar; f) se aplicó una pintura a cal con máquina de proyectar.

En la etapa de rellenar el molde es importante que esté en un piso nivelado. Se puso en el piso serrín para ayudar a despegar del piso los moldes después de su secado.

3.3 Aplicación

Los paneles se aplicaron tanto en paredes, como en el techo entre las vigas de la estructura. Su aplicación en el techo fue hecha desde abajo sin necesidad de desarmar la cubierta. Los paneles fueron colocados “a presión” de manera a que quedasen lo más ajustados a la estructura. Para ayudar a fijar los paneles al techo se usaron unos alambres de alta densidad tensados con tensores (“golondrinas”). Los mismos alambres sirven de agarre a un futuro revoque (rasado) del techo. Para la aplicación en el techo, desde abajo, se eligió el panel 3 por ser más liviano y facilitar su manejo.

En el caso de las paredes, la aplicación de los paneles fue hecha en la vertical lo que llevó a la necesidad de contenerlos con apliques junto con mortero (mezcla de tierra arcillosa y fibra larga) aplicado entre el panel y la pared de ladrillo existente. Para las paredes se eligió el panel 2 por tener mayor densidad y resistencia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se hicieron distintas pruebas de manera a probar la mezcla utilizada y las dimensiones para cada panel. Los resultados obtenidos fueron variables lo que llevo a la elección del mejor panel en función de su facilidad de transporte hacia la obra, de su manoseado y de su aplicación.

Existe la necesidad de realizar futuros modelos para la realización de posteriores pruebas y análisis en laboratorio que permitan conocer los comportamientos físicos y mecánicos, con el fin de incorporar a las construcciones el modelo que mejor satisfaga las exigencias constructivas.

Se detectó también la importancia de sistematizar el proceso de producción, optimizando el tiempo y la técnica de producción con el fin de estabilizar el panel en lo que se refiere a su resistencia mecánica y sus características físicas.

En relación a los objetivos propuestos, se obtuvieron mejoras en la aislación térmica de la edificación adonde se probaron los paneles.

Fue posible aplicar los paneles no solamente para aislación del techo sino también en la pared. La pared de ladrillo fue revestida de paneles aislantes y luego revocada de tierra como se puede ver en la figura 5.



Figura 5. Pared y techo revestidos con placas aislantes de arcilla/paja. Etapa de obra en ejecución

Queda pendiente el seguimiento de los resultados en relación a los niveles de ahorro energético en relación a las mejoras de aislación.

De cualquier manera, la evidencia se hace en base a la experiencia empírica efectuada por los usuarios pasado el primer Invierno. Por observación/experimentación se hizo notorio el

ahorro en la calefacción producida por aparatos eléctricos. Es también notorio por análisis empírica sensorial la temperatura existente en el lugar, habiéndose constatado una menor amplitud térmica, y el mayor tiempo de enfriamiento al final de tarde/noche de Invierno y el menor tiempo de calentamiento al medio día solar en la época estival.



Figura 6. Paneles aislantes de tierra en proceso de secado

Una de las limitaciones para la producción de los paneles es la necesidad de un espacio amplio que posibilite el tiempo de secado y el acopio de los paneles (figura 6). El tiempo de secado puede llevar cerca de 20 días lo que genera la imposibilidad de continuar produciendo si el espacio es reducido.

5. CONCLUSIONES

Se hicieron distintas pruebas de manera a probar la mezcla y las dimensiones de cada panel. Los resultados obtenidos fueron variables lo que llevo a la elección del mejor panel en función de su facilidad de transporte, de su manoseado y de su aplicación en la obra.

En relación a los objetivos propuestos, se obtuvieron mejoras en la aislación térmica de la edificación adonde se probaron los paneles. El dato anterior se constató de manera empírica por observación/experimentación.

Además los paneles posibilitan la aplicación en el piso, agregando dilación térmica al contrapiso. Tal como en los techos, en los pisos, esta solución permite ahorrar tiempo de aplicación y secado, dado que se trata de una material aplicado en seco. Esto resulta de gran ventaja en relación a las carpetas aislantes hechas con mezclas húmedas en la obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gutiérrez, J. A.; González, A. D. (2012). Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), CONICET y UNCOMA, 8400 Bariloche, Río Negro.

AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen a la familia, propietarios de la vivienda construida, por la confianza depositada en el momento de aplicar los paneles de manera a poder probar su resultado.

AUTORES

Marco Aresta, doctorado en Semiótica (en curso), mestre en Morfología, especialista en diseño bioclimático, arquitecto por la F.A. de Lisboa, albañil, artista plástico, investigador invitado del IEHu de la F.A.D.U. de la Universidad de Buenos Aires, profesor del Master en Gestión de Proyectos de Bioconstrucción de la Universidad Nebrija en España, autor de varios artículos en revistas y seminarios especializados y de 4 libros, entre ellos "Arquitecturas Biológicas - la pasión por la forma"

Fábio Mendes, pos-grado en Eco-Arquitectura y Metodologías de la Sostenibilidad y arquitecto con grado de mestre por la Facultad de Arquitectura de Lisboa, formación en bioconstrucción en el espacio "Susurros del Viento", artista plástico, co-fundador del grupo "DeBarro Arquitectura".

Bárbara Correia, maestre en arquitectura con la tesis "(Re)Habitar as terras", especializada en "proyecto social y auto-construcción", arquitecta por la Facultad de Arquitectura de Lisboa, artista, terapeuta, integrante del grupo de proyectos y construcciones de tierra "DeBarro Arquitectura"

PRODUCCIÓN DE VIVIENDAS DE BTC Y NÚCLEOS SOCIO-PRODUCTIVOS A PARTIR DE TIERRA DE EXCAVACIÓN

Mirta Eufemia Sosa, Stella Maris Latina, Irene Cecilia Ferreyra

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad Nacional de Tucumán, criaticfaunt@gmail.com

Palabras claves: recurso natural, producción BTC, Tucumán

Resumen

Este trabajo realizado en el marco del Proyecto de Investigación PIUNT 26 B/615 de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), es desarrollado por integrantes del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC). Se busca demostrar que el volumen de tierra obtenida en excavaciones realizadas para la construcción de edificios en la ciudad capital de la provincia de Tucumán, San Miguel de Tucumán (SMT), Argentina, posibilitaría la elaboración de bloques de tierra comprimida (BTC) para la construcción de viviendas a partir del diseño de un núcleo socio-productivo (NSP) ubicado en la periferia de la ciudad. Este recurso natural, desechado en terrenos limítrofes del municipio sin ningún control que genera vertederos encubiertos, podría constituirse en excelente materia prima para la materialización del hábitat, deficitario en el país. La investigación se desarrolla en dos fases de ejecución; se expone la primera de ellas, que comprende cinco etapas. El área de estudio comprende el sector ubicado dentro de las avenidas principales de SMT. En primera instancia, se realiza el registro y recopilación documental del perfil litológico del municipio. Se continúa con el relevamiento de edificios que iniciaron su construcción entre 2018 - 2019 y la información suministrada por las empresas constructoras logrando el registro de 18 excavaciones; cartografía de los sitios de extracción y destino de la tierra, así como los espacios de servicios y vacíos urbanos; diseño de la vivienda a construir con BTC y la ubicación de un NSP de baja escala planteado a partir del estudio y análisis del Código de Planeamiento Urbano de la ciudad. Como culminación de la investigación -segunda fase- se pretende redactar, ante la carencia del mismo, un proyecto de protocolo de ordenanza municipal, que regule el destino final de la tierra proveniente de las excavaciones.

1. INTRODUCCIÓN

A escala mundial, frente a la crisis demográfica-habitacional-medioambiental, la tecnología de la arquitectura y construcción con tierra se plantea como una alternativa apropiada de respeto al medio ambiente y como un importante recurso para la materialización de un hábitat deficitario en amplios sectores de la sociedad.

El crecimiento exponencial de la población y el excesivo consumo energético en el mundo, también se refleja en nuestro país, especialmente en la región del noroeste argentino (NOA). Su tasa de crecimiento demográfico si bien es baja, con el 7% menos que el promedio anual del país, la situación socio-económica se manifiesta en familias numerosas y viviendas deficitarias, que atraviesan situaciones de hacinamiento en villas o asentamientos informales en los centros urbanos sin acceso a los servicios básicos.

La provincia de Tucumán es la de menor superficie del país, a pesar de ello, es la de mayor densidad de población, con 64,3 hab/km², supera a la provincia de Buenos Aires con 50 hab/km² según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas y Hogares (INDEC, 2010). Estas estadísticas realizadas a cada 10 años indican que, entre los años 1991 a 2010, la población creció cerca del 30.4%. El municipio de San Miguel de Tucumán (SMT), ciudad capital de la provincia, se ha extendido de tal manera que ha generado el área metropolitana de Tucumán (AmeT), junto con otros seis municipios: Yerba Buena, Tafí Viejo, Alderetes, Lules, Banda del Río Salí y Las Talitas. Esta urbanización se constituye en la cabecera de mayor jerarquía del territorio provincial y de la región del NOA y la quinta a nivel nacional (PEM, 2019).

En el centro urbano populoso de SMT, la situación demográfica-habitacional se manifiesta de manera diferenciada y contrastante según la zona que se analice. En el borde de los canales Sur y Norte y márgenes del Río Salí se “localizan las áreas de más altas Necesidades Básicas Insatisfechas, los mayores índices de desocupación, la mayor cantidad de población sin cobertura de salud, las viviendas más precarias” (Plan Estratégico, 2016) y en las áreas que circundan el centro cívico existe una intensa construcción de edificios en altura destinados a viviendas. Esto último produce que la tierra extraída de la excavación de fundaciones, considerada como desecho, sea arrojada, especialmente, en las áreas periféricas antes mencionadas, transformando a esos terrenos, en suelos degradados (Fernández, 2017). Esta situación está produciendo un importante impacto ambiental en el conurbano, así como generando en desperdicio un recurso de gran potencial para la construcción de viviendas de bajo costo.

En este sentido, el proyecto de investigación que se lleva a cabo desde el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) propone tanto la investigación como el desarrollo y la transferencia tecnológica a partir de considerar las potencialidades y los beneficios que implicarían el aprovechamiento del uso de la tierra extraída de la excavación para el mejoramiento del hábitat y el desarrollo social. A partir de esto y con la aplicación de estrategias y un modelo de gestión, se plantea viabilizar la producción de componentes constructivos para la materialización de viviendas y el equipamiento urbano necesarios con un material natural con escaso o nulo consumo energético.

El propósito es dar soluciones apropiadas a los problemas antes mencionados -falta de vivienda, desempleo, desecho de gran volumen de tierra proveniente de excavación que es mezclada con residuos varios- a través de un proceso participativo entre la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y la población. Esto sería posible por medio del diseño y el emplazamiento de núcleos socio-productivo (NSP) ubicados en sectores estratégicos del municipio, en los que participarán recursos humanos, materiales y económicos locales en la producción sostenida de componentes básicos como el BTC y elementos constructivos de bajo costo relativo.

2. MARCO TEÓRICO

En las últimas décadas, los debates relacionados con la gestión ambiental adquirieron gran importancia ante la creciente toma de conciencia de que los problemas pueden traspasar las fronteras de los países o que, por su alcance global, no resulta posible solucionarlos mediante leyes nacionales. En la actualidad, los tratados y convenciones entre países constituyen el principal modo de generar leyes ambientales internacionales. Se insiste en que una construcción sostenible debe ser accesible económicamente para la mayor parte de la población. Se resaltan los beneficios que la buena práctica de la construcción podría significar para el desarrollo sostenible y se comienza a considerar la importancia de la arquitectura ecológica y los beneficios que podría aportar a este problema mundial.

Es así que surgen grupos que alientan la concepción de edificios con una creciente tendencia a la revalorización de los materiales locales y de las técnicas tradicionales; resurgen así las técnicas constructivas con materiales naturales, con mínimo proceso industrial como la tierra, la madera y la caña.

Plantear la arquitectura de modo respetuoso con el entorno es una de las respuestas a los problemas ambientales denunciados en las cumbres internacionales.

Según el Ministerio de Relaciones Exteriores argentino, se entiende al desarrollo sostenible como un concepto que necesariamente debe conjugar los aspectos del crecimiento económico, del desarrollo social y de la protección ambiental, de una forma equilibrada, global, interdependiente y solidaria. En el año 2002, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable sanciona la Ley General del Ambiente N° 25.675, que plantea entre sus principales objetivos de política ambiental nacional, asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como

culturales, la realización de actividades antrópicas¹ que posibiliten sostenibilidad ecológica, económica y social del desarrollo, así como promover cambios en los valores y conductas sociales que faciliten el desarrollo sostenible.

En estudios estadísticos realizados Cabrera (2016) referidos a la arquitectura sustentable en Argentina, se menciona que el sector de la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados. Los materiales y productos para la construcción pasan por varias fases de producción para llegar hasta su uso: la fase de extracción y elaboración de materias primas constituye la etapa más significativa por su impacto al ambiente, que se traduce en emisiones de CO₂, vertido de líquidos nocivos al agua, residuos y exceso de consumo energético; las fases de puesta en obra y final del ciclo de vida de los materiales de construcción coincide con su tratamiento como residuo. Estos proceden, en su mayor parte, de la demolición o remodelación de las construcciones, que son trasladados a vertederos y mezclados con residuos de diversa procedencia que además de generar contaminación, producen un importante impacto ambiental y visual.

El estado nacional, durante el año 2018, a través de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiente de la Secretaría General y la Secretaría de Vivienda del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, ha enunciado una estrategia nacional de vivienda sustentable, que abarcaría varios aspectos e indicadores congruentes a llevar a cabo para lograr una vivienda con nivel de eficiencia y confort para sus habitantes procurando de esta manera promover de manera eficaz el desarrollo sostenible.

Sin embargo, son escasos los municipios en Argentina, que en los últimos años aceptan la construcción con tierra luego de sucesivas peticiones de pobladores y profesionales del lugar. El mayor movimiento en este sentido, está dado por grupos de personas de buena voluntad autoconvocadas, algunos profesionales de distintas incumbencias, interesados en hacer su pequeño aporte para el mejoramiento del medio ambiente.

La Red Protierra Argentina, enfocada en el desarrollo responsable de la construcción con tierra, por intermedio de sus miembros, reunidos en comisiones de trabajo, ha elaborado un proyecto de ordenanza y anexo técnico de arquitectura y construcción con tierra², para que sea discutido y adoptado en todos aquellos municipios y comunas que aspiren a ampliar y habilitar la materialidad de las obras construidas en ellos.

En Tucumán, la arquitectura sostenible no es tenida en cuenta en la mayoría de los casos; la construcción con tierra tiene muchos adeptos en la zona de los Valles Calchaquies, sin embargo, en general, es tomada como una moda, más que una toma de conciencia frente a una alternativa constructiva de bajo consumo energético en las diferentes etapas de vida de un edificio.

En la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la UNT, desde 1997 a la fecha, se dicta la materia electiva arquitectura de tierra, con el objetivo de incentivar a los alumnos, futuros profesionales, a adoptar este material en sus proyectos; así también, desde el CRIATiC, se imparten cursos y capacitaciones en centros vecinales y municipales estimulando a la población al uso de la tierra como excelente material de construcción en sus diversos sistemas constructivos. No obstante, todavía hay reticencia en sumarse a esta propuesta.

¹ Actividades antrópicas: Producido o modificado por la actividad humana; por ejemplo, la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera (de origen fabril, vehicular, etc.) Diccionario de la Real Academia Española - RAE

² <http://redprotierra.com.ar/2021/08/02/ordenanza/>

3. METODOLOGÍA

3.1. Definición del área de estudio. Análisis del contexto físico-ambiental

En el censo nacional 2010 (INDEC, 2010), el municipio de SMT presentó una población de 548.866 habitantes en una extensión de 90 km²; actualmente, se estima unas 800.087³ personas.

SMT presenta áreas periféricas marginales en el Norte y Noroeste, territorios que limitan y comparten con los municipios de Banda del Río Salí y Alderetes y que, en julio de 2019, revelan una población del 35,07% de personas en condiciones de pobreza convergente (La Gaceta, 2019). Según el relevamiento de Indicadores de condiciones de vida realizado por la Secretaría de Gestión Pública y Planeamiento de Tucumán, más del 25 % de los hogares que conforman el Gran San Miguel de Tucumán-Tafí Viejo, están contruidos con materiales parcial o totalmente precarios.

La investigación desarrollada define como área de estudio el sector delimitado por las cuatro avenidas: Sarmiento al Norte, Roca al Sur, Sáenz Peña-Avellaneda al Este, Alem-Mitre al Oeste, y comprende un perímetro de 14 x 18 cuadras, dentro de las cuales se identifican dos barrios emblemáticos de SMT: Barrios Norte y Sur; en los que se manifiesta la mayor densidad de edificios en altura destinados a vivienda; de ellos, se extrae volumen importante de tierra proveniente de las excavaciones de las fundaciones y subsuelos (figura 1).

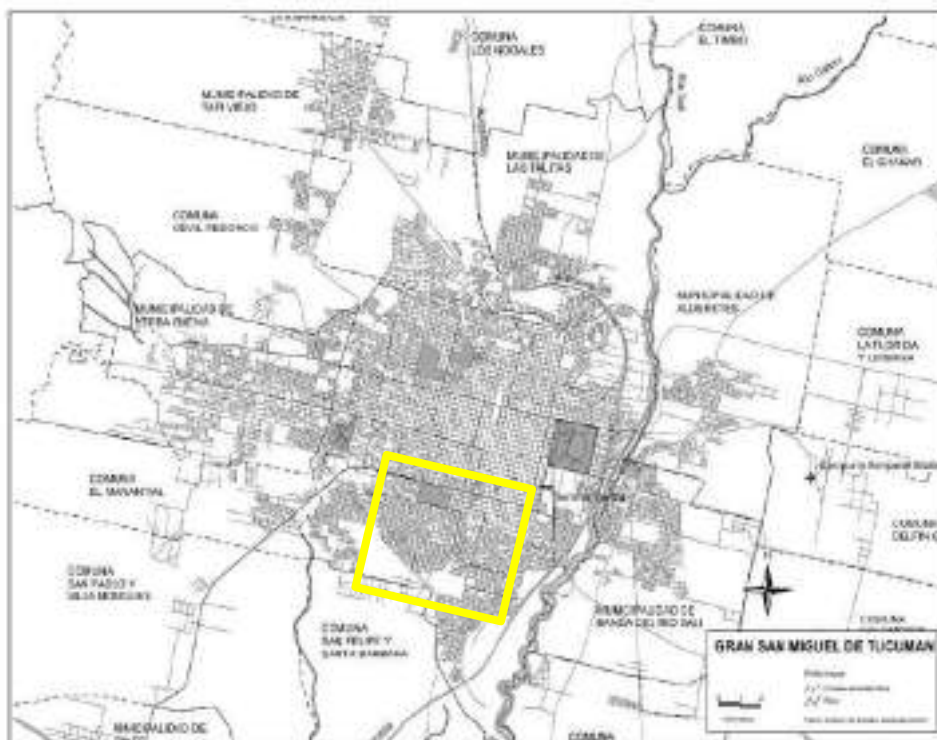


Figura 1. Mapa de SMT- centros urbanos circundantes AmeT y área de estudio.
http://vport.herrera.unt.edu.ar:8894/mapoteca_ieg.html

3.2. Etapas de trabajo

La investigación, llevada a cabo por las autoras y un equipo de colaboradores integrado por estudiantes y jóvenes graduados, se desarrolla con enfoque progresivo e interactivo y conforme a los objetivos propuestos en dos fases. La primera de ellas se presenta en este artículo y comprende cinco etapas sucesivas que son evaluadas constantemente para avanzar en los siguientes pasos.

³ 800.087 habitantes: estimados para el gran S. M. de Tucumán, incluye: Banda del Río Salí, Alderetes, Yerba Buena-Marcos Paz, Ingenio San Pablo, El Manantial, Las Talitas y Los Pocitos --- <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/Poblacion2>

Etapas 1. Investigación de antecedentes documentados

Búsqueda, registro y recopilación documental referida al perfil litológico del área de estudio, disponible en organismos e instituciones.

Etapas 2. Actividades de campo para determinar el volumen de tierra proveniente de excavaciones

- a) Organización de los integrantes del equipo de investigación en cuatro grupos de trabajo para realizar el relevamiento de obras de demolición, baldíos, obras nuevas, a fin de determinar el volumen de tierra de excavación.
- b) Zonificación del área delimitada por las cuatro avenidas en dos cuadrantes: Barrio Norte y Barrio Sur, con un total de 180 manzanas - Barrio Norte: 12 cuadrantes= 87 manzanas; Barrio Sur: 8 cuadrantes= 93 manzanas

Se realiza una corrección en el límite Oeste que corresponde al eje de las Avenidas Mitre-Alem, desplazándolo a calles Catamarca-Marco Avellaneda-Bernabé Aráoz.

Etapas 3. Análisis de la información obtenida en la etapa 2

A partir del registro del estado de obra relevada en la etapa 2 se continúa la indagación con los siguientes puntos:

- a) Lugar de extracción de la tierra
- b) Lugar de destino de la tierra extraída
- c) Ubicación de centros de comercialización de materiales de construcción.
- d) Terrenos baldíos en áreas periféricas para la posible instalación de núcleos socio-productivos.
- e) Infraestructura existente en las áreas periféricas.

Etapas 4. Diseño de vivienda de BTC con tierra de excavación

Determinada la cantidad de tierra disponible se está en condiciones de:

- a) Estimar la cantidad de bloques a producir con ese volumen de tierra.
- b) Diseñar el prototipo de una vivienda estándar mínima.
- c) Determinar la cantidad de BTC para esa vivienda modelo.
- d) Precisar la cantidad de viviendas que se podrían construir con el volumen de tierra extraída.

Etapas 5. Ubicación y Diseño del núcleo socio-productivo

En función de analizar toda la información obtenida se está en condiciones de:

- a) Determinar la ubicación de dos terrenos distantes entre sí donde podría instalarse el núcleo socio-productivo.
- b) Plantear el diseño de ese núcleo o planta de producción de manera modular que pueda adaptarse a cualquier forma de terreno.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Etapas 1. Investigación de antecedentes documentados

Se inicia la investigación con la búsqueda de información referida a artículos publicados por geólogos e ingenieros sobre la capacidad y actitud de los suelos en SMT.

Se toma en consideración lo expuesto por Fernández (2013), basado en la cartografía geotécnica de SMT de Adler (1996) referida a sondeos realizados hasta una profundidad de 6 m, partiendo de la premisa que las excavaciones de los edificios construidos en el área de estudio (entre las cuatro avenidas de SMT), no superan los 4 m en Barrio Sur y los 5 m en Barrio Norte. En los estudios realizados se diferencian 4 tipos de suelos: suelos de tipo 1, constituidos por limo y limo-arcilla de baja plasticidad y poco densos clasificados como arcillas limosas de baja y media plasticidad - limos inorgánicos (CL-ML); suelos de tipo 2, constituidos por limo-arcilla de plasticidad moderada clasificados como CL y CL-ML; suelos de tipo 3 representado por gravas y arenas y/o suelos densos clasificados como grava limosa (GM) y arena limosa (SM) y suelos de tipo 4, constituidos por gravas con arenas clasificados como grava arcillosa (GS).

Alderete y Arias (2017), sobre caracterización de suelos en SMT, informa que la zona de Barrio Sur (incluida en el área de estudio) con una profundidad de 4 m, el índice de plasticidad (IP) generalmente es menor a 7 lo que corresponde a un suelo limo inorgánico (ML). En el sector del Barrio Norte a partir de los 3 m de profundidad el IP es menor a 8.

Asimismo y según información recibida de profesionales responsables de distintas empresas constructoras que trabajan en el Barrio Norte, a partir de estudios realizados, el suelo de fundación correspondía a un suelo limo-arenoso con un coeficiente de esponjamiento que varía entre 1,6 y 1,8.

Etapas 2. Actividades de campo para determinar el volumen de tierra proveniente de excavaciones

El equipo de trabajo distribuido en dos grupos, recorre las subzonas definidas para cada uno: se toma notas, fotografías, entrevista a los encargados de obra y demás obreros presentes al momento de las visitas.

En un total de 180 manzanas relevadas⁴, se puede determinar que, en el periodo de estudio, julio del 2018 a julio de 2019, hay 18 edificios en construcción; algunos de ellos con excavaciones recién iniciadas y otros con esta operación ya concluida. Algunas de las obras registradas sin bien habían iniciado movimiento de tierra, no completaron las excavaciones, por lo que no fueron consideradas. El volumen de tierra extraída compactada es de 30.041 m³ (figura 2)



Figura 2. Ubicación de los edificios relevados, en Barrio norte y Barrio sur ([Google My Maps](#))

⁴ Releva: es registrar cierta información que se detecta a partir de una observación. ---

Cabe destacar que los años 2018/19 corresponden a una época de recesión económica importante en el país, lo que indica que el volumen de tierra puede ser aún mayor en épocas de mayor movilidad económica.

Se comprueba que el volumen de tierra extraída comprimida es de 30.041 m³, que equivale a 48.065 m³ de tierra esponjada y que es trasladada en camiones con diferentes destinos, entre ellos:

- relleno en barrios privados;
- relleno para la cimentación de nuevas calles;
- vaciaderos en la periferia de la ciudad donde es mezclada con todo tipo de residuos sólidos urbanos formando vertederos de volumen importante.

Al indagar sobre el destino de la tierra excavada y las empresas que se encargan de retirarla de la obra, queda al descubierto que no existe una ordenanza municipal referida a su regulación. El traslado, generalmente se hace por camioneros sin registrar, que la depositan según la demanda y la mejor oferta en el costo de flete y destino.

Etapas 3. Análisis de la información obtenida

Cada etapa terminada es analizada y evaluada según los objetivos propuestos, esto permite realizar los cambios que se consideren necesarios.

Los resultados obtenidos se vuelcan en mapas del *Googlemaps* donde se registran las áreas en las que sería posible la implantación de la NSP (figura 3). Esto estaría en función de los terrenos disponibles o vacantes, de su tamaño; de la infraestructura existente en la zona, especialmente luz, agua y de calles y avenidas de acceso al solar; de la venta de materiales de construcción y de las actividades permitidas por el Código de Edificación de SMT.

Al procesar la información, se desprende que las actividades de pequeñas y medianas industrias se localizan en las zonas denominadas como S1, S2, S3b, C2, C4a y C4b, R2a y R2b (Código de Planeamiento Urbano, 2014); donde se permite la instalación de plantas elaboradoras de materiales de construcción, ladrillos de cemento, cal, arena, entre otras (figura 3). Respecto a los vehículos de carga, no tienen restringida la circulación por la ciudad, sólo en determinadas zonas y en algunos horarios específicos. Este es un tema no menor a tener en cuenta en el NSP por la entrada y salida diaria de camiones para carga y descarga de materiales y de los BTC.

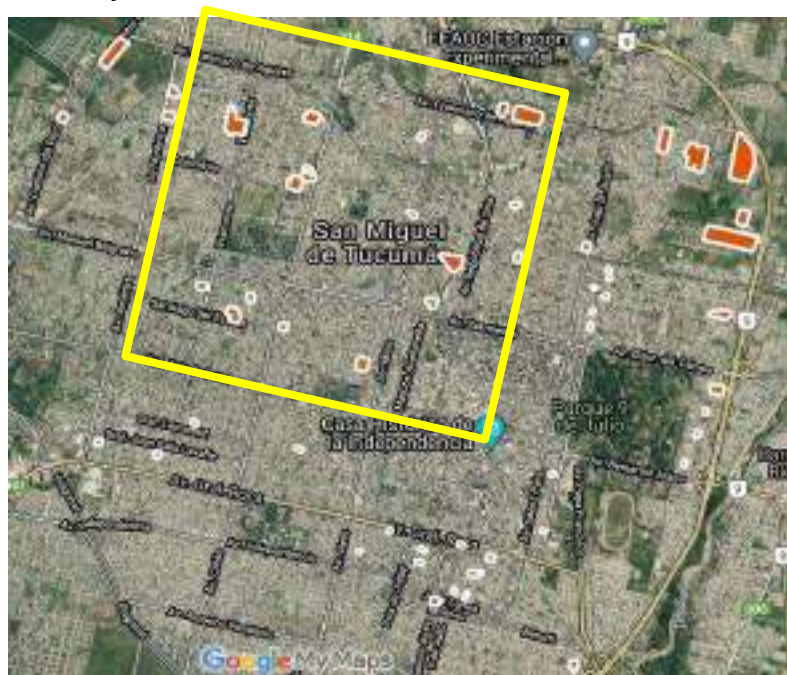


Figura 3. Ubicación de terrenos vacantes para la instalación de NSP (en rojo) (Google My Maps)

Etap 4. Diseño de vivienda de BTC con tierra de excavación

En el diseño de la vivienda se piensa en una unidad que pudiera estar apareada o unida a otra exactamente igual, con dimensiones mínimas necesarias y la posibilidad de ser ampliada en el futuro, que albergue a una familia tipo de 4 personas. Es por ello que cuenta con 2 dormitorios, baño y cocina-comedor; tiene una superficie de planta aproximada de 49 m² (figura 4).

Se plantea el uso de BTC solo en los cerramientos verticales tanto exteriores como interiores, el resto de los ítems serán construidos con materiales tradicionales.

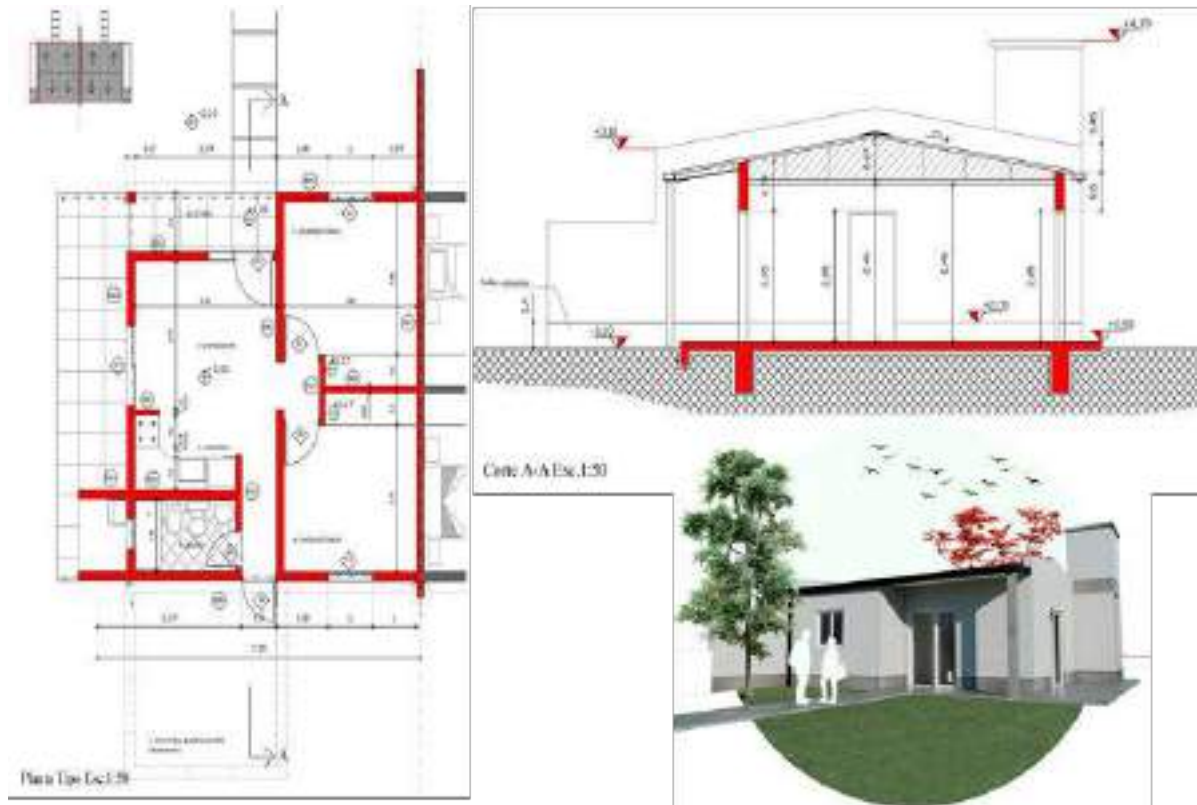


Figura 4. Planta, corte y frente de vivienda

De acuerdo a la información obtenida en la Etapa 2, el volumen de tierra excavada, comprimida o sin esponjar es de 30.041 m³. Para definir la cantidad de BTC se adoptan las dimensiones de 0,125 x 0,25 x 0,065 m con dos perforaciones, correspondientes a la prensa más utilizada y comercializada en la región. Con estos valores se determina:

- Volumen de tierra necesaria por cada BTC = 0.00203m³ de tierra comprimida.
- Cantidad de BTC a producirse con el volumen de tierra extraída = 14.798.522 unidades.
- Cantidad de BTC necesarios para 1 vivienda de 49 m² = 12.669 unidades
- Cantidad de viviendas a realizarse con el volumen de tierra extraída = 1.169 viviendas aproximadamente.

Cabe resaltar que, tanto el diseño de la vivienda como la cantidad a construirse con este volumen de tierra proveniente de excavaciones, está en proceso de estudio. Sin embargo, 1.169 unidades habitacionales es un número importante a considerar para atenuar el déficit de viviendas en la provincia.

Etap 5. Ubicación y diseño del núcleo socio-productivo

Luego de analizar la ubicación y la disponibilidad de terrenos vacantes, se llega a determinar la posible ubicación del NSP (figura 3):

- Distritos R2a y R2b: Según el Digesto Normativo vigente, se pueden instalar residencias y localización de servicios. Existen restricciones medias al asentamiento de servicios e industrias molestas; sin embargo, cotejando los terrenos disponibles se observa que hay 2 vacantes donde sería posible la implantación del NSP.
- Distritos S1, S2 y S3: En este distrito se pueden instalar servicios e industrias molestas de mediana y gran envergadura, se admiten viviendas. En las zonas S2 y S3 especialmente se observan parcelas de conformación lineal sobre avenidas, con una longitud no mayor a 140 m de fondo a excepción de los terrenos comprendidos entre Av. San Ramón al N; vías del FFCC Mitre al S; Autopista de Circunvalación, distrito corredor costanero (CC) al E, donde las parcelas frentistas pueden extenderse a 140 m; analizando el Código de Edificación y cotejando los terrenos vacantes, se detecta una franja libre en San Andrés correspondiente al distrito S.

En cuanto al diseño del Núcleo Socio-Productivo, se piensa en un partido arquitectónico organizado en forma de peine, de planta modulada con espacios secuenciales organizados según las actividades de producción; se plantean sectores cubiertos y totalmente cerrados, semicubiertos y descubiertos, donde se puedan desarrollar, paralelamente, las distintas actividades del proceso de producción y venta de BTC.

La modulación permite adecuar el planteo a diferentes formas y dimensiones de terrenos, a su vez, posibilita la ejecución por etapas y la ampliación -del NSP- sin perder funcionalidad (figura 5).



Figura 5. Diseño de NSP

Se estima que para el proceso de producción se trabajaría 8 h continuas en dos turnos de operarios. Para ello se tienen en cuenta las siguientes pautas:

- acopio de tierra bajo techo, semicubierto;
- acopio de arena para estabilizar o mejorar la tierra disponible, bajo techo, semicubierto;
- acopio de cemento o cal para estabilizar en espacio cubierto y cerrado;
- análisis de identificación de la tierra extraída en laboratorio, espacio cubierto y cerrado;
- producción seriada de bloques comprimidos y estabilizados in situ, espacio semicubierto o cubierto, sujeta a condiciones estacionales: fundamentalmente lluvias y heladas;
- secado y curado al aire libre protegido o espacio semicubierto;
- acopio para su comercialización, espacio semicubierto o abierto.

Se considera como servicios básicos para optimizar la producción y asegurar las actividades

del NSP:

- control de acceso y salidas,
- oficina,
- sanitarios,
- depósitos de herramientas y equipos.

Se quiere destacar, que tanto el diseño de la vivienda como del NSP no son los definitivos, se sigue trabajando en ellos; sin embargo, da una aproximación de los resultados que se están logrando con este trabajo de investigación aplicada.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La expansión urbana que se produjo en las últimas décadas en SMT fue absorbida por los municipios y comunas circundantes en su perímetro, generando el área metropolitana de Tucumán, el AmeT. Este crecimiento poblacional y productivo se manifestó en dos procesos: el de consolidación como área central con un desarrollo constructivo en altura, tanto de áreas residenciales como administrativas con uso de terrenos que eran vacíos urbanos, hacía el Noroeste de la ciudad y el proceso de expansión, que se evidencia en la periferia de la ciudad, hacía el Noreste y Sudeste.

El volumen de tierra extraído en la mencionada área central: Barrios Norte y Sur, durante el período de un año fue de 30.041 m³ de tierra comprimida o sin esponjar permitiría construir aproximadamente 1.169 unidades de viviendas con BTC estabilizados o no.

Las áreas de expansión correspondientes a la periferia carecen de equipamiento y funciones urbanas de contención social, siendo la más afectada la ribera del Río Salí, al Este. Asimismo, se reconocen vacíos urbanos degradados y potenciales terrenos vacantes para implantar un NSP que van desde los 240 m² a 104.000 m².

Un aspecto importante a destacar en la etapa de Diseño del NSP es la organización y capacitación y transferencia de conocimientos y habilidades de la mano de obra, a fin de lograr un equipo de trabajo consolidado que mejoraría la relación calidad/tiempo. Por ello la importancia y propósito de este modelo de unidad de producción: generar empleo de mano de obra calificada, aportando una respuesta flexible y eficiente al régimen temporal de los trabajadores de la construcción. De hecho, la capacitación de la mano de obra/operario se da en todas las etapas del modelo científico-tecnológico-productivo.

El modelo del NSP podría ser replicado en otras ciudades de la provincia de Tucumán; Concepción, Monteros, Tafí Viejo, entre otras.

En relación a la comercialización del producto, la incorporación de componentes de tierra al mercado formal, es tal vez uno de los desafíos más complejos que se debe asumir y se plantea como recurso realizar un estudio comparativo de insumos y costo (materia prima y producto) considerando otros materiales y productos tradicionales e industrializados.

En relación al proyecto de protocolo de ordenanza en SMT, como culminación de las actividades que se desarrollan y partiendo del análisis y evaluación de los resultados logrados, se pretende trabajar (segunda fase) en el proyecto del mismo que regule el destino de la tierra proveniente de excavaciones. El objetivo principal es plantear el uso de este recurso natural como materia prima aplicable al modelo de gestión y producción de la vivienda y el equipamiento urbano que se plantea en esta investigación.

Como conclusión final, se puede decir que los resultados obtenidos son sumamente satisfactorios y que tanto las autoridades gubernamentales como la comunidad, al apropiarse de este proyecto podría mitigar, en parte, el problema de la falta de vivienda y el desempleo de gran cantidad de personas. Es por ello que se piensa, en todo momento, en un NSP semi mecanizado y replicable, para dar capacidad a mayor cantidad de personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler, F (1996). Cartografía de la aptitud de los suelos con fines ingenieriles en la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán.

Alderete, C; Arias, L. (2017). Caracterización física de suelos del Gran San Miguel de Tucumán para la fabricación de BTC. Seminario Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra “La tierra, material alternativo en la construcción sustentable” en la FAU-UNT. Tucumán, Argentina.

Cabrera, Z. G. (2016). Arquitectura sustentable y arquitectura bioclimática. CPAIM - Consejo Profesional de Arquitectura e Ingeniería de Misiones. Recuperado de <http://cpaim.com.ar/node/81>

Código de Planeamiento Urbano (2014). Digesto Normativo. Dirección de Catastro y Edificación. Municipalidad de San Miguel de Tucumán. Disponible en <https://www.smt.gob.ar/files/subidos/CPU.pdf>

Fernández, A. (2017). Tierra de excavaciones en zonas urbanas: de desecho a recurso. Seminario Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra “la tierra, material alternativo en la construcción sustentable”. Tucumán, Argentina.

Fernández, D. (2013). Cartografía de la aptitud de los suelos con fines ingenieriles en la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán. <https://www.researchgate.net/publication/260382821>

INDEC – Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo Nacional 2010. <https://sig.indec.gov.ar/censo2010/>

La Gaceta (2019). Un 26% de las casas del Gran Tucumán tienen materiales precarios. (27 de julio de 2019). Recuperado de <https://www.lagaceta.com.ar/nota/813538/actualidad/26porciento-casas-gran-tucuman-tienen-materiales-precarios.html>

Plan estratégico urbano territorial para la ciudad de San Miguel de Tucumán (2016). Disponible en: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/planes-loc/TUCUMAN/Plan-Estrategico-Urbano-Territorial-San-Miguel-de-Tucuman.pdf>

PEM – Plan de Ejecución Metropolitana (2019). Área Metropolitana de Tucumán. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/dami/noroeste/metropolitana-de-tucu-man/documentos>

AGRADECIMIENTO

A nuestros colaboradores: Cuevas, Fernando; Arq. Dorado, Pablo; Arq. García Villar, Gonzalo; Arq. San Román Tefaha, Karina; Arq. Sosa Latina, Alejandra y Arq. Varela Freire, Gabriela; quienes aportaron su tiempo, dedicación y conocimientos.

AUTORES

Mirta Eufemia Sosa, máster DPEA-CRATerre- Francia, arquitecta, profesora asociada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, investigadora, directora de Proyectos de Investigación CIUNT, co-conducción del CRIATIC-FAU-UNT, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la red PROTIERRA Argentina, miembro de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible” red UNITWIN.

Stella Maris Latina: arquitecta, profesora asociada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, investigadora, directora de Proyectos de Investigación CIUNT, co-conducción del CRIATIC-FAU-UNT, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la red PROTIERRA Argentina.

Irene Cecilia Ferreyra: doctorando en Arquitectura en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, arquitecta, jefe de trabajos prácticos de la FAU-UNT. Investigador, miembro del CRIATIC, de la red PROTERRA y de la red PROTIERRA Argentina.

ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES DE UN SISTEMA DE TÉCNICA MIXTA DE CONSTRUCCIÓN

German Alberto Parma Valenzuela¹, Rafael Alavéz Ramírez¹ y José Luis Caballero Montes¹.

Instituto Politecnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca

¹parma.german@gmail.com; ²arrafael@yahoo.com.mx; ³josecamontes@hotmail.com

Palabras clave: Consumo energético, emisiones de CO₂, vivienda de emergencia

Resumen

Tras los sismos de septiembre de 2017 en el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, se construyeron viviendas de emergencia que no cumplieron con las condiciones para convertirse en alojamientos permanentes, no se adaptaron al clima del lugar y los materiales eran poco resistentes. Por eso se propuso un sistema constructivo de técnica mixta con paneles prefabricados de bajareque para dar solución a la problemática de vivienda ante la emergencia. Este trabajo tiene como objetivo analizar el impacto ambiental de los materiales de una vivienda de emergencia (VE) diseñada con arquitectura tradicional y sistema de construcción híbrida como una solución sustentable tras los efectos de los sismos del 2017 en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca. Se empleó una metodología que evalúa el impacto de los materiales utilizados en la construcción usando la base de datos metaBase del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, en donde se brinda información con indicadores de impacto ambiental con base en el peso de los materiales de construcción más comunes. Se evaluaron dos de los indicadores de mayor impacto ambiental (emisiones de CO₂ y costo energético), y se desarrolló un estudio comparativo de la VE con una vivienda construida con materiales tradicionales e industrializados de mayor uso en el Istmo de Tehuantepec. Los resultados obtenidos muestran que la VE con sistema de paneles prefabricados de bajareque, al ser construida mayoritariamente de tierra, presenta un ahorro energético de 20.400 MJ y una cantidad 66% menor de emisiones de CO₂. Se concluye que es fundamental el diseño de viviendas con sistemas de construcción alternativos con materiales naturales como la tierra y la madera que por su origen son amigables con el medio ambiente

1 INTRODUCCIÓN

Para atender la emergencia ocurrida en comunidades del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca después de los sismos del 2017 se construyeron prototipos de vivienda temporal con dimensiones mínimas que no tomaron en cuenta las condiciones climáticas del sitio. Ante esta necesidad de vivienda post desastre se diseñó un modelo de vivienda de emergencia (VE) que tomó en cuenta aspectos arquitectónicos tradicionales de la región, así como el uso de técnicas constructivas con materiales locales.

La VE es resultado de uno de la investigación de Parma (2021), que propone un modelo de vivienda de emergencia sustentable. Dicha vivienda tiene un área de 34 m² con el tipo vernáculo del Istmo de Tehuantepec, con sistema constructivo de técnica mixta a base de paneles de madera, tierra y zacate¹ (familia *Poaceae*) y techo de lámina galvanizada, que tuvo previamente fases de conceptualización de su diseño bajo el enfoque de la sustentabilidad.

Ante el deterioro ambiental que se presenta en la actualidad como la devastación de la capa de ozono, deforestación, desertificación, calentamiento global y agotamiento de los bienes naturales, es muy difícil no atender una de las principales causas de este impacto, el sector de la construcción. El impacto ambiental es resultado del uso excesivo de materiales y de energía, por lo tanto, de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes (Kospomoulos, 2004) en su proceso de producción y transporte hasta el sitio de la obra.

¹ Nombre genérico de varias especies de hierba que sirven de pasto y forraje

Dentro de las investigaciones realizadas a la vivienda como objeto de estudio para evaluar su grado de sustentabilidad se encuentran aquellos que se enfocan al diseño bioclimático, a determinar el nivel de eficiencia energética, la evaluación económica, aspectos psico-sociales, del impacto de materiales durante el ciclo de vida de las viviendas entre otros. Cada uno de estos trabajos aportan conocimientos importantes que permiten hacer mejoras a las viviendas para que éstas tiendan a ser cada vez más sostenibles e impacten en la calidad del hábitat de las personas.

Es importante destacar que la vivienda compone una gran proporción dentro de la edificación debido al crecimiento de la demanda en los últimos años, por consecuencia aumenta el consumo de materiales, el proceso de extracción de la materia prima, transformación, comercialización y traslado, todo esto genera un impacto en el ambiente que puede evaluarse por medio de indicadores como el peso, energía incorporada y emisiones de CO₂ (Arreaza et al., 2011). Por lo tanto, es de mucho interés conocer los factores relacionados con el impacto ambiental en la construcción y el valor de su funcionamiento ambiental, además de los aspectos técnicos y económicos, de esta manera, anticiparse hacia resultados sustentables en el diseño de las viviendas, haciendo una adecuada selección del sistema constructivo y de los materiales que lo conforman (Emmanuel, 2004; Thormark, 2006, como se citó en Caballero; Alcántara, 2012).

Esta investigación tiene el propósito de analizar el impacto ambiental de los materiales de construcción propuestos en el diseño de una vivienda de emergencia (VE) para el Istmo de Tehuantepec con elementos de arquitectura tradicional y sistema de construcción de técnica mixta como una solución sustentable tras los efectos de los sismos del 2017, también se realizó un estudio comparativo con una vivienda tradicional Istmeña (VTI) con la finalidad de validar los beneficios ambientales de la VE diseñada. Para esto se tomaron en cuenta dos indicadores de impacto ambiental más relevantes relacionados con la construcción; el costo energético y las emisiones de CO₂.

2 METODOLOGÍA ADOPTADA

2.1 Análisis del impacto ambiental en la VE

De acuerdo con Chen et al. (2001), los elementos del sistema constructivo que se deben tomar en cuenta para la evaluación energética de una edificación son la estructura, la envolvente, elementos interiores, acabados e instalaciones. Para la realización de esta investigación se tomaron en cuenta los tres primeros elementos del sistema, ya que representan el 70% de los materiales utilizados en una construcción.

Para llevar a cabo el análisis de impacto ambiental del modelo de VE diseñado se hizo una adaptación de la metodología de Arguello y Cuchi (2008) quienes investigaron sobre el impacto de los materiales utilizados en la construcción de acuerdo con una base de datos de metaBase del ITeC (2003).

Primero se elaboró un modelo en 3d detallado de las dos viviendas en estudio identificando cada una de las partes del proceso constructivo, para de esta manera, cuantificar los materiales utilizados en su construcción. Para esto se utilizó el software de dibujo Sketchup. Se tomaron principalmente los materiales de las partidas de: estructura, muros y cubierta de las viviendas. No se tomaron en cuenta, puertas y ventanas, instalaciones eléctricas, ni hidrosanitarias, ya que varían mucho de un caso a otro.

Posteriormente se enlistaron los materiales utilizados y se registraron en una sola unidad de medida, en kilogramos, de acuerdo con su masa, esta es la unidad que se utiliza para medir el impacto ambiental. Se tomaron en cuenta la energía incorporada y la emisión de CO₂ ya que son los indicadores con mayor incidencia en el impacto ambiental en el planeta y están relacionados con el calentamiento global y el deterioro de la capa de ozono.

Actualmente no se cuenta con una base de datos del impacto generado por los materiales de construcción en México, así que se tomó como referencia la información de metaBase

del ITeC (2003). De este listado se utilizaron los datos de los materiales que cuentan con materia prima o procesos similares en su fabricación.

Después se realizó el cálculo de la energía incorporada y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de los materiales de construcción y el transporte hasta el sitio de la obra, con base en el peso de los materiales utilizados (kg de material, MJ/kg de material, kg de CO₂). Finalmente, los datos se trasladaron a tablas que permiten observar el impacto ambiental de los materiales seleccionados para el análisis. Con estos datos se hizo una evaluación comparativa de la VE con la VTI de mayor uso en las viviendas en el Istmo de Tehuantepec.

Se tomaron en cuenta la energía incorporada y la emisión de CO₂ ya que son los indicadores con mayor incidencia en el impacto ambiental en el planeta y están relacionados con el calentamiento global y el deterioro de la capa de ozono.

2.2 Descripción del sistema constructivo

Se analizó el diseño de la VE de 34 m² con el sistema constructivo de técnica mixta propuesto a base de bajareque prefabricado (figura 1), en el que la estructura principal es de madera y los muros son de paneles contruidos con marcos de madera y un entramado de carrizo que se rellenan de una mezcla de pasto con tierra, la cimentación es de concreto y la cubierta es de estructura de madera con relleno de zacate con tierra y lámina galvanizada.

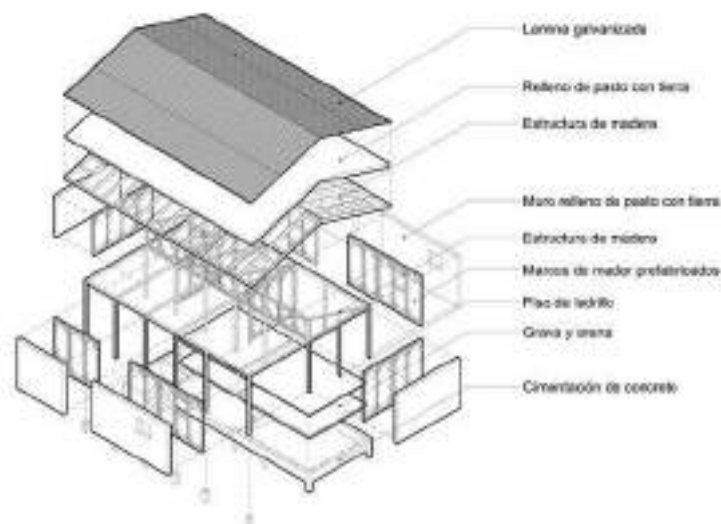


Figura 1. Despiece de la Vivienda de Emergencia

Con el objetivo de comparar el impacto ambiental del sistema híbrido propuesto en la VE, se realizó un análisis de una vivienda tradicional Istmeña con dimensiones y características similares (figura 2). La cimentación es de piedra junteada con mortero de cal, los pisos son de firme de concreto, los muros son de ladrillo rojo doble, no utilizan castillos, pero si cerramientos de concreto, la cubierta es de estructura de vigas madera con una losa de concreto y finalmente teja cerámica.

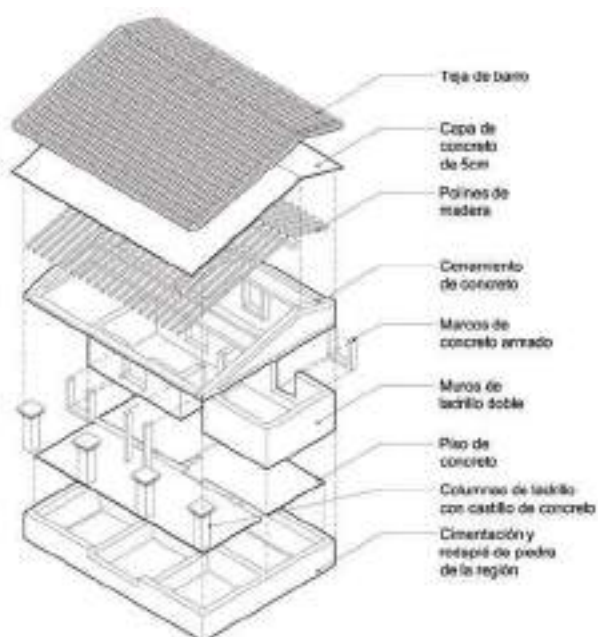


Figura 2. Despiece de la Vivienda tradicional Istmeña. Fuente: Elaboración propia.

3 RESULTADOS

Como resultado de la cuantificación de materiales, se observa que son los agregados el principal elemento presente en la construcción de ambas viviendas, en la VE es el 52% del peso total de los materiales y se encuentran en la cimentación y en la cama de agregados debajo del piso de ladrillo, mientras que en la VTI es el 75% y se encuentra en la cimentación, pisos, estructura y cubierta.

En la tabla 1 se muestra el listado de materiales utilizados en la propuesta de VE con sistema de técnica mixta de bajareque prefabricado, el peso de cada uno, el porcentaje de acuerdo con el peso, el costo energético y las emisiones de CO₂.

Tabla 1. Costo energético y emisiones de CO₂ de la VE

Sistema: Panel prefabricado de bajareque				
Material	Cantidad (kg)	(%)	Costo energético (MJ)	Emisión de CO ₂ (kg)
Acero	356.09	1.92	12463.15	997.05
Agregados	9567	51.62	956.70	66.97
Agua	5700	30.76	285.00	0.00
Cal	3.6	0.02	12.35	1.15
Cemento	450	2.43	1962.00	184.50
Madera	2445	13.19	5134.50	146.70
Resinas	10.44	0.06	1148.40	169.96
Total	18532.13	100	21962.10	1566.34

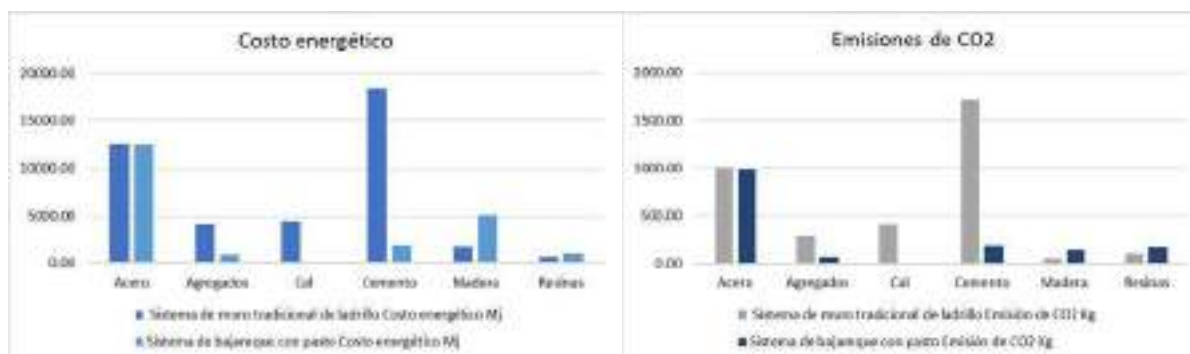
En la tabla 2 se muestra el listado de materiales utilizados en la VTI con muros de ladrillo, el peso de cada uno, el porcentaje de acuerdo con el peso, el costo energético y las emisiones de CO₂.

Tabla 2. Costo energético y emisiones de CO₂ de la Vivienda tradicional Istmeña

Sistema: Muro tradicional de ladrillo				
Material	Cantidad (kg)	(%)	Costo energético (MJ)	Emisión de CO ₂ (kg)
Acero	360	0.66	12600.00	1008.00
Agregados	40700.7	74.83	4070.07	284.90
Agua	6947	12.77	347.35	0.00
Cal	1305	2.40	4476.15	417.60
Cemento	4205	7.73	18333.80	1724.05
Madera	870	1.60	1827.00	52.20
Resinas	6.5	0.01	715.00	105.82
Total	54394.2	100	42369.37	3592.57

Es notable la diferencia de cantidades de energía requerida, donde en la VE es de 21.962 MJ mientras que en la VT es de 42.369 Mj, así como las emisiones de CO₂ en la fabricación de los materiales entre la VE que tiene como resultado 1.562 kg, debido a que tiene una estructura a base de madera y materiales naturales y la VTI con 3.592 kg de emisiones, construida con materiales industrializados y una estructura de concreto. Además, la VE utiliza un sistema de elementos prefabricados, lo que reduce el desperdicio de material, por lo tanto, también sus emisiones y costo energético.

En la figura 3 se muestra el costo energético y las emisiones de CO₂ de cada uno de los materiales de las dos viviendas comparadas. Se observa que en la vivienda de bajareque el uso de materiales con alto impacto ambiental como el cemento, es mínimo con solo 450 kg, a diferencia de la vivienda de ladrillo donde este material es la base de la estructura con un peso de 4.205 kg.

Figura 3. Comparación de costo energético y emisiones de CO₂ de cada material

4 CONCLUSIONES

Los datos que resultaron de esta investigación son de suma importancia ya que pueden ser utilizados por la comunidad como un criterio a la hora de seleccionar materiales o sistemas constructivos en el diseño y construcción de viviendas para la región del Istmo de Tehuantepec, ya que queda como evidencia que los sistemas constructivos alternativos híbridos, en particular los que utilizan materiales de origen natural como el propuesto en la VE tienen mayores beneficios, entre ellos que son sustentables, tienen un menor costo energético y menores emisiones de CO₂ comparado con los sistemas que utilizan materiales industrializados en la zona. Además, el bajareque, un sistema empleado históricamente en la región, por su facilidad constructiva permite la autoconstrucción, reduciendo de esta manera los costos en la construcción.

Actualmente es posible desarrollar proyectos con enfocados a la solución de problemas sociales, por medio de metodologías y herramientas digitales como las que fueron utilizados en este trabajo, donde además se aborda la problemática ambiental relacionado con la edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arreaza, H.; Avellaneda, J.; Gonzalez, J. (2011). Minimización del impacto ambiental en la construcción de viviendas plurifamiliares. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099/8158>

Caballero, J.; Alcántara, A. (2012). Beneficios ambientales inherentes al uso de sistemas constructivos con materiales alternativos en viviendas. *Naturaleza y desarrollo*, 38-53.

Chen, T.; Burnett, J.; Chau, C. (2001). Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy*, 26, 323-340.

ITeC – Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña. (2003). *Parametros de sostenibilidad. Línea del Medio Ambiente y la Construcción*, 96. Enpaña: ITeC

Kospomoulos, P. (2004). *Environmental design*. University Studio Press, 152-132.

Parma, G. (2021). *Diseño de vivienda de emergencia sustentable con condiciones de habitabilidad permanente para zonas afectadas por desastres naturales*. México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Oaxaca.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo para la realización de los estudios de posgrado en el programa de maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario del Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional del autor principal de este trabajo.

AUTORES

German Alberto Parma Valenzuela es arquitecto por la Universidad Autónoma de Baja California (2010), maestro en gestión de proyectos para el desarrollo solidario por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (2021).

Rafael Alavéz Ramírez es arquitecto por la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, maestro en arquitectura bioclimática por la Universidad Autónoma Metropolitana, doctor en ciencias en desarrollo regional y tecnológico por el Instituto Tecnológico de Oaxaca y profesor colegiado del posgrado del CIIDIR Oaxaca del Instituto Politécnico de Oaxaca.

José Luis Caballero Montes es ingeniero civil por el Instituto Tecnológico de Oaxaca, maestro en administración de la construcción por el Instituto Tecnológico de la Construcción y doctorante en arquitectura del Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura.

PANELES DE BAHAREQUE DECORATIVO

Monica Pesantes Rivera¹, Camila Jiménez Ullauri², Johanna Guillén Peñalosa³

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

¹monica.pesantesr@ucuenca.edu.ec, ²camila.jimenezu@ucuenca.edu.ec, ³johanna.guillennp18@ucuenca.edu.ec.

Palabras clave: sistema modular, sostenibilidad, tierra, barro, vivienda rural

Resumen

La presente investigación plantea la construcción de paneles decorativos modulares en bahareque, con la intención de dar a conocer la posibilidad de emprendimiento mediante el área de decoración de ambientes, presentando la alternativa de paneles macizos para la construcción de tabiques de una vivienda. Las propiedades del material cumplen con la eficiencia histórica de adaptación al ambiente y calidad en su funcionamiento. También se destaca la facilidad y la mínima capacitación para su elaboración, convirtiéndolo en un proyecto viable para los habitantes de la región.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra y su capacidad constructiva ha constituido una solución para la necesidad de alojamiento de forma amigable con el medio ambiente; es, sin duda, una forma sostenible de edificar y crear espacios adecuados a las necesidades de sus ocupantes y bondades de su territorio. El uso y la forma que se pueda dar a la edificación con este material van a depender del tipo de sistema constructivo y de la capacidad creativa de sus ejecutores.

En ese camino, se ha generado un planteamiento que busca desarrollar el potencial que tiene las técnicas constructivas tradicionales, creando alternativas nuevas dentro de la manufactura y comercialización, vinculadas con la construcción de la vivienda y aportando también al empleo en los sectores artesanales y manufactureros muy afectados en estos últimos años. Estos planteamientos contribuyen de manera directa y significativa en la percepción y calidad del espacio construido, brindando bienestar y oportunidades al crear ambientes confortables para los usuarios, más allá de la situación económica.

El covid 19 ha traído la necesidad de repensar la ciudad, la vivienda y sus espacios; a la necesidad de vivienda se une el derecho al confort en varios aspectos; esta necesidad evidencia tener interesados en la adquisición de productos con los beneficios que proporciona la tecnología de la arquitectura y construcción con tierra por sus cualidades ambientales, estéticas y culturales.

Por lo tanto, la propuesta puede constituir una oportunidad a desarrollar, cuya aplicación se presenta en este documento; adicional, por sus propiedades y características se vuelve un elemento que podría ser partícipe de procesos artesanales que contribuyan a economías pequeñas y muestra de tradiciones y saberes ancestrales con innovación principalmente en sectores sociales rurales o artesanales en condiciones desfavorables.

Latinoamérica aún evidencia una cultura constructiva en tierra; en su entorno, los conocimientos tradicionales de oficios y técnicas todavía se mantienen en la memoria de su gente donde su expresión estética juega un papel fundamental en la calidad ambiental y el comportamiento de los habitantes hacia su espacio. Es decir, esa presencia también genera emociones que no son exclusivas ni sinónimos de lujo; también son sinónimo de disfrute, de calidad, de orgullo de posesión de su entorno. La emoción y el disfrute no tienen exclusividad.

Así la interacción de personas con el espacio puede generar sentimientos, estímulos y experiencias que a su vez derivan en sentimientos de calidez, seguridad, protección; creando ambientes que van a impactar en la forma de actuar y de vivir esa arquitectura y

ese territorio. La psicología ambiental establece claramente que el comportamiento humano tiene relación estrecha con el entorno físico (Roth, 2000). Por lo tanto, la belleza y, en general, lo estético cuentan en la conducta y comportamiento de las personas y eso en la posesión y calidad del entorno.

De esta manera, la nobleza de los sistemas constructivos con tierra presenta bondades que no se limitan a las de la sostenibilidad; si se conoce y entiende el oficio y técnicas que permitan su manejo e innovación, las propuestas pueden encaminarse hacia construir formas con cualidades sensoriales que conviertan al entorno construido en un escenario que estimule comportamientos. La especialidad arquitectónica y sus formas son escenarios inagotables para cualidades sensoriales que activen los sentidos (Campos; Yávar, 2007), y la construcción con tierra es el mejor activador, brinda facilidades para la generación de formas que perfectamente se adecúan a las condiciones propias de la localidad donde se vaya a implantar la edificación. Es en la búsqueda de esas alternativas que se enmarca el desarrollo de este artículo, la construcción de paneles decorativos modulares, como complementos sensoriales y estéticos en la edificación de una vivienda.

El bahareque, como sistema constructivo, posibilita concretar esa alternativa, aún es un testimonio de la cultura popular, que utiliza materiales del entorno sin afectar su medio ambiente, por lo que su conformación es variada; el soporte estructural es de madera o caña, el entramado es diverso en materiales: carrizo (*Phragmites australis*), caña y madera delgada, que se sujetan mediante cabuya (*Furcraea andina*) o bejucos¹ y actualmente por clavos; en zonas frías presenta un relleno que puede ser mortero de tierra o incluso con piedra (Muñoz, 2016). Sin embargo, esos materiales pueden presentar variaciones y debilidades en función del trabajo que deban realizar y las condiciones externas que puedan darse.

A estas cualidades se une la facilidad que tiene este sistema constructivo para generar módulos; ayuda a trabajar de manera seriada mediante paneles independientes en su fabricación; pero que, una vez armados, el trabajo estructural se conforma como unidad, posibilitando que, como conjunto, se adapte a esfuerzos y empujes de mejor manera que los otros sistemas constructivos como el adobe o la tapia, a lo que se une la diferencia de costos, convirtiendo en una muy buena alternativa de apoyo para la construcción de vivienda sobre todo en zonas rurales y para donde es una alternativa esta propuesta.

Son precisamente esas bondades que se investiga y trabaja para conseguir nuevas alternativas y propuestas constructivas. Como parte de esta investigación, se desarrolla un ejercicio de aplicación de los conocimientos adquiridos en una investigación continua que se inició con el uso de materiales alternativos a la paja, la cabuya, uso ya probado por más de una década a la que se incorpora el carrizo, en cuanto a forma, aprovechando sus características de flexibilidad y de resistencia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar una alternativa de panel en bahareque mejorado, con características decorativas y estéticas

2.1 Objetivos específicos

- Mejorar el uso de la técnica de bahareque con una propuesta modular para ser utilizada en la construcción de una vivienda, integrando conocimientos y saberes populares propios del territorio.
- Ofrecer una posibilidad de panel decorativo como alternativa técnica, económica y laboral en beneficio de los sectores sociales desfavorecidos.

¹ plantas guiadoras trepadoras, tanto volubles como no volubles, tanto herbáceas como lianas

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Condicionamientos generales

- o Se establece que el grupo social objetivo, tanto laboral como constructiva de vivienda, debe ser los sectores rurales; esto por la situación de alto desempleo y falta de vivienda digna en esas zonas del Ecuador.
- o Los materiales para utilizar deben ser de fácil obtención, disponibilidad y calidad requerida, debido a que esto incide de manera directa en los costos finales.
- o De fácil aprendizaje y aplicación, debiendo no requerir la intervención de un profesional o requerir equipos o procesos sofisticados ni complejos en su elaboración.
- o De tamaño manejable que permita tanto su transporte como producción artesanal.

3.2 Definición del tamaño de los módulos

Con el objetivo de determinar las dimensiones óptimas de los módulos, se establece que el peso es un factor determinante; esto debido a que el módulo debe ser portable y facilitar su instalación; por lo que se toma como base al peso máximo de un adobe tradicional, esto es no más de 20 kg. Otro factor que contribuyó a definir el tamaño final es que el módulo permita conformar ambientes de dimensiones adecuadas, medidas que están ya establecidas en las normas arquitectónicas municipales de la ciudad de Cuenca.

Con estas definiciones se estableció primero el marco que se va a conformar el panel con tiras de madera de 5cm de ancho por 4cm de espesor, la longitud corresponde a 70cm en su lado más largo, mientras que el corto es de 55cm, obteniendo como área de trabajo un espacio de 60cm por 45cm. La madera utilizada es seike (*Cedrelinga catenaeformis*), que responde a características especiales de resistencia, y de no ser vulnerable a problemas de polillas y de alteración por humedad. La madera es muy usada en la región para trabajos de carpintería y elaboración de elementos estructurales, entiéndase estos como columnas, vigas, etc.

El espesor final del panel es mayor que la tira de madera que conforma el marco (4x5cm), debido al espacio ocupado por la estructura de doble entramado de carrizo y cabuya, y las capas de barro que le cubre; por lo que el espesor terminado está en valores entre 5 y 8cm, dependiendo del diseño establecido.

3.3 Proceso de diseño

Para el diseño de un panel, la creatividad es un papel importante. Gracias a la flexibilidad del carrizo se puede potenciar un diseño, debido a que este material permite crear formas orgánicas, delimitadas por el marco del panel. Para el planteamiento de las diferentes soluciones, se generan varios prototipos, para así entender el funcionamiento y limitaciones de los materiales, de forma particular y en su conjunto

En tanto que los vanos dependen de la forma que se decida dar a cada panel trabajado, existen limitantes y observaciones generales que se mantienen en todos. El uso de formas orgánicas semejantes a una hoja fue el punto de partida de la mayoría de los paneles que se diseñaba, con esto, inicialmente, se omite el uso de formas ortogonales, que afecten a la estructura del panel y se busca no comprometer la resistencia de los elementos construidos.

También se realizaron diseños de formas geométricas con el carrizo, ya sea por medio de disposiciones reticulares o guiado por ciertos elementos curvos que sirven de estabilidad para la estructura interna del panel (figura 1).

En el uso de formas circulares, es evidente el cuidado que se debe tener en el diseño en la parte central del panel, principalmente porque allí se concentra la transferencia de cargas del resto del panel; se debe analizar ese limitante junto con la necesidad de darle un toque estético importante. Las formas huecas se pueden determinar en base al diseño que, para

esta práctica, se adoptó como una media entre 10 a 15 cm; definiendo en algunos casos rellenar las formas obtenidas.

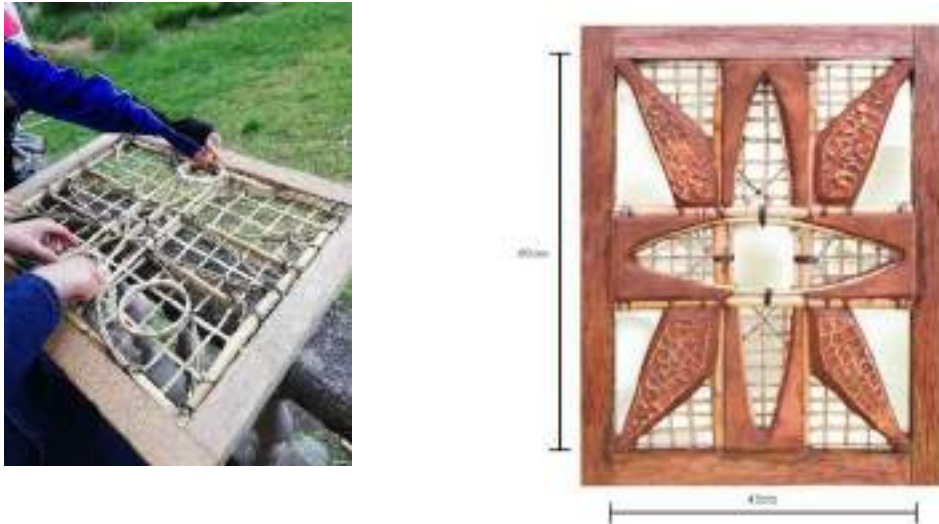


Figura 1. Panel de bahareque decorativo – Proceso de diseño (crédito: M. Pesántes, 2021)

El cuidado que se debe tener es que la cantidad de vacíos debe ser menor a la superficie de llenos, por una situación de estructura y resistencia; las superficies llenas deben contar con el adecuado soporte estructural. En la elaboración de los paneles se debe considerar siempre el grosor del revoque y pintura de entre 10 mm y 15 mm por cara.

3.4 Características de los materiales estabilizantes empleados

La tierra

Es un material que puede ser hallado en estado natural, por lo tanto su composición depende de los factores que interfieran en ella a lo largo del tiempo. Esta tierra se forma de un tipo de suelo mixto, es decir, una mezcla de arena, limo y arcilla (Becerra, 2016), sin embargo las proporciones en las que se encuentra en su estado natural son lo que genera o no la necesidad de estabilizar. Esto aclara la dificultad de establecer de manera fija proporciones y materiales que se puede incorporar para estabilizar la tierra en el barro.

Sin embargo si es posible establecer como puede contribuir algunos materiales en el mejoramiento o estabilización del barro a utilizar. Entre los utilizados para los paneles que se elaboraron está la cal y la cabuya, con el apoyo del carrizo para la estructura.

La cal

Se ha convertido en uno de los materiales más utilizados en el ámbito de la bioconstrucción, tal es así que Guerrero et al. (2010, p. 179) afirma que “el dióxido de carbono que se desprende para su elaboración, se recupera paulatinamente de la atmósfera durante la carbonatación que genera su fraguado”. Para su uso en morteros de paredes, recubrimientos, pinturas e impermeabilizantes, se debe apagar para conseguir que dote a los edificios de una gran resistencia y durabilidad. Además, la apariencia de la cal en recubrimientos es similar a cualquier otro material y gracias a la porosidad de estos enlucidos se evita que las obras se debiliten por acumulación de agua. (Guerrero et al., 2010, p. 180). No se debe olvidar, que una vez incorporada la cal (en pasta) al barro, es recomendable utilizar en el menor tiempo posible, pues al secarse se vuelve inservible y pierde la resistencia.

El carrizo

Se ha convertido en un material de construcción sostenible que, al igual que la cabuya, se puede encontrar en estado natural. En usos decorativos se puede usar el carrizo verde, pero

para usos estructurales debe pasar por un proceso de desecación. Debido a su flexibilidad y ligereza es resistente a esfuerzos de flexión y tracción, además, por su diseño aerodinámico, es resistente a vientos de gran magnitud; es debido a esto que se ha convertido en una excelente opción tanto para elementos estructurales como de refuerzos o decorativos. También es resistente al agua y a las heladas.

La cabuya

Es de empleo reciente como material para usar dentro de la construcción de tierra; el uso surge como alternativa frente a la falta de la paja de cerro que es el material tradicionalmente empleado. Gracias a uno de sus componentes, la lignina, le otorga mayor resistencia a esfuerzos de compresión y flexión. Además, se debe tener en cuenta que su uso debe ser cuando la cabuya está completamente seca, pues no tiene capacidad de absorción y es en ese momento en el que no contiene ninguna proteína nutritiva, por lo que no atrae insectos ni se genera pudrición en la misma. Su aspecto áspero facilita que el barro se adhiera con facilidad, controlando el desplazamiento y evitando grietas o fisuras, funcionando como refuerzo para cualquier tipo de construcción. Un beneficio más de su uso es que debido a su fácil obtención tanto en el mercado urbano como rural, resulta un material económico (Pesántes, 2015).

3.5 Construcción del panel

El proceso constructivo se desarrolló en base a los siguientes etapas y componentes:

1. *Marco de madera* – La construcción del panel tuvo como primera instancia la elaboración de un marco modular que en conjunto conformarían los distintos espacios de la vivienda. Elaborado con madera de seike preferentemente, debido a que es una madera que no absorbe fácilmente el agua, lo que impide que se deforme al tener contacto con la humedad del barro. Teniendo presente esta condición, se puede buscar reemplazar la madera de seike por otra madera mientras garantice la no deformidad del marco modular en el proceso de fabricación del panel.

La unión en las esquinas es preferible que se realice mediante el sistema caja y espiga ya que garantiza de esta manera su correcta unión y de difícil fracaso en las esquinas.

2. *Carrizo soportante y malla* – Para los paneles macizos se trabaja este material de manera similar al bahareque normal, pero, para dotar de mayor resistencia a esfuerzos de flexión y otorgar ductilidad al panel, se incorpora el uso de mallas de carrizo que deben estar perfectamente ancladas a los carrizos verticales (figura 2).



Figura 2. Estructura y malla de carrizo (crédito: M. Pesantes, 2019)

Para el panel decorativo se aprovecha la flexibilidad y ligereza del material generando formas circulares que se amarran a la malla que a su vez debe estar anclada al marco por medio de clavos y se amarra con cabuya recubierta de brea. La cabuya es utilizada debido a que presenta una buena resistencia a la tensión, y, combinada con la brea, genera gran

adherencia entre todas sus partes. Prácticamente, se convierte en la estructura del panel (figura 3).

3. *Tierra* – Para el barro la tierra puede ser mejorada o estabilizada con cabuya cortada en longitudes de 4 cm. Las dosificaciones se tomaron en base a los resultados de pruebas de un estudio realizado con anterioridad que habían definido resistencias a la compresión de 1,81 MPa, a flexión de 0,5 MPa (Benalcázar; Zeas, 2021).



Figura 3. Estructura y malla de carrizo (crédito: K. Núñez, 2021)

Para la colocación del barro dentro del panel, se debe tomar pequeñas cantidades de éste: se proyecta con fuerza moderada hacia el panel, para que exista una penetración óptima en los espacios deseados. Al momento de adherir el barro al carrizo, éste no se desliza libremente debido a las protuberancias o nudos que presenta el carrizo, generando cierta trabazón.

En el caso del panel macizo, se coloca una capa de cabuya a manera de red y sobre eso una capa final de barro a manera de revoque; ese barro se prepara con tierra tamizada para evitar la presencia de piedras pequeñas que generen problema el momento del pulido



Figura 4. Preparación y colocación del barro (crédito: M. Pesantes 2021)

Ya en los acabados, se deben tener algunas consideraciones como:

- o para evitar fragilidades y trizaduras en las uniones del barro con el marco de madera, los bordes del bahareque deben ser biselados el barro, eliminando las aristas vivas. Una vez que esta acción, una vez que el barro se encuentra semi seco, se realiza presionando para consolidar los fillos.
- o para garantizar un proceso de secado adecuado, se cubrió el panel con un plástico, para controlar la velocidad de la pérdida del agua y que no se generen fisuras en el bahareque o en juntas muy esbeltas. En casos donde se generaron fisuras, se procedió a “recuperar” simplemente dando presión al barro, y si lo requería con una capa fina de barro, esto siempre que no esté seco el panel. Por eso es importante el control en el proceso de secado.

Como proceso final se hizo un control a manera de curado, dándole un pulido que generó un acabado muy liso. Se dejó para el secado protegiendo que el mismo no se exponga directamente al sol, evitando de esta manera la generación de trizaduras por cambios bruscos de temperatura y secado de manera irregular.

3.6 Acabados

Una vez concluidas las etapas anteriores, se procedió a empastar los paneles mediante dos formas distintas, con el fin de dejarlos listos para colocar la pintura. En algunos se colocó una pasta de cal, humedeciendo previamente el panel (necesario para los paneles que ya se encontraban secos), y, en otros, la capa de pintura, igualmente de tierra. Se decidió emplear esta técnica ya que forma parte de la tradición constructiva vernácula.

Las pinturas al ser de origen mineral natural poseen cualidades como no ser tóxicas, biodegradables y generan una superficie porosa, la cual permite que el material en el que se aplican respire.

3.7 Peso

El peso del panel depende directamente del tipo de diseño. Se debe tener presente que se trabaja con el “barro reposado”, al que se agregan estabilizantes para mejorar su capacidad de trabajo. En el caso de los paneles objeto de esta práctica, se trabaja estabilizando y mejorando el barro con cal y cabuya, para lograr una tierra estable y óptima para el uso de este tipo de paneles de bahareque. La cabuya utilizada como elemento no solo de absorción de los cambios de temperatura, principalmente como elemento que otorga mayor agarre a la tierra y el mismo carrizo (Pesántes, 2015).

El peso final de los paneles se establece una vez transcurrido el período de secado; el peso total aproximado de cada panel decorativo de tierra, de medidas 60 x 45 x 4 cm y con un promedio de espesor de 7 cm, más el marco de madera es de 11 kilos (22 libras). El panel macizo en iguales medidas tiene un peso de 22 kg (48 libras).

4. RESULTADOS COMPARATIVOS

Los materiales utilizados en la elaboración de los paneles pueden conseguirse tanto en zonas rurales como urbanas. Estos son materiales propios de la arquitectura vernácula que aún sobrevive en los países de Latinoamérica. La diferencia radica en el aspecto económico por la forma de obtención de estos; por ejemplo, la tierra en la ciudad solamente se puede conseguir en minas o terrenos desbancados y en los exteriores de las ciudades; además el precio aumenta debido al transporte del material, en donde, un metro cúbico puede llegar a costar hasta \$25 USD.

En las zonas rurales, el precio es relativo y varía desde la gratuidad hasta un precio promedio de \$5 USD, esto debido a que los propietarios luego de realizar movimientos de tierras por razones agrícolas o constructivas regalan el material remanente o lo venden a un precio asequible.

Debido a estos factores, se han realizado comparaciones del aspecto económico tanto en zonas rurales como en zonas urbanas, en comparación con construcciones de mampostería de ladrillo y bloque para establecer cuál sistema es más económico. Para esta comparativa se utilizaron los valores del material en el mercado al igual que el de la mano de obra (en el caso de los paneles); y los precios de la Cámara de la Construcción de Guayaquil para las mamposterías de ladrillo y bloque.

Los precios de mano de obra para la elaboración de los paneles decorativos y macizo son los del mercado laboral, igual para ambos casos.

El panel macizo de tierra elaborado en la zona urbana aumenta un 4.86% su precio con respecto a la zona rural, en cambio el panel decorativo aumenta un 2.18%, lo que evidencia que los costos del bahareque son prácticamente iguales en la zona urbana con la rural, sin

embargo, esta diferencia puede ser mayor en base a los materiales que se encuentren en cada localidad.

Tabla 1. Comparación de costos

Costos en zona rural						
Sistema constructivo	Panel de tierra (unidad)		Panel de tierra (m ²)		Mampostería (m ²)	
	Macizo	Decorativo	Macizo	Decorativo	Ladrillo	Bloque de hormigón
Total	\$12.53	\$13.96	\$32.54	\$36.25	\$46.73	\$46.27

Costos en zona urbana						
Total	\$13.14	\$14.26	\$34.12	\$37.04	\$46.73	\$46.27

La diferencia radical se encuentra en la comparación entre el bahareque con la mampostería de ladrillo y de bloque. Existe una diferencia entre el 37 y el 43,6% en lo que se denomina panel macizo y del 26,16 al 28,91% en el decorativo, en base a que se ubique su elaboración en la zona rural o en la zona urbana.

Tomando en cuenta esta información, se observa que el costo de construcción de bahareque es el menos caro en comparación con mampostería de cualquier otra clase; y con el bahareque estético generado, se abriría posibilidades muy amplias para su fabricación.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Con este documento, el grupo de trabajo en la elaboración de paneles de bahareque decorativos intenta dar a conocer una nueva posibilidad no solo constructiva, también de decoración de ambientes y de innovación de la técnica. La propuesta facilita la construcción modular, permitiendo que en su ejecución intervengan los miembros de la familia, haciendo de este proceso constructivo participativo y fácilmente estandarizado, con ello reduciendo el tiempo de ejecución y el rubro de mano de obra.

La naturaleza del material cumple con la eficiencia histórica de adaptación al ambiente, y siendo un sistema modular pueden darse certificaciones para el entorno en el cual vaya a ser instalado. La modulación de ambientes otorga total libertad de adaptación del diseño a las necesidades o requerimientos específicos de los inquilinos, recalando que la decoración va de la mano con el material de la estructura, permitiendo así una adaptabilidad superior a otros sistemas.

Los costos de fabricación en zonas rurales pueden variar, pero en definitiva la fabricación de estos módulos de bahareque son más económicos en comparación con una mampostería de ladrillo o bloque hasta un 43% aproximadamente.

Es importante recuperar el uso de técnicas tradicionales de construcción con tierra, el bahareque es una propuesta interesante y sostenible, puesto que hoy es imprescindible no afectar al medio ambiente, recuperar los valores culturales e históricos y dar alternativas económicas para la vivienda; cabe recalcar que, entre las diferentes técnicas vernáculas de la región, el bahareque es la más económica, por sus materiales e incluso por su tiempo de elaboración.

Mediante prueba y error en el transcurso de la elaboración de los paneles, se garantiza que el procedimiento descrito en este documento resulta útil y eficaz, y teniendo en cuenta su

facilidad de elaboración y la mínima capacitación que se necesita, se puede destacar el proyecto como un potencial emprendimiento para personas de sectores menos favorecidos, ya que la inversión inicial es mínima y no es necesario tener instrucción académica relacionada a la arquitectura, pues su elaboración una vez dominada la técnica es eficiente y tiene una excelente proyección en la construcción.

Como propuesta de una vivienda construida con paneles decorativos y macizos de bahareque se ha desarrollado las figuras 5, 6 y 7.



Figura 5. Imagen ilustrativa del uso de paneles (Landy, 2021)



Figura 6. Imagen ilustrativa del uso de paneles (Landy, 2021)



Figura 7. Imagen ilustrativa del uso de paneles (Jiménez, 2021)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Becerra, M. E. (2016). Experimentación con cal y fibra de cabuya en la estabilización de tierra como material de construcción. Tesis previa a la obtención del título en Arquitectura. Ecuador: Facultad de ingenierías y arquitectura, UTPL.

Benalcazar, M., Zeas, V. (2021). *Mejoramiento de bloques de adobe con fibras de cabuya y aceite de linaza*. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto. Ecuador: Universidad de Cuenca.

- Campos M., Fernando; Yávar S., Paulina (2007). Lugar, vivienda y urbanidad. *Urbano*, 10(15), 41-52.
- Guerrero, L. F.; Soria, J.; García, B. (2010). La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra. En: *Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. p. 177-186.
- Muñoz Vega, P. (2016). *Arquitectura popular en Azuay y Cañar. 1977-1978. Cuadernos de trabajo y compilación gráfica*. Universidad de Cuenca Centro de Artesanías y Artes Populares, Cuenca.
- Pesántes, M. (2015). La cabuya en los revoques en tierra. In: *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, 15. Cuenca, Ecuador. p. 5 - 6.
- Roth, E. (2000). Psicología ambiental: interface entre conducta y naturaleza. *Revista Ciencia y Cultura*, (8), 63-78.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del presente trabajo no hubiese sido posible sin la participación activa y creativa de los estudiantes de décimo ciclo de la Opción de Conservación 2021 de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, quienes se encuentran representados por Camila Ullauri y Johanna Guillén como coautores de esta investigación y documento. Un reconocimiento a todo ellos: Alexandra Robles Becerra, Christian Landy Pérez, Noelia Vanegas Bravo, Mario Sarmiento Crespo, Michelle Montalván Astudillo, David Aguirre Vargas, Daniel Andrés Moreira Mendieta, Christian Andrés Salazar Pulgarín, Ana Paula Arias Valdez, Geovanny Esteban Arévalo Cárdenas, Katherine Raquel Núñez Arévalo.

AUTORES

Mónica Pesántes Rivera, Maestría en Conservación de Monumentos y Sitios (2008), arquitecta ecuatoriana; docente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, trabaja con temas del patrimonio desde el 2004, tanto en ejecución de obra como en estudios, gestión de proyectos de conservación del Patrimonio Cultural Inmueble e investigaciones en temas vinculados con la cultura y tecnologías constructivas tradicionales.

Camila Jiménez Ullauri

Johanna Guillén Peñalosa

PARÁMETROS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA POPULAR DE TIERRA EN EL NORTE DE NICARAGUA

Fátima Sánchez Medina; Claudia Ochoa Altamirano; María Fernanda Pineda; Heyding Ruíz

Asociación Mujeres Constructoras de Condega – AMCC Nicaragua, comunica@mujeresconstructoras.org

Palabras clave: mujeres constructoras, experimentación, colaboración, mejora, construcción con tierra

Resumen

En Nicaragua la construcción con tierra es patrimonio de los pueblos originarios que resistieron la colonización. En el norte del país, la Asociación Mujeres Constructoras de Condega (AMCC) ha promovido el mejoramiento de esta tradición durante más de una década. La experimentación e investigación participativa desarrollada la conduce a analizar el trabajo realizado y desarrollar los procedimientos para el mejoramiento de la vivienda popular de tierra. Con este artículo, las autoras pretenden elaborar parámetros para el mejoramiento de la vivienda popular de tierra, reconocer y promover el rol activo de la mujer en el trabajo de la construcción y mantenimiento de las viviendas. Se parte de la sistematización de enseñanza y experimentación que fundamentan el análisis comparativo de sistemas constructivos en la zona; diagnósticos, mapeos comunitarios y experimentación con técnicas y materiales locales permiten el estudio de la arquitectura de tierra local y potenciales locales; la sistematización de entrevistas e informes generados permiten también analizar el rol de la mujer en el mejoramiento de viviendas; todo el proceso se resume en propuestas arquitectónicas, estrategias y organización comunitaria para incidir positivamente en la zona. La vivienda popular de tierra en el norte de Nicaragua corre el riesgo de desaparecer debido al abandono y pérdida de calidad; las comunidades disponen de material natural, saberes locales, y conocimiento técnico que AMCC aporta por medio de talleres, cursos y acompañamiento; el rol de la mujer en el mantenimiento de viviendas es activo, pero invisibilizado. Se proponen soluciones y estrategias técnicas y socioambientales apropiadas para atender las principales patologías que presentan las viviendas; la colaboración entre estudiantes, egresadas, docentes, monitoras, líderes comunitarios, constructores y colaboradoras externas de AMCC tiene el potencial de incidir positivamente en el mejoramiento de viviendas construidas con tierra en comunidades rurales de Condega (norte de Nicaragua).

1 INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la construcción de tierra es patrimonio de los pueblos originarios que resistieron la colonización. Aunque el término arquitectura en tierra es acuñado desde la academia, Asociación Mujeres Constructoras de Condega (AMCC) trabaja bajo los principios de que la herencia vocal y práctica es conocimiento y resistencia al colonialismo, y por lo tanto se entiende como arquitectura vernácula o popular de tierra a las construcciones de adobe popular y “embarrado¹”, presentes como registros de antaño en las ciudades coloniales, pero aun siendo arquitectura viva en la zona norte del país. Con una población construida como blanco-mestizos, la composición específica de los pueblos originarios sigue siendo un tema ambiguo debido a las políticas estatales de homogeneizar la herencia cultural. El trabajo investigativo antropológico y arqueológico, así como de pueblos originarios, muestran un mapa más amplio, donde se reconoce la presencia de pueblos del sur y otras culturas mesoamericanas diferentes al acuerdo común del origen náhuatl predominante.

La arquitectura de tierra ha resultado de la interacción de la vida, la cultura, las condiciones de cada lugar, que se entrelazan con los saberes y técnicas constructivas desarrolladas por

¹ Embarrado: estructura de esqueleto de madera cerrada con materiales locales: caña o varas de árboles que forman un trenzado o rejilla y relleno con tierra, es un tipo de bahareque. Su término cambia según la zona y sus variaciones: envarillado, henchido, enrajos o taquezal.

sus habitantes. En Nicaragua, el poco estudio de la arquitectura de tierra promovido por la academia se limita - en su mayoría- a la arquitectura colonial, sin embargo, descubrimientos arqueológicos realizados en El Apante (1998) y en Nejapa (2007 - 2012) evidencian una arquitectura precolombina de tierra compleja. Al respecto, Lechado y Balladares (2021, p. 90) afirman:

Las casas presentan planta circular con áreas de actividad muy bien definidas, cocina y área de desecho de alimentos localizados al lado opuesto de la entrada del aire y del sol (sector noroeste de las casas), se identifican claramente los sistemas de accesos al recinto, no escalonados, agujeros de horcones que sostenían un techado de aproximadamente 4m de altura y paredes fortalecidas mediante el uso de técnica de embarrado adosada en la parte externa de los muros.

Entre el período 1524 a 1821, el país vive la colonización española en la que se introducen tipos ajenos a las de los nativos. En un aprovechamiento de los materiales y mano de obra local, se aplican técnicas constructivas como tapiales, adobe, cal y canto y taquezal, esta última introducida por un constructor italiano, según afirma Kühl (2015, p.65):

En Granada, el constructor italiano Andrés Zappata introdujo nuevos métodos para edificar casas, sustituyendo el dintel español de las puertas por el arco romano, y el adobe por el henchido de reglas, ripios mezclados con barro en las paredes sostenidas por horcones de madero negro, sistema que llamamos taquezal².

El terremoto de magnitud 6.0 grados en la escala de Richter, ocurrido en Managua (capital de Nicaragua) el 31 de marzo de 1931, provocó la destrucción de muchos edificios de taquezal que fueron contruidos sin los arriostres y que fueron reparados ocultando las lesiones. El 23 de diciembre de 1972, ocurre otro sismo de 6.2 grados en la escala de Richter que provoca el colapso - casi total - de las edificaciones de taquezal que quedaron en pie durante el terremoto anterior, lo mismo ocurrió con estructuras de concreto ya que estas también carecían de diseños sismo resistentes. A partir de este evento, se discontinuó su uso bajo el pretexto que “La experiencia de diciembre de 1972, ha demostrado que estas estructuras no ofrecen ninguna garantía para resistir cargas laterales y por lo tanto su uso debe discontinuarse” (Chávez et al., 1973).

La Cartilla Nacional de la Construcción contempla el adobe tradicional en su edición de 1980, y ocupa un capítulo sin actualización de su contenido en la edición más reciente de 2012. El consenso estatal sobre la arquitectura en tierra es un ejemplo, donde se considera como una práctica del pasado y bajo tabúes de ser nociva, débil y poco higiénica. En el estudio del patrimonio construido nacional, así como en el trabajo académico de conservación y restauración, los sistemas que son reconocidos son el adobe colonial y el taquezal, donde se considera al adobe colonial de mayor valor patrimonial por la magnitud de sus estructuras; la academia prioriza la preservación de bienes inmuebles estatales y religiosos, en segundo orden a los espacios e instalaciones públicas y en menor orden a la vivienda. La ley de protección al patrimonio cultural de la nación (1998, Decreto 1142) establece, de manera general, que el patrimonio inmueble es “bienes de valor cultural”; la ley establece el poder del estado sobre los inmuebles, pero no instrumentos que fomenten la protección, manejo y reconocimiento del patrimonio inmueble colonial y vernáculo como tal. Los esfuerzos realizados en este estudio, reconocen la arquitectura vernácula realizada por la población como patrimonio construido y responde a la necesidad de preservación de este.

Nicaragua carece de un estudio formal de la vivienda rural que contenga el origen y características de esta por región cultural. Existe un reconocimiento de los tipos arquitectónicos de vivienda determinados en su mayoría por una breve racionalización de sus orígenes en la colonización: adobe y taquezal para los territorios españoles, estilo victoriano de madera para las zonas costeras con presencia inglesa, tierra y paja para las

² Taquezal deriva la palabra del náhuatl tlaquetzalli: pilar cuadrado de madera, columna. Consiste en una armadura de madera, en marco de soleras, con relleno de rocas unidas con tierra y estabilizante, confinadas por reglas o cañas clavadas a los marcos.

áreas de menor contacto. Cuando se habla sobre la vivienda popular de la zona rural de Condega están presentes dos sistemas constructivos: el adobe popular, aprendido por los esclavos y siervos indígenas y adaptado en tamaño y forma para la construcción de estructuras de menor tamaño; y el “embarrado” respecto al cual, su herencia fue mal atribuida al taquezal introducido con la colonia española, como una tropicalización similar al adobe popular, pero gracias a la difusión de saberes de los pueblos originarios en resistencia, el trabajo arqueológico y de conservación ha probado que se trata de un sistema constructivo que existe previo a 1502 y se mantiene vigente en la práctica constructiva.

2. OBJETIVOS

Elaborar parámetros para el mejoramiento de la vivienda popular de tierra, basados en la experiencia de AMCC a través de los procesos de formación técnica y metodológica y el desarrollo de diagnósticos y trabajo comunitario.

Reconocer y promover el rol activo de la mujer en el trabajo de la construcción y mantenimiento de las viviendas visibilizando su participación activa en otros ámbitos.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Se parte de la sistematización de enseñanza y experimentación que fundamentan el análisis comparativo de sistemas constructivos en la zona. Diagnósticos, mapeos comunitarios y experimentación con técnicas y materiales locales permiten el estudio de la arquitectura de tierra local y potenciales locales. La sistematización de entrevistas e informes generados permiten también analizar el rol de la mujer en el mejoramiento de viviendas.

3.1 Entendiendo el lugar

El municipio de Condega, ubicado en la microcuenca del río Pire, región central-norte de Nicaragua, en el departamento de Estelí (catalogada como una zona de sismicidad baja), cuenta con una población de 29,247 habitantes (52% femenino, 48% masculino), la población urbana representa el 69.52% y la población rural el 30.48% del total de habitantes. La microcuenca del río Pire, su afluente principal, presenta relieve irregular con diferencias marcadas en altitud y diversidad de sistemas terrestres que van de 550 m a 1,450 m; se identifican cuatro tipos de suelo: alisol, entisol, ultisol y molisol: suelos de mayor predominancia presentan color oscuro con alto contenido de materia orgánica. El clima en el área es sabana tropical, con precipitaciones anuales de 800 a 1200 mm, y se considera una de las zonas más secas del país; por estar ubicada en el corredor seco centroamericano, la mayor parte de la lluvia que cae se escurre rápidamente y se pierde por escorrentía, causando fuertes procesos de erosión en los suelos y una baja infiltración que alimenta al manto acuífero.

En las comunidades rurales de la zona, construcciones de materiales industrializados con diseños importados se combinan con viviendas construidas con tierra; en las comunidades de estudio, el 68% de las viviendas están construidas con tierra y destacan dos tipos: la vivienda tradicional de adobe y la vivienda tradicional de “embarrado”. La vivienda tradicional está compuesta por: la casa, el patio y el “sembradillo”³; se valora el espacio para secado y almacenaje de granos, espacio para animales de corral y un área reducida de plantas medicinales, aromáticas y ornamentales. Cada uno de estos elementos expresan una manera de habitar destinada a la producción “una casa productiva”. Por medio de un proceso de autoconstrucción, la manera en que evoluciona la casa demuestra que la vivienda no está diseñada para ser progresiva (con respecto a la construcción de anexos y crecimiento familiar), pero a través de los años está sujeta a cambios y anexos.

³ Sembradillo refiere al espacio destinado para la siembra de granos como el frijol y el maíz. También se le conoce como “el arado”.

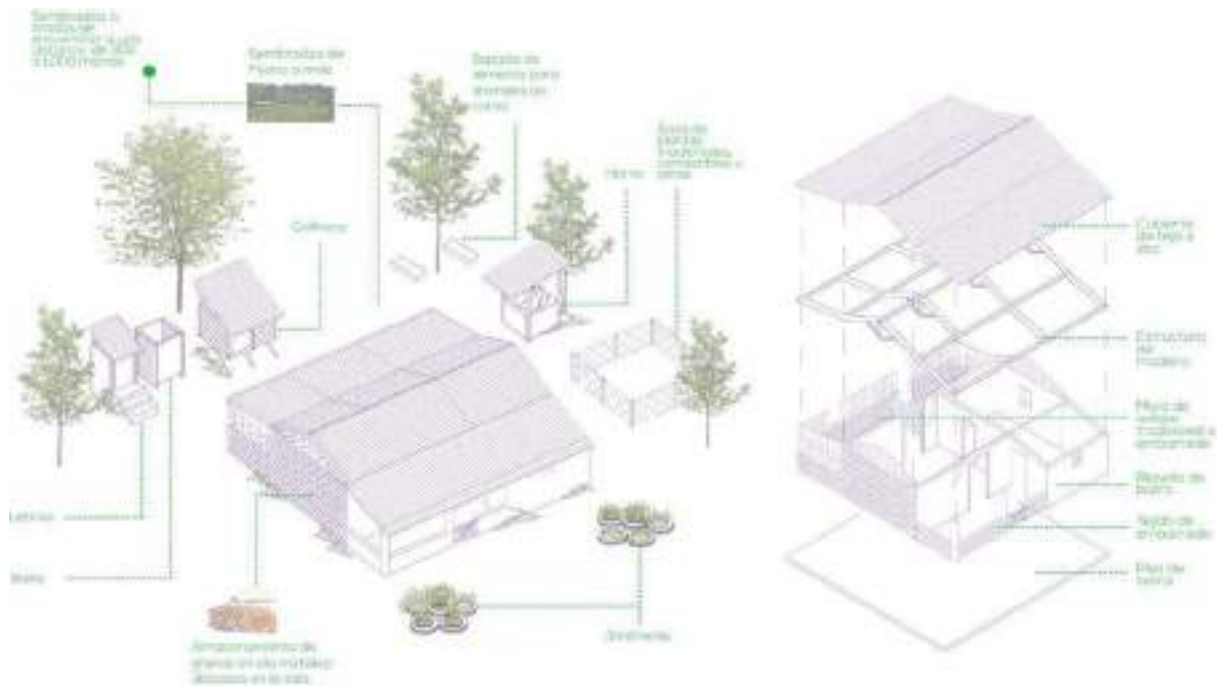


Figura 1. Configuración de la vivienda popular de adobe y embarrado en el norte de Nicaragua (crédito: A. Mejía, AMCC, 2021)

3.2 Experimentación para el mejoramiento de la vivienda popular

En Condega, AMCC ha promovido la valorización de la construcción con tierra durante más de 15 años. Siendo una organización autónoma de mujeres con 34 años de experiencia en la formación técnica y la defensa de los derechos, desde el año 2006 inicia a promover la construcción con tierra en colaboración con mujeres profesionales⁴ en el tema. Se realizan charlas para el diseño participativo del nuevo local de la organización, propuesto ser construido con adobe mejorado, un sistema constructivo que incorpora mejoras al adobe tradicional con relación a la adecuada proporción de materiales para su producción, dimensionamiento, vigas y cimentaciones adecuadas y adecuada distribución de vanos, altura y anchos máximos. En 2012 con el inicio de la construcción y la oferta de cursos de construcción con tierra, se inició un proceso de aprendizajes y experimentación para la mejora de los sistemas constructivos locales que ha ido progresivamente impactando positivamente en la vivienda popular de la zona.

Del año 2013 al 2016, AMCC construye con participantes y egresados de cursos, otros edificios incluyendo una casa modelo para proponer y presentar a la población, profesionales e integrantes de cursos un modelo de vivienda moderna construida con adobe. Empiezan a desarrollar cursos y talleres de construcción natural en los que experimenta con técnicas constructivas de tierra como: adobe mejorado, variedad de bajareques, cob (bolas de tierra), tapia, pisos, mobiliario, acabados y repellos, decoraciones, esculturas y pinturas con tierra; es una época de grandes aprendizajes en la que se pone de manifiesto la versatilidad del material tierra y las posibilidades para su aplicación en procesos constructivos - educativos. Destaca, a partir del año 2015, el inicio de un proceso de apropiación de muchas técnicas de construcción, reparación y mantenimiento de edificios y la generación de conocimiento local. A partir del año 2017, trabaja con el sistema constructivo de adobe reforzado⁵ con normativo (y referencia para la región) desarrollado en

⁴ Profesionales que han colaborado con AMCC: Arq. Dulce María Guillén (desde 2006), Liz Johndrow (2013), Ing. Delmy Núñez, Ing. Magda Castellanos, Arq. Tatiana Juárez (2017) y Arq. Sandy Minier (2018).

⁵ En el desarrollo de este sistema participaron: Universidad de El Salvador (UES), Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMDU), Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), Investigación sobre construcción BRI del Japón; y Centro Nacional de Prevención de Desastres. México (CENAPRED).

El Salvador, que permite construir muros de adobe de menor espesor y resistente a sismos. Desde el año 2018 se desarrollan talleres de muralismo participativo en algunas comunidades rurales, en las que la práctica de mejora a repellos y elaboración de pinturas y decoraciones de tierra se realizan en viviendas de las comunidades. En el año 2020, la experimentación con tierra estabilizada con cal fue un tema explorado en las investigaciones del equipo, resultado de un proyecto colaborativo⁶.



Figura 2. Equipo técnico experimenta estabilización con cal, septiembre 2020

Con el tiempo, los 12,366.10 m² de terreno en los que la organización autoconstruye las instalaciones de lo que se propone un Centro Juvenil Tecnológico y Ecológico, se han convertido en un laboratorio de experimentación en obra. Del mismo modo, un total de 16 viviendas de las comunidades Nispero, Algodonal, Naranjita, San José, Chagüite Grande y San Andrés han sido mejoradas estéticamente, por medio de cursos y otras 18 por iniciativa propia de egresados y familias cercanas. La situación de crisis sociopolítica, económica y sanitaria actual del país, sumado a los estragos por el paso de los huracanes *Eta* e *Iota* en el año 2020, ha despertado de nuevo el interés de la población por mejorar las condiciones de las mismas.

3.3. Estado de la vivienda, cuatro casos de estudio

Para el análisis se partió de una selección de comunidades con las que la organización lleva años trabajando (una vivienda por cada comunidad). Para delimitar el campo de incidencia la selección se realizó con base a su estado de conservación actual: bajo, medio, alto; se seleccionaron viviendas en estado de conservación alto y medio ya que son las condiciones adecuadas para proponer mejoras, pues una construcción en estado bajo, la mayoría de las veces requiere reconstrucción. Empleando la investigación activa participativa (IAP), se parte del entendimiento de que cada caso requiere un acercamiento distinto, ni uno es igual al otro; el sistema en el que se desarrolla la investigación es similar a una conversación entre partes. La información que se documenta en formato de ficha se obtiene a través de dos procesos: un diálogo con los habitantes para entender la situación humana en la cual se desarrolla la vivienda y luego dentro de una metodología más técnica el levantamiento físico a través de dibujos y fotografías de la vivienda.

Del análisis de las cuatro viviendas se obtiene:

⁶ Proyecto de colaboración entre AMCC, Helen Shears y Bee Rowan (Strawbuild, UK), apoyado por Crafting Futures Grant Scheme, 2019.

a) Forma y función de la vivienda

Sin excepción, los cuatros viviendas de estudio tienen una forma cuadrada-rectangular. La tendencia inicia con una sola habitación, esta luego se convierte en sala de estar cuando se construyen formalmente las habitaciones, una cocina, que inicia en un espacio techado y luego tiene su cerramiento, un porche que funciona como sala de estar y sala que tiene la función de habitación en algunos casos. El espacio preferido de la casa es la cocina: las mujeres expresan pasar más tiempo en este espacio, generalmente describiéndolo como más bonito o más espacioso. La tradición constructiva tiene una relación indivisible con el exterior: el patio, y, en una escala más grande, la naturaleza; se observa la práctica de sembrar a sus alrededores, tanto para alimento como para ornamentar la vivienda.

b) Estado físico de la vivienda: análisis patológico

Tabla 1. Patologías encontradas

1. Vivienda de adobe tradicional en San José Pire	
1.1	Socavación en cimientos de piedra ligada con mortero de tierra y ascensión capilar por carencia de sobrecimiento
1.2	Grieta por desvinculación de paredes en unión de sala principal con habitaciones
1.3	Fisuras contiguas a batientes de puertas y ventanas debido a la diferencia de rigidez entre la madera y el adobe
1.4	Fisuras por exceso de arcilla en ligas y repellos
1.5	Erosión y desprendimiento de repellos debido a humedad por aleros cortos
2. Vivienda de adobe tradicional en San Andrés	
2.1	Ascensión capilar y deformaciones leves en muros por ausencia de buena cimentación
2.2	Grietas por unión de estructura vieja con nueva, grietas en esquinas
2.3	Grietas por unión de estructura vieja con nueva, grietas en esquinas
2.4	Fisuras en dinteles de puertas, ventanas, nichos de cocina y viga corona por diferencia de rigidez madera-tierra
2.5	Erosión y desprendimiento de repellos debido a humedad por aleros pequeños
3. Vivienda de embarrado en Chagüite Grande	
3.1	Ascensión capilar por socavación en cimiento y ausencia de sobrecimientos
3.2	Vulnerabilidad de estructura por desplome de una de las paredes
3.3	Deterioro en varas inferiores y erosión y desprendimiento de repello debido a aleros corto
3.4	Presencia de grietas y fisuras debido a exceso de arcilla en material de relleno
4. Vivienda de embarrado en El Níspero	
4.1	Cimientos y sobrecimientos expuestos a la socavación y paredes expuestas a lluvia por presencia de aleros cortos
Observación general aplicable a todas las viviendas: ausencia de pisos, mal estado de techo, mala iluminación natural y mal estado de cerramiento en culatas	



Figura 2. Estado de las viviendas (crédito: A. Mejía, AMCC, 2021)

3.4. Análisis socioambiental de la vivienda y el habitar

La Constitución Política de Nicaragua (2014, Artículo 64) reconoce el derecho de la ciudadanía a una vivienda digna y establece que el estado es garante de este derecho; la aprobación en 2009 de la Ley 677, “Ley especial para el fomento de la construcción de viviendas y de acceso a la vivienda de interés social”, que pretendía responder a esta situación ha demostrado la poca eficacia de la misma, teniendo un déficit habitacional de entre 900 mil a 1.5 millones de viviendas.

El informe de vivienda encuesta continua de hogares 2019-2020 (INDIE, 2021, p. 5-7) muestra que, la mayoría de las viviendas en Nicaragua, está construida con “bloque, cemento o concreto”, tienen “techos de zinc” y “pisos de ladrillo de cemento / mosaico / terrazo / cerámica”. Analizar la materialidad de las viviendas que se están construyendo es

importante para identificar los impactos ambientales que de ellas devienen. El sector de la construcción es responsable del 50% del uso de todos los recursos mundiales y genera gran cantidad de residuos, esto representa una amenaza para la estabilidad medioambiental; el análisis de ciclo de vida (ACV), Argüello y Cuchí (2008) han demostrado que una estructura de madera y muros de bajareque mejorado presenta un 30% menos en coste energético y un 40% menos en emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que un sistema constructivo de concreto y ladrillo.

Los materiales que se emplean en los proyectos de vivienda de interés social en Nicaragua están provocando impactos negativos al medio ambiente, además, sus programas ofrecen modelos de vivienda estandarizados e importados en los que no se consideran las características locales y familiares, provocando la denominada homogeneización de la forma de habitar. “El proceso de habitar el espacio se expresa y al mismo tiempo produce cultura urbana, no como algo estático sino como un conjunto de saberes, prácticas y valores asociados a la experiencia de cierto espacio habitable” (Giglia, 2012, p. 23), no todas las viviendas suponen un mismo orden espacial, tanto materiales como distribución de los espacios son diferenciados de una comunidad o grupo familiar a otro.

El análisis de género y producción del espacio habitable (Giglia, 2012, p. 28-40) evidencia que en la sociedad la mujer continúa asumiendo sistemáticamente la tarea de producir y reproducir la habitabilidad del espacio doméstico. Partiendo de la división sexual del espacio, se le ha asignado el espacio doméstico privado. Esta tarea ha sido importante para la construcción de las sociedades; son tareas al servicio de la colectividad, pero esto no quiere decir que sea reconocida y valorada, por el contrario, son invisibles y desvalorizadas. En la producción de vivienda de autoconstrucción - muchas veces precaria - la mujer por quedarse en la casa cuidando a los niños, se ven obligadas a organizarse para garantizar las condiciones mínimas de habitabilidad; son ellas las que impulsan a los hombres de la casa para ir a buscar un terreno, se organizan para pedir servicios básicos, ir a los mercados, escuelas, la iglesia, tareas que hacen muchas veces con gran sentido de culpa por dejar solo a sus hijos. Es común, en las comunidades rurales analizadas, ver a las mujeres encargándose año con año de dar mantenimiento a la vivienda; en la zona rural es la mujer la que conserva las construcciones de tierra en buen estado. Lamentablemente, todos estos esfuerzos por llevar a cargo la producción del espacio, no se ven reflejados en la legalización de la propiedad (ese bien que les costó tanto conseguir y volver habitable); es bastante común que los títulos de propiedad estén a nombre del cónyuge.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el análisis de los aspectos anteriormente mencionados, el mejoramiento de la vivienda tradicional en Nicaragua no se limita a proponer soluciones técnicas constructivas, requiere dejar de ver la vivienda como un producto y entenderlo como un proceso de producción social del hábitat. Partiendo de este entendimiento se proponen dos parámetros.

4.1. Entender el lugar para trabajar con el potencial

Trabajar con el potencial permite alinear a la comunidad en torno al mismo para co-crear y evolucionar con él. Esto se logra construyendo la historia del lugar a lo largo del tiempo, escuchando a la gente y partiendo del principio que las personas saben, se accede así al conocimiento, inteligencia, visión colectiva para hacerla evidente. El análisis nacional de la vivienda popular de tierra demuestra que esta corre el riesgo de desaparecer por abandono y pérdida de calidad, pero, por otro lado, el entendimiento de patrones del lugar demuestra que tres elementos tienen el potencial de transformar esta situación hacia algo positivo para las personas y ambiente. Del sistema vivo que forma el presente estudio en sus tres escalas, se identifican tres patrones:

a) Conexión o transición

Condega sirve de conexión o transmisión del territorio de Estelí, dedicado a la agricultura y manufactura: un estilo de vida más ciudadano, desconectado de sus raíces con una población mayoritariamente católica; y, por el otro lado, el territorio del río Coco, con un estilo de vida y espiritualidad más conectado con su hábitat.

b) Creación tierra y agua

Condega es conocida como “tierra de alfareros”, una práctica heredada de los pueblos prehispánicos, del mismo modo que la agricultura; así como una tierra de celebraciones, la de “San Isidro Labrador” que es una expresión de sincretismo religioso, de los ritos agrícolas prehispánicos para la petición de lluvias en el inicio de la siembra. Ambas prácticas (alfarero-labrador) aún siguen vivas y, así como se necesita el agua para modelar la arcilla, también se necesitan para germinar la semilla.

c) Mujer protagonista

En la actualidad, la actividad de alfarería es realizada por mujeres. El taller de artesanías de Ducuale Grande –una comunidad rural de Condega- está a cargo de mujeres de la comunidad. Es una práctica común que las mujeres elaboren de manera artesanal piezas de uso cotidiano utilitaria en sus casas, también destaca el trabajo que realiza AMCC para combinar los saberes técnicos con la cultura constructiva de tierra, modelando la tierra para construir edificaciones; sumado a esto, el mantenimiento de viviendas de tierra en la zona, es un trabajo realizado por mujeres.

Este entendimiento propone valorar la tradición de construcción con tierra y vincularla a técnicas para avanzar a una mejora de las viviendas que garanticen el bienestar social y ambiental, valorar los saberes locales que crean refugio y alimentación, a la vez que se atiende lo que pasa con el agua y reconocer el rol activo que la mujer tiene para lograr las transformaciones del lugar.

4.2. Proponer soluciones técnicas con base en saberes locales

Las comunidades guardan el conocimiento sobre la tierra. En el estudio de caso de la comunidad El Nispero, se reconoce el buen estado de la conservación de saberes y prácticas constructivas: sus pobladores describen las características de una buena tierra, las ubican y comparten para mejorar sus viviendas. Las soluciones presentadas para cada caso de estudio parten de los aprendizajes obtenidos de las buenas prácticas que realizan las comunidades, referencias bibliográficas y aprendizajes obtenidos por AMCC a lo largo de más de 10 años de construcción y experimentación con tierra y en los que se ha acompañado de mujeres profesionales en el tema que han colaborado en diferentes procesos.

Tabla 2 – Soluciones propuestas

1. Vivienda de adobe tradicional en San José Pire	
1.1	Recalce parte superior de cimientos y muros inferiores con piedra ligada con mortero de cal
1.2	Refuerzo de unión en T con malla y mortero de cal
1.3 1.4	Retirar repello de paredes y muretes, reconstruir la capa de nivel (capa gruesa)
1.5	Aplicar repello fino de mortero de cal para paredes exteriores y de mortero de tierra en paredes interiores, sellar con pintura de cal
2. Vivienda de adobe tradicional en San Andrés	
2.1	Recalce parte superior de cimientos y muros inferiores con piedra ligada con mortero de cal

2.2	Refuerzo de unión en paredes y esquinas con malla y mortero de cal
2.3	Retirar repello de paredes y reconstruir la capa de nivel -capa gruesa
2.4	Aplicar repello fino de mortero de cal para paredes exteriores y de mortero de tierra en paredes interiores, sellar con pintura de cal.
3. Vivienda de embarrado en Chagüite Grande	
3.1	Recalce parte superior de cimientos y construcción de sobrecimiento con piedra y mortero de cal
3.2	Retirar el relleno de muro, corregir plomo en estructura y volver a rellenar
3.3	Retirar repello de paredes, reemplazar varas en mal estado y reconstruir la capa de nivel -capa gruesa-, aplicar repello fino de mortero de cal para paredes exteriores y de mortero de tierra en paredes interiores, sellar con pintura de cal
3.4	
4. Vivienda de embarrado en El Níspero	
4.1	Recalce de cimientos y sobrecimientos con piedra y mortero de cal
Otras mejoras propuestas para todas las viviendas: construcción de pisos de piedra ligada con mortero de cal para zonas exteriores y pisos de tierra para ambientes interiores; reemplazar cerramiento en culatas por tejido de varas; reparar la estructura y cubierta de techo reutilizando materiales de la construcción e incorporar tragaluces de botellas PET, para permitir el ingreso de luz natural	

Tabla 2. Soluciones técnicas propuestas

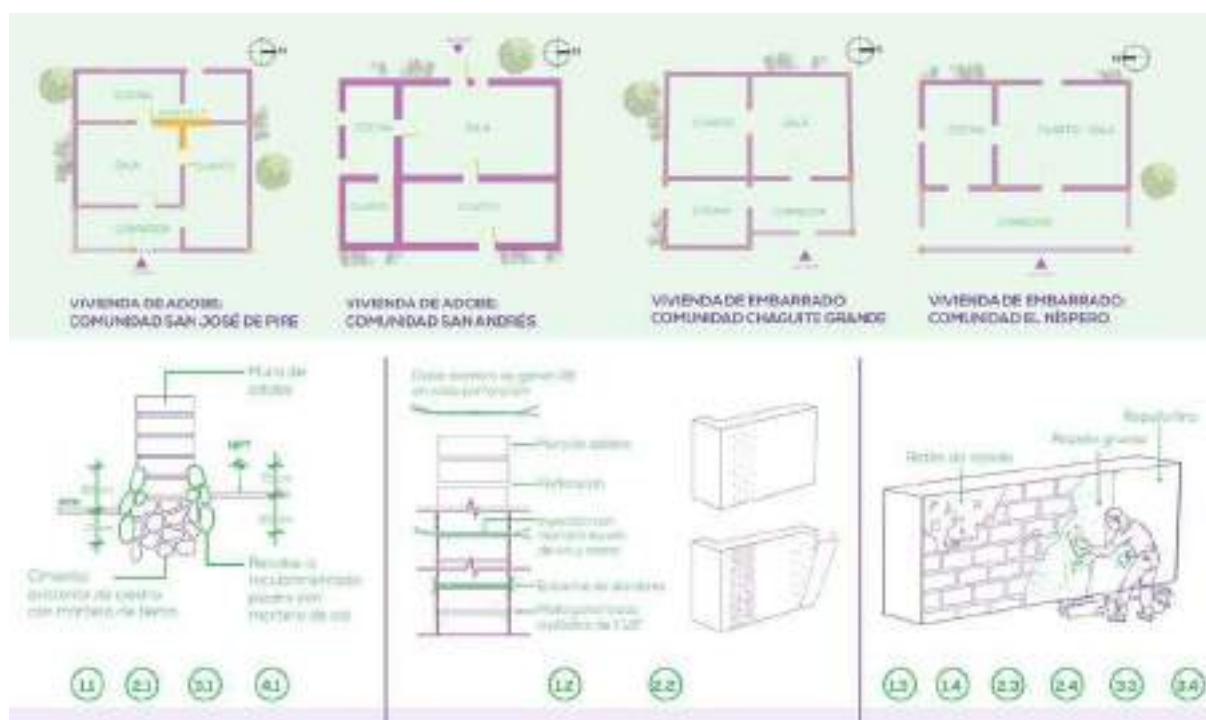


Figura 3. Soluciones técnicas para el mejoramiento de viviendas construidas con tierra. (crédito: A. Mejía, AMCC, 2021)

5. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. Desarrollar capacidades y construir comunidad

Entendiendo el desarrollo como un proceso compuesto por grandes transformaciones de las estructuras sociales, las actitudes de las personas y de las instituciones, la necesidad de propiciar a las personas de las herramientas que requieren para generar su propio desarrollo es clave para lograr una mejora en la vivienda tradicional. Del mismo modo las iniciativas individuales y pequeñas son importantes para lograr cambios a nivel personal, pero, para

lograr efectos multiplicadores de mayor alcance, la construcción de comunidad es clave. En este sentido la formación para generar los conocimientos, actitudes y destrezas técnicas, es central, se identifica la importancia del proceso enseñanza-aprendizaje como un intercambio de conocimiento en todos los procesos que se desarrollen.

Tomando en cuenta la experiencia de AMCC desarrollando procesos de organización comunitaria y construcción de comunidad, para la implementación de las mejoras propuestas a las viviendas, se desarrollarán una serie de cursos de mejoramiento a viviendas en los que participa tanto la familia, como personas de la comunidad pues la vivienda popular representa el *saber hacer*. Es una herencia de conocimientos y prácticas transgeneracional; el equipo facilitador está integrado por docentes y monitores locales que cursan procesos de formación metodológica en educación popular; para la realización de estos las familias realizan aportaciones con materiales locales, convocatoria y organización logística. De la mano de estos cursos, se desarrollarán talleres de organización comunitaria que propicien espacios de intercambio y reflexiones intergeneracionales para desarrollar sentido de arraigo y para la gestión de sus territorios. La clave está en la promoción de reconocimiento de sus antiguas maneras de organizarse, el rescate de saberes locales y la promoción de una economía circular que incluya el uso de materiales locales para gestionar el hábitat.

5.2 Gestionar el hábitat con perspectiva de equidad de género

La vivienda se encuentra vinculada en un sistema de relaciones que incluye aspectos socioculturales como: la falta de acceso a la educación, salud, empleo, migraciones, desigualdades de género, entre otros. La perspectiva de género es una categoría analítica imprescindible a la hora de concebir, crear y transformar el mundo, para el entendimiento del hábitat es necesario, como afirma Murguialday (2016) atender a tres importantes aspectos.

a) La mujer debe tener acceso a la vivienda

En Nicaragua, durante la reforma agraria (1979-1989), el 67% de las tierras fueron entregadas a cooperativas en las que sus socios eran hombres (FIDEG, 2016, p. 4-5); como resultado, nueve de cada diez beneficiarios fueron hombres. El acceso a la tierra es una de las barreras estructurales más determinantes para el empoderamiento económico y social de las mujeres y esta situación debe cambiar.

b) La mujer debe tener poder de decisión en los asuntos de ordenamiento del territorio

El aporte voluntario en las comunidades lo realizan las mujeres, esto ha sido aprovechado por programas públicos y privados, en los que la mujer traslada al espacio público-social sus roles domésticos y asume los trabajos de gestión, siempre al cuidado de los demás. Las propuestas deben dirigirse a que las mujeres construyan ciudadanía para ejercer los roles de política comunitaria que han sido históricamente acaparados por los hombres.

c) Hacer efectivo el derecho de la mujer a vivir sin violencia

En un país sin restricciones por la pandemia de Covid-19 y que vive desde el año 2018 la represión estatal, el número de feminicidios va en incremento y la mayoría de denuncias por violencia de género se resuelven por mediación o quedan impunes. Mientras no se atienda la violencia hacia las mujeres, no se puede hablar de un hábitat sostenible.

En el año 2009, AMCC conformó el grupo de jóvenes Nací para Volar (NPV), compuesto en su mayoría jóvenes de la zona rural, que ahora tiene un acumulado de trabajo en la formación en derechos sexuales y reproductivos, la construcción de espacios lúdicos-educativos, y actividades de incidencia, para que otras mujeres jóvenes, conozcan, posicionen sus derechos y construyan espacios públicos para su defensa. Un parámetro de selección aplicado en las viviendas en las que se realizarán las mejoras, establece que en el 60% de las viviendas el título de propiedad pertenece a la mujer, el 75% de las viviendas seleccionadas cumplen con este requisito.

A manera de conclusión, la colaboración entre estudiantes, egresadas, docentes, monitoras, líderes comunitarios, constructores, organizaciones y colaboradoras externas de AMCC tiene el potencial de incidir positivamente en el mejoramiento de viviendas construidas con tierra en comunidades rurales de Condega (norte de Nicaragua), siempre que se cumplan con los siguientes parámetros: entender el lugar para trabajar con el potencial, proponer soluciones técnicas con base en saberes locales, desarrollar capacidades y construir comunidad, gestionar el hábitat con una perspectiva de equidad de género.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüello, T.; Cuchí, A. (2008). Análisis de impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10X10, Con Techo-Chiapas de CYTED.
- Constitución Política de Nicaragua [Const.]. Art. 64 del 2014 (Nicaragua).
- Decreto 1142 [con fuerza de ley]. Para la protección al patrimonio cultural de la nación. 1998 (Nicaragua).
- FIDEG. (2016). Las mujeres rurales y el acceso a la tierra: El caso de las socias de FEMUPROCAN, Fundación Internacional para el Desafío Económico Global. Managua, Nicaragua. Disponible en: http://fideg.org/wp-content/uploads/2017/02/Informe_Final_FEMUPROCAN.pdf
- Giglia, A. (2012). El habitar y la cultura, perspectivas teóricas y de investigación. Barcelona: Anthropos Editorial; México: División de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.
- INDIE - Instituto Nacional de Información de desarrollo. (2021). Informe de vivienda encuesta continua de hogares 2019 - 2020. Managua, Nicaragua. Disponible en: https://www.inide.gob.ni/docs/Ech/ECH2021/Publicacion_ECH_ITrimestre2021.pdf
- Kühl, E. (2015). Quienes construyeron Nicaragua. Managua: PAVSA
- Lechado, M.; Balladares, S. (2021). Nejapa: arquitectura en un poblado prehispánico al suroeste de Managua. Copyright © 2019 UNAN-Managua
- Murguialday, C. [Arcadia Congreso Internacional] (30 de septiembre de 2016). Gestionar el hábitat con una perspectiva de equidad de género [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=NDLkg9L5K28>

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a las mujeres profesionales en el tema que han colaborado con la organización a lo largo del tiempo, a las mujeres jefas de familia de las viviendas incluidas en el estudio y las personas que conforman las comunidades San José de Pire, San Andrés y Chagüite Grande y El Nispero; por revivir sus relatos históricos personales y colectivos y compartir con el equipo de AMCC las visiones para transitar a esa nueva realidad que quiere emerger.

AUTORAS

Fátima Sánchez Medina, ingeniera-arquitecta, egresada de la maestría en arquitectura, diseño y construcción sustentable por la Universidad del Medio Ambiente (UMA) México; colabora con la UMA en México y con Asociación Mujeres Constructoras de Condega (AMCC) en Nicaragua; referente de AMCC en la Red MesoAmeri-Kaab (Red MAK); integrante del consejo de asesores e integrante de la Comisión de género de la Red MAK.

Claudia Ochoa Altamirano, ilustradora y estudiante de arquitectura en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, Nicaragua); docente de cursos de construcción con tierra y responsable del área de autoconstrucción e infraestructura en Asociación Mujeres Constructoras de Condega.

María Fernanda Pineda, egresada de ingeniería civil, por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-Norte, Nicaragua); defensora de derechos humanos; coordinadora del programa iniciativas juveniles, facilitadora de procesos de formación en derechos sexuales y reproductivos en Asociación Mujeres Constructoras de Condega.

Heyding Ruíz Chavarría, técnica general en construcción civil por el Centro Tecnológico de Ocotal (Inatec, Nicaragua); monitora de cursos de construcción con tierra, egresada de cursos técnicos y talleres de derechos sexuales y reproductivos en Asociación Mujeres Constructoras de Condega.

LOS RIESGOS PARA LA SALUD EN LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA

Anabel Romero Alvarez de la Campa¹, Graciela Leyva Alvarez de la Campa²

¹ Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana, romeroalvarez.anabel@gmail.com

² Departamento de Antropología del Instituto de Medicina Legal, leyvagraciela@gmail.com

Palabras clave: construcción con tierra, parasitismo, suelos contaminados

Resumen

Fértil como la tierra, es la historia constructiva del hombre haciendo uso de este noble material, la cual se remonta a los albores de la humanidad. Su resistencia, durabilidad, maleabilidad y disponibilidad a muy bajo costo son las propiedades que han seducido a innumerables civilizaciones a lo largo de la historia, llegando hasta nuestros días. A pesar de sus ventajas la manipulación de este material no está exento de peligros para la salud humana. Identificar las enfermedades que pueden afectar al ser humano al estar en contacto con la tierra. Se realizó una búsqueda actualizada llegando a consultarse 14 referencias bibliográficas referentes a enfermedades que afectan al ser humano relacionadas con la manipulación de tierra. Tomando como base las medidas de prevención de cada una de estas enfermedades, se plantean posibles soluciones para minimizar el riesgo de infección. Se hace referencia en el estudio los daños para la salud provocados por la infección por estos patógenos. Se identificó a los parásitos como principal agente patógeno, siendo la vía cutánea la principal fuente de entrada, seguida de la vía digestiva. El principal factor de riesgo lo constituyen los vectores que habitan en la periferia de la vivienda, seguido de los hábitos higiénicos defectuosos. La eliminación de vectores, el uso de medios de protección, una buena higiene personal, la utilización de tierra alejada de fuentes contaminantes y el revestimiento de esta con otros materiales en las estructuras construidas, constituyen medios efectivos de prevención.

1 INTRODUCCIÓN

La humanidad ha tenido una larga historia de construcciones con tierra, su fácil obtención, bajo costo, maleabilidad, acompañado de su resistencia y durabilidad; son cualidades que la mantiene vigente como alternativa a pesar del desarrollo (Calderó, 2017).

Los detractores de este material aluden una serie de desventajas (Evans, 2008):

- El material, sin refuerzos adecuados, presenta un comportamiento estructural deficiente, frente a movimientos sísmicos.
- Con una calidad constructiva inadecuada, puede requerir más mantenimiento que algunos materiales “convencionales”.
- Al igual a cualquier construcción con grietas, pueden ofrecer zonas propicias para el crecimiento de insectos vectores de enfermedades tales como la enfermedad de Chagas.
- El espesor de muros de adobe es mayor que los construidos con materiales convencionales, y las posibilidades de construcción son menos flexibles.
- El material está visto como una alternativa de construcción para sectores de bajos recursos, zonas rurales o simplemente “antiguo” no apto para edificios modernos.
- Requieren cuidado en su manipulación para evitar roturas o daños producidos por el agua.
- Para uso en muros exteriores, requieren capas adicionales de aislantes térmicos y eficaz protección de la humedad.
- Los revoques permeables requieren más tiempo para el secado, comparado con los revoques convencionales de yeso.

A estos inconvenientes planteados se suman el riesgo de contraer algún patógeno debido a una incorrecta manipulación de este material. En este trabajo se hará mención a ellos, sus formas de infestación y las medidas preventivas que se deben realizar.

Las principales líneas de investigación sobre construcciones con tierra están encaminadas a mejorar su resistencia estructural y su durabilidad, protección frente a los efectos del clima, calidad de la construcción y comercialización. Se ha puesto como centro a la edificación, el material con cual se construye y se ha obviado quién la construye.

Múltiples son los patógenos que pueden afectar a la persona que manipula la tierra sin medios adecuados de protección o medidas higiénicas deficientes, con graves consecuencias para la salud. Se hace mención de la calidad de los materiales desde el punto de vista constructivo ignorando los riesgos para la salud, solamente se hace mención por su peso durante la manipulación y la presencia de polvo de sílice (OCDE, 2003).

2 OBJETIVOS

Principal.

- Identificar las enfermedades que pueden afectar a las personas que manipulan tierra.

Específicos

- Mostrar las vías de infestación de estos patógenos.
- Exponer las medidas de prevención que se deben adoptar.

3 MATERIAL Y METODO

Se realizó una revisión de la bibliografía médica que trata sobre los patógenos que afectan a las personas que manipulan o están en contacto con tierra, llegando a consultarse un total de 14 citas bibliográficas. Teniendo como base las diversas técnicas constructivas se identificaron los procedimientos que acarrean un mayor riesgo de infestación, enumerando una serie de medidas preventivas individualizada para cada patógeno. Este estudio fue realizado entre los meses de marzo y agosto del 2021.

4 DESARROLLO

A) *Geohelminths*

Los geohelminths son helmintos o gusanos que parasitan el intestino del ser humano y tienen en común la necesidad de cumplir una etapa de su vida en el suelo. Las materias fecales de las personas parasitadas contienen huevos puestos por los gusanos adultos hembras que se encuentran en el intestino. Cuando las materias llegan de alguna manera al suelo, también llegan esos huevos (Campoverde, 2018).

En el suelo, dependiendo de condiciones adecuadas de humedad, temperatura, sombra y riqueza orgánica, los huevos resisten y maduran hasta que son ingeridos por otras personas. En algunas especies los huevos al madurar liberan larvas que establecen un ciclo de vida libre en el propio suelo. En este caso son las larvas las que infectan a otras personas penetrando a través de la piel que toma contacto con el suelo contaminado (Campoverde, 2018).

Aproximadamente 1500 millones de personas, casi el 24% de la población mundial, está infectada por helmintos transmitidos por el suelo. Las helmintiasis transmitidas por el suelo están ampliamente distribuidas por las zonas tropicales y subtropicales (OMS, 2020)

B) *Ascaris lumbricoides*

Ascaris lumbricoides es un nematode (gusano redondo) que puede medir entre 15 y 35 cm de longitud y hasta 6 mm de diámetro. Los adultos viven libres en la luz del intestino delgado

donde copulan y las hembras ponen huevos que son eliminados por las materias fecales. Los huevos llegan al exterior en forma inmadura y si las condiciones ambientales son favorables desarrollan en su interior una larva que, protegida por las cubiertas del huevo, puede permanecer viable en el exterior durante largos períodos (años) (Campoverde, 2018).

Cuando estos huevos son ingeridos, la larva que emerge atraviesa la mucosa intestinal y cae a la circulación sanguínea, pasando luego sucesivamente por el hígado, corazón derecho y pulmones al tiempo que va madurando por etapas. Luego atraviesa la pared del alvéolo iniciando una migración ascendente por el árbol respiratorio hasta la tráquea, franquea la epiglotis y pasa a la faringe para ser deglutida. En este momento tiene poco más de 1 mm de longitud. Cuando llega al intestino delgado, continúa su crecimiento y maduración hasta llegar al estado adulto (Campoverde, 2018).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Uso de medios de protección en manos.
- d) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- e) Usar materiales de recubrimiento en paredes.

C) *Trichuris trichiura*

Trichuris trichiura es un nematode que vive en el intestino grueso, parasitando preferentemente las regiones ceco-apendicular y rectal. Las hembras miden de 35 a 50 mm y los machos de 20 a 25 mm de longitud. Su aspecto es característico: delgado como un pelo en los 2 tercios anteriores que introduce en las criptas glandulares del colon, y grueso en su tercio posterior (OMS, 2020).

Las personas adquieren la infección por ingestión de huevos que maduraron y desarrollaron una larva estando en el suelo. Cuando llegan al intestino humano los huevos eclosionan y las larvas maduran en la luz hasta alcanzar el estado adulto (OMS, 2020).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Uso de medios de protección en manos.
- d) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- e) Usar materiales de recubrimiento en paredes.

D) *Hymenolepis nana*

Hymenolepis nana es el platelminto cestode (gusano plano) más pequeño que infecta el intestino humano. El adulto mide hasta 40 mm de longitud. El hospedero humano se infecta al ingerir huevos embrionados. En el tracto intestinal los huevos eclosionan y dejan libre un embrión que penetra en una vellosidad intestinal para dar paso a la etapa larvaria que completa su crecimiento, rompe la vellosidad y se libera a la luz intestinal, fijándose luego a la pared para comenzar el desarrollo de la forma adulta (Campoverde, 2018).

Existe un ciclo alternativo donde intervienen artrópodos, como pulgas de roedores y gorgojos de cereales, que participan como huéspedes intermediarios albergando las larvas cisticercoides. La infección humana se produce en este caso por ingestión accidental de estos insectos (Campoverde, 2018).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- b) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- c) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

E) *Strongyloides stercoralis*

Strongyloides stercoralis es un nematode muy pequeño y con un ciclo biológico muy complejo, donde alternan generaciones de vida libre en el suelo con generaciones de vida estrictamente parasitaria. Las personas se infectan inicialmente por la penetración activa a través de la piel, de larvas filariformes, como consecuencia de la deambulación sin calzado u otras formas de contacto directo con suelos húmedos contaminados con materias fecales humanas. Las larvas que penetran por la piel alcanzan los pequeños vasos sanguíneos, llegan a los pulmones y desde allí al tracto digestivo. Luego de madurar, las larvas atraviesan la pared hasta la submucosa del duodeno y yeyuno, dando lugar en su interior a los adultos (Departamento de Parasitología y Micología, 2018).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Uso de medios de protección en manos.
- d) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- e) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- f) No poner en contacto zonas de la piel con tierra.

F) *Echinococcus granulosus*

Echinococcus granulosus tiene un ciclo de vida indirecto. Los cánidos y algunos félidos los albergan en la fase adulta, mientras que la fase larvaria (metacestodos) se encuentra en numerosos hospedadores intermediarios, generalmente ungulados y roedores. El ser humano se convierte en un hospedador intermediario accidental al ingerir huevos del helminto, bien directamente del hospedador definitivo o por el consumo de agua o verduras contaminadas con deposiciones de los hospedadores definitivos. Tras la ingestión, los huevos eclosionan en el intestino delgado y se liberan oncosferas que penetran en la pared intestinal. Estas oncosferas se dirigen por vía circulatoria hasta el hígado, donde se retiene la mayoría, y el resto accede por la circulación venosa al pulmón e incluso supera el filtro pulmonar y llega a través de la circulación sistémica a otros órganos (McManus, et al., 2003) (Pérez-Arellano et al., 2006).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- d) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- e) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- f) Usar medios de protección en vías respiratorias.
- g) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.
- h) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.

G) *Toxocora canis* y *Toxocara cati*

Toxocora canis y *Toxocara cati* es un nemátodo de la familia Ascaridae, frecuente en el intestino delgado de los perros, que se infestan a través de migración transplacentaria, vía galactógena o por ingestión de huevos embrionados. Infecta también a las personas, principalmente a menores de cinco años, produciendo la toxocariasis humana; se adquiere especialmente por ingesta de tierra contaminada y verduras sin adecuado manejo sanitario, y causa enfermedades como el Síndrome de Larva Migrans visceral y cutánea y Toxocariasis ocular (Guarín-Patarroyo et al., 2016) (Romero et al., 2011).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- d) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- e) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.

H) *Cryptococcus neoformans*

Cryptococcus neoformans es una micosis profunda que generalmente se presenta como meningitis subaguda o crónica; puede haber infección de los pulmones, riñones, próstata y huesos. La piel puede mostrar lesiones acneiformes, úlceras o masas subcutáneas similares a tumores. En ocasiones, puede actuar como un saprófito endobronquial en pacientes con enfermedad del pulmón de otro origen. La meningitis no tratada culmina con la muerte en el término de semanas a meses. Es un microorganismo saprófito que crece en el medio externo. El agente infeccioso puede aislarse siempre de nidos viejos de palomas y del excremento de ellas, y del suelo. Se sospecha que la infección ocurre por inhalación (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- d) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- e) Usar medios de protección en vías respiratorias.
- f) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.

I) *Fiebre de Lassa*

Fiebre de Lassa enfermedad vírica aguda que comienza con malestar general, fiebre, cefalalgia, dolor de garganta, tos, náusea, vómito, diarrea, mialgias y dolor de tórax o abdomen; la fiebre es persistente, con picos ocasionales. En los casos graves, con frecuencia se presentan hipotensión o choque, derrame pleural y hemorragia, convulsiones, encefalopatía y edema de la cara y el cuello. El virus Lassa, un arenavirus serológicamente relacionado con los virus de la coriomeningitis linfocítica. Es una enfermedad endémica del continente africano, su modo de transmisión es por aerosol o contacto directo con excreta de roedores infectados depositada en superficies tales como pisos o camas, o en los alimentos y el agua (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.

- c) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- d) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- e) Usar medios de protección en vías respiratorias.
- f) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.
- g) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

J) Fiebre hemorrágica

Fiebres hemorrágicas por Arenavirus en América del Sur (Fiebre hemorrágica de Junín (argentina). Fiebre hemorrágica machupo (boliviana). Fiebre hemorrágica guaranito (venezolana). Fiebre hemorrágica sabiá (brasileña).

Enfermedades febriles agudas por virus, que duran de 7 a 15 días. El comienzo es gradual, con malestar general, cefalalgia, dolor retroorbital, congestión conjuntival, fiebre y sudores sostenidos, seguidos de postración. Pueden surgir petequias y equimosis acompañadas de eritema de la cara, el cuello y la parte superior del tórax. Es frecuente un enanema con petequias en el paladar blando. Las infecciones graves ocasionan epistaxis, hematemesis, melena, hematuria y hemorragia gingival (OPS, 2001).

La transmisión a los seres humanos puede producirse sobre todo por inhalación de aerosoles de partículas finas provenientes directamente de excreta y saliva de roedores contaminadas con el virus. El virus depositado en el entorno también puede ser infectante cuando se generan aerosoles secundarios en procesos de labranza y recolección de granos; después de ingerirlos o por contacto con cortaduras o úlceras de la piel (OPS, 2001).

- a) Medidas Preventivas
- b) Lavado de manos frecuente.
- c) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- d) No poner en contacto zonas de la piel con tierra.
- e) Usar medios de protección en vías respiratorias.
- f) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

L) *Histoplasma capsulatum*

Histoplasma capsulatum es un hongo dimórfico que crece como moho en el suelo y como levadura en huéspedes animales y humanos. Produce una micosis generalizada, de gravedad variable, cuya lesión primaria suele localizarse en los pulmones. La proliferación de los microorganismos en el suelo genera microconidios y macroconidios tuberculados; la infección aparece como consecuencia de la inhalación de los conidios llevados por el aire (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes que eviten la humedad.
- b) Usar medios de protección en vías respiratorias.

M) *Leptospirosis*

Leptospirosis fiebre de comienzo repentino, cefalalgia, escalofríos, mialgia intensa (en las pantorrillas y en los muslos) y sufusión de las conjuntivas. Otras manifestaciones que pueden coexistir son fiebre difásica, meningitis, erupciones (exantema del paladar), anemia hemolítica, hemorragia en la piel y en las mucosas, insuficiencia hepatorrenal, ictericia, confusión y depresión mentales, miocarditis y afección de los pulmones, con o sin hemoptisis (OPS, 2001).

La infestación ocurre por contacto de la piel, especialmente si está excoriada, o de las membranas mucosas, con agua, tierra húmeda o vegetación contaminadas con la orina de animales infectados, como ocurre al nadar, por la inmersión accidental o por excoriaciones ocupacionales; contacto directo con la orina o los tejidos de animales infectados; a veces por la ingestión de alimentos contaminados con orina de ratas infectadas y por inhalación de gotitas en aerosol de líquidos contaminados (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- d) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- e) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- f) No poner en contacto zonas de la piel con tierra, en especial si la piel tiene algún daño (cortadura, úlcera o erosión).
- g) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

N) *Melioidosis*

Melioidosis (Enfermedad de Whitmore) Enfermedad bacteriana poco frecuente, que presenta gran variedad de formas clínicas que van desde una infección no manifiesta o la consolidación pulmonar asintomática hasta un cuadro de neumonitis necrosante con septicemia fulminante y mortal. El modo de infección es por contacto con tierra o agua contaminadas, a través de heridas abiertas o no manifiestas de la piel, por aspiración o ingestión de agua contaminada o por inhalación del polvo de la tierra (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- d) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- e) No poner en contacto zonas de la piel con tierra.
- f) Usar medios de protección en vías respiratorias.

O) *Paracoccidioidomycosis*

Paracoccidioidomycosis (Blastomycosis sudamericana, granuloma paracoccidioideo) Micosis crónica grave y a veces mortal (conocida también como de tipo del adulto), que se caracteriza por la presencia de infiltrados pulmonares dispersos, lesiones ulceradas de la mucosa (oral, nasal y gastrointestinal) y de la piel, o ambas manifestaciones. La linfadenopatía es frecuente. En los casos diseminados pueden estar afectadas todas las vísceras; la glándula suprarrenal es especialmente susceptible. La forma juvenil (aguda), que es menos común, se caracteriza por ataque del sistema reticuloendotelial y disfunción de la médula ósea. Se sospecha que se adquiere por inhalación de tierra o polvo contaminado (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- b) Usar medios de protección en vías respiratorias.

P) Artrópodos

Los artrópodos, cuyo nombre deriva del hecho de que tienen patas articuladas, son animales invertebrados que incluyen una gran variedad de especies, clases y órdenes. Tienen un gran impacto en la salud humana al ser agentes transmisores de bacterias, virus, protozoos y helmintos. Múltiples son los artrópodos que pueden encontrar cabida en las construcciones con tierra, incluso algunos de ellos son causantes de deterioro en estas. Relacionado con la salud el más citado es el triatomino conocido como chipu, vinchucas, chinches, según la zona geográfica, portador del *Trypanosoma cruzi*, el parásito causante de la enfermedad de Chagas.

La enfermedad de Chagas, también llamada tripanosomiasis americana, es una enfermedad potencialmente mortal causada por el parásito protozoo *Trypanosoma cruzi* (*T. cruzi*) (OMS, 2017) (Murillo-Godínez, 2017).

Se calcula que en el mundo hay entre seis y siete millones de personas infectadas por *T. cruzi*, el parásito causante de la enfermedad de Chagas. La enfermedad se encuentra sobre todo en zonas endémicas de 21 países de América Latina, donde se transmite a los seres humanos y otros mamíferos principalmente por las heces o la orina de insectos triatominos (vía vectorial) conocidos como vinchucas, chinches o con muchos otros nombres, según la zona geográfica (OMS, 2017).

En América Latina, el parásito *T. cruzi* se transmite principalmente por contacto con las heces o la orina infectadas de triatominos que se alimentan de sangre. La enfermedad de Chagas tiene dos fases. Inicialmente, la fase aguda dura unos dos meses después de contraerse la infección. Durante esa fase aguda circulan por el torrente sanguíneo una gran cantidad de parásitos, pero en la mayoría de los casos no hay síntomas o estos son leves y no específicos. En menos del 50% de las personas picadas por un triatomino, un signo inicial característico puede ser una lesión cutánea o una hinchazón amoratada de un párpado. Además, esas personas pueden presentar fiebre, dolor de cabeza, agrandamiento de ganglios linfáticos, palidez, dolores musculares, dificultad para respirar, hinchazón y dolor abdominal o torácico (Yanez et al., 2017).

Medidas Preventivas

- a) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- b) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- c) No dejar en las paredes resquicios o grietas.

Q) *Yersinia pestis*

Yersinia pestis (Peste) Zoonosis específica que afecta a los roedores y a sus pulgas, que transmiten la infección bacteriana a diversos animales y a las personas. Los signos y síntomas iniciales pueden ser inespecíficos e incluir fiebre, escalofríos, malestar general, mialgias, náusea, postración y dolores de garganta y cabeza. Suele surgir linfadenitis en los ganglios linfáticos que reciben el drenaje del sitio de la picadura de la pulga, y así constituir la lesión inicial. Todas las formas, pueden evolucionar a la peste septicémica por diseminación por la corriente sanguínea a diversas partes del cuerpo, entre ellas las meninges. A veces se observa choque endotóxico y coagulación intravascular diseminada (CID), sin signos localizados de infección. La peste bubónica no tratada conlleva una tasa de letalidad de 50 a 60% (OPS, 2001).

La peste se adquiere como consecuencia de la intrusión del hombre en el ciclo zoonótico durante una epizootia o después de ella, o por la introducción de roedores salvajes o sus pulgas infectadas en el hábitat de personas y la infección de los roedores comensales y sus pulgas; ello puede hacer que surja peste epizootica o epidémica en ratas domésticas. Los animales domésticos, en particular los gatos y perros caseros, pueden transportar al hogar pulgas de roedores salvajes infectadas con la peste. Los gatos a veces transmiten la infección por mordeduras o rasguños (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- b) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- c) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.
- d) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

R) *Rickettsiosis*

Rickettsiosis transmitidas por garrapatas (Fiebre maculosa de las Montañas Rocosas, Fiebre Botonosa, Fiebre Africana por picadura de garrapatas, Tifus de Queensland, Fiebre del Norte de Asia) Las rickettsiosis constituyen un grupo de enfermedades clínicamente similares, causadas por rickettsias muy afines. Son transmitidas por garrapatas Ixodes. se encuentran distribuidas ampliamente en todo el mundo; las especies varían mucho según la zona geográfica (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- b) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- c) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.
- d) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

S) *Tifus*

Tifus endémico transmitido por pulgas Rickettsiosis de comienzo variable y a menudo repentino, caracterizada por cefalalgia, escalofríos, postración, fiebre y dolores generalizados, de curso generalmente benigno. Las pulgas infectantes de la rata (por lo regular, *Xenopsylla cheopis*) defecan rickettsias mientras chupan sangre, y así contaminan el sitio de la picadura y otras heridas cutánea recientes. Algún caso ocasional puede ser consecuencia de la inhalación de heces secas de pulgas infectantes. La infección por *Rickettsia felis* se observa en zarigüeyas, gatos, perros y otros animales salvajes y domésticos; es de curso limitado, pero estos animales pueden transportar pulgas de gato infectantes *Ctenocephalides felis* a las personas (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- b) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- c) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.
- d) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

T) *Tularemia*

Tularemia (Fiebre de los conejos, fiebre de la mosca del venado, enfermedad de Ohara, enfermedad de Francis) Enfermedad bacteriana zoonótica con diversas manifestaciones clínica asume inicialmente la forma de una úlcera indolora en el sitio de penetración del microorganismo, acompañada de hinchazón de los ganglios linfáticos regionales (tipo ulceroganglionar). Puede suceder que no aparezca la úlcera primaria, sino uno o más ganglios linfáticos agrandados y dolorosos que pueden supurar (tipo ganglionar). La ingestión de microorganismos con el agua o alimentos contaminados puede causar faringitis dolorosa (con úlceras o sin ellas), dolor abdominal, diarrea y vómitos (tipo orofaríngeo). La inhalación del material infectante puede ser seguida por el ataque neumónico o un síndrome septicémico primario que, sin tratamiento, tiene una tasa de letalidad de 30 a 60% (tipo tifoídico). La transmisión ocurre por la picadura de artrópodos que incluyen la garrapata de la madera (*Dermacentor andersoni*), la garrapata del perro (*D. variabilis*), la garrapata

texana (*Amblyomma americanum*), y, con menor frecuencia, la mosca del venado (*Chrysops discalis*) (OPS, 2001).

Medidas Preventivas

- a) Lavado de manos frecuente.
- b) No tocar ojos ni boca con las manos sin estar estas lavadas.
- c) Usar tierra alejada de fuentes contaminantes como lagunas de oxidación, drenajes, aguas residuales, etc.
- d) Usar materiales de recubrimiento en paredes.
- e) No dejar en las paredes resquicios o grietas.
- f) Usar medios de protección en vías respiratorias.
- g) Desparasitar a las mascotas del hogar o mantenerlas alejadas de la vivienda.
- h) Usar métodos para eliminar los roedores en las cercanías de las viviendas.

5 CONCLUSIONES

Un número considerable de patógenos pueden afectar a las personas por una incorrecta manipulación de la tierra siendo los geohelminthos los más frecuentes. La piel a través de hospederos intermediarios fue la vía de infección más frecuente, la vía inhalatoria constituye una importante fuente de infestación. Las principales medidas de prevención van encaminada al control de vectores, siendo los artrópodos los más comunes, sin obviar los animales afectivos, en especial perros y gatos. El uso de medios de protección, una buena higiene personal, la utilización de tierra alejada de fuentes contaminantes y el revestimiento de esta con otros materiales en las estructuras construidas, constituyen medios efectivos de prevención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calderó, L. L. (2017). Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana. *AVC*, 1(38), 10.
- Campoverde, F. M. (2018). Programa para la prevención de parasitosis intestinal en escolares en Centinela del Cóndor, Ecuador. Universidad Pública de Navarra, Docencia e Investigación. Pamplona: Maestría.
- Departamento de Parasitología y Micología. (2018). Helmintiasis intestinales transmitidas por suelos contaminados (Goe-helmintiasis). Instituto de Higiene Profesora A. Berta. Universidad de la República - Facultad de Medicina, 6.
- Evans, J. M. (2008). Actualización de la construcción con tierra. *Construcción con Tierra* 3, 8.
- Guarín-Patarroyo, C. E.; Serrato, M.; Sánchez-Cuervo, F. R. (2016). Determinación de huevos de *Toxocara canis* en el suelo de tres parques públicos de Duitama (Boyacá). *Revista Ciencia y Agricultura*, 1(13), 7.
- McManus, D. P.; Zhang, W.; Li, J.; Bartley, P. B. (2003). Echinococcosis. *Lancet*(362), 1295-304. Obtenido de [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)14573-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14573-4)
- Murillo-Godínez, G. (2017). Enfermedad de Chagas. *Medicina Interna México*, VI(34), 11.
- OCDE – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2003). *Environmentally sustainable buildings: challenges and policies*. Publications OECD, 15.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2017). La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana). Centro de prensa, 5.
- OMS – Organización Mundial de la Salud (2020). Helmintiasis transmitidas por el suelo. Recuperado el 14 de junio de 2021, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections>

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2001). El control de las enfermedades transmisibles. (J. Chin, Ed.) New York D.D.: Científico Técnica.

Pérez-Arellano, J. L., Andradeb, M. A., López-Abánb, J., & Carranzac, C. (2 de febrero de 2006). Helmintos y aparato respiratorio. Archivos de Bronconeumología, II(42), 81-91. doi:10.1157/13084399

Romero, C., Mendoza, G., & Bustamante, L. (2011). Presencia y viabilidad de *Toxocara* spp. en suelos de parques. Red de revistas de América Latina, 12.

Yanez, L. M.; Gutiérrez López, A.; Rodríguez Blanco, S. (2017). Enfermedad de Chagas. Amenaza en sombras para los corazones de la América Latina. Revista Cubana de Medicina, 12.

AUTORES

Anabel Romero Alvarez de la Campa. Licenciada en Estudios Socioculturales por la Universidad de La Habana. Ha realizado estudios sobre Civilización Industrial, Medio Ambiente y Cultura material sustentable. Actualmente ejerce como Especialista Principal del Centro Promotor para la Arquitectura Moderna y Contemporánea, el Urbanismo y el Diseño Interior de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana.

Graciela Leyva Alvarez de la Campa. Graduado de Medicina en 2011, Licenciado en Derecho en la Universidad de la Habana en 2019. Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral, Especialista en Medicina Legal. Actualmente cursando la Maestría en Antropología en la Facultad de Biología de la Universidad de la Habana. Médico legista en el Instituto de Medicina Legal en La Habana Cuba.

Tema 2

Patrimonio cultural

Trabajos prácticos o teóricos que discuten aspectos relacionados al patrimonio arquitectónico construido con tierra, tales como: inventario y documentación; teoría y práctica de conservación, rehabilitación y restauro y aspectos relacionados a culturas constructivas y arquitectura vernácula



UN EJEMPLO ÚNICO DE CONSTRUCCIÓN VERNÁCULA EN LA MIXTECA POBLANA: MURO CON TIERRA Y TECHO DE OREJA

Laura Rodríguez Cano¹, Luis Fernando Guerrero Baca², Rodolfo Rosas Salinas³

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, laurarcano@hotmail.com

²Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México, luisfg1960@yahoo.es

³Universidad Nacional Autónoma de México, México, raz.fari@gmail.com

Palabras clave: Mixtecos, adobes, cubiertas vegetales, ventilas

Resumen

La región denominada Mixteca Poblana, se encuentra situada en el sur-suroeste del estado de Puebla, México, y ha sido muy poco estudiada desde el punto de vista antropológico y constructivo. Fue el lugar del epicentro del pasado sismo del 19 de septiembre de 2017 y, por tal motivo, se planteó un estudio dirigido al análisis de sus construcciones vernáculas, que son ejemplos singulares de un patrimonio cultural que debe ser reconocido por ser una herencia viva del pasado prehispánico y por haber demostrado ser resistentes a fenómenos sísmicos. En la presente ponencia se busca dar a conocer el análisis constructivo y cultural de un singular tipo de vivienda que se conserva en esta región y que ha mostrado su sostenibilidad al haberse adaptado plenamente al contexto mediante el uso de los recursos materiales locales derivados de una cultura constructiva que ha pervivido por siglos prácticamente sin cambios. El análisis se ha desarrollado a través de la metodología de la investigación-acción, con la colaboración tanto de especialistas, como cronistas y habitantes que todavía conservan la lengua mixteca y que son conocedores de los sistemas constructivos de sus viviendas tradicionales, lo que permite identificar materiales y técnicas propias de la región, así como los nombres en la lengua original tanto de las materias primas como de las partes de la casa. El ejemplo de patrimonio cultural que se presenta es conocido en el medio académico como "casa de techo de oreja" y su análisis arrojó como resultado que se construye con material vegetal, soportado por muros de carga de tierra y lajas de piedra. También se muestra el rastreo histórico de la antigüedad de estos sistemas constructivos, que contribuye a destacar su alto valor como patrimonio biocultural nacional.

1 INTRODUCCIÓN

San Jerónimo Xayacatlán es un municipio que se encuentra al sur del estado de Puebla, en la región de la Mixteca Baja poblana, también llamada región Mixteca-Popoloca (Barbosa, 2012: 143-144) (figura 1). Se caracteriza por tener un clima cálido y semicálido, subhúmedo con lluvias en verano. Forma parte del eje neovolcánico con cerros cubiertos de vegetación xerófila, cuyas elevaciones oscilan entre los 1000 y 1500 msnm (Prontuario, 2009). Sus corrientes desaguan en el río Acatlán, afluente del Mezcala que es parte de la cuenca hidrológica del Balsas (Gerhard, 1986: 43; Prontuario, 2009). Los tipos de roca existentes en su suelo son granitos, basaltos, arenisca conglomerada y esquisto, y sus suelos son predominantemente regosol y leptosol (Prontuario, 2009, Toral *et al.*, 2021), ambos poco propicios para la agricultura intensiva. Esta naturaleza orográfica, climatológica, geológica y edafológica define la biodiversidad de la región de la Mixteca Baja poblana, la cual consiste en matorrales espinosos y selva baja caducifolia, pero en las áreas en las que se acumula el agua, ya sean manantiales o zonas bajas de corrientes intermitentes, pueden crecer encinos y sabinos, así como matorrales arbóreos caducifolios (Hernández *et al.* 2013: 18-20; Toral *et al.*, 2021). Debido a esta biodiversidad, las distintas poblaciones de la región como San Jerónimo Xayacatlán aprovechan la flora regional para la elaboración de palma tejida y diversas fibras para realizar sombreros, esteras ("petates"), sogas ("mecates"), abanicos ("aventadores"), adornos y máscaras; asimismo, algunos tipos de tierra de la región permiten la elaboración de objetos de cerámica (Barbosa, 2012:146).

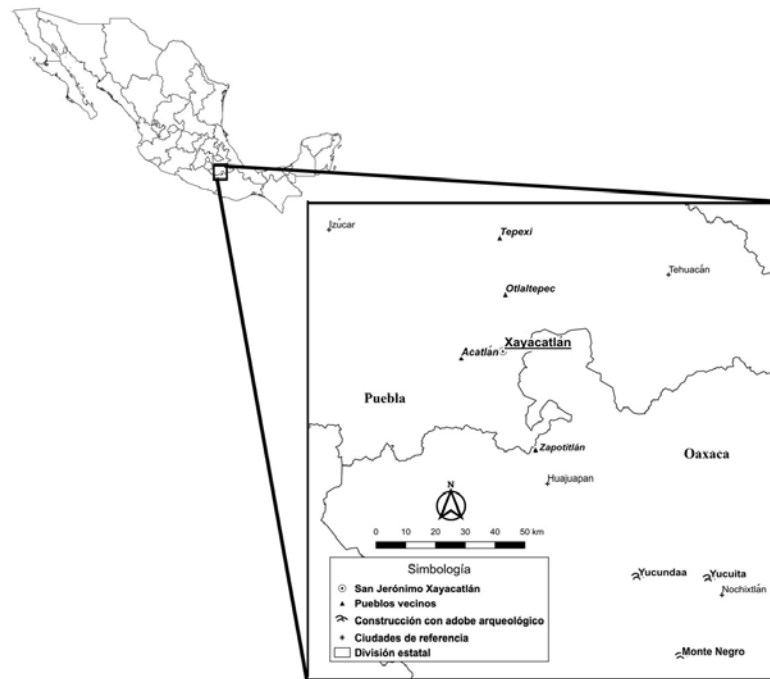


Figura 1. Mapa de la Mixteca Baja, ubicación de San Jerónimo Xayacatlán y otras poblaciones vecinas mencionadas en el texto

Estudios previos registran que las casas de esta región se elaboraban, hasta hace algunos años, con materiales orgánicos localizados en las cercanías, como carrizo (*Phragmites australis*), palma, otate (*Guadua amplexifolia*), entre otras materias primas locales, tal y como lo refiere la *Relación geográfica de Acatlán* de 1580 (Acuña, 1985). Además, como complemento a la vivienda se construían unos singulares graneros que se conocen con el nombre de *cuescomates* o *cuexcomates* (Guerrero, 2014), que se realizan con bajareque, techos de palma y otras fibras (Barbosa, 2012: 154). Hoy, como en muchos lugares de México, en gran medida se han perdido tanto las construcciones tradicionales como el conocimiento intrínseco de su elaboración, reflejo de la cultura. En 1990 Méndez y Ortiz, (1990: 35-36, 63) registraron que en San Jerónimo Xayacatlán el 60.2% de las casas estaban construidas de adobe y teja, en tanto que 39.8% eran de concreto y otros materiales, situación que ahora seguramente se ha revertido.

Además de la paulatina pérdida de las tradiciones constructivas, gran parte del patrimonio histórico, civil y eclesiástico resultó fuertemente afectado, debido a que esta región fue foco del epicentro del pasado sismo del 19 de septiembre de 2017, y, a consecuencia de desafortunadas políticas nacionales de vivienda, se ha priorizado llevar a las comunidades rurales sistemas industrializados “en pro de la modernidad”, dejando de lado materiales mejor adaptados a las condiciones ambientales y que han sido implementadas por sus habitantes de generación en generación (Rodríguez et al., 2018, Fuentes, 2000; Caballero; Ríos, 2004, Esquivel et al., 2018).

A partir de este suceso natural, se analizaron los distintos tipos de construcciones vernáculas de la región, y se observó que en la mayoría de las viviendas afectadas se mezclaron de forma desarticulada materiales locales con “modernos”. Asimismo, las pocas construcciones vernáculas que conservaban su integridad estaban abandonadas o habían sido reutilizadas como bodegas (*tilicheros*) y, otras menos siguieron siendo habitadas por sus pobladores, que reconocen sus ventajas ante el clima de la región. En el presente texto se presenta un ejemplo, aún en uso, de una casa en San Jerónimo Xayacatlán en la Mixteca Poblana, que conserva un sistema constructivo único, pues por un lado es una herencia de los saberes mixtecos transmitidos de generación en generación desde hace más de 700 años, y, por el otro, demostró su resistencia ante los fenómenos sísmicos.

2 OBJETIVO

Resulta fundamental dar a conocer el análisis constructivo y cultural de lo que seguramente es uno de los últimos ejemplos de construcción vernácula aún en funciones, en la región de la Mixteca Poblana, que ha mostrado su sostenibilidad al haberse adaptado plenamente al contexto mediante el uso de los recursos materiales locales derivados de una cultura constructiva que ha pervivido prácticamente sin cambios durante siglos. Este hecho se muestra al realizar una revisión comparativa de los datos arqueológicos, etnohistóricos, lingüísticos y etnográficos disponibles, sobre los materiales y sistemas constructivos de viviendas elaboradas tanto por los grupos mixtecos (*ñuu savi*) como por las comunidades popolocas (*nguwa*).

3 METODOLOGÍA

El método que se siguió incluyó la comparación del caso de estudio con información arqueológica, antecedentes históricos, datos lingüísticos y rasgos etnográficos que sustentan el reconocimiento de una forma de patrimonio biocultural que interconecta lo tangible con lo intangible, lo natural con lo cultural. Un legado que requiere ser reconocido y preservado, pero que para ello necesariamente se requiere la convergencia de esfuerzos de la sociedad en su conjunto. Bajo esa premisa, se ha llevado a cabo el análisis de las construcciones vernáculas a través de la metodología de la investigación-acción (Lewin, 1946; Latorre, 2005; Rodríguez, 1997) con la colaboración tanto de especialistas como cronistas y habitantes que todavía conservan la lengua mixteca y son aún conocedores de los sistemas constructivos de sus viviendas tradicionales, lo que permite identificar materiales y técnicas propios de la región, así como nombres en la lengua original tanto de las materias primas como de las partes constitutivas de la casa. El método comparativo sobre evidencia intrínseca (Kubler, 1972) de la región de la Mixteca Baja, busca exponer cómo fueron los sistemas constructivos y saberes de los habitantes de esta región, quienes emplearon los materiales que les provee el medio para realizar diferentes viviendas, y así adaptarse al clima extremo de la región y a convivir con su entorno.

4 RESULTADOS

Hacia el sur de la población de San Jerónimo Xayacatlán, Puebla, México, en la tercera sección llamada San Pedro, junto al camino que va hacia Tonahuixtla, se encuentra un solar que mide aproximadamente 25 m por 30 m, en el que habita una pareja de adultos mayores que aún hablan el idioma mixteco. Dicho espacio incluye dos casas tradicionales con las entradas encontradas, las únicas construcciones vernáculas en esta comunidad que siguen siendo utilizadas como vivienda familiar. La pareja que las habita recuerda haberlas elaborado, por lo que estas casas tienen más de 50 años de haber sido levantadas a través de faenas y ayuda comunitaria para apoyar con la comida y los materiales. Sin embargo, la razón por la que aún se conserva este ejemplo de vivienda tradicional, es su uso y mantenimiento continuos (figura 2).

Esta casa se diferencia de otras elaboradas en la región, pues es del tipo conocido como “casa con techo de oreja” o “casa popoloca”, llamada así porque fue documentada etnográficamente por vez primera en la región del sur de Puebla en donde habitaban los grupos popolocas en las décadas de 1950 y 1960 (Cook, 1953: 430; Hoppe *et al.*, 1960) y posteriormente en el pueblo *nguwa* de San Felipe Otlaltepec (Jäcklein, 1974). El que este tipo de casas tenga presencia en la Mixteca Baja poblana y oaxaqueña permite suponer que fue un elemento material y cultural que compartieron grupos popolocas (*nguwa*) y mixtecos (*ñuu savi*) que habitaron en esta región.

El cronista local Alejandro Pantaleón Calixto, a raíz del sismo del 2017, se dio a la tarea de registrar los sistemas tradicionales de construcción y logró documentar casas muy semejantes a la de San Jerónimo Xayacatlán, que en muchos casos ya estaban abandonadas y, al no tener mantenimiento, algunos elementos constructivos se encontraban deteriorados (Pantaleón, 2021).



Figura 2. Ejemplo de construcción vernácula en San Jerónimo Xayacatlán (crédito: Alejandro Pantaleón Calixto, 2017)

4.1 Componentes del “techo de oreja”

El ejemplar de Xayacatlán de este tipo de casas tiene como característica su “techo de oreja” que llega a medir de alto aproximadamente 3 m; en la variante de la lengua mixteca de esta población al techo de paja se le nombra *dini ve’e cua’a*, “cabeza de casa (*q.d.* techo) rojo” (Caballero 2008: 53) (figura 3); la palabra *cua’a* se emplea para denotar el color rojo (Caballero 2008: 185; Arana y Swadesh 1965: 72), que posiblemente aquí indique una particularidad del techo, que sería el color rojizo de la palma (*Brahea dulcis*) que se emplea para su elaboración.

La gran cubierta vegetal del techo está elaborada con palma que en la lengua mixteca se dice *nuú nii cua’a*, que significa “se hizo de palma” (figura 3). La palabra mixteca *nu’ni* o *nuni* refiere al “manejo”, “atado” (Arana y Swadesh 1965: 98) literalmente el concepto refiere a un “manejo rojo”. La palma, a decir de los pobladores, es de los materiales locales más alejados de la población de San Jerónimo Xayacatlán, pues se consigue ya en los límites con el estado de Oaxaca en Zapotitlán Palmas.

La forma de este techo a dos aguas se le nombra en mixteco *ve’e vi tecuhii* (figura 3), término conformado de las palabras *ve’e* “casa”, *vi* “dos” y *tekuui* “agua” (Caballero, 2008: 509, 655, 669). Cada uno de los elementos constitutivos de este techo tiene un nombre en especial; a la parte superior se le llama lomo o cabeza, que en mixteco es *nu’u dihiní* (figura 3), el cual refiere a la superficie de la cabeza o algo encima, pues proviene de las palabras *nuu* “superficie” y *dzini* “cabeza” o “encima” (Arana y Swadesh 1965: 84, 98).

En los extremos de esta cabeza los pobladores comentan que se deja una “ceja” o saliente por donde entra el aire y es por este detalle arquitectónico que se conoce a estas construcciones en el área popoloca como casas de “techo de oreja” (Cook, 1953: 430; Hoppe *et al.*, 1960; Jäcklein, 1974: 82, 90-92, Cravioto, 2017: 90-91). En español los pobladores de la Mixteca Poblana le nombran “ceja” a este elemento del techo. Sin embargo, los hablantes de mixteco le nombran *n’chii ik’a ve’e* (figura 3). Este concepto refiere a la “pared del viento de la casa”, de los términos *n’chii*, “viento”, *ika ve’e* “pecho de la casa” o “pared” (Caballero, 2008: 71).

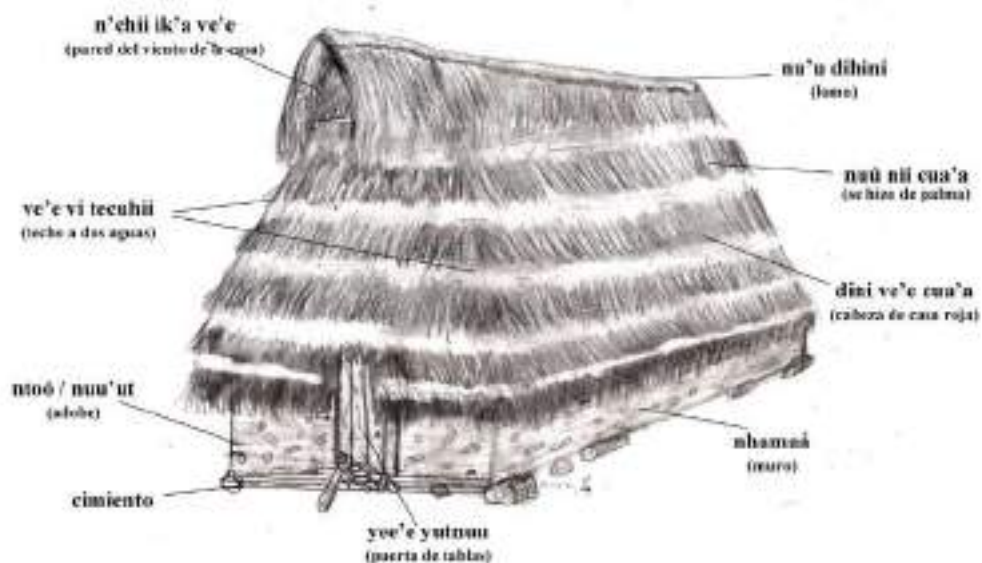


Figura 3. Elementos constitutivos en lengua mixteca de la construcción vernácula en San Jerónimo Xayacatlán (dibujo: Luis Julián García Santos, 2020)

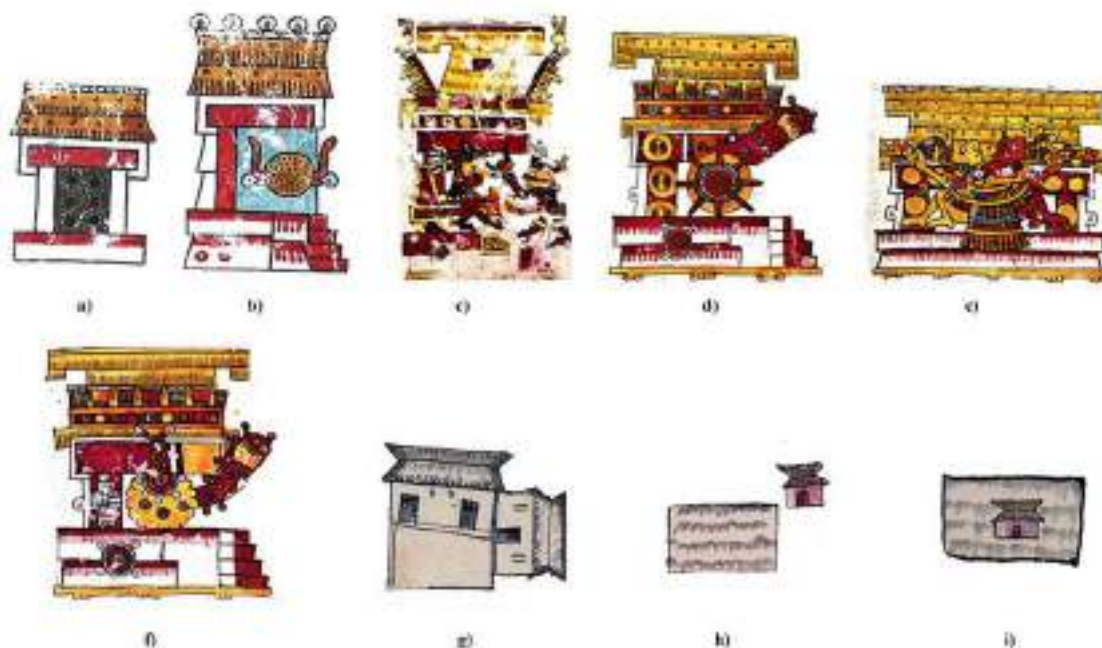


Figura 4. Detalles de los posibles “techos de oreja” en los códices prehispánicos mixtecos y en los códices coloniales del sur de Puebla. a-b) *Códice Vindobonensis* lám. 19; c-f) *Códice Borgia* lám. 49, lám. 51 g) *Mapa de Tepexic de la Seda y sus alrededores 1584* (UT, G61); h) *Mapa de Santa Clara y sus alrededores, 1584* (UT, G61); i) *Mapa de Santiago Tecali y sus alrededores, 1584* (UT, G61)

Cabe señalar que durante la revisión de las fuentes históricas de la región, se encontró que en las representaciones de los códices prehispánicos de la Mixteca Alta hay algunas edificaciones con techo de paja que parecerían tener la forma de este “techo de oreja” (*Códice Vindobonensis*, lámina 19) (figuras 4a-b) así como en los códices de la región poblano-tlaxcalteca (*Códice Borgia*, láminas 40, 49, 51) (figuras 4c-f). También en los códices coloniales del cercano ex-distrito de Tepexi, Puebla, aparecen distintas casas con la característica de estos techos de paja con las dos salientes a cada extremo (*Mapa de Tepexic de la Seda y sus alrededores 1584* (UT, G61) (figura 4g); *Mapa de Santa Clara y sus alrededores, 1584* (UT, G61) (figura 4h); *Mapa de Santiago Tecali y sus alrededores,*

1584 (UT, G61) (figura 4i), por lo que ya desde la época prehispánica se tienen registros entre los mixtecos y los grupos poblanos-tlaxcaltecas –y al menos desde el siglo XVI entre los popolocas– de la tradición de los “techos de oreja” como una forma de cubierta de las construcciones.

Los elementos constitutivos del armazón interno del techo de esta casa se componen de un caballete o *vacyihii nun chica'a ve'e* (figura 5), término que puede derivarse de *huasi*, “venir” (Arana y Swadesh 1965: 88) o *vakiji* “va a venir” (Caballero 2008: 668), más la preposición *ji'i* “con” (Caballero 2008: 106) y luego la frase ya analizada como *nundika ve'e*, “pecho de la casa” (Caballero 2008: 393), lo que literalmente hace que el caballete sea la vara que “va a venir con el pecho de la casa”. Durante el virreinato de la Nueva España el fraile dominico Francisco de Alvarado consignó en su vocabulario sobre la lengua mixteca los términos para “caballete de jacal” (Alvarado, 1593: 46, Jansen; Pérez, 2009: 156), los cuales muestran que desde el siglo XVI era la vara principal que conforma el armazón del techo. En el ejemplo analizado de Xayacatlán, para el caballete se utiliza la vara de otate u ocotate (vara más gruesa) (figura 6) que en mixteco se llama *tu'iin* y su especie puede ser *Otatae* (Ávila, 2010: 119, trabajo de campo 2021).

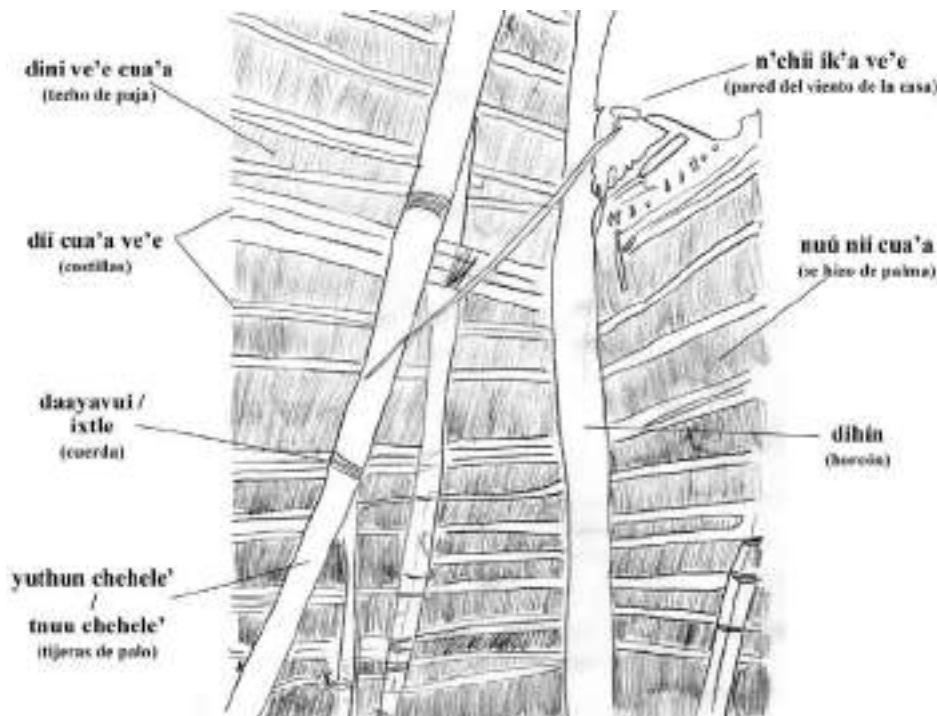


Figura 5. Elementos constitutivos en lengua mixteca del armazón del “techo de oreja” en el interior de la construcción vernácula de San Jerónimo Xayacatlán (dibujo: Ana Laura Torres, 2020)

Este caballete va sujeto a las tijeras de palo, que en la variante de la lengua mixteca de Xayacatlán, se nombran *yuthun chehele'* o *tnuu chehele'* (figura 5); que provienen de *yutnu* “árbol” o *tnu-*, que identifica las maderas (Arana y Swadesh 1965; Caballero 2008; León 1980), y *chehele*, “gallo” (Caballero, 2008: 700; Williams, 2017: 4). Ávila (2010) no reporta ningún “árbol del gallo”, y hasta ahora no se ha podido encontrar si existe un árbol llamado así. En particular, el ejemplo analizado emplea para las tijeras la misma vara que para el caballete, es decir, el otate.

A su vez, las tijeras sostienen a las costillas de carrizo o *dii cua'a ve'e* (figura 5), la primera palabra de esta frase en la lengua mixteca puede asociarse con *ndii* un adjetivo para “duro” o “macizo” (Arana; Swadesh, 1965: 105; Caballero, 2008: 51; Ávila, 2010: 105-106), también *diiin* refiere a un lado o costado (Arana; Swadesh, 1965: 84; Williams, 2017: 35), en tanto que *cua'a* es “rojo” y *ve'e* “casa”. Entonces, estas costillas del techo son hechas con varas de un tipo de carrizo (*tuuyoo*) duro o macizo de color rojo que se colocan a los costados de las tijeras para sostener el peso de la palma (trabajo de campo 2021, Ávila, 2010: 140), son las varas que descansan de forma horizontal sobre las tijeras, y que van amarradas con una

cuerda de maguey denominada *ixtle*, palabra del idioma náhuatl (Molina, 1571) que suplantó a la del mixteco de los hablantes de Xayacatlán (figuras 5 y 6).



Figura 6. Detalle de la palma y las varas de otate y carrizo del armazón del “techo de oreja” de la construcción vernácula de San Jerónimo Xayacatlán (crédito: Alejandro Pantaleón Calixto, 2020)

Todo el techo descansa en cuatro horcones que en lengua mixteca se le llaman *dihín* (figura 5); en otras variantes del idioma mixteco esta palabra también se usa para referirse a las maderas macizas y duras que sirven para la estructura de las casas (Williams 2017: 35). Para los horcones se usa el árbol del huizpantle (*Acacia berlandieri*) (Toral *et al.*, 2021: 4) o “barba de chivo” y en mixteco *nuñuu cuixi*, madera maciza y muy fuerte, característica de la región, que se encuentra en los montes cercanos a la población de Xayacatlán. Este árbol es como el de la familia *Lysiloma*, que es el tepemesquite o *tepemizquitl*, que en las fuentes novohispanas lo describen como madera útil y recia, empleada para las construcciones (en Acuña 1985: 38-39, §22; Hernández 1943-II: 413-414; Martínez, 1979: 857, Enciclopedia, s/f). Los horcones que soportan la cubierta y que descansan sobre el muro, se encuentran en las cuatro esquinas de la casa y son los que hacen que el espacio interior sea de 5 m a 6 m de largo por 3 m a 3.70 m de ancho. Los utensilios y provisiones de la casa son guardados en bolsas o costales que se colocan colgados de las varas más gruesas del techo para evitar que los animales los alcancen. Finalmente, el suelo de la vivienda es un apisonado de tierra.

4.2 Los muros de tierra

Las casas de “techo de oreja” pueden tener muros elaborados de diferentes materiales locales. La etnografía de Jäcklein (1974) en San Felipe Otlaltepec contrasta lo fino de los techos de las casas que son soportados por paredes burdas conformadas por varas de *guajes* y *huilotes*. De las dos casas con “techo de oreja” de San Jerónimo Xayacatlán, una de ellas tiene muros entretejidos con varas, técnica de bajareque que en la región se le llama con el nombre náhuatl de *chinamitl*, que hace referencia a un cerco (Molina, 1571). En cambio, lo que llama la atención de la otra casa que tiene “techo de oreja” es que los muros de carga fueron elaborados con adobes, y sus esquinas son redondeadas. Los muros son de 1 m de alto y se desplantan a partir de un cimiento de lajas de piedra (esquistos, granito y basalto) asentadas con mortero de tierra que tiene 80 cm de profundidad y con un sobrecimiento de 35 cm. De esta forma se realizan los cuatro muros que soportan el techo y sólo en uno de los muros cortos, se deja el hueco para el acceso a la vivienda, el cual se cubre con una puerta de tablas nombrada *yee’e* (figuras 3 y 7), elaborada de sauce, *nuñuu*, (Ávila, 2010: 111, trabajo de campo agosto 2021).

En la revisión histórica se halló que, en las edificaciones representadas en los códices, cuando muestran los accesos con jambas y dinteles pueden especificar una especie de cortina elaborada con telas como forma de cubrir el acceso (*Códice Nuttall*, lámina 53;

Códice Vindobonensis, lámina 42, Caso, 1977) (figura 8). En la mayoría de los casos sólo se aprecia el vano de entrada de la casa, que en el vocabulario colonial del siglo XVI en lengua mixteca se registró con varios términos, pero de todos ellos ya ninguno se conserva en la actualidad, al menos en la variante de la lengua mixteca de Xayacatlán.



Figura 7. Detalle del frente y puerta de la construcción vernácula de San Jerónimo Xayacatlán (crédito: Alejandro Pantaleón Calixto, 2020)

En mixteco, de acuerdo con la variante de San Jerónimo Xayacatlán, los muros son nombrados *nhamaá* (figuras 3 y 7), y el adobe con el que se elaboran los muros se llama *ntoó* o *nuu'ut*; el tamaño de los adobes de la región suele ser aproximadamente de 45 cm de largo por 30 cm de ancho y 10 cm de espesor. Dentro de la revisión sobre los datos arqueológicos disponibles en áreas vecinas a la región de estudio se encontró esta misma característica reportada para los adobes, por ejemplo, en Oaxaca, en la región de los Valles Centrales, en el llamado grupo de los adobes de Mitla se registran bloques de tierra arenosa secados al sol, que tienen medidas de 33 cm por 15 cm por 5 cm o bien de 25 cm por 12 cm por 5 cm (Rivera, 1992: 60).

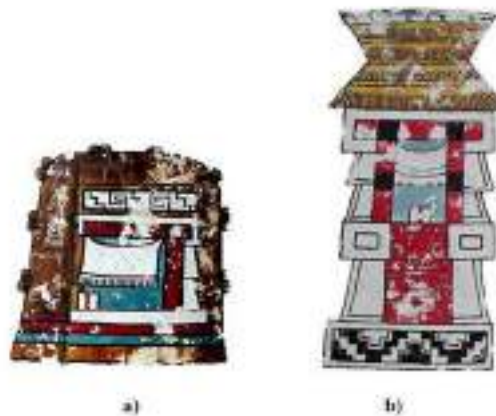


Figura 8. Detalle de la cubierta de los accesos en los códices prehispánicos mixtecos. (a) *Códice Vindobonensis*, lámina 42; b) *Códice Nuttall*, lámina 53)

En el caso de Xayacatlán, en el que sus constructores comentaron hacer los adobes para los muros y mostraron su adobera, ellos mezclaron barro arcilloso, excremento de burro y pasto, lo dejaron reposar tres días; después formaron los bloques y los dejaron secar. En la construcción se colocaron aproximadamente 7 hiladas intercaladas con rajuelas de esquisto. En la actualidad, y con el paso del tiempo, las paredes del ejemplo en cuestión se han deslavado en el exterior y dan la impresión de ser de tierra y piedra. Lo que sucede es que por ser un suelo muy arcilloso (tipo vertisol de origen sedimentario), para evitar su agrietamiento al secado se le agrega grava que se puede encontrar en las orillas de los ríos. En este caso la tierra que se ocupa para la construcción de los muros se trae del río *Yute Tee Zaa* o *Tizaac* (Méndez; Ortiz, 1990: 29), cercano a esta población, y también se puede ocupar tierra de otras vetas de las partes bajas, pues los cerros tienen mucha piedra (trabajo de campo, marzo 2021). Cercano a este río también se obtienen los materiales vegetales del armazón del techo como el carrizo y los otates.

Esta forma de elaborar los muros hace parecer que se trata de tierra apilada –técnica también prehispánica–, lo cual no sería extraño pensar que fuera empleada como parte del sistema constructivo de esta casa de “techo de oreja” de San Jerónimo Xayacatlán. Sin embargo, los datos arqueológicos encontrados para la región de la Mixteca Alta, Oaxaca, reportan en general tanto la elaboración de tierra y piedras como la de adobes para los muros de varias casas de las unidades habitacionales desde 700 a. C. con una continuidad hasta el 1520 d. C. (Plunket, 1990: 358-370, Spores, 1972: 174-189, Heredia; Kuttuff, 2014: 227-244; Spores, 2018: 83-85), y se han reportado adobes en sitios tempranos como en Monte Negro (Marquina, 1951: 363-369), Yucuita (Robles, 1986: 27-28, 34-35) o bien en asentamientos tardíos –en los que se ha excavado– como Yucundaa, Pueblo Viejo de Teposcolula (Diego; Galeana, 2014: 119-131; Diego, 2014: 142-155).

En el caso de estudio, el interior de la pared está recubierto con un embarrado de lodo, lo que no permite constatar claramente la técnica constructiva, pero la información arqueológica de la región apoya a proponer que los muros de tierra de la casa de Xayacatlán son el reflejo de una larga tradición de saberes acumulados que han pasado de generación en generación.

5 CONSIDERACIONES FINALES

El análisis de los componentes que conforman el último ejemplo de casa de “techo de oreja” en San Jerónimo Xayacatlán muestra un patrimonio vivo de la Mixteca poblana, con sistemas constructivos transmitidos al menos desde hace 1200 años, que prueban ser eficientes ante el clima de la región, y también resistentes a los sismos.

Lamentablemente, la falta de ejemplares comparativos del tipo de construcción y de vivienda no permite hacer generalizaciones sobre los términos usados en el idioma mixteco y de las funciones de organización familiar de los espacios. Pero, por contraste con lo que la arqueología, las fuentes escritas y gráficas, así como el vocabulario, es posible tener una idea de cómo fue la vida cotidiana en este tipo de viviendas en la Mixteca Baja y de la herencia cultural de saberes que son un patrimonio biocultural con alto valor nacional.

La revisión de los antecedentes arqueológicos, etnohistóricos y etnográficos muestra una falta de estudios en la región sobre los sistemas constructivos tradicionales. Este no es un problema menor, pues la vivienda es un reflejo tangible del tipo de sociedad y cultura, y cuando puede ser registrado en su idioma, expone las diferencias culturales y la necesidad de su estudio para su entendimiento integral. El ejemplo analizado en San Jerónimo Xayacatlán, caracterizado por la presencia de ventilas en las partes altas de la cubierta que en español llaman “ceja”, y que los estudiosos de la región popoloca denominaron como “techo de oreja”, en la Mixteca Poblana se encontró que el término no es utilizado en la lengua mixteca y en cambio, el que se emplea hace énfasis en el “muro del viento de la casa”, lo que indica la función explícita de tal elemento de la construcción. Otro aspecto para considerar en el ejemplar de Xayacatlán, que la distingue de la tradicional “casa de techo de

oreja" compartida por popolocas y mixtecos son sus muros de tierra y piedra, que es otro elemento cultural mixteco que se tiene documentado al menos desde el 700 a.C.

Finalmente, esta construcción vernácula mixteca de "techo de oreja y muros de tierra" es un invaluable patrimonio cultural de la Mixteca poblana, reflejo de las antiguas prácticas de construcción con materiales locales que continúa vivo y en uso. Es funcional y perfectamente adaptado a los cambios del medio ambiente y a los fenómenos naturales como los sismos, pues son sistemas constructivos milenarios que manifiestan su sostenibilidad como un patrimonio que continúa siendo importante entre algunos de los pobladores y, por ello, se debe preservar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, R. (Ed.) (1985). Relación de Acatlán y su partido. Relaciones Geográficas del siglo XVI: Tlaxcala. Tomo II. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas; Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 27-64.
- Alvarado, F. de (1593 [1962]). Vocabulario en Lengua Mixteca. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Secretaría de Educación Pública.
- Arana, E.; Swadesh, M. (1965). Los elementos del mixteco antiguo. México: Instituto Nacional Indigenista; Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Ávila, A. de (2010). Mixtec plant nomenclature and classification. Tesis de doctorado en Antropología. Berkeley: University of California.
- Barbosa Cano, M. (2012). Las regiones naturales, étnicas y culturales de Puebla. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; Educación y Cultura Asesoría y Promoción S.C.
- Caballero, J. J.; Ríos Morales, M. (2004). Impacto de la migración transnacional entre los ñuu savi (mixtecos) y los bene xhon (zapotecos de la Sierra Norte) de Oaxaca. En: Varese, S.; Escárcega S. (Coords.). Mixteca. Impacto etnopolítico de la migración transnacional de los pueblos indígenas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 137-202.
- Caballero Morales, G. (2008). Diccionario del idioma mixteco. Tutu Tu'un Ñuu Savi. Huajuapán de León: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Caso, A. (1977 [1992]). Reyes y reinos de la Mixteca. Vol. 1. México: Fondo de Cultura Económica.
- Códice Borgia* (1993). Facsimilar. México: Fondo de Cultura Económica; Sociedad Estatal Quinto Centenario; Akademische Druck und Verlagsanstalt.
- Códice Nuttall* (1992). Facsimilar. México: Fondo de Cultura Económica; Sociedad Estatal Quinto Centenario; Akademische Druck und Verlagsanstalt.
- Códice Vindobonensis* (1992). Facsimilar. México: Fondo de Cultura Económica; Sociedad Estatal Quinto Centenario; Akademische Druck und Verlagsanstalt.
- Cook de Leonard, C. (1953). Los popolocas de Puebla, Revista Mexicana de Estudios Antropológicos, (XIII): 423-445.
- Cravioto Rubí, J. J. A. (2017). Los popolocas: ¿un sólo pueblo? Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología. Segunda época, septiembre (54): 88-100.
- Diego Luna, L. (2014). El palacio de Yucundaa. en: Spores, R.; Robles N. (Edits.). Yucundaa, la ciudad y su transformación prehispánica y colonial. Vol. 1. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Fundación Harp Helú. pp. 135-160.
- Diego Luna, L.; Galeana Cruz, E. J. (2014). Arquitectura y sistemas constructivos. En: Spores, R.; Robles N. (Edits.). Yucundaa, la ciudad y su transformación prehispánica y colonial. Vol. 1. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Fundación Harp Helú. pp. 115-134.
- Enciclovida (s.f). *Lysolama* CONABIO, Disponible en <https://enciclovida.mx/especies/155148-lysiloma-acapulcense>.
- Esquivel, G.; Islas Arredondo, I.; Serdán Rosales, A. (Coords.) (2018). Sismos 2017. Diagnóstico y propuestas para la reconstrucción. México: Instituto Belisario Domínguez; Senado de la República.

- Fuentes Ibarra, L. G. (2000). La vivienda tradicional en la mixteca oaxaqueña. Cuaderno regional no. 2. México: Gobierno del Estado de Guerrero, Chiapas y Oaxaca; Secretaría de Educación Pública; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Gerhard, P. (1986). Geografía histórica de la Nueva España. 1519-1821. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guerrero, L. (2014). Vernacular earthen granaries in Mexico. En Correia, C.; Rocha, S. (Eds.). Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development. London: Taylor; Francis Group, pp 17-22.
- Heredia V.; Kttruff, C. (2014). Arquitectura doméstica en el Pueblo Viejo de Teposcolula, Yucundaa. en: Spores, R.; Robles, N. (Edits.). Yucundaa, la ciudad y su transformación prehispánica y colonial. Vol. 1. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Fundación Harp Helú. pp. 225-250.
- Hernández Castán, J.; Jiménez Moreno, F. J.; Mendoza Cuamatzi, R. (2013). Biodiversidad del municipio de Puebla. México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla; El Colegio de Puebla; H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla; Jardín Etnobotánico Francisco Peláez R. A.C.; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hernández, F. (1943-1946). Historia natural de la Nueva España. 3 vols. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hoppe, W.; Medina A.; Weitlaner, R (1960). The Popoloca. en: Vogt, E., Wauchope, R. (Edits.). Handbook of Middle American Indians vols. 7-8 Ethnology. Austin: University of Texas Press. pp. 489-498.
- Jäcklein, K. (1974). Un pueblo popoloca. México: Instituto Nacional Indigenista; Secretaría de Educación Pública.
- Jansen, M.; Pérez Jiménez, G. A. (2009). Voces del Dzaha Dzavui (Mixteco clásico). Análisis y conversión del Vocabulario de Fray Francisco de Alvarado. México: Colegio Superior para la Educación Integral de Oaxaca.
- Kubler, G. (1972). La evidencia intrínseca y la analogía etnológica en el estudio de las religiones mesoamericanas. en: Litvak J.; Castillo, N. (Edits.). Religión en Mesoamérica. XII Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología. México: Sociedad Mexicana de Antropología, pp. 1-24
- Latorre, A. (2005). La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa. Barcelona: Editorial Graó.
- León Pasquel, M. de L. (1980). La clasificación semántica en mixteco. Tesis de licenciatura en Lingüística. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia; Secretaría de Educación Pública.
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems. Journal of Social Issues (2): 34-46.
- Martínez, M. (1979). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. México: Fondo de Cultura Económica.
- Marquina, I. (1951). Arquitectura prehispánica. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Secretaría de Educación Pública.
- Méndez Soriano, M. V.; Ortiz Jacobo, A. (1990). Actividades productivas y nivel de vida de los campesinos de San Jerónimo Xayacatlán (un enfoque de trabajo social). Tesis licenciatura en Trabajo Social. México: Escuela Nacional de Trabajo Social; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Molina, A. de (1571 [2010]). Vocabulario en lengua castellana-mexicana y mexicana-castellana. Facsimilar. México: Porrúa.
- Pantaleón Calixto, A. (2021). La arquitectura vernácula en la Mixteca. En: Después del sismo. Saberes tradicionales: estudios y experiencias. México: Editorial Restauo Cal y Canto; Proyecto de Geografía histórica de la Mixteca Baja; PROTERRA; Consejo de la Crónica del Estado de Puebla. pp. 227-238.
- Plunket, P. (1990). Patrones de asentamiento en el Valle de Nochixtlán y su aportación a la evolución cultural en la Mixteca. en: Winter, M. (Comp.). Lecturas históricas del estado de Oaxaca. Vol. I. Época prehispánica. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Gobierno del Estado de Oaxaca. pp. 349-378.
- Prontuario (2009). Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Jerónimo Xayacatlán, Puebla. México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Rivera, V. (1992). Comentarios sobre algunos sistemas constructivos en la arquitectura prehispánica de Oaxaca. Cuadernos de arquitectura mesoamericana (18): 51-68.

Robles García, N. (1986). Arquitectura de las unidades domésticas en la Mixteca Alta. Cuadernos de arquitectura mesoamericana (7): 27-36.

Rodríguez Álvarez, O. L. (1997). Vivienda y calidad de vida campesina en el páramo de Sumapaz Colombia. Tesis de Maestría en arquitectura. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Rodríguez Cano, L.; Rosas Salinas, R.; Hernández, J. B.; Ramírez, A. (2018). Lo que el sismo no derrumbó. Experiencias posteriores al 19 de septiembre en el suroeste de Puebla. Rutas de campo (3): 93-98.

Spores, R. (1972). An Archaeological Settlement Survey of the Nochixtlan Valley, Oaxaca. Publications in Anthropology no. 1. Nashville: Vanderbilt University.

Spores, R. (2018). Ñuu Ñudzahui: la Mixteca de Oaxaca. La evolución de la cultura mixteca desde los primeros pueblos preclásicos hasta la Independencia. México: Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Geografía; Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca.

Toral, J. N.; López Tecpayotl, Z. G.; Aguilar Jiménez, J. R.; Grande Cano, D.; Delgadillo Puga, C. (2021). Compliance of Goat Farming under Extensive Grazing with the Organic Standards and Its Contribution to Sustainability in Puebla, México. Sustainability 13 (6293): 1-25.

Williams, J. F. de (2017). Diccionario mixteco de San Andrés Yutatío, Tezoatlán, Oaxaca. México: Instituto Lingüístico de Verano.

Fuentes de archivos:

Mapa de Tepexi y sus alrededores G61 (1584). Collection Exhibitions, University of Texas Libraries LLILAS; Benson Latin American [en línea: <https://utlibrariesbenson.omeka.net/items/show/69>] (consultado 2 de noviembre de 2020).

Mapa de los alrededores de Santiago Tecali y Tepexi de la Seda, G61 (1584). Collection Exhibitions, University of Texas Libraries LLILAS; Benson Latin American [en línea: <https://utlibrariesbenson.omeka.net/items/show/71>] (consultado 2 de noviembre de 2020).

Mapa de Santa Clara y sus alrededores, G61 (1584). Collection Exhibitions, University of Texas Libraries LLILAS/Benson Latin American [en línea: <https://utlibrariesbenson.omeka.net/items/show/72>] (consultado 2 de noviembre de 2020).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al licenciado Alejandro Pantaleón Calixto, cronista y coordinador de la región de la Mixteca del Consejo de la Crónica del Estado de Puebla, México, a los pobladores de San Jerónimo Xayacatlán, Puebla, en especial a Isabel Guerra, hablante del mixteco de esta población y a la familia de la construcción vernácula estudiada; a Fausto Aguilar, originario de San Felipe Otlaltepec y hablante de la lengua *nguiva*; por último, a Ana Laura Torres Rodríguez y Luis Julián García Santos por el apoyo con los dibujos.

AUTORES

Laura Rodríguez Cano, doctora en estudios mesoamericanos, maestra en historia y etnohistoria, arqueóloga, profesora investigadora de tiempo completo en la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Responsable de los proyectos *Geografía histórica de la Mixteca Baja: toponimia y espacio político del siglo VII al XVIII* y *Documentación de lenguas indígenas de México. Tradición oral y documentación histórica para el fortalecimiento de la investigación científica y la enseñanza de las lenguas indígenas de la Escuela Nacional de Antropología e Historia*.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco, jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRATERE.

Rodolfo Rosas Salinas, estudiante de doctorado en historia, maestro en estudios mesoamericanos, etnohistoriador, profesor hora-semana-mes en la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Colaborador en el proyecto *Geografía histórica de la Mixteca Baja: toponimia y espacio político del siglo VII al XVIII*.

HORNOS DE SALAMANCA: TÉCNICAS VERNÁCULAS DE LA PRODUCCIÓN DE TABACO EN CHILE ENTRE 1960 Y 1990

Carmen Gómez Maestro¹, Amanda Rivera Vidal²

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile, carmen.gomezmaestro@gmail.com

² Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago de Chile, amandariverav@gmail.com

Palabras clave: diversidad constructiva, dispositivos sismorresistentes, adobe, quincha, tabiques

Resumen

Entre 1960 y 1990, durante el periodo de operación de la Compañía Chilena de Tabacos en Salamanca Región de Coquimbo (Chile), se construyeron una serie de hornos secaderos de tabaco distribuidos por la totalidad del territorio comunal. Éstos respondían al modelo semi-industrial de producción propuesto por la compañía, la que tras un primer periodo de compra del producto verde a los productores locales, optó por un modelo más eficiente de adquisición del tabaco seco. Esta transformación significó que los productores debían construir sus propios hornos, cuya arquitectura era diseñada por la compañía, pero que se materializó a través de conocimientos de construcción vernácula preexistentes. Esto dio lugar a una amplia variedad de técnicas constructivas representadas en una sola forma arquitectónica, en las que la tierra es el material predominante. Este artículo presenta el registro de 24 conjuntos de hornos, ubicados en 7 localidades de la comuna de Salamanca, el que permite visibilizar tanto la riqueza de la construcción tradicional de la zona como la eficacia de las soluciones constructivas específicas de cada caso.

1 CONTEXTO

1.1 Territorio: Salamanca en el Norte Chico de Chile

La comuna de Salamanca (31,78S; 70,96O) se ubica en el Valle de Choapa, dentro del Norte Chico chileno. Es una comuna semi-rural, emplazada a 510 metros sobre el nivel del mar y distribuida en tres valles naturales (figura 1). Al igual que el resto de Chile, se encuentra en un área altamente sísmica y ha resistido al menos cuatro terremotos de orden mayor: Vallenar en 1922, Ovalle en 1943, Punitaqui en 1997 y Canela en 2015.

Antes de la colonia, el área era habitada por los diaguitas, sociedad reconocida por su trabajo en cerámica (Cabello Baettig, 2016). Estos ancestros pueden haber sentado las primeras bases de una larga tradición en construcción con tierra, la que aún es visible en todo el territorio. La capital de la comuna, también llamada Salamanca, se fundó en 1849, treinta años después de la independencia del país, sobre tierras pertenecientes a terratenientes españoles. Su mayor desarrollo se vincula a la llegada de tecnologías modernas, en particular a la línea férrea construida en 1911, la que conectaba la región con las principales ciudades y puertos del país.

1.2 Inicio y término de la producción de tabaco en Salamanca

La existencia del ferrocarril, que en 1958 ya conectaba Salamanca con la principal vía férrea del país (figura 2), fue uno de los factores determinantes para la aparición de los cultivos de tabaco en la comuna. La vía férrea cubría la mayor parte de la geografía chilena, conectando áreas productoras con otras ciudades y los principales puertos costeros, incluyendo el de Chagres, una localidad de la Región de Valparaíso en la que el tabaco se empaquetaba, etiquetaba y distribuía a su destino comercial.

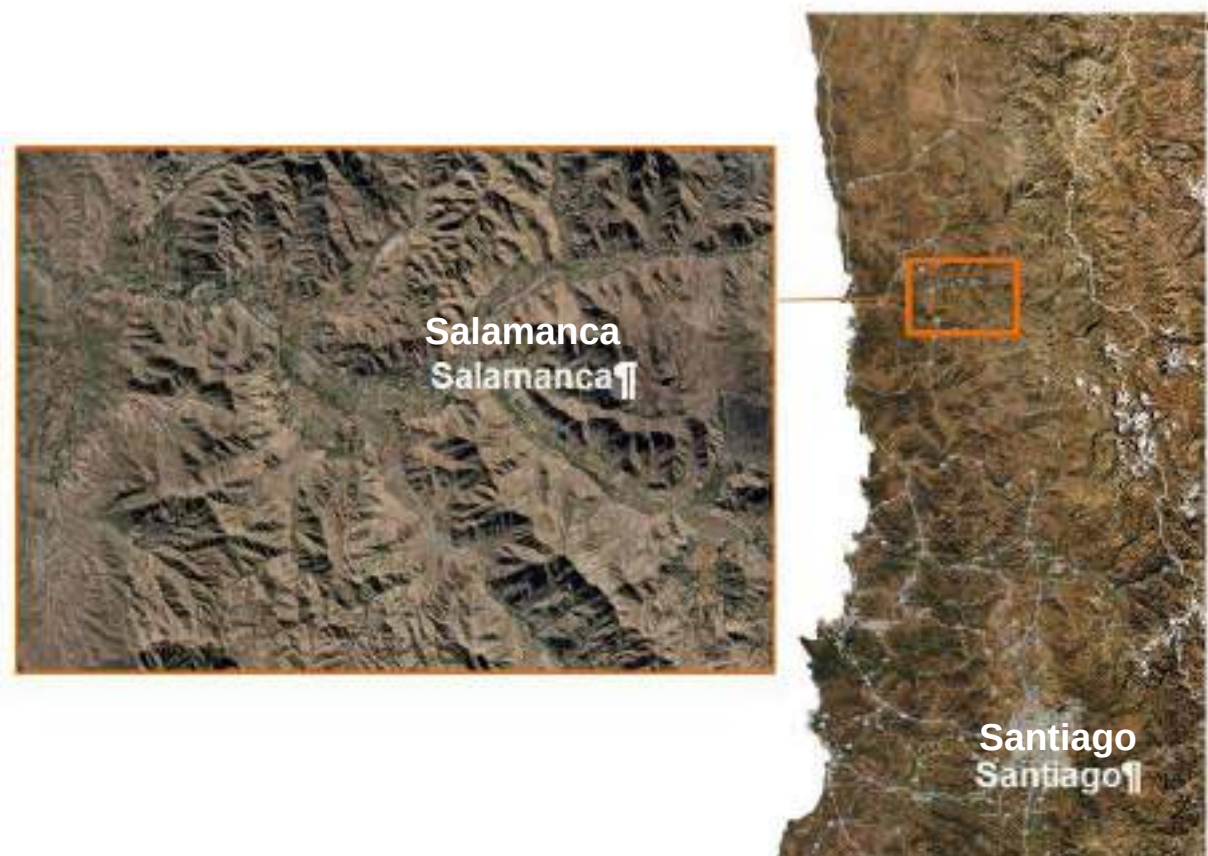


Figura 1. Ubicación de Salamanca en el Norte Chico de Chile (elaboración en base a Google Maps)



Figura 2. Fragmento de la carta de Ferrocarriles del Norte de Chile (carta de la red del Norte en 1943 de Guía Veraneante – EFE de Chile; recuperado de www.geovirtual2.cl)

La conectividad de la región, unida a la ley que liberó la producción y venta de cigarrillos en 1880 tras siglos de prohibiciones (Biblioteca Nacional, s.f.) y la reforma agraria introducida

por el presidente Jorge Alessandri Rodríguez en 1962, que permitió la transición entre el sistema feudal heredado de la colonización española a un sistema democrático en el que los agricultores podían ser dueños de su propia tierra (Maturana, 2016), entregó las condiciones propicias para el desarrollo de la industria tabacalera en la región (Gómez et al, 2020). De esta manera, cuando la Compañía Chilena de Tabacos, una de las principales empresas productoras, surgida de la fusión de la compañía del mismo nombre con la multinacional British American Tobacco en 1936, llegó a la comuna de Salamanca en 1965, muchas familias eran propietarias recientes de sus tierras y comenzaron a cultivar tabaco con la supervisión de esta empresa. Estas familias serían las que después construirían hornos tabacaleros para vender el producto ya seco.

Tras la primera década de producción de tabaco en la comuna, el ferrocarril de Salamanca se inactivó en 1975 (CMN, 2004), lo que propició la salida de la Compañía Chilena de Tabacos de Salamanca en los años 80. Después de esto, algunos agricultores continuaron con la producción de tabaco a pequeña escala, la que terminó de desaparecer en los 90 tanto por la dificultad de encontrar compradores directos como por el aumento del precio de los combustibles necesarios para hacer funcionar los hornos tabacaleros.

2 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Objetivos

El presente artículo tiene los siguientes objetivos:

- Catastrar ejemplos de hornos tabacaleros dentro de la comuna de Salamanca.
- Caracterizar las particularidades de los distintos hornos, resultantes de la interpretación vernácula de un prototipo arquitectónico importado por la Compañía Chilena de Tabacos.
- Evaluar el estado de conservación actual de estos hornos.
- Cruzar la información anterior para evaluar los factores que inciden en la conservación de los hornos de Salamanca a futuro.

2.2 Metodología

Este artículo presenta información referida a 24 conjuntos de hornos (figura 3), ubicados en siete localidades diferentes de la comuna de Salamanca. Esta información se recoge durante el trabajo de campo desarrollado en Abril de 2019, en el que se realizan registros fotográficos y una evaluación preliminar in situ de su estado de conservación. Esto se complementa con información proporcionada por el municipio de Salamanca, la que incluía dibujos arquitectónicos básicos de algunos hornos y entrevistas con diversos propietarios. Los dibujos de detalle y entrevistas grupales a historiadores locales, políticos y otros miembros de la comunidad local, desarrolladas por profesores y estudiantes del Diplomado en Construcción en Tierra de la Pontificia Universidad Católica de Chile en agosto de 2019 complementan esta información.

La información recabada se sistematiza de acuerdo a los objetivos de la investigación, considerando los criterios estructurales proporcionados por la regulación nacional del patrimonio construido con tierra (NCh 3332, 2013).

3 HORNOS DE SALAMANCA

De acuerdo al testimonio de los productores locales, el control del proceso de secado era la clave en la producción de tabaco de alta calidad. Estas deben ser cosechadas en el momento apropiado y secadas tanto para permitir su encendido como para disminuir su cantidad de clorofila. Es en esta etapa de la producción en la que se definen aspectos relevantes como el sabor, color y el aroma del tabaco (Rolón et al., 2018). Los sistemas de

secado de tabaco varían a lo largo del planeta, de acuerdo fundamentalmente a las condiciones climáticas locales y a la disponibilidad de tecnología industrial. En Salamanca, el tabaco se secaba en hornos cerrados, en los que el aire calentado por la combustión externa circulaba por conductos cerrados, mientras que la temperatura y la humedad se controlaban a través de sencillos pero ingeniosos dispositivos mecánicos (figura 4). Este sistema ya había sido usado en otras partes de Latinoamérica (Rolón et al., 2018).

El control de este proceso de secado fue un proceso complejo durante el primer periodo de operación de la Compañía Chilena de Tabacos en Salamanca. Si bien la compañía poseía 32 hornos construidos con ladrillo cerámico alrededor de su sede central en el área, cada partida requería entre ocho y diez días para secarse y muchos productores perdían su cosecha mientras esperaban su turno para secarla. En este contexto, parecía más sencillo que cada productor secara su propio tabaco antes de entregarlo a la Compañía.

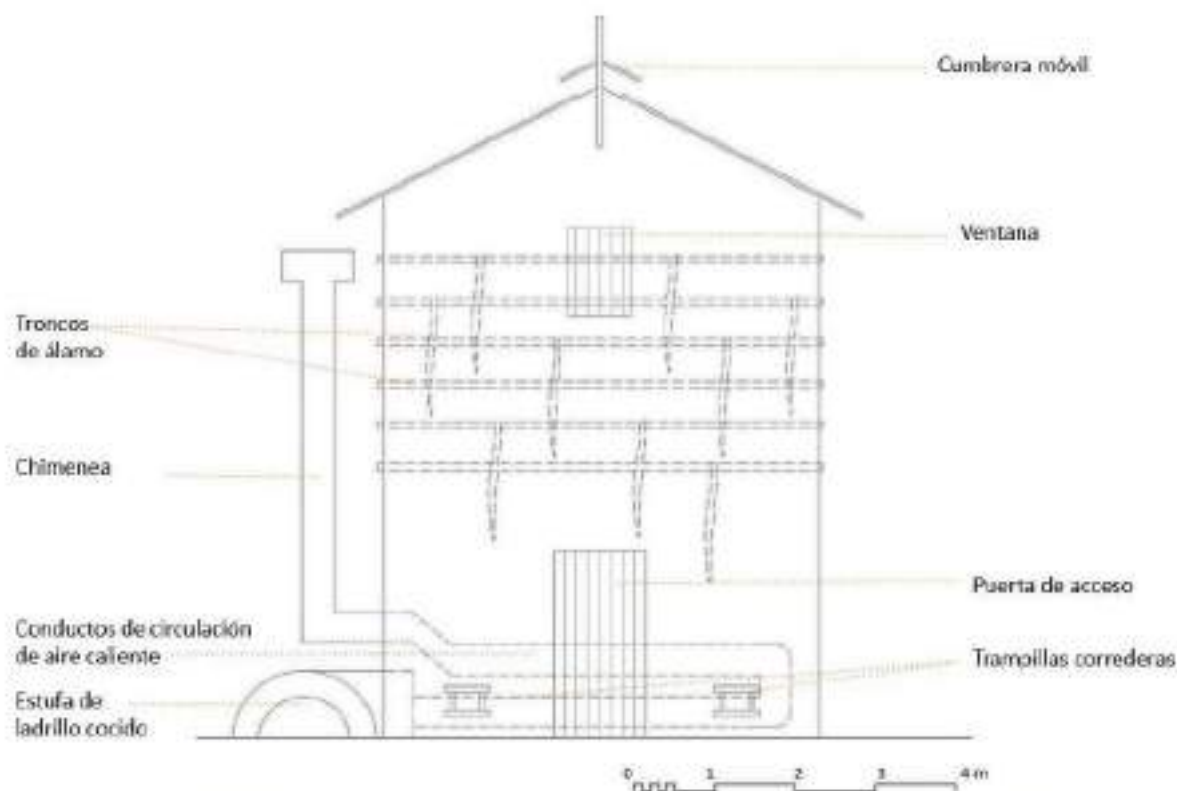


Figura 3. Esquema de la arquitectura y dispositivos de control de secado de los hornos tabacaleros de Salamanca

Para asegurar que los estándares de calidad fueran suficientes, la compañía financiaba los materiales de construcción y proveía asistencia técnica a quienes desearan construir su propio horno. Esta asistencia contemplaba la definición tanto la forma arquitectónica como los dispositivos mecánicos de los hornos a todos quienes producían para ellos, buscando optimizar tanto los tiempos como los costos de la producción (Rolón et al., 2018).

3.1 Arquitectura

De esta forma, la arquitectura de los hornos de Salamanca es homogénea a lo largo del territorio estudiado. La planta de los hornos es rectangular, de una medida de aproximadamente 6 x 7 metros. El perímetro de fachada tenía en torno a 6 metros de alto, mientras que la cumbre podía elevarse hasta 8 metros sobre el suelo. Los hornos poseían una o dos puertas para meter y sacar las hojas de tabaco, así como una única ventana ubicada en la parte superior del frontis. Esta ventana, junto con mecanismos como cumbres móviles y trampillas correderas ubicadas en el área inferior de los muros, permitía ventilar y controlar las condiciones de humedad y temperatura.



Figura 4. Imagen aérea de conjuntos de hornos tabaqueros de la Compañía Chilena de Tabacos en Salamanca a mediados de 1960 (Fuente: Archivos Ilustre Municipalidad de Salamanca. Autor desconocido)

Las hojas verdes de tabaco se cosían y colgaban sobre cañas, distribuidas entre troncos de álamo dispuestas en la totalidad del ancho de los hornos. Una vez colgadas, los hornos se calentaban a través de estufas ubicadas en su exterior, las que proveían de aire caliente a tubos de fierro cerrados que discurrían por el interior del horno y terminaban en una chimenea, también ubicada en su exterior. Tanto las estufas como la acometida de la circulación del aire se construían con ladrillo cocido. Si bien el uso de distintos combustibles (carbón, madera o parafina) varió durante el tiempo de producción de tabaco en la comuna, incidiendo en los costos, procesos y tiempos de producción, su elección no incidía en el diseño arquitectónico o distribución de los hornos.

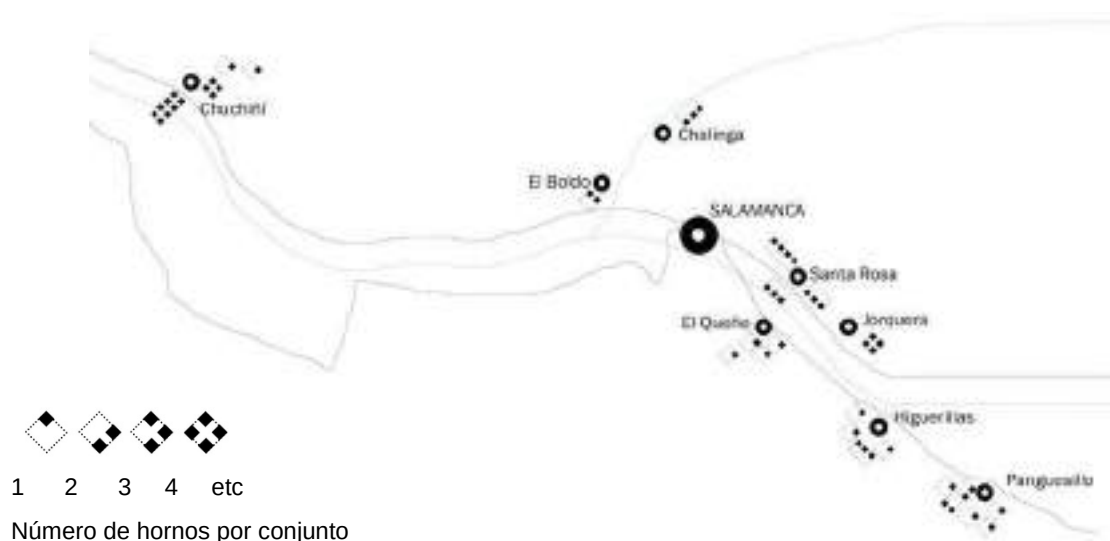


Figura 5. Ubicación de los 24 conjuntos estudiados dentro de las distintas localidades de la comuna de Salamanca

3.2 Conjuntos de hornos

Como consecuencia tanto de la distribución de los terrenos agrícolas como de la externalización del proceso de tabaco, los hornos tabacaleros de Salamanca adquieren distintas formas de agrupación. Cada productor construía una cantidad distinta de hornos, de acuerdo a la cantidad de hectáreas de tierra que destinara a plantar tabaco, lo que a su vez se vinculaba con su poder adquisitivo previo.

Mientras que muchos hornos aparecen aislados en predios de tamaño pequeño y pertenecían a productores que trabajaban a escala casi artesanal, otros hornos se organizaban en grupos de entre dos y ocho hornos. Los conjuntos más grandes se vinculaban entre sí a través de la construcción de corredores precarios, los que protegían tanto al producto como a los trabajadores del sol y, en contadas ocasiones, de la lluvia. Los menos poseían infraestructura complementaria para apoyar el proceso productivo, generalmente y pasillos pavimentados entre los hornos.

Tabla 1. Principales sistemas constructivos y relación de hornos por conjunto en cada una de las localidades estudiadas

Localidad	Nº de conjuntos registrados	Nº de hornos registrados	Sistema constructivo predominante
Panguesillo	6	8	Adobe
Chuchiñi	4	14	Adobe
Higuerillas	4	10	Adobe
El Queñe	4	4	Tabique
Santa Rosa	3	10	Adobe
Chalinga	1	4	Adobe y tabique
Jorquera	1	4	Ladrillo o adobe
El Boldo	1	2	Tabique

3.3 Sistemas constructivos

A pesar de que el diseño arquitectónico de los hornos es homogéneo, las técnicas constructivas utilizadas para materializarlos fueron aquellas que los productores locales conocían previamente, dando cuenta de la adaptabilidad de estas tecnologías preexistentes y del resultado del encuentro entre éstas y las ideas de productividad y seriación asociadas a la modernidad. Uno de los principales resultados del encuentro entre el conocimiento de construcción vernáculo y la réplica de un único diseño arquitectónico fue el uso de distintas técnicas constructivas para lograr un mismo objetivo. Estas técnicas también pueden encontrarse en otras construcciones a lo largo del Norte Chico chileno.

Si bien existen algunos hornos o partes elaboradas con quinchá (revoques de barro aplicados sobre subestructuras vegetales), la mayoría de las técnicas identificadas se basan en el adobe - bloques de tierra secada al sol - los que se usan para construir albañilerías portantes - albañilería de adobe - o se disponen en pandereta como relleno de estructuras de madera, sistema denominado *tabique de adobe en pandereta* (Rivera, 2017).

Los muros de albañilería de adobe son el sistema más frecuente dentro de los hornos catastrados, los que se construyen invariablemente con un aparejo a sogas, siendo un

ejemplo temprano de lo que algunas autoras denominan como *nuevo adobe* (Jorquera; Rivera, 2017), el que aporta una esbeltez mayor que el tradicional aparejo a tizones. El tamaño de los adobes varía a la mitad de la altura de los hornos, de la dimensión típica chilena de 60x30x10cm (área superior) a una ligeramente más ancha (60x40x10cm). En su conjunto, el ancho de estos muros de medio pie en relación a la altura total del horno entregan un coeficiente de esbeltez por encima de 15, superando ampliamente el límite de 8 definido por la norma nacional NCh3332 (2013).

El segundo sistema más utilizado en los hornos catastrados es el tabique de adobe en pandereta; una estructura mixta de tierra y madera en la que la estructura soportante se construye con madera, mientras que los bloques se usan sólo como relleno (Guzmán, 1979). En este sistema, los adobes se colocan sobre su canto y se confinan mediante alambres metálicos clavados a los plomos de la estructura soportante de madera. Este confinamiento se diseña para evitar el vuelco de los adobes fuera del plano del muro.

Las quinchas son un sistema similar en términos estructurales, si bien los rellenos se realizan no con bloques de adobe en pandereta confinados, sino con morteros de barro aplicados sobre una sub-estructura de fibras vegetales. Éstas se encuentran en los tímpanos de algunos hornos y sólo como parte de la estructura de segundo piso de uno de 56 hornos registrados.

En cada una de las localidades predomina uno de estos sistemas (tabla 1), pudiendo identificarse una preferencia no sólo por la técnica, sino también por ciertas variantes de ésta, las que sugieren una diversidad preexistente en el conocimiento local. Estas variantes inciden en el estado de conservación de los hornos, lo que formará parte de la discusión contenida en el apartado 4 del presente artículo.

3.4 Estado de conservación actual

Tras la desaparición de la Compañía Chilena de Tabacos en los años 80, la función productiva de los hornos declinó hasta abandonarse en la década de 1990. La especificidad de su diseño no indica una transformación obvia de su uso y, aunque son reconocidos por la comunidad de Salamanca como “extremadamente valiosos” por ser representativos de un periodo histórico relevante de la comuna (entrevista grupal, 2019), la mayoría de los hornos de Salamanca están abandonados o se utilizan como almacenes para otros usos agrícolas. Sólo uno de los casos estudiados forma parte de un atractivo turístico y cultural. A pesar de su deficiente estado de conservación, los hornos de Chalinga (figura 7) se ubican junto a una vivienda neo-colonial, la que en la actualidad se usa como centro de encuentro comunitario y museo de las costumbres locales. Este conjunto es gestionado por la familia de su propietaria y depende exclusivamente de los ingresos proporcionados por los visitantes para su mantención.

Las modificaciones más frecuentes sobre la estructura de los hornos consisten en la extracción de los antiguos sistemas de calefacción para facilitar la ocupación del suelo. La altura de algunos de ellos ha sido rebajada, a fin de reducir su esbeltez y facilitar tareas de limpieza. Aunque la intención de disminuir la esbeltez pudiera parecer acertada en términos estructurales, generalmente ha repercutido en la aparición de grietas de gravedad, particularmente en las esquinas, debido a la extracción de los refuerzos de madera de coronación y/o intermedios.

Muchos hornos fueron desmantelados por los propietarios para aumentar la superficie de sus parcelas, reutilizar sus materiales y prevenir su derrumbe progresivo asociado a la ausencia de mantenimiento.

En cuanto a las lesiones presentes en los hornos, éstas coinciden en general con la tipificación de deterioros típicos en estructuras de tierra propuestas por distintos autores (Monjé; Maldonado, 2001), siendo las de aparición más frecuente las grietas o fracturas, las deformaciones, las erosiones por efecto del agua, los desprendimientos de materiales y las lagunas. Éstos se complementan con la acción de insectos xilófagos en los elementos de

madera. Estos deterioros afectan de distinta manera a los sistemas constructivos estudiados, existiendo una relación entre su aparición, los distintos sistemas constructivos y también sus variantes.

4 INCIDENCIA DE FACTORES DE DETERIORO EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y SUS VARIANTES

Los hornos de Salamanca ofrecen la oportunidad poco frecuente de llevar a cabo un estudio comparativo de la eficacia de distintas variaciones en sistemas constructivos de tierra, utilizados en una única forma arquitectónica y dentro de un único territorio (Gómez et al, 2020). A continuación se relata la relación entre los sistemas constructivos más habituales en los hornos de Salamanca, las distintas variaciones de cada uno de ellos y la incidencia de las lesiones más comunes encontradas en el conjunto de los hornos.

4.1 Albañilería de adobe

A pesar de la elevada esbeltez de los hornos, la que parece contradecir la NCh 3332 (2013), la totalidad de los conjuntos en los que se apreciaban daños leves coincidía con los hornos contruidos enteramente de adobe. El buen desempeño de estas edificaciones parece atribuirse a la presencia de abundantes refuerzos de madera, dispuestos horizontalmente entre las hiladas de adobe.

Son precisamente estos refuerzos los que concentran la mayor cantidad de variaciones entre los hornos de distintas localidades. Éstos se disponían entre las hiladas de adobe a distintas alturas, bien a lo largo de la totalidad del perímetro o únicamente en las esquinas (figura 6), en forma de L o triangulados.

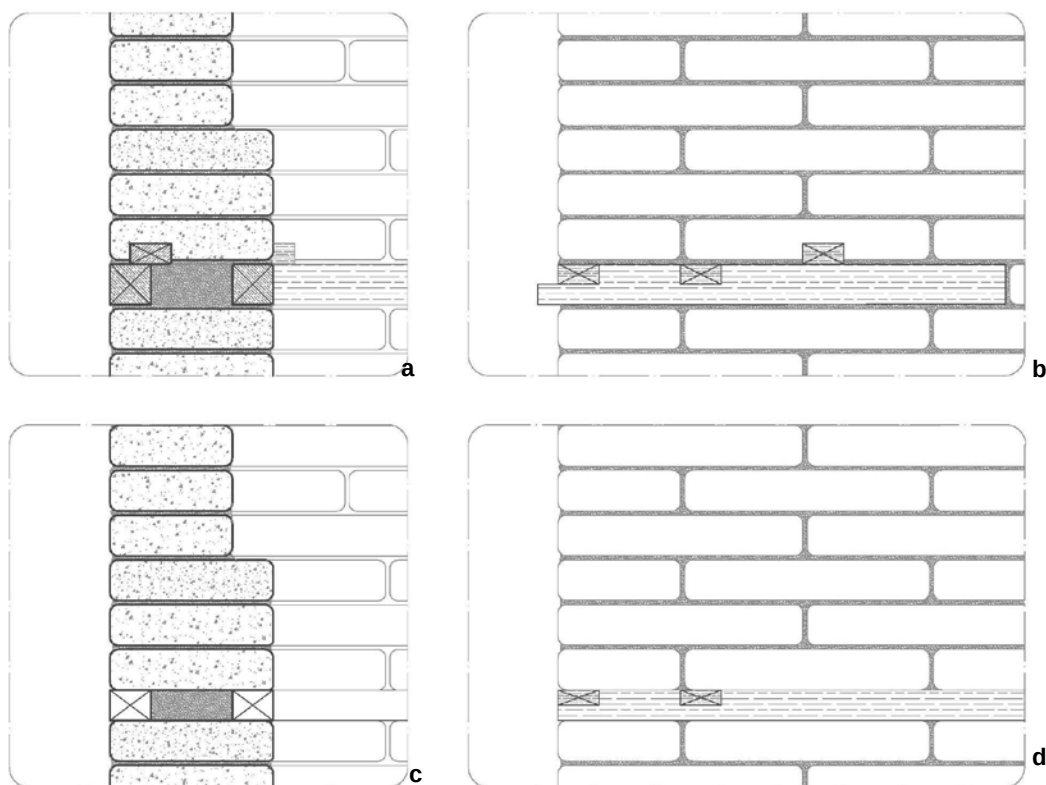


Figura 6. Esquemas mostrando variaciones en el ancho de los muros y en la disposición de los refuerzos de madera: a) sección de refuerzo de esquina con ensamble diagonal b) elevación de refuerzo de esquina con ensamble diagonal c) sección de un refuerzo de madera; a continuo; d) elevación de un refuerzo de madera continuo.

Los daños con mayor incidencia en el deterioro de estos conjuntos son precisamente aquellos inducidos por el deterioro o alteración de los sistemas complementarios de madera,

asociados bien al ataque de xilófagos o a la vinculación inefficiente de los ensambles entre las piezas que componen cada refuerzo (figura 7).



Figura 7. Daño de horno en Panguesillo, asociado al vínculo deficiente entre los elementos de refuerzo horizontales de madera

Por otra parte, la totalidad de los hornos contaba por una parte con troncos de álamo usados para colgar las hojas de tabaco durante el secado, las que se anclaban con frecuencia directamente a los muros de adobe. La densidad de su distribución horizontal en el interior de los hornos también se estima como un factor de mitigación de la elevada esbeltez de los muros. En los casos en los que esta vinculación interior fue retirada se registraron grietas de mayor gravedad, las que se estiman fueron originadas por los sismos ocurridos tras esta intervención.

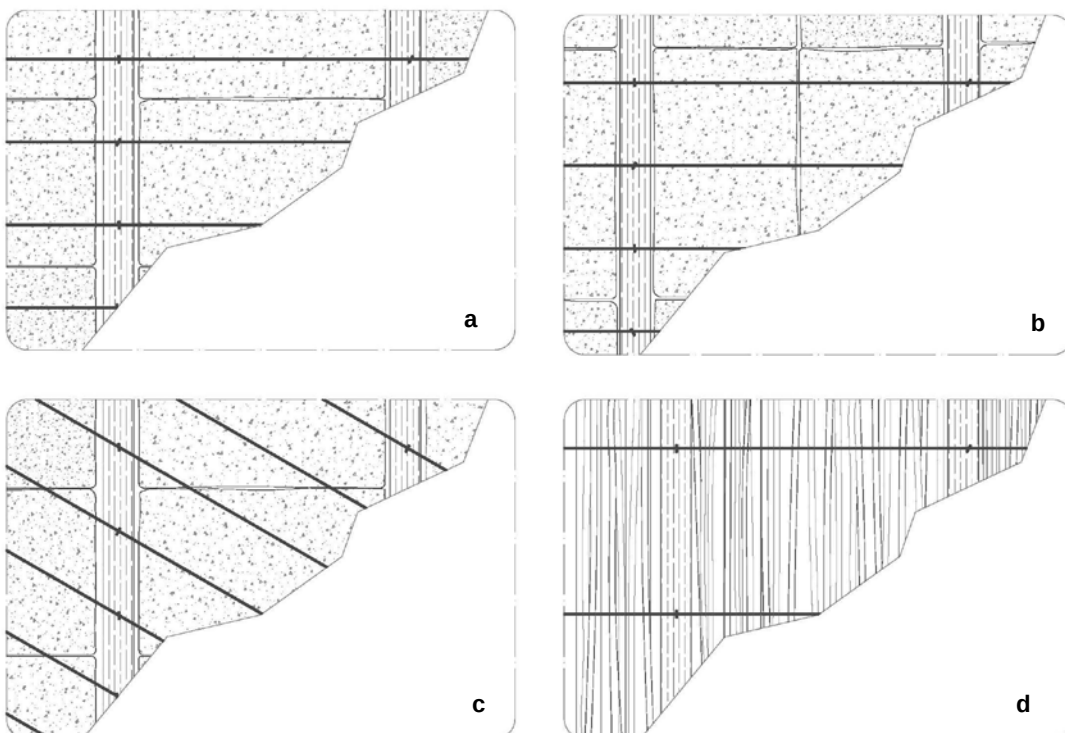


Figura 8. Esquemas que muestran las variaciones en tabiques y quinchas: a) yabique con un adobe horizontal y alambre horizontal; b) tabique con dos adobes verticales y alambre horizontal; c) tabique con un adobe horizontal y alambre diagonal; d) quinchas con ramas de tabaco vertical con alambres horizontales

4.2 Tabique

Si bien existen diferencias en las estructuras de madera estudiadas, tanto en su lógica estructural (balloon frame o, excepcionalmente, postes y vigas), como en la sección y geometría de las piezas, las principales variantes se daban en la forma de disponer los adobes de relleno y la disposición de su confinamiento.

De esta manera, los adobes pueden encontrarse dispuestos en horizontal, con un único adobe cubriendo en ancho entre dos pies derechos consecutivos, o en vertical, con varios adobes dispuestos para cubrir el mismo ancho. Por otra parte, los alambres de confinamiento se disponen en distintos casos en horizontal y en diagonal (figuras 7a, b y c), observándose una vulnerabilidad mayor a los movimientos sísmicos en los casos en los que el alambre se disponía en horizontal y en aquellos en los que los adobes se disponían en vertical, independientemente de la disposición del confinamiento con alambre. Esto se manifiesta en la presencia de vacíos o deformaciones en los rellenos, las que acontecían incluso ante un deterioro menor de los metales del confinamiento.

4.3 Quincha

La tercera técnica encontrada en el área es la quincha rellena, otro sistema híbrido tierra-madera, en el que la estructura soportante es de madera. Las variaciones dentro de éstas son similares a las detectadas en los casos construidos con tabique de adobe en pandereta; con la diferencia de que los muros de quincha no se llenan con adobes, sino con una combinación de ramas de tamaño mediano a pequeño y revoques de tierra. Esta técnica sólo se observa en el nivel superior de uno de los hornos estudiados y en elementos secundarios, como tímpanos, de otros. En el primer caso, las fibras son ramas de tabaco dispuestas en vertical y confinadas exteriormente con alambre metálico dispuesto en horizontal. Los revoques son de tierra y fibra de trigo (figura 6d). Los pocos ejemplos de quincha encontrados poseen un nivel de deterioro alto, asociado al deterioro de las subestructuras líneas por efecto de insectos xilófagos y hongos de pudrición.

Tabla 2. Resumen de la evaluación preliminar de daños en conjuntos de hornos catastrados

Evaluación preliminar de daños	Sistema constructivo			Total
	Adobe	Tabique	Mixto	
Ruina	1	0	0	1
Mayor	3	1	1	5
Medio	3	0	0	3
Menor	9	2	0	11
No registrado	2	2	0	4
Total	18	5	1	24

5 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los criterios para clasificar el daño como mayor, medio o menor incluye la existencia de daño aislado o combinado con otros daños de carácter estructural, la severidad de las lesiones y la combinación de uno o más factores de deterioro inmediatos, detectados en el momento de la inspección (tabla 2). Mientras que los sistemas de cubierta son esenciales para la conservación de los hornos a largo plazo, a pesar de las escasas precipitaciones de la zona, su evaluación se reserva para futuros estudios y éste se centra exclusivamente en los muros.

En la comprensión de los sistemas constructivos encontrados en la arquitectura de hornos secadores de tabaco, se pueden establecer evaluaciones preliminares que relacionan los estados de conservación con los sistemas constructivos. En general, los hornos construidos enteramente con tabique presentan daños más severos que otros construidos enteramente con adobe portante, a diferencia de las observaciones encontradas en la bibliografía sobre arquitectura de tierra en zonas sísmicas. Los daños más frecuentes se asocian a lagunas en los rellenos de adobe, los que son recurrentes en los casos en los que existe más de un bloque llenando los vacíos entre dos pies derechos consecutivos. Por otra parte, el confinamiento metálico de estos elementos se muestra altamente vulnerable, por efecto de la oxidación como, fundamentalmente por el desprendimiento de su anclaje a la estructura principal. Dentro de estos casos, los rellenos confinados diagonalmente se muestran menos vulnerables que aquellos confinados con alambres horizontales, aún y cuando los materiales y sistemas de anclaje a la estructura son equivalentes. En el mismo sentido, la presencia de xilófagos es una causa relevante de deterioro, tanto de elementos de madera como de la conexión a los alambres de confinamiento. Junto con los factores ambientales, estos son factores activos de deterioro, los que, de no ser tratados, generarán mayores daños en el medio y largo plazo.

Estos factores bióticos afectan de la misma manera a los hornos de adobe, a través del deterioro de sus refuerzos de madera. Aunque los hornos de adobe muestran un mejor desempeño que aquellos construidos con tabique o quinchas, estos agentes biológicos afectan los hornos de adobe, ya que deterioran las maderas de refuerzos, y se asocian en la mayoría de los casos con la aparición de fracturas relevantes en los muros de tierra. Este deterioro, común en casos de estudio a lo largo de Chile, invita a incidir en la centralidad de los elementos de refuerzo de maderas en la evaluación de estructuras de tierra portante, a la que hoy aún se asigna una importancia marginal, tanto en el desarrollo de normas como manuales de evaluación e intervención en el patrimonio de tierra.

Además con el deterioro físico de este particular patrimonio vernáculo, se encuentra la obsolescencia del uso original de esta arquitectura, junto con la ausencia de protección o de planes que busquen su reutilización o valorización. Sin embargo, la población local resalta la importancia de la producción del tabaco en el territorio y estas arquitecturas como manifestación concreta de ese tiempo, destacándola como parte de su historia e identidad. Actualmente en el municipio local se reconocen los hornos de tabaco como hitos en el paisaje, y como parte importante de potenciales desarrollos de turismo cultural, aunque el equipo destinado a esto es sumamente limitado, por lo que no se ha desarrollado hasta el momento mayor avance que levantamientos parciales y de ubicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biblioteca Nacional de Chile (s.f.). El tabaco y sus cajetillas. Memoriachilena. Disponible en: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-97859.html> Visitado el 29 de enero de 2020.

Cabello Baettig, G. (2016). A brief history of the diaguita culture before the arrival of the Spanish conquerors. *The Art of Being Diaguita*. Santiago: Museo Chileno de Arte Precolombino. p. 15-44.

CMN – Consejo de Monumentos Nacionales (2004). Estación de ferrocarril de Salamanca: <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/monumentos-historicos/estacion-ferrocarril-salamanca> Visitado el 15 de enero de 2020

Gómez, C.; Rivera, A.; Olivares, O. (2020). Furnaces of Salamanca: Vernacular building techniques applied to semi-industrial tobacco production in Chile Between 1960 and 1990. In: C. Mileto, F. Vegas, L. García-Soriano, and V. Cristini [eds], *HERITAGE2020 (3DPast | RISK-Terra)* International Conference on Vernacular Architecture in World Heritage Sites. Risks and New Technologies. Valencia, España. p. 1057-1063.

Guzmán E. (1979) Curso elemental de edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Santiago: Editorial Universitaria.

Jorquera, N.; Rivera, A. (2017) Continuidad y discontinuidad de las técnicas de tierra en Canela, Chile, epicentro del sismo 8,4 mw de 2015. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 17 Memorias... La Paz: PROTERRA/FAADU-UMSA. p. 672-681.

Maturana, A. (2016) Apuntes sobre la historia de Salamanca. Santiago: Ediciones on Demand.

Monjó, J.; Maldonado, L. (2001) Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas. Madrid: Ediciones Munillalera

Rivera, A. (2017) The Chilean adobe as a seismic vernacular technology, the study of the "Norte Chico" zone. Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability. London: CRC Press. p. 675-680.

Rolón, G.; Herr C.; Jerez Lazo, P.; Fernández, A.; Lamas, M. (2018). Las estufas de secado de tabaco en Salta. Problemáticas de un parque edilicio e refuncionalización. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 18 Memorias... La antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA, p. 29-36.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a las y los propietarios de los Hornos Tabacaleros de Salamanca, en especial a Soledad Escudero, D. Ventura y así como a la Ilustre Municipalidad de Salamanca, particularmente a Tania Contreras, Romny Leiva, Ivana Olivares y Rodrigo Cofré por facilitar y gestionar el acceso tanto a información existente como a los hornos durante el desarrollo del trabajo. También al alumnado y equipo docente del Diplomado en Construcción en Tierra de la Pontificia Universidad Católica de Chile en su versión 2019, por su contribución al registro detallado de tres de los conjuntos de hornos catastrados; cuyos resultados, si bien no han sido mostrados en el presente estudio, han contribuido a su desarrollo.

AUTORES

Carmen Gómez Maestro, diplomada en Gestión e Investigación del Patrimonio Cultural, magíster en arquitectura, arquitecta. Asesora del Centro del Patrimonio de la Pontificia Universidad Católica de Chile, docente de la Delegación Universitaria, Obrera y Campesina (DUOC) y Jefa del Diplomado en Construcción en Tierra PUC. Arquitecta asociada de la oficina REDDO Arquitectura, asesora a distintas empresas de arquitectura y construcción en temas vinculados al patrimonio.

Amanda Rivera Vidal, candidata a doctora UNICA, magíster en Patrimonio Cultural (PUC), especialización en tierra post Master DSA-Terre (CRATerre ENSAG), arquitecta. Docente del Diplomado de Construcción en tierra (PUC), de las Escuelas de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile y de la Universidad de Talca. Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA, de ICOMOS-Chile, miembro experto de ICOMOS-CIAV y Vicepresidenta de ICOMOS-ISCEAH.

TAPIAS QUE SINGULARIZAN EL PAISAJE RURAL DE LA CUENCA SUPERIOR DEL VALLE DE ACONCAGUA EN CHILE

Cristina Briño

Magister en Intervención del Patrimonio Arquitectónico. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
cristina.brino@gmail.com

Palabras clave: tapial, arquitectura vernácula, patrimonio de tierra, patrimonio cultural inmaterial, puesta en valor

Resumen

La cuenca superior del valle de Aconcagua en Chile cuenta con extensas longitudes de cierros (cercas) prediales construidos desde la época de la Colonia en tapial, técnica hoy muy poco común en el país. Estos generan una espacialidad particular y le otorgan singularidad paisaje rural. Actualmente, gran parte han ido desapareciendo y son pocos los maestros tapiadores que quedan, lo que pone en riesgo la continuidad de un patrimonio vernáculo aún carente de reconocimiento. El presente documento busca dar cuenta de la primera etapa de un proyecto integral de puesta en valor desarrollado para las tapias del valle de Aconcagua, correspondiente a la identificación de su presencia en el territorio. Mediante una investigación de enfoque mixto y a partir de diversas fuentes de información se ha logrado develar una historia bastante desconocida sobre su origen. Esta se expresa a través de más de 84 kilómetros de muros de tierra apisonada de gran valor documental. Se trata de elementos patrimoniales unificadores del territorio cultural y espacialmente, que evidencian cómo la técnica del tapial se ha ido adaptando a través del tiempo a las condiciones locales reconociendo las particularidades del contexto, adquiriendo un carácter propio, manifiesto en el paisaje, y que constituye parte importante de la identidad local.

1 INTRODUCCIÓN

La cuenca superior del valle de Aconcagua, ubicada en la zona cordillerana de la región de Valparaíso, entre las ciudades de San Felipe y Los Andes, corresponde a un territorio cuyas características geográficas y climáticas han permitido, a lo largo de su historia, un asentamiento humano basado en el desarrollo productivo agrícola que ha ido configurando a través del tiempo un paisaje de carácter rural.

En este territorio, se encuentran extensas longitudes de cierros prediales y deslindes ejecutados en tapial, técnica constructiva de tierra apisonada, actualmente muy poco común en Chile, que generan una espacialidad particular y le otorgan singularidad al paisaje (figura 1), respecto de cualquier otro de similares características en el país.



Figura 1. Paisaje rural de la cuenca superior del valle de Aconcagua

El origen de las tapias, como se le denomina a estos muros (Guzmán, 1990), se remonta a la época de la Colonia, cuando mediante la implementación de políticas de ordenamiento territorial se instruyó la edificación de viviendas en adobe y cierros prediales en tapial como condicionante para la obtención de títulos de dominio en todo el valle central de Chile (Lacoste et al., 2012; Lacoste et al., 2014; Lorenzo, 1986; Valenzuela, 1991; Valenzuela, 1995).

En la actualidad, el valle de Aconcagua es el único donde aún se puede observar la presencia masiva de tapias que, construidas por maestros especializados en el oficio del tapiador mediante una ejecución completamente artesanal, evidencian saberes ancestrales transmitidos a través de generaciones desde hace más de cuatro siglos.

Sin embargo, en las últimas décadas el escaso reconocimiento de su valor patrimonial por parte de la comunidad ha permitido la imposición de los procesos de globalización y las presiones de desarrollo del mundo contemporáneo en el territorio. Como consecuencia, parte importante de las tapias han ido desapareciendo, muchas se encuentran en avanzado deterioro, y son pocos los tapiadores vigentes, lo que pone en riesgo la continuidad del patrimonio vernáculo, material e inmaterial de dicho paisaje.

La investigación proyectual desarrollada entre marzo de 2020 y junio de 2021 tuvo por objetivo desencadenar la puesta en valor de las tapias en el área de estudio y de ese modo relevar su importancia para la identidad local, fortalecer el valor patrimonial que poseen en la singularización del paisaje rural junto con la preservación de la unidad del territorio y el fomento de su conservación de manera sustentable.

El concepto de puesta en valor se define como el proceso de reactivación de un bien cultural orientado a su revalorización, a través de una serie de acciones de carácter técnico, integral y sistémico que, reconociendo sus características esenciales y comprendiendo su rol social, le incorporen un potencial que permita el desarrollo socioeconómico de las comunidades a las que debe ser traspasado (ICOMOS, 1967). Este proceso, según una depuración de lo planteado por diversos autores, comprende cuatro etapas fundamentales: identificación, difusión, recuperación y protección (De Carli, 2018; Carretón, s.f.; SUBDERE, 2013).

2 OBJETIVO

El presente artículo busca mostrar parte de la etapa de identificación del proceso de puesta en valor desarrollado, orientada a caracterizar las tapias en la cuenca superior del valle de Aconcagua, reconociendo su componente territorial, material e inmaterial, para dar cuenta de sus particularidades, sus valores patrimoniales y su significado para la identidad local.

3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada tuvo un enfoque mixto, tanto cuantitativo como cualitativo: un alcance exploratorio al incrementar el nivel de familiarización con ejemplos del patrimonio construido con tierra ciertamente desconocidos en Chile y a su vez descriptivo al especificar las características y aspectos relevantes de las tapias y la técnica constructiva en el área de estudio.

En consecuencia, las técnicas y fuentes de información utilizadas fueron diversas. Para localizar y cuantificar las tapias existentes en el área de estudio, que cuenta con una superficie de 53.235 hectáreas, se realizó un catastro mediante la observación de imágenes satelitales de *Google Earth* y de las capturas fotográficas en 360° de *Street View* disponibles en el territorio, cuyo registro fue graficado en una cartografía georreferenciada que permitió determinar su extensión total en kilómetros lineales. La caracterización de la técnica y el proceso constructivo fueron obtenidos a partir del trabajo de campo, mediante análisis de tapias en terreno, su registro fotográfico y el estudio de muestras de tierra, así como también a través de la información entregada por los propios maestros tapiadores locales mediante entrevistas semiestructuradas. Finalmente, la definición de tipologías y del estado de conservación son el resultado del análisis de 250 tapias registradas mediante una ficha con

la que se identificaron distintas características como su longitud y altura, además de aspectos específicos como materialidades de cimientos, de terminación de muro, de elementos adicionales entre hiladas y de bardas. La ficha fue trabajada mediante la aplicación ArcGIS Survey123 de Esri, lo que permitió generar una geodatabase de la que se obtuvieron datos estadísticos y mapas específicos de las diferentes variables.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Catastro y cuantificación

A partir del catastro realizado, se obtuvo una aproximación cuantitativa de la distribución de los cierros prediales construidos en tapial existentes en el territorio (figura 2), cuyo resultado arrojó la presencia de 1.392 tapias de distintas longitudes que en total sumaron más de 84 kilómetros lineales, cifras que posiblemente sean mayores en consideración de las áreas sin catastrar producto de las limitaciones propias de las herramientas utilizadas.

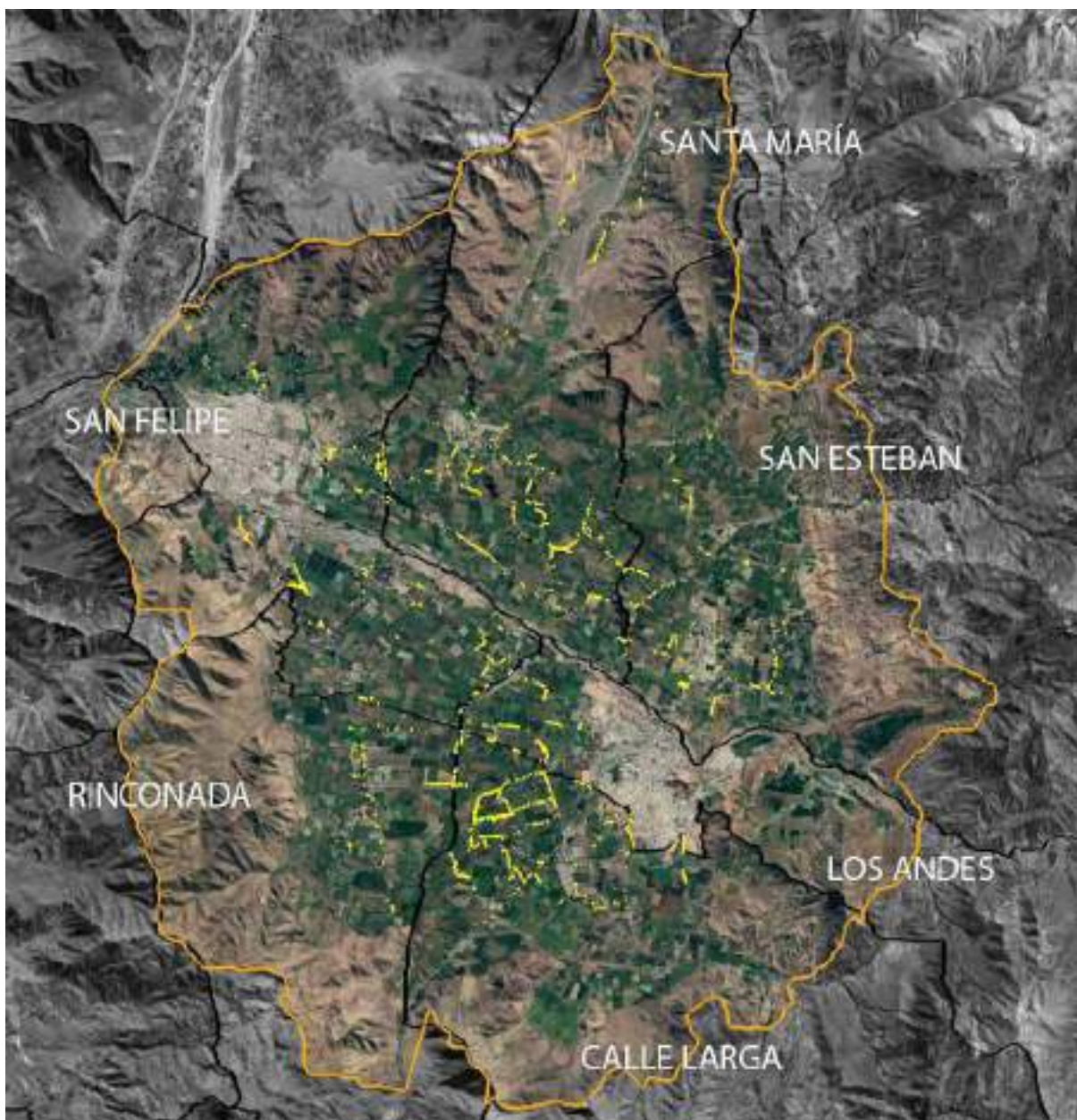


Figura 2. Catastro georreferenciado de tapias en la cuenca superior del valle de Aconcagua (crédito: C. Briño a partir de imagen satelital de Google Earth)

Street View no cuenta con el registro de la totalidad de las vías existentes en la zona, careciendo de varias rutas interiores más locales. Esto significa que ciertas áreas, de carácter especialmente rural, no pudieron ser registradas mediante esta metodología. Además de lo anterior, el alcance de las imágenes de dicha aplicación, en muchos casos, no permite visualizar deslindes o fondos de predio, por lo que el catastro representa principalmente cierros hacia el espacio público. No obstante, se considera que el resultado del catastro es representativo de la realidad en cuanto a la obtención de una visión global de la situación.

Si bien la cifra total aún es parcial, da cuenta de la significativa presencia de las tapias como un elemento patrimonial unificador del territorio, convirtiendo al Valle de Aconcagua en un paisaje rural único en Chile, siendo aún de mayor relevancia al considerar el contexto altamente sísmico donde se emplaza, el que ha mermado gran parte de su patrimonio construido con tierra.

4.2 Caracterización de la técnica y el proceso constructivo local

a) Herramientas

Las principales herramientas utilizadas en la ejecución de las tapias son el tapial (moldaje o encofrado) y el pisón, ambos de madera y generalmente contruidos por los propios maestros tapiadores.

El tapial (figura 3) se compone de dos costados longitudinales y dos compuertas transversales de madera de álamo, dos tranquilas transversales de “fierro” y dos estacones verticales, además de una traba de alambre enroscado y una sogá que unen los estacones. Sus dimensiones van desde 200 a 220 cm de largo y 85 a 95 cm de altura. El ancho, que está determinado por las compuertas que tenga el tapiador, puede variar desde los 30 a 50 cm. Las compuertas suelen contener una plomada que permite nivelar correctamente el tapial. Algunos maestros señalan tener además un adobón, tapial de menores dimensiones, de 80 cm de largo y 40 cm de altura, utilizado para construir eventualmente una tercera hilada.

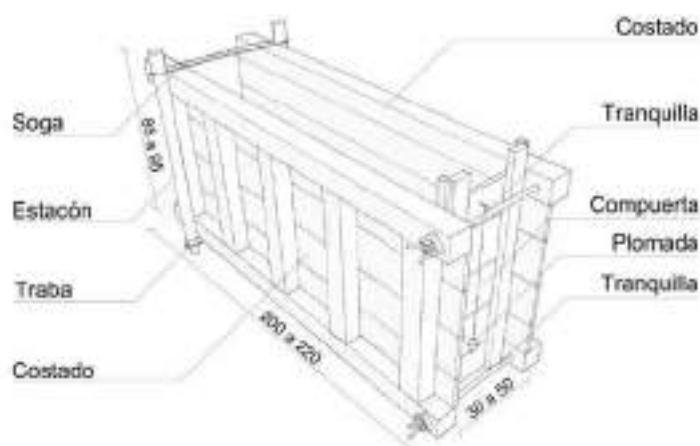


Figura 3. Esquema de las partes que componen un tapial tradicional

El pisón, en general de madera de acacio, roble o algarrobo, comúnmente es de una sola pieza tallada, aunque en algunos casos se encuentran compuestos por tres partes, los dos extremos o puntas para apisonar, atados mediante alambres a una pieza que los une. Una punta tiene forma de cuña redondeada y la otra es plana, de sección circular y mayor superficie. En algunos casos, la punta en forma de cuña lleva un recubrimiento de hojalata como protección.

Otras herramientas utilizadas corresponden a aquellas propias de cualquier actividad constructiva, como picotas, combos y chuzos para moler y mezclar la tierra, carretillas para su traslado y palas para el vaciado en el tapial. En ocasiones, se utilizan también arados para moler la tierra.

b) Proceso constructivo (figura 4)



Figura 4. Proceso constructivo de las tapias

El cimiento es el elemento de mayor importancia para la conservación de las tapias en el tiempo, ya que actúa como aislante de la humedad ascendente desde el suelo que puede ser altamente deteriorante.

El modo tradicional de ejecución de cimientos es mediante la utilización de piedras de entre 10 y 30 cm de diámetro, asentadas con barro. Tienen una profundidad de entre 40 y 50 cm y su ancho corresponde al espesor de la tapia o, en algunos casos, 5 cm adicionales por cada lado. El cimiento se deja secar por aproximadamente tres días en verano. Algunos tapiadores ejecutan además un sobrecimiento, del mismo ancho del muro y 20 cm de altura sobre el nivel natural de terreno.

En cuanto a la selección de la tierra, se utiliza la existente en el lugar donde se construirá la tapia. Según el saber ancestral de los maestros tapiadores locales, las tierras idóneas son aquellas con mayor proporción de arcilla y con un máximo de hasta el 25% de arena. No obstante, si la tierra tiene características diferentes, se trabaja con mayores proporciones de agua y se intensifica el proceso de apisonado. La tierra debe estar libre de elementos orgánicos y las piedras de mayor tamaño son retiradas de la mezcla para no dañar el pisón al apisonar.

De las muestras de tierra extraídas a nueve tapias distribuidas a lo largo del área de estudio, a las que se les realizó una prueba de sedimentación (figura 5), se puede concluir que la distribución granulométrica contiene en promedio un 28% de arcilla, un 38% de limo y un 34% de arena (tabla 1). Se observa en prácticamente todas las muestras la ausencia de áridos de mayor dimensión.

Tabla 1. Resultados de prueba de sedimentación

	% MAYOR	% MENOR	% PROMEDIO
Arena	44%	21%	34%
Limo	56%	24%	38%
Arcilla	41%	18%	28%

Luego de realizada la prueba, el color del agua manifestó un grado de pigmentación que dio cuenta de la presencia, en bajas proporciones, de arcillas expansivas. En efecto, en las zonas de Batuco y Chicureo, relativamente cercana el área de estudio, está comprobada la presencia de este tipo de arcillas en un porcentaje considerable (Arancibia, 2003).

El proceso de preparación de la tierra consiste simplemente en molerla, humedecerla abundantemente y dejarla secar hasta que tenga la consistencia adecuada, lo que los maestros verifican apretando un puñado de ella. No se realiza ningún tipo de estabilización de la tierra para corregir su granulometría, mejorar su resistencia, ni variar su pigmentación.

Lista la tierra, se instala el tapial sobre el cimiento, procurando que quede totalmente nivelado. Para la hilada inferior, los tapiadores utilizan sus compuertas de mayor ancho, de 50 cm, y para la hilada superior se disminuye el ancho en 5 cm.



Figura 5. Muestras de tierra extraídas de tapias en el área de estudio

La etapa de llenado y apisonado de la tierra se realiza entre dos maestros. El primero vierte la tierra sobre el tapial en capas de aproximadamente 20 cm, y el segundo, ubicado dentro del moldaje, comienza apisonando con el extremo en cuña del pisón. Cuando el sonido del apisonado comienza a tornarse más seco, se invierte el pisón para utilizar la punta plana, que permite definir una superficie homogénea. Y cuando el sonido es definitivamente seco la tierra se encuentra suficientemente apretada y se puede continuar con una nueva capa. Un aspecto particular es que algunos tapiadores agregan una cama de paja entre cada capa de tierra.

Apisonada la última capa de tierra, el tapial se afloja y se desplaza horizontalmente para continuar con el siguiente tramo. No es necesario esperar el secado de la tierra apisonada para retirar el moldaje. En efecto, los tapiadores trabajan con un solo tapial. No obstante, sí se requiere de un tiempo de secado de la hilada inferior para ejecutar la superior, el que varía entre dos a diez días según el maestro.

Para la ejecución de las hiladas superiores, el tapial se debe instalar de manera traslapada a mitad de su longitud, generando una llaga discontinua. Algunos tapiadores incorporan piezas de madera entre hiladas, para prevenir el desprendimiento de tierra de la hilada inferior al apisonar o para evitar que las juntas se dilaten. Antiguamente se colocaban adobes entre hiladas.

La barda, elemento de coronamiento, es muy necesario para proteger a la tapia de la lluvia. Los tapiadores ejecutan distintos tipos, no obstante, las más comunes son las de teja colonial. Para su instalación se ubica encima el muro y de manera transversal a este, un entablado de madera de cuatro por una pulgada, distanciados cada 80 cm, sobre el que se coloca un segundo entablado longitudinal de la misma escuadría, que une en sus extremos todas las piezas transversales. Luego se añade tierra o una mezcla de barro y una lámina de polietileno, sobre la que se asientan las tejas. Muchas veces las bardas de teja no llevan estructura de madera, sino que van simplemente asentadas sobre una mezcla de barro. Otras bardas muy comunes son las denominadas “lomo de toro”, constituidas sólo por tierra, sobre las que se coloca una mezcla de barro como terminación. También existen bardas conformadas por atados de *curahuilla*¹, todos del mismo largo, dispuestos de manera transversal al muro, sobre los cuales se agrega barro. Antiguamente, también se utilizaban ramas zarzamora, por sus espinas, o trigo.

Respecto de las terminaciones del muro, corresponde a la incorporación de un revoque de tierra, para lo que se utiliza una mezcla de barro con paja fina, que se aplica con un platocho o llana lisa directamente sobre el muro, luego de haber humedecido su superficie para lograr una mejor adhesión. Algunos maestros, antes de instalar el revoque, incorporan una malla de estuco, anclada al muro mediante clavos.

¹ Fibra vegetal herbácea perteneciente a la familia de las gramíneas, utilizada también como forraje y en cestería artesanal.

Si bien en terreno se observa la presencia de estucos de cemento, ninguno de los maestros recomienda su utilización, por lo que se deduce que corresponden a intervenciones posteriores, no ejecutadas por los maestros tapiadores tradicionales. Tampoco se detecta la utilización de revoques de cal.

A partir de lo indicado, se reconoce la existencia de ciertas condiciones fundamentales de la técnica tradicional, señaladas por los propios tapiadores, como la presencia del cimientado y la barda para resguardar la tapia de la humedad, y el apisonado como etapa trascendental del proceso constructivo que puede variar dependiendo de las características de la tierra utilizada. Y a su vez, la presencia de una cultura constructiva local con rasgos propios, que difieren en ciertos aspectos con lo señalado por la literatura científica. Las tierras utilizadas no cuentan con áridos de gran tamaño, la proporción de arcilla de la mezcla y la cantidad de agua para su preparación son mayores, no se recurre a procesos de estabilización de la tierra, en varios casos aparece el uso de paja entre capas y la hilada inferior se construye de mayor ancho que la superior.

4.3 Definición de tipos

Del total de 250 tapias registradas mediante fichas, en el 67% de los casos los cimientos no fueron visibles a simple vista ya que se encuentran ocultos bajo el nivel de suelo. Aquellos que sí lo son, es debido principalmente a que cuentan con un sobrecimiento, o bien la tapia presenta un deterioro en la base que permite su visualización. Dado lo anterior, no fue posible determinar tapias que carecieran de cimientado. De los cimientos identificados, se observa que casi la totalidad, el 88%, han sido ejecutados de la manera tradicional, es decir, en piedras con mortero de barro; el 8% en hormigón armado; y el 4% en piedra con mortero de cemento.

En relación al muro de tierra, el 81% son ejecutados en dos hiladas, por lo que su altura total aproximada es de 180 cm. Aquellas tapias de tres o más hiladas corresponden al 13% y, en su mayoría, constituyen parte de un recinto cerrado que suele ser un galpón o bodega. Los muros con una hilada o menos son escasos, el 5%, y generalmente son casos en que la tapia ha alcanzado un alto nivel de deterioro, habiéndose erosionado o derrumbado completamente la hilada superior.

Respecto de las terminaciones del muro, el 64% de las tapias no presenta ningún tipo de revestimiento, quedando completamente a la vista, y el 11% cuenta con un revoque de tierra. En el 25% restante de los casos registrados, la tapia lleva una terminación en pintura, ya sea sin revestimiento, sobre un revoque de tierra o bien, en ciertos casos, sobre un estuco de cemento. Cabe señalar que, si bien este 25% de tapias con terminación en pintura es una cifra considerable, éstas corresponden a tapias de menor longitud por lo que, en definitiva, la mayor presencia es de terminación en tierra.

A su vez, el 39% es que las tapias cuentan con algún elemento adicional entre hiladas, ya sea de manera continua o sólo sobre la junta vertical de la hilada inferior. En ocasiones, se encuentran como coronación del muro, bajo la barda. Dentro del universo de tapias con elementos entre hiladas, los más comunes corresponden a piedras (34%), ladrillos de arcilla cocida (28%), piezas de madera (25%) y adobes (9%).

El elemento con mayor variabilidad corresponde a la barda, habiéndose encontrado diez materialidades de terminación diferentes. El 11,2% de los casos registrados no presentan barda, lo que se debe a que, dada la antigüedad de la tapia y su falta de mantención, la han perdido con el tiempo. Las bardas más comunes son ejecutadas en teja colonial (34,4%), barro con elementos vegetales (26,8%) y solamente barro (21,6%). Otras materialidades detectadas son en ladrillo de arcilla cocida, piedra, cemento, planchas de acero galvanizado y hojalatería. Además, independiente de la materialidad de terminación, el 46,8% de las bardas cuentan con una base o estructura de soporte de madera.

Del análisis de las distintas variables para cada componente de las tapias, se concluye que son innumerables las combinaciones posibles. Por lo tanto, para definir las tipologías más comunes se seleccionan tres aspectos: la presencia o no de elementos adicionales, de

manera general e independiente de su materialidad en consideración de que todas cumplen la misma función; la terminación de muro, tomando en cuenta las cuatro más comunes (a la vista y revoque de tierra, ambas con y sin pintura); y la materialidad de la barda, utilizando las tres más comunes (teja colonia, barro y barro con elementos vegetales). Se excluyeron del análisis las características del cimiento ya que en su mayoría no son visibles y la ausencia de barda, considerada como una situación circunstancial.

En consecuencia, se lograron definir dieciséis tipologías, agrupadas en seis conjuntos, dentro de las que se reconocieron seis como las más representativas (figura 6), que se muestran en color verde en la tabla 2, y que corresponden al 52% de las tapias registradas.

Tabla 2. Cuadro de tipos

	TIPOLOGÍA																	
	A			B			C			D			E			F		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
TERMINACION DE MURO	REVOQUE DE TIERRA			REVOQUE DE TIERRA + PINTURA			A LA VISTA			A LA VISTA			A LA VISTA + PINTURA			A LA VISTA + PINTURA		
ELEMENTOS ADICIONALES EN MURO	NO			NO			NO			SI			NO			SI		
MATERIALIDAD DE LA BARDA	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.	TEJA	BARRO	BARRO + ELEM. VEG.
CANTIDAD DE TAPIAS	16	3	0	9	2	0	9	16	31	20	20	27	11	9	3	6	4	4
	19			11			56			67			23			14		

a la búsqueda de soluciones a requerimientos técnicos propios del sistema constructivo, a través de los recursos naturales que se encuentran en el entorno.

4.4 Estado de conservación

Para determinar el estado de conservación de las tapias, inicialmente se definieron cuatro categorías principales: bueno, regular, malo y destrucción total (figura 7). Dada la extensión de algunas tapias, muchas de ellas presentaron más de un estado de conservación por lo que se agregaron tres subcategorías intermedias: bueno – regular, regular – malo y malo – destrucción total.

De las 250 tapias registradas, el 71% se encuentra en un estado que va de bueno a regular, pudiendo presentar lesiones leves que no comprometen su estabilidad. El 23 % cuenta con un nivel de daño mayor, que va desde regular a malo, presentando inestabilidad en ciertos tramos o en la tapia completa. Y el 6% se encuentra muy deteriorada o completamente destruida, en estado prácticamente de vestigio.

A su vez, las lesiones más recurrentes detectadas fueron erosión, desprendimiento, desvinculación, humedecimiento y desaplomes.



Figura 7. Mapa de estados de conservación y fotografías de las cuatro categorías principales, de arriba hacia abajo: bueno, regular, malo y destrucción total

Cabe señalar que las tapias en estudio se encuentran en una situación estructural de alta vulnerabilidad para los sistemas constructivos de tierra, sobre todo en consideración de la condición sísmica local. Al tratarse de extensos paramentos longitudinales unilineales sin ningún tipo de elementos transversales de arrostramiento están expuestos ante cargas horizontales, sobre todo en el sentido perpendicular al plano que someten al muro a esfuerzos de flexión lateral o volcamiento.

No obstante, según lo estudiado, un gran porcentaje de ellas se han mantenido estables a través del tiempo, lo que está dado por dos variables. Por una parte, la respuesta

geométrica del muro, es decir, su esbeltez o relación entre espesor y altura, y por otro, la resistencia mecánica de la mezcla de tierra.

En relación geometría del muro, la literatura científica señala como admisible para construcciones de tierra cruda una esbeltez que no superior a seis (Freire-Tellado, 1998; Norma E.080, 2017). Las tapias del valle de Aconcagua tienen una altura cercana a los 180 cm y un espesor de 50 cm en la hilada basal y de 45 cm en la hilada superior. Dichas cifras entregan una esbeltez aproximada de entre 3,6 y 4, considerada como una relación conservadora incluso en zonas sísmicas por algunos autores (Fercovic, 2021).

La composición de la mezcla de tierra varía respecto a lo señalado por la literatura científica principalmente en cuanto a rangos granulométricos, aunque en la presente indagación no se realizaron ensayos para determinar su resistencia mecánica. No obstante, se deduce adecuada dado el comportamiento estructural que han tenido las tapias en el tiempo, luego de sucesivos sismos de alta intensidad.

La estabilidad de las tapias responde al grado de sabiduría alcanzado por los maestros tapiadores quienes, a través de siglos de experiencia, lograron la adecuación de la técnica a las condiciones sísmicas locales. En efecto, en el territorio en estudio antiguamente existieron tapias de hasta tres o cuatro hiladas de altura (Lacoste et al, 2012), de las que actualmente quedan escasos ejemplares, mientras que las que se construyen en la actualidad mantienen la esbeltez señalada.

Entendiendo que las tapias estuvieron presentes desde la Colonia en gran parte de la zona central de Chile, cabe preguntarse cuáles son las condiciones que reúne el valle de Aconcagua que han permitido su conservación masiva únicamente en dicho territorio. Del estudio realizado se deducen tres factores fundamentales que pueden dar explicación. Según la zonificación sísmica establecida por la Norma Nch 433 (1996) el valle de Aconcagua se encuentra ubicado en la zona 1, la de menor peligro sísmico dada la composición geológica de sus suelos. Por otra parte, Minke (2013) señala que las tierras de las zonas cordilleranas, por su distribución granulométrica, son especialmente buenas para la técnica de tierra apisonada. Además de lo anterior, el clima “templado cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada (7 a 8 meses)” (Sepúlveda, 2003, p. 42), cuyas precipitaciones son escasas, habiendo alcanzado los 20,7 mm en el año 2019 (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2020), sin duda ha colaborado.

5 CONSIDERACIONES FINALES

La investigación realizada ha permitido dar cuenta de diversos aspectos relevantes sobre la cultura constructiva del tapial en el valle de Aconcagua.

En primer lugar, la existencia de patrimonio vivo, del que previamente no había mayores antecedentes y que queda demostrado porque, a lo menos, cuatro tapiadores aún ejercen el oficio. Esto permitió poder observar la práctica realizada por los propios maestros cuyos conocimientos y experiencia fueron fundamentales para dar un sentido de realidad a todo el estudio. Tal hallazgo es de especial relevancia, en consideración de que en Chile se desconoce sobre su existencia e incluso a nivel mundial se suele hablar mucho de adoberos y poco sobre tapiadores.

Asimismo, se develaron aspectos fundamentales de la técnica que trascienden el área en estudio y características propias de su ejecución a nivel local que se expresan en la variedad de tipologías encontradas y su estado de conservación.

En consecuencia, se ha podido constatar cómo la técnica del tapial se ha ido adaptando a través del tiempo, en un proceso paulatino y constante, a las condiciones locales reconociendo las particularidades específicas del contexto y adquiriendo un carácter propio que se manifiesta en el paisaje.

En conclusión, es posible atribuir a las tapias del valle de Aconcagua valores patrimoniales, entre los que destacan:

- a) Históricos, dado que el tapial corresponde a una técnica constructiva tradicional de origen ancestral que se manifiesta en todo el mundo y que en esta zona lo hace a través de cierros prediales, en evidencia de las políticas implantadas durante la Colonia acordes al ideal de la época en cuanto a ordenamiento e imagen territorial.
- b) Arquitectónicos, como el elemento fundamental en la configuración del singular espacio rural que mediante su expresión física generan rutas de espacialidad única dentro de los paisajes del valle central chileno.
- c) Constructivos, en cuando la conservación durante siglos, en condiciones de alta vulnerabilidad, da cuenta de sus cualidades técnicas excepcionales.
- d) Ambientales, estéticos y escénicos por sus particularidades ecológicas, en tanto su ejecución se realiza con materiales naturales, propios del lugar, y con un consumo de agua muy reducido, dando lugar a elementos contruidos de gran vinculación con el entorno y de apariencia armoniosa, en aporte a la belleza del paisaje.
- e) Inmateriales, como técnica constructiva artesanal indisociable del oficio del tapiador, cuyo saber ancestral ha sido transmitido desde la Colonia hasta la actualidad a través de distintas generaciones, poniendo de manifiesto una interacción entre el hombre y la naturaleza que aún se mantiene vigente, y que lo define como un patrimonio vivo.
- f) Identitarios y simbólicos ya que, si bien en su momento fueron elementos utilizados como cierros prediales en prácticamente todo el valle central chileno, hoy en día sólo quedan de manera masiva en el valle de Aconcagua, unificando el territorio y singularizando el espacio rural, por lo que se constituyen como un elemento representativo del lugar y que lo diferencia de otros paisajes, aportando a la identidad local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, C. (2003). Arcillas expansivas: Comportamiento, identificación y su correlación mediante ensayos de fácil ejecución. Tesis para optar al título de Constructor Civil. Valdivia: Escuela de Construcción Civil. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile.
- Carretón, A. (s/f). Patrimonio Inteligente. Disponible en <https://patrimoniointeligente.com/la-puesta-en-valor-del-patrimonio-cultural/>
- De Carli, G. (2018). El patrimonio. Su definición, gestión y uso social. Heredia: Ediciones ILAM.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. Dirección Meteorológica de Chile. (2020). Anuario meteorológico 2019. Santiago.
- Fercovic, G. (2021) Conversación personal/ Interviewer: C. Briño. Santiago, Chile.
- Freire-Tellado, M. (1998). Construcciones de tapia en las tierras de Lemos. II Congreso nacional de historia de la construcción. Actas. La Coruña, España. p. 181-188.
- Guzmán, E. (1990). Curso elemental de edificación. Tomo I. Santiago: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. p. 201-223.
- ICOMOS. (1967). Normas de Quito. Informe final de la reunión sobre conservación y utilización de monumentos y lugares de interés histórico y artístico. Quito, Ecuador.
- Lacoste, P., Premat, E., Castro, A., Soto, N., & Aranda, M. (2012). Tapias y Tapias en Cuyo y Chile (Siglos XVI-XIX). Apuntes. Vol.25, num. 2, 182-199. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200003
- Lacoste, P., Premat, E., & Buló, V. (2014). Tierra cruda y formas de habitar el reino de Chile. Universum, 85-116. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-23762014000100005
- Lorenzo, S. (1986). El origen de las ciudades chilenas: las fundaciones del siglo XVIII. Santiago: Andrés Bello.
- Minke, G. (2013). Manual de construcción con tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Bariloche: BRC Ediciones.

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

Norma Nch 433 (1996), Diseño sísmico de edificios. Chile: Instituto Nacional de Normalización. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/chl121_t.pdf

Sepúlveda, O. (2003). Sectorización Climático-Habitacional de las regiones de Valparaíso y Metropolitana. Revista INVI. Num. 46, Vol. 18, 35-59. Disponible en <https://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62243>

SUBDERE (2013). Programa Puesta en Valor del Patrimonio. Guía operativa. República de Chile: Subsecretaría de desarrollo regional y administrativo del Ministerio del interior. Santiago.

Valenzuela, C. (1991). La construcción de Chile. Cuatro siglos de historia. Santiago: Cámara chilena de la construcción.

Valenzuela, C. (1995). De odores, frailes y vecinos. Alicante: Biblioteca virtual Miguel de Cervantes. Disponible en <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcm32s5>

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la doctora arquitecta Natalia Jorquera Silva por haber guiado el proyecto de puesta en valor desarrollado y su respectiva investigación; y a los maestros tapiadores Onofre Cuevas Contreras, Arcadio Rodríguez Pérez, Vitalicio Andrade Pérez, Juan José López Araya, Florián Herrera Osorio y Manuel Retamales Riquelme, quienes generosamente compartieron sus saberes ancestrales sobre la técnica del tapial en la cuenca superior del valle de Aconcagua.

AUTORES

Cristina Briño Castro, maestra en intervención del patrimonio arquitectónico; arquitecta; actualmente es profesora ayudante en la cátedra de taller del Magister en intervención del patrimonio arquitectónico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de Universidad de Chile; profesional del área de Territorio de la Secretaría Técnica del Consejo de Monumentos Nacionales de Chile; y miembro del Comité de Patrimonio Arquitectónico y Ambiental del Colegio de Arquitectos de Chile.

EL PAJARETE DE COLIMA, MÉXICO. UNA APROXIMACIÓN A LA VIVIENDA VERNÁCULA DESDE SU DIMENSIÓN CULTURAL

Antonio Flores Calvario¹, Alma Pineda Almanza²

¹Doctorado Interinstitucional en Arte y Cultura - Universidad de Guanajuato, México, antonio.flores.calvario@gmail.com

²División de Arquitectura, Arte y Diseño - Universidad de Guanajuato, México, a.pinedaalmanza@ugto.mx

Palabras clave: bajareque, saberes tradicionales, patrimonio material, patrimonio inmaterial

Resumen

El bajareque es una técnica constructiva milenaria utilizada en gran parte del territorio nacional, el occidente de México es un claro ejemplo donde existen casos en las zonas rurales de Jalisco, Michoacán y Colima, y se le conoce como *pajarete*. No obstante, su importancia como expresión de la cultura local, ha recibido poca atención en el contexto académico colimense, por lo que corre el peligro de desaparecer al encontrarse en constante transformación y no reconocerse como parte del patrimonio cultural. El presente trabajo propone identificar y conceptualizar la importancia de la tradición constructiva del *pajarete*, vista a través de su papel cultural - patrimonial. En este sentido, la investigación toma en cuenta la parte material o técnica de las viviendas y la relación que estas tienen con el contexto geográfico y sociocultural local, así como con su travesía histórica mediante la transferencia del saber desde su origen hasta su transformación contemporánea. La estrategia metodológica se ha desarrollado desde la teoría fundamentada, la cual permite tener un acercamiento al problema de forma descriptiva y explicativa, apoyando, además, de la investigación histórica en textos e imágenes de archivo, así como de la etnografía para la observación y registro directo en campo; esto permite el rastreo de sus antecedentes y las coincidencias en otros lugares, su relación con la vida cotidiana y sus necesidades para la conformación del espacio. Se detectó que los casos de viviendas de *pajarete* aun existentes en el estado de Colima responden a una serie de relaciones entre lo material: sistema constructivo, materiales, técnica, y lo inmaterial: tipos, historia, transferencia de saberes, que permiten tener conciencia del problema como un ente objetivo y subjetivo a la vez, del cual debe entender las relaciones entre ambas partes, para definir su reconocimiento como patrimonio cultural y sus transformaciones actuales.

1. INTRODUCCIÓN

El *pajarete* es actualmente una técnica constructiva tradicional que se mantiene presente en las zonas rurales del occidente de México, principalmente en las colindancias dadas entre Colima con el sur de Jalisco y las costas de Michoacán, esto responde a la extensión del territorio que antiguamente constituía la Alcaldía Mayor de Colima¹, específicamente en tiempos coloniales; en aquel entonces, abarcaba casi la totalidad del occidente mexicano, desde los actuales estados de Michoacán, el sur y la costa de Jalisco, así como Nayarit completo y el Colima actual, dicha extensión manifiesta las particiones y reparticiones de territorio dado por los conquistadores, los cuales no respetaron los límites establecidos por sus antiguos habitantes, los indios, que aunque hay pocos datos al respecto, se dice que su división y extensión es muy estrecha con el Colima de hoy (Reyes, 2000), desde donde se aborda el fenómeno constructivo del *pajarete*. Esto, a sabiendas de que Colima es parte de una región mayor, donde las fronteras no son físicas, y más bien se dan a partir de los conocimientos, las creencias y las ideologías... los sujetos perciben y organizan su vida, su lectura y apropiación espacial, junto con quienes participan de su experiencia. Solo así el espacio se convierte en región.

El estado de Colima se encuentra ubicado en la parte occidental de México, colinda al noreste y oeste con el estado de Jalisco, al sureste con el de Michoacán, y en su parte suroeste con el Océano Pacífico. Colima, el estado, tiene tan solo 5,455 km² de extensión

¹ "Creada en 1523 por instrucciones de Hernán Cortes" (Reyes, 2000, p. 18)

territorial y distintas alturas que van desde la cota cero, o nivel del mar, hasta aproximadamente la cota 3800 msnm, punto más alto del volcán de fuego presente en la zona norte del estado. Dichas alturas, junto con la distribución de la orografía, la cercanía o lejanía del mar, las corrientes marinas, etc., constituyen distintos sistemas climáticos en el estado (Romero, 2012), que convencionalmente se dividen en costa, valle y montaña, que a su vez, en conjunto con otros factores naturales inclementes como las altas temperaturas, sismos y huracanes, así como los procesos históricos, sociales y culturales, han determinado con el tiempo las distintas posibilidades para la supervivencia de los grupos humanos, lo cual podemos ver materializado en las distintas técnicas o expresiones arquitectónicas (ahora tradiciones constructivas) según sea el caso en los diversos asentamientos humanos.



Figura 1. Territorio y ubicación geográfica de Colima en el territorio nacional. (Romero, 2012, p.19)

Gómez y Alcántara (2015), en su texto “Caracterización de la tradición constructiva del estado de Colima”, además de los factores naturales ya mencionados, agrega el factor cultural mediante los distintos grupos étnicos que estuvieron presentes en diferentes puntos de la historia de Colima, que fueron: europeos españoles, africanos y asiáticos, en su mayoría filipinos, los cuales, en orden de llegada propiciaron un mestizaje con los habitantes locales, dichos grupos, además, aportaron sus técnicas y sistemas para conformar las tradiciones constructivas locales, que actualmente se pueden clasificar en dos grupos.

El primero, con influencia española, que responde a contextos extra tropicales, de climas extremos europeos, buscaban el resguardo, la impermeabilidad, para esto utiliza materiales inorgánicos, teja, adobe, piedra y madera labrada, mediante procedimientos de trabazón: traslapes, ensambles, empotramientos y clavazones. Importante mencionar que las técnicas constructivas se relacionan con las formas experimentadas en España y con aportaciones como los hornos de cerámica y las soluciones constructivas de madera. El segundo, influenciado por los indios nativos y los filipinos², que tenían en común su condición tropical, buscaban la permeabilidad, para esto utilizaron materiales orgánicos, fibras vegetales como las hojas de palma, cañas, paja, madera rolliza y tierra como complemento, mediante procedimientos basados en la articulación: amarrados, urdidos, cocidos. Técnicas constructivas muy utilizadas en diversas culturas prehispánicas y que aprovechaban los materiales naturales de cada zona, dando de entrada, una identidad constructiva regional. El *pajarete*, es un claro ejemplo de este segundo grupo.

El primer grupo, al ser un procedimiento impuesto que fue desarrollado en un contexto ajeno y trasplantado de manera caprichosa al territorio de Colima, no logró adaptarse completamente, mientras que el segundo grupo resultó ser más asequible dado que al

² No se incluye la presencia africana dado que es la influencia menos documentada, sin embargo, su aparición en la región colimota fue significativa.

utilizar materiales accesibles y recuperables, además de tener algunos atributos físicos como su elasticidad, ligereza y ser térmicamente frescos, les permitió tener una respuesta apropiada al medio.



Figura 2. Variables de configuración de la tradición constructiva de Colima (Gómez, Alcántara, 2005)

En este sentido, Gómez y Alcántara (2015, p. 44) afirman que “mientras una tecnología buscaba la prominencia, la otra buscaba la supervivencia por medio de la renovación continua, su resultado es la persistencia”, misma que se confirma por Reyes (2000) al mencionar que la vivienda de los indios de Colima durante el virreinato fue con toda seguridad de *pajarete*, así como lo mencionan Flores y Rodríguez (2020). Después que realizaron trabajo de campo entre 2015 y 2017, ubicaron viviendas de *pajarete* en las tres zonas geográficas del estado, mismas que muestran alteraciones que responden a la introducción de materiales y sistemas industriales contemporáneos que se consideran, por sus usuarios, de mayor resistencia y durabilidad, denotando así, parte de la problemática a la que se enfrenta esta tradición constructiva ante la posmodernidad.

Aunado a la problemática anterior, se ha generado un proceso de olvido y menosprecio hacia este tipo de arquitectura, lo cual responde además de la introducción de nuevos procesos y materiales, a las dinámicas de vida moderna, a la valoración negativa que se le da a este tipo de arquitectura desde las instituciones públicas, a la falta de su protección por parte de instituciones como el INAH³, a los fenómenos de emigración del espacio rural (contexto propio actual del *pajarete*) al urbano, que responde a simbolismos socioculturales.

Existe también la problemática de que este tipo de saberes tradicionales se han transmitido casi exclusivamente por medio de la tradición oral dentro del círculo familiar o de la comunidad, son saberes que escasamente se han incluido en programas académicos de arquitectura, por lo tanto, es poco lo que se tiene escrito sobre el tema, la información se encuentra en campo con los portadores directos del saber. Una vez más, el *pajarete* es un vivo ejemplo de la situación, ya que, a pesar de ser una parte importante de la identidad cultural de las zonas rurales del estado de Colima y de su región, cada vez es más difícil encontrar casos físicos y personas que aún porten dicho saber, situación contraria a la vivienda edificada bajo procesos industriales urbanos.

2. OBJETIVO

Se presenta un avance correspondiente a una investigación más extensa sobre el *pajarete*, la cual pretende rastrear su origen probable, así como su proceso de llegada y permanencia en el estado de Colima, esto mediante el análisis de las dinámicas culturales presentes en torno a la transferencia de su saber tradicional.

³ Instituto Nacional de Antropología e Historia, principal dependencia del gobierno federal que se encarga de la investigación, preservación, protección y difusión del patrimonio.

Para efectos del presente texto, presentamos un diseño metodológico general, y posteriormente abordamos una de las partes medulares de la investigación: la identificación y conceptualización de este tipo de vivienda tradicional desde su dimensión cultural, esto implica entender las relaciones entre la parte técnica y material de la vivienda, el espacio que conforma, la manera en que permanece y se transforma con el contexto local, abordando así de manera conjunta su materialidad e inmaterialidad y los resultantes de su interacción. Esto permitirá entender su importancia como patrimonio cultural local y su aportación en la construcción de una identidad constructiva que relaciona no solo la técnica del pajarete, sino la forma de vida cotidiana a la que responde la arquitectura.

3. METODOLOGÍA

La estrategia metodológica adoptada para esta investigación aborda el uso de técnicas que vienen desde la historia, la antropología y la arquitectura, dado que al conjugarlas se obtiene un panorama extenso acerca del fenómeno estudiado.

Con el objetivo de rastrear el origen probable del *pajarete*, se realiza una revisión bibliográfica tanto en publicaciones internacionales, nacionales y locales, destacando principalmente publicaciones latinoamericanas y publicaciones sobre historia local de Colima, así como las pocas investigaciones realizadas en la universidad de Colima que son mayormente sobre la materialidad de la técnica; además, accedimos a documentos del archivo del municipio y estado de Colima, donde además de los datos escritos, se ha recopilado un importante acervo visual de fotografía antigua que ayuda a definir algunos tipos arquitectónicos históricos del sistema *pajarete*.

Mediante investigación en censos poblacionales⁴, cartas internacionales de ICOMOS y UNESCO, así como programas públicos nacionales y locales en materia de patrimonio y vivienda, se pretende vislumbrar una parte de la situación actual del *pajarete* en Colima, no obstante, resulta medular la realización de observación directa mediante trabajo etnográfico contrapuesta al análisis arquitectónico, para esto se ha revisado la información recopilada en campo en la zonas rurales de Colima entre los años 2015 y 2019 por Flores (2018; 2019⁵), dicha información se compone de levantamientos métricos, entrevistas audio grabadas y documentación fotográfica; el estudio pretende realizar de nuevo trabajo de campo y abarcar más allá del espacio definido por el estado de Colima, que como ya se ha explicado, las influencias y manifestaciones son regionales.

Con la teoría fundamentada, se apoya para obtener los instrumentos necesarios para realizar el análisis y explicación de la información recabada mediante el uso de categorías, por lo pronto del material obtenido en Colima.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Del bahareque al *pajarete* en la vivienda vernácula de Colima.

La RAE (2021), que da una definición básica acerca del término bahareque, dice que viene del taíno y que es una pared de palos entretejidos con caña y barro; menciona también que es conocido así en varios países de centro y Sudamérica como Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Venezuela, además hace mención a que su escritura con la letra H ahora es sustituida por la letra J, aplicando así el término bajareque como igual.

Por su parte, De Hoz et al. (2003, p. 74) lo define como un “armazón de palos entretejidos con cañas, varas o juncos que suele rellenarse con paja y barro para formar una cerca, pared, techo, etc.”, esta definición brinda mayores elementos para conceptualizar el término, ya que agrega un relleno y distintos usos además del de la pared, extiende además su uso a

⁴ Al momento revisados del año 2000 al 2010 en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

⁵ Trabajo de investigación: El uso del otate a través de la historia, un medio de expresión cultural Colimense.

toda América Central y Santo Domingo, en una segunda definición, los autores mencionan al bahareque como una estructura mixta⁶ de caña, madera y barro con paja, la cual era utilizada por los indígenas de toda América, y se continúa utilizando con más frecuencia en las zonas rurales, explica también, que el término escrito con H aspirada es el más antiguo, siendo bajareque (término que se utilizará a partir de aquí) su evolución moderna utilizada hoy en todo América, conviviendo con su sinónimo *Quincha*, como suele llamársele en la zona andina.

Al momento, con tan solo el análisis de estos tres términos, podemos identificar primeramente que la técnica constructiva del bajareque, está o estuvo presente en todo América desde épocas prehispánicas; bien dice Guerrero (2017) que es una técnica que muy probablemente se utilizó para edificar vivienda desde las épocas mas remotas de nuestra historia, en el proceso de cambio de la vida nómada al sedentarismo, hace seis mil o siete mil años, menciona que aunque no hay información suficiente para datar una temporalidad exacta del origen de esta técnica en México, existen datos para poder referenciar que está presente en el territorio nacional desde la época preclásica, aproximadamente 1700 años antes de nuestra era. Logramos identificar también un primer cambio en la escritura de la palabra.

En el caso de Colima, como ya se mencionó, el *pajarete* es el resultante del contacto entre distintos grupos étnicos con el contexto natural y socio cultural de Colima, dicho contacto es un fenómeno generalizado a América Latina (Guerrero, 2016) menciona que las obras vernáculas latinoamericanas son el resultado de la fusión entre culturas constructivas precolombinas con las expresiones arribadas de Europa, África y Asia a partir del siglo XVI, en dichas obras la tierra tiene un papel fundamental. En Colima, la tierra o “barro, como materia prima muestra un uso continuo, secular, en la construcción de la vivienda rural con muros de bajareque – estructura de carrizo con lodo llamada *pajarete* en la terminología local (Novelo, 2005, p. XIII).

Una de las descripciones mayormente detallada sobre este tipo de vivienda es la de Reyes, J. C. (Reyes 2000, p. 153 - 154), refiriéndose a la vivienda construida y utilizada por los indígenas de Colima en el siglo XVI, durante el virreinato:

La casa sería, con toda seguridad, de *pajarete* y techo de zacate. En su construcción se utilizaría una gran variedad de maderas, se necesitará largura, grosor o resistencia... afortunadamente no escaseaban los árboles que reunieran esas cualidades...el pajarete de los muros, armado con varas delgadas y flexibles de coliguana, tacote o, si lo había otate... el techado, ya se dijo, sería de zacate sacalasihui o, en la región costera, con palapas de coacoyule o cocotero.

Esta descripción, aunque habla específicamente de los aspectos materiales de la vivienda, si lo analizamos a fondo, podemos entender que dichos materiales no son seleccionados de manera aleatoria, responden a la revisión del contexto natural en este caso, por parte de los constructores, por lo que según la zona geográfica en la que se encuentren los materiales, cambian dada su disponibilidad, acceso y procesos adoptados por quien los trabaja; si bien, resulta necesario también realizar un análisis del espacio para entender de qué manera las actividades cotidianas con la que se desarrollaron los antiguos habitantes de Colima se vieron reflejados en estas viviendas, este primer acercamiento, desde lo material, da bases para comprender las relaciones del contexto natural con la vivienda materializada.

Más que continuar con la definición de la palabra bajareque o *pajarete*, es importante revisar cómo los autores integran una descripción de los materiales constructivos y de la técnica en sus enunciados, es así como pasa a ser de un estudio etimológico a una descripción que ayuda a describir no solo la técnica, sino en algunos casos hasta el origen o su posible influencia. Sobre el término *pajarete*, el diccionario de colimotismos “El Ticús” (Reyes, 2016), lo define desde la arquitectura como un sistema constructivo para muros, el cual se compone de un armazón de varas entretejidas y recubiertas con barro, su sinónimo es bajareque, y ejemplifica con las dos siguientes citas: “...construyó una choza de zacatón,

⁶ Se puede ahondar en este tema en el texto “Técnicas mixtas de construcción con tierra” de PROTERRA, 2003.

horcones, y varas entretejidas, que vulgarmente les dicen de pajarete...” (Rosales, 1988, p. 12) y “... la finca de la hacienda de Alcazahue...era de madera, teja de barro y pajarete, típica construcción costeña de la antigüedad”. (Salazar, 2000, p. 49)



Figura 3. Viviendas de *pajarete* y techo de zacate en Cuyutlán, Colima. 1920. (Colección AHMC)

Al respecto, Gómez y Alcántara (Gómez y Alcántara 2008, p.24), hacen alusión al término como una “deformación de baxareque, pared hecha de barro y cañas (Pacheco, 1995), en Colima cualquier pared de varas; este término es controversial: Reyes se lo atribuye al árabe, Pacheco y otros al taíno y Moya (1982) lo asocia al malayo que a su vez lo emparenta con el tagalo bahay, casa, y con el indonesio bahasa, división”. Esto representa un fenómeno sumamente interesante, dado que al igual que con su adaptación al medio mediante, su materialidad, concreción de espacio, etc., se identifica el mismo proceso con la lengua, distintos fonemas de orígenes variados se hacen presentes localmente, e inciden como un fenómeno sociocultural en el *pajarete*, entendiéndolo entonces no solo como un resultante de ciertas dinámicas lingüísticas y etimológicas pasadas sino como un fenómeno cultural completo que en este caso involucra formas de vida, arquitectura y contextos diversos.

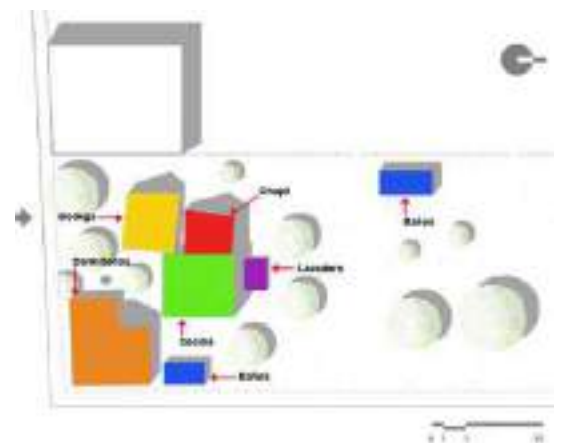


Figura 4. Módulo aislado con enjarre de tierra en la comunidad de Pueblo Nuevo (nótese el uso de materiales contemporáneos en la cubierta), y conjunto general de una vivienda de *pajarete* en Colima, en la comunidad del Amarradero, ambas en la zona geográfica del valle (Flores, 2018)

Actualmente, la vivienda de *pajarete* no puede entenderse como una edificación única, es más bien, un conjunto de espacios aislados y organizados en un terreno extenso, esto debido a que se desarrollan en el mismo espacio habitable algunas actividades productivas relacionadas con su cotidianidad laboral que es la agricultura y/o ganadería; dentro de dichos espacios podemos identificar cinco actividades principales: ocio/descanso, cocina, almacenamiento, servicios y zonas productivas. Además, sus tipos y materialidades han sufrido transformaciones que responden a las dinámicas de vida contemporáneas

adoptadas desde la urbanidad, a la escasez de materiales naturales, así como la incidencia de ciertos apoyos institucionales para la “mejora” de esta arquitectura. Es así como se hace evidente la presencia de dichas dinámicas en la concepción actual del *pajarete* de Colima.

4.2 Entre lo tangible e intangible, el *pajarete* como patrimonio cultural.

El concepto de cultura ha sido durante décadas objeto de amplias discusiones por parte de distintas ciencias sociales y humanas como la antropología y la sociología, conforme las discusiones han avanzado se ha logrado una superación en cuanto al entendimiento de los elementos que componen dicho término. Esta superación igualmente se ve reflejada en la idea de ampliar las condiciones culturales y así como la comprensión de sus formas de expresión.

El concepto de la arquitectura popular vernácula, donde se encuentra inserto el tema del bajareque y en este caso el *pajarete*, lleva a reflexiones que por un lado involucra esta ampliación de la comprensión de la cultura no solo a partir de su historicidad sino del papel de la vida cotidiana dentro de los procesos culturales, incluso haciendo la diferencia ante las altas culturas donde se encuentra la arquitectura académica, anteriormente reconocidas como únicas. Es la UNESCO quien de alguna forma reconoce esta gran variedad dentro del patrimonio a nivel mundial. La importancia que pueden tener estas expresiones culturales como la arquitectura vernácula se centran en la permanencia hasta hoy, aún con sus transformaciones.

... el patrimonio cultural no se limita a monumentos y colecciones de objetos. Comprende también expresiones vivas heredadas de nuestros antepasados, como tradiciones orales, artes del espectáculo, usos sociales, rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza y el universo, y saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional. Pese a su fragilidad, el patrimonio cultural inmaterial o patrimonio vivo es un importante factor del mantenimiento de la diversidad cultural
(<http://www.unesco.org/new/es/santiago/culture/cultural-heritage/>)

Uno de los problemas de estos objetos de estudio es que no se les reconoce su importancia patrimonial por lo efímero que podría resultar la transmisión oral de conocimientos, sin embargo es claro que existe una continuidad clara en este proceso cultural, Consuelo Saízar menciona al respecto: “...el patrimonio histórico y cultural del país no solo es aval del inescrutable peso del pasado, sino también testimonio de nuestra diversidad y continuidad como nación, punto de apoyo de lo que somos y queremos ser” (Saízar, 2011, p.9).

Resulta importante mencionar que la historicidad es un elemento base en este trabajo, dado que es un apoyo primario para el entendimiento del fenómeno desde su probable origen y devenir, dado que al ser una expresión material de un sujeto que “existe en el tiempo, lo provee de un pasado histórico y un sentido del futuro.” (Herskovits, 2019, p.29), por lo tanto, no es posible adoptar términos que se enmarquen en teorías evolucionistas.

En ese sentido, Bonfil (2003), propone una definición acorde:

La cultura es el conjunto de símbolos, valores, actitudes, habilidades, conocimientos, significados, formas de comunicación y organización sociales, y bienes materiales, que hacen posible la vida de una sociedad determinada y le permiten transformarse y reproducirse como tal, de una generación a las siguientes...todos los pueblos, todas las sociedades y todos los grupos humanos tienen cultura. Y todos los individuos, que necesariamente pertenecen a algún sistema social organizado, tienen también cultura (Bonfil, 2003, p. 46)

En su definición, existen elementos claves para el abordaje del tema, además de la historicidad manifestada mediante la transformación y reproducción de generación en generación, lo cual hace alusión a que la cultura es dinámica, de que se transforma constantemente para ajustarse a lo que acontece en la realidad contemporánea (Bonfil, 2003), resulta innegable también el papel de la memoria durante este proceso, ya que esta no implica solamente el recuerdo, si no también un análisis y examen constante, incluso

podemos tener en ella nuestra identidad, que a su vez se refleja en ciertos objetos externos que valoramos y pueden constituir un patrimonio histórico y cultural (Saízar, 2011).

Uno de los aspectos que pueden ser factores de las discrepancias del reconocimiento de la arquitectura vernácula como patrimonial, puede resultar de las diferencias entre lo que algunos patrimonialistas reconocen como lo cultural y lo tradicional:

Los conceptos “patrimonio cultural” y “tradición” son distintos, pero guardan conexiones analógicas. La tradición se percibe como un conjunto de prácticas simbólicas que se conserva “desde tiempo inmemorial”. Se justifica, porque vincula una colectividad con un pasado remoto que la identifica- “nos la entregaron (*tradiverunt*) nuestros ancestros”-, aunque la elaboración discursiva de ese pasado suele ser más reciente de lo que se cree. (De la Peña, 2011, p.13).

Dentro del tema del pajarete como un elemento clave de la cultura de Colima debemos comprender que si bien la transmisión al ser oral se pueden perder ciertos datos, lo real es que permanecen elementos materiales como la propia vivienda como testigo, este es un medio claro de expresión, es importante retomar conceptos como el de la tradición que Eckart Boege se refiere como: “Lo tradicional de los pueblos indígenas se refiere aquí a cómo es adquirido o usado el conocimiento por las culturas únicas de los pueblos indígenas, incluidas las diferencias de edad y género.” (Boege, 2008, p. 16). En este sentido la importancia de la arquitectura vernácula reside en comprender en que en estas expresiones están enganchadas dos formas de patrimonio, uno material que es la vivienda como la vemos y el otro de la enseñanza oral que se refleja en estos mismos sistemas constructivos.

Es interesante ver cómo esta arquitectura responde igualmente a las condiciones que se le presentan, de tal forma que un mismo conocimiento se ve transformado considerando lo que se tiene, es como se había dicho una arquitectura de resistencia y supervivencia. Así lo explica Eckart Boege refiriéndose a la forma de cómo diversos pueblos indígenas en México manipulan su patrimonio natural: “...la añeja experiencia de los pueblos indígenas como operadores de los ecosistemas contiene una energía social, cultural y ambiental en los procesos de globalización tal como se presentan en la actualidad.” (Boege, 2008, p. 18), en este sentido es innegable su relación con su vida cultural y su relación con el pasado, de tal forma que es el mismo Boege quien reconoce las actividades de los pueblos indígenas, nosotros decimos con sus viviendas, un verdadero laboratorio biocultural de enseñanza.

Una consideración importante que se debe tener sobre el patrimonio vernáculo es el referente a la simbología de lo que implica en un principio la vivienda, desde su origen y lo que implica actualmente, probablemente varias generaciones después, pues de esto puede depender su permanencia o extinción. La solución de la vivienda obedece en primer lugar a solucionar un problema de función, la distribución de cada una de las habitaciones se construye en función a la actividad principal de la familia, a sus contextos, a sus posibilidades, a sus creencias inclusive. A la distancia la parte simbólica parece superar a la parte funcional, en ese camino a la modernización y al cambio de actividades. Bonfil menciona que los símbolos cambian en el proceso histórico, de tal forma que cada etapa ajusta sus símbolos de acuerdo con cada cultura, así lo indica Geertz (1973) en su texto “La interpretación de las culturas”.

Puesto que la cultura es un campo muy amplio de estudio, el patrimonio considerado como cultural es igualmente amplio, no siempre material, no siempre documentado, sin lugar a dudas las aportaciones tanto materiales como inmateriales que este patrimonio vernáculo como el pajarete proporciona, es parte de la formación de la identidad cultural regional de occidente de México, por lo que las consideraciones y estudios deben de encaminarse a una puesta en valor para mostrar su valor patrimonial, ya que “estas viviendas, al ser la expresión directa del cambio de valores, símbolos, percepciones y modos de vida, así como de ciertas constantes, se convierten en un tema muy fructífero de estudio” (Rapaport, 1972, p. 23.)

Finalmente es importante retomar que el pajarete, al ser reconocido como un elemento cultural de Colima es parte de su patrimonio, El ICOMOS⁷ en su Carta del patrimonio vernáculo construido refuerza la idea:

El patrimonio vernáculo construido constituye el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat. Forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales. La continuidad de esa tradición se ve amenazada en todo el mundo por las fuerzas de la homogeneización cultural y arquitectónica. Cómo esas fuerzas pueden ser controladas es el problema fundamental que debe ser resuelto por las distintas comunidades, así como por los gobiernos, planificadores y por grupos multidisciplinarios de especialistas.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La vivienda rural, representa hoy en día un tema que requiere de mayor estudio para su conocimiento. Con frecuencia esta vivienda popular que es mejor conocida como vernácula, presenta en el país diversas formas, de acuerdo a sus adaptaciones a los contextos naturales, a las actividades y a las posibilidades de quienes las construyen, lo que le permite tener formas diversas de expresión y de identidad cultural.

En el caso de México, no se puede negar la influencia que tiene esta vivienda que, si bien aprovechó algunas de las enseñanzas de las formas constructivas de la época de la colonia española, también son evidentes las formas constructivas aportadas por las diversas culturas mesoamericanas que permanecieron hasta estos días, y que incluso fueron recuperadas y documentadas algunas de ellas en el Códice Florentino por Fray Bernardino de Sahagún. Estos sistemas quedaron evidentemente integrados en las viviendas de las ciudades recién fundadas, y de la que sin lugar a dudas aprovecharon los españoles en la enorme empresa constructiva de la Nueva España.

Casos particulares como el pajarete en la zona de occidente de México, son muestra de la variedad de sistemas constructivos que permearon y de cómo la arquitectura vernácula de bajareque no solo se integró a los sistemas constructivos coloniales, sino a las formas de organizar las viviendas alrededor de las actividades de cada población. El *pajarete* logró construir habitaciones que organizan el núcleo habitacional a partir de la actividad de la agricultura primordialmente.

Esta permanencia no se puede entender más que con el estudio de transmisión, ejecución y continuación de estos saberes, que sin lugar a duda forman parte de un patrimonio intangible, del que afortunadamente aun quedan restos de un patrimonio tangible como los conjuntos habitacionales hechos de pajarete. Es importante resaltar que hablar de arquitectura vernácula, es hablar de dos patrimonios, el intangible que implica la transmisión oral de saberes y, por otro lado, el patrimonio tangible donde se ve materializado la vivienda vernácula, que además obedece a funciones específicas en su conformación.

A nivel internacional la UNESCO ha considerado la importancia de este patrimonio, que, por sus materiales constructivos, el desconocimiento de las técnicas constructivas y la falta de quienes transmiten estos conocimientos, podría estar en peligro de extinción, por lo que genera la Carta del Patrimonio Vernáculo en 1999, emitida por ICOMOS. Esta carta aporta una serie de recomendaciones a diversas naciones que cuentan con este patrimonio, poco reconocido en sus respectivos países, pero que no les quita su valor patrimonial cultural.

En el siglo XXI, se presentan condiciones globalizadoras que permiten que se cambien los procesos socioculturales, que de forma aplastante hace que los usuarios de estas viviendas rechacen estas formas tradicionales para sustituirlas por otras más modernas, menos originales y probablemente menos útiles, pero más simbólicas a sus formas de vida actuales, aunque efímera.

⁷ Consejo Internacional de Monumentos y Sitios

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boege, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. México, INAH, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. p. 13 – 30.
- Bonfil, G. (2003). Nuestro patrimonio cultural: un laberinto de significados. In: Patrimonio cultural y turismo. Pensamientos acerca del patrimonio cultural. México: CONACULTA. p. 45 – 70
- De Hoz, J.; Maldonado, L.; Vela, F. (2003). Diccionario de construcción tradicional tierra. San Sebastián: editorial NEREA.
- De la Peña, G. (2011). Introducción. De tradiciones inventadas y patrimonios contruidos. In: De la Peña, G. (Coord.). La antropología y el patrimonio cultural de México. México, D.F: CONACULTA. p. 13 – 22.
- Flores, A. (2018). El pajarete, una tradición constructiva en la vivienda rural de Colima. Caracterización tipológica y constructiva en base a sus regiones geográficas. Tesis de maestría. Colima, México: UdeC.
- Flores, A.; Rodríguez, M. (2020). El sistema constructivo de Pajarete en la vivienda tradicional del estado de Colima. México. INTERVENCIÓN. Revista internacional de conservación, restauración y museología. México: INAH. p. 212 – 235.
- Geertz, Clifford (1973). La interpretación de las culturas. Editorial Gedisa
- Gómez, A.; Alcántara, A. (2005). Atlas de la tradición constructiva de Colima. Universidad de Colima/PROMEP. Disponible en <http://www.researchgate.net/>
- Gómez, A.; Alcántara, A. (2008). El lenguaje oral de la tradición constructiva de Colima. PALAPA. Revista de investigación científica en arquitectura. Colima: Universidad de Colima. p. 19 - 27
- Gómez, A.; Alcántara, A. (2015). Caracterización de la tradición constructiva del estado de Colima. In: Gómez, A.; Alcántara, A. (Coords.). Desempeño ambiental comparado de la tradición constructiva de Colima. Colima: Universidad de Colima. p. 31 – 46.
- Guerrero, L. F. (2016). Introducción al patrimonio vernáculo en América Latina. In: Correia, M.; Guerrero, L. F.; Pereira, H. (Edits.). Arquitectura de tierra en América Latina. Portugal: ARGENTUM, PROTERRA. p. 63 – 64
- Guerrero, L. F. (2017). Pasado y porvenir de la construcción con bajareque. Revista Gremium. México: Editorial restaura. p. 69 – 80
- Herskovits, M. (2019). El hombre y sus obras. Decimoquinta reimpresión. México: Fondo de Cultura Económica.
- ICOMOS. (1999) Carta del patrimonio vernáculo construido. Ratificada por la 12° Asamblea general de México. México. ICOMOS.
- INEGI. (2000). Censo general de población y vivienda. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- INEGI. (2010). Censo general de población y vivienda. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- López-Mestas, L. (2011). La tradición Teuchitlán y la magia del patrimonio arqueológico. In: De la Peña, G. (Coord.). La antropología y el patrimonio cultural de México. México, D.F: CONACULTA. p. 23 – 56.
- Novelo, V. (2005). La tradición artesanal de Colima. Colima, México: CONACULTA, Gobierno del estado de Colima, Universidad de Colima, CIESAS, CENCADAR.
- RAE. (2021). Definición de pajarete. Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en <https://dle.rae.es/bajareque>
- Rapaport, A. (1972). Vivienda y cultura. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Reyes, J. C. (2016). El Ticús. Diccionario de colimotismos. Colima, México: Gobierno del estado de Colima, Secretaría de Cultura, PUERTABIERTA editores.
- Reyes, J. C. (2000). Al pie del volcán. Los indios de Colima en el Virreinato. Colima, México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).

Romero, D. E. (2012). Espacio geográfico y físico. In: Florescano, E. (Coord.). Atlas histórico y cultural de Colima. Colima: SEP. p. 17 – 65.

Rosales, G. (1988) La calavera con trenzas. Coquimatlán, Colima: s.p.i

Saízar, C. (2011). Presentación. In: De la Peña, G. (Coord.). La antropología y el patrimonio cultural de México. México, D.F: CONACULTA. p. 9 – 10.

Salazar, J. (2000). Las grandes haciendas de Tecomán. Colima, México: Secretaría de Cultura, H. Ayuntamiento de Tecomán, Fondo Estatal para la Cultura y las Artes Tecomán.

AUTORES

Antonio Flores Calvario, alumno del programa de Doctorado Interinstitucional en Arte y Cultura (DIAC) de la Universidad de Guanajuato (UG), en su línea de investigación de patrimonio cultural, maestro en arquitectura con especialidad en hábitat y conservación del patrimonio construido, arquitecto. Becario Santander Iberoamérica jóvenes y profesores investigadores para realizar estudios de investigación sobre el bajareque en la Universidad Nacional de Colombia.

Alma Pineda Almanza, doctora en artes por la Universidad de Guanajuato (UG), maestra en arquitectura con especialidad en restauración de sitios y monumentos, arquitecta. Profesora investigadora de tiempo completo de la División de Arquitectura, Arte y Diseño, de la UG con la línea de investigación sobre arquitectura popular contemporánea posmoderna, miembro del núcleo básico de la Red Temática CONACYT de Centros Históricos de Ciudades Mexicanas.

CONOCER PARA CONSERVAR LA ARQUITECTURA CONSTRUIDA CON TIERRA EN LOCALIDADES RURALES

Paola Lizette Cruz Garay

Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, arqpaolacruzgaray@gmail.com

Palabras clave: documentar, arquitectura vernácula, tradicional y popular, adobe, localidad rural, comunidad

Resumen

Conocer y documentar el origen, apropiación y transformaciones de la arquitectura de tierra y técnicas constructivas permite generar propuestas de conservación adecuadas a los recursos materiales, económicos y humanos de las localidades rurales. El presente artículo muestra la relación de la arquitectura de tierra como parte del patrimonio de la localidad rural de Tequisquiapan, Dolores Hidalgo, Guanajuato, México, con las transformaciones y formas de habitar de su comunidad a través del tiempo y cómo esto influye para su conservación. Se parte de establecer contacto con los habitantes de la localidad para el conocimiento de la historia y antecedentes de esta. Posteriormente se identifican los diferentes ejemplos de arquitectura que han empleado la tierra para construir como estructura, como relleno o como mortero, y se enlazan estos ejemplos con la información histórica recopilada, para reconocer la relación entre las transformaciones de la localidad y quienes la habitan, con las formas de construir y cuidar la arquitectura de tierra en el lugar. Finalmente, se reflexiona sobre alternativas adecuadas y apropiables para su conservación.

1 ANTECEDENTES

El patrimonio de cada comunidad se conforma de elementos culturales (Bonfil, 1988, p. 6), tangibles e intangibles, los cuales pueden ser parte de su origen, *elementos culturales propios*, así como elementos que se van integrando y apropiando con el paso de los años - *elementos culturales ajenos o externos*- (p. 7), y pueden clasificarse como materiales de organización, de conocimiento, simbólicos y emotivos (p.5-6), dando los elementos intangibles sentido a los elementos tangibles.

La arquitectura vernácula, tradicional y popular construida con tierra y los saberes en torno a ésta son parte de este patrimonio. En el estado de Guanajuato, México, se pueden encontrar, tanto en zonas urbanas como en zonas rurales, diversos tipos de arquitectura que han implementado la tierra como material para construir de diferentes formas. Tal es el caso de la localidad de Tequisquiapan, Dolores Hidalgo, Guanajuato, la cual es muestra de cómo sus habitantes han construido con tierra diversos tipos de edificaciones.

En la actualidad en México, como en otras partes del mundo, la arquitectura construida con tierra y los conocimientos en torno a ésta son elementos que han ido desapareciendo paulatinamente y de manera más acelerada en los últimos 50 años (Correia, 2020). Con lo anterior, ha resultado necesario desarrollar proyectos de investigación, documentación, conservación y restauración vinculados con las comunidades que habitan localidades rurales, que continúan conservando conocimientos sobre la arquitectura de tierra y, sobre todo, habitando edificaciones de este material; esto ha permitido que, hasta cierto punto, estas construcciones continúen existiendo en diferentes grados y estados de conservación.

Esto trabajo es parte del proyecto de investigación que se desarrolló durante los años 2018 a 2020 en la Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos en la Universidad de Guanajuato. De manera particular los objetivos principales de este artículo son:

- Dar a conocer de forma breve los antecedentes del origen y contexto actual de la localidad de Tequisquiapan.

- Identificar y compartir las características de la arquitectura vernácula tradicional y popular construida con el uso de tierra en la zona.
- Generar algunas primeras reflexiones en torno a los elementos de esta arquitectura y la importancia de su documentación y alternativas para su conservación.

El conocimiento de los antecedentes históricos y actuales de la localidad, así como de las formas vernáculas, tradicionales y populares de construir con tierra en el lugar por los habitantes de la localidad, se ha podido documentar por medio de entrevistas realizadas desde el año 2018. Han sido herramientas importantes la observación y uso como documento histórico y técnico de la arquitectura de tierra de Tequisquiapan, y de otras localidades rurales de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende, así como con la consulta de bibliografía referente al tema de zonas cercanas y algunas otras regiones del país (Prieto, 1978).

2 ORIGEN Y PANORAMA ACTUAL DE LA LOCALIDAD RURAL EN ESTUDIO

La localidad de Tequisquiapan se localiza en los límites de los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende, Guanajuato. Fue nombrada así por la producción de *tequesquite*¹ en el lugar. Su origen va de su relación con el Río Laja, sus primeros asentamientos durante el siglo XVIII, la construcción de su antigua hacienda en 1875 (INAH, p. 3-7) (SEDESHU, s.f.) y el comienzo del paso del ferrocarril por la zona, con la línea México – Laredo inaugurada en 1888, la cual pertenecía a la empresa Ferrocarril Nacional Mexicano (FCN) (García, 2010, p. 72).



Figura 1. Mapa de localización de la localidad de Tequisquiapan, Dolores Hidalgo, Guanajuato. (Google maps, adaptado por Cruz, 2020)

La localidad tuvo grandes cambios durante el movimiento de la Revolución Mexicana y la Época de los Cristeros, con la división de su antigua hacienda, su formalización como ejido, la llegada de nuevos habitantes provenientes de otros municipios y estados cercanos, el retiro del paso del ferrocarril por la zona a finales de los años sesenta y la construcción del puente colgante que cruza el cauce del Río Laja y que sigue permitiendo una mejor comunicación durante el tiempo de lluvias.

El clima del lugar es semiseco templado (INEGI, 2009, p.9). La localidad se encuentra en una zona de llanura sin relieves o cambios abruptos en su topografía. Su contexto natural se ha transformado considerablemente, de ser un lugar con vegetación, acequias y ojos de agua abundantes, a ser un sitio seco, con un río que es contaminado por nuevos desarrollos,

¹ Tequesquite corresponde al salitre o sal mineral compuesta por diversos minerales, principalmente cloruro y carbonato de sodio, utilizado para cocer alimentos y fermentar masas [...] Desde la época prehispánica se conoce como tequexquitl, del náhuatl tetl, piedra y quixquitl, brotante (<https://laroussecocina.mx/palabra/tequesquite/>).

empresas cercanas y por su misma población. Algunas de las especies de vegetación que prevalecen en la zona son los mezquites (*Prosopis laevigata*), huizaches (*Acacia pennatula*), nopales (*Opuntia megacantha*), cardones (*Cylindropuntia imbricata*) y cactus (*Stenocereus marginatus*). Entorno al cauce del Río Laja se observa mayor vegetación, como arbustos de jara (*Senecio salignus*), carrizos (*Phragmites australis*) y sauces (*Salix humboldtiana*) que reverdecen en la temporada de lluvia. La cercanía con el río influye en que en la zona se tenga una tierra arenosa, con alto contenido de limo y poca arcilla reactiva para construir².

Las edificaciones más antiguas que siguen en pie son de adobe y piedra. Perduran pocas viviendas populares construidas con adobe que muestran una transición del uso de materiales tradicionales a la mezcla de estos con materiales industriales. Las nuevas edificaciones en la zona son de tabique, block y concreto de uno y dos niveles.

Tequisquiapan en la actualidad es la tercera localidad rural del municipio de Dolores Hidalgo, con mayor cantidad de población, con 1.407 habitantes (SEDESOL, s.f.). Las personas del lugar son mestizas, que reconocen su ascendencia o herencia indígena, sin embargo, en esta comunidad no se habla alguna lengua ni se posee alguna vestimenta tradicional (SEDESHU, s.f.). La forma de vida de sus habitantes consiste en el desarrollo de actividades de agricultura, con la siembra y cosecha de maíz, calabaza, frijol y alfalfa, manteniendo tradiciones y costumbres en cuanto a fiestas religiosas; la forma de organización a partir de las asambleas comunitarias y ejidales, y el trabajo en faenas, mezcladas con la transformación innegable de la vida cotidiana, con las formas de recreación y de trabajar en la comunidad y fuera de ésta en desarrollos y ciudades cercanos.

3 LAS VIVIENDAS VERNÁCULAS DE PIEDRA, TIERRA, MADERA Y TULE EN LA LOCALIDAD

Una de las formas de construir que hubo en la zona fueron las viviendas de piedra, tierra, madera y tule³ (*Typhía domingensis*) (figura 2). De acuerdo a descripciones hechas por habitantes del lugar⁴, los cuartos⁵ podían funcionar al mismo tiempo como espacios para dormir, como cocinas, o con ambas funciones. Los cuartos o habitaciones que se construían se emplazaban dispersos, el espacio exterior era el lugar donde se desarrollaban la mayor parte de actividades diarias.

Estas viviendas eran construidas con *pies derechos*⁶ de madera de aproximadamente tres metros de altura que se colocaban enterrados en el suelo, alineados con un *caballete o cumbreira*⁷ de madera con sección natural circular para formar un techo a dos aguas con *varas*⁸ de refuerzo diagonales y horizontales, y estas se amarraban con una sogá que se hacía con el sauce (*Salix babylonica*). Antes de colocar las varas diagonales y horizontales, se construían los muros de piedra asentada con mortero de tierra conocido como barro o lodo, de 1 m a 1.5 m de altura y sobre estos se apoyaban las vigas y varas de la estructura de la cubierta, la cual se cubría con tule. Éste se usaba porque abundaba en la zona gracias a la existencia de diversas acequias y ojos de agua. Se tejía y se amarraba de abajo hacia arriba de la cubierta, en la parte alta de ésta se dejaba un lado más elevado que el otro para

² De acuerdo a pruebas cualitativas de sedimentación, táctil-visuales y de resistencia y contracción que se realizaron a una pieza de adobe del conjunto de viviendas de la antigua estación de ferrocarril de la localidad.

³ Tule es su nombre común en la región del Bajío mexicano. Es una planta acuática, de agua dulce (presas, lagos, ríos, pantanos, etc.). Crece enraizada. Llega a medir de 2 a 3 m de altura. Tiene hojas delgadas y alargadas, y espigas con vainas en los extremos superiores (Bonilla; Santamaría, 2012, p.3 y 4).

⁴ Entrevista a Guadalupe Cruz Flores (73 años), Carmen Cruz Flores (71 años) y Joel Velasco (73 años), 3 de junio de 2020.

⁵ Conocidos en la localidad como *jacales*.

⁶ Estos son apoyos aislados. Son conocidos como *horcones*: “Es una columna hecha de un tronco que al extremo lleva una horquilla para recibir las vigas que formarán el marco del techo” (Prieto, 1978, p. 98)

⁷ Hecho con una viga de madera de sección circular con diámetro mayor de 5 cm, conocida como *morillo, tronco o rollizo* (Prieto, 1978, p. 96)

⁸ Elementos de madera cuya sección es menor a 5 cm de diámetro (Prieto, 1978, p. 96)

cubrir el final y que el agua no pudiera filtrarse. Con la ayuda de familiares y amistades, podía hacerse un techo en una semana, teniendo ya el material, puesto que lo más tardado era hacer el muro de piedra.

Las puertas se hacían con madera, el tímpano o muro piñón se rellenaba con ramas y tule para cubrir esa parte. Los pisos interiores eran de tierra.

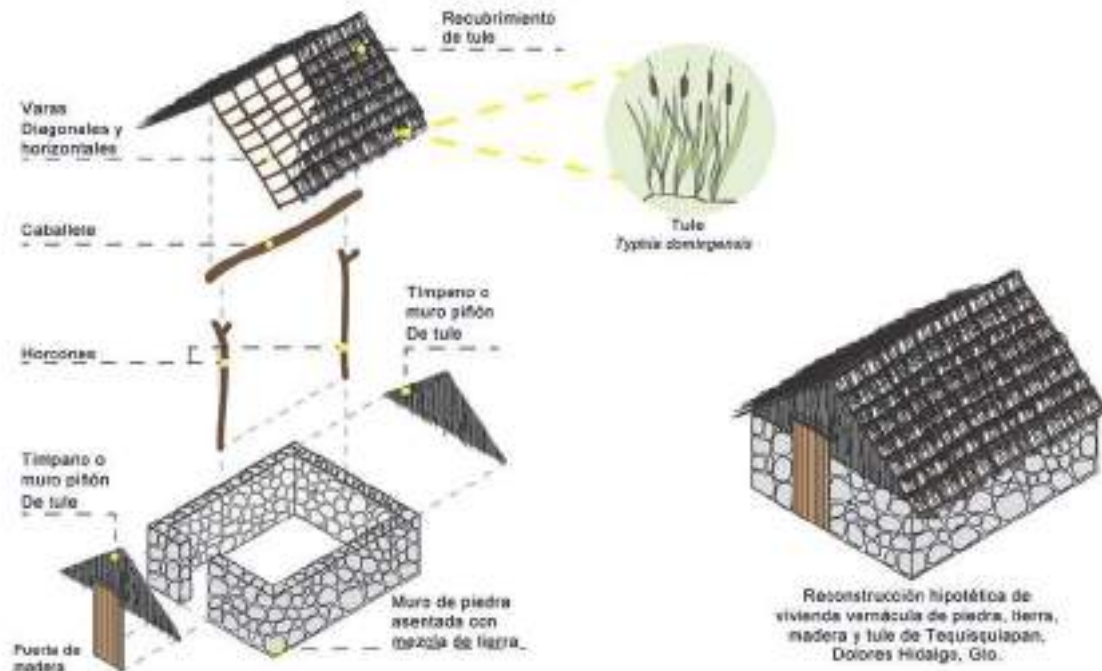


Figura 2. Croquis de aproximaciones de reconstrucción de vivienda vernácula de piedra, tierra, madera y tule a partir de testimonios de habitantes de la localidad de Tequisquiapan

Las viviendas de piedra, tierra, madera y tule siguieron abundando durante la existencia de la hacienda y la estación de ferrocarril en Tequisquiapan y desaparecieron poco a poco conforme a las nuevas tecnologías de construir, primero el adobe, y luego los materiales de finales del siglo XIX y comienzos del XX, como el acero, la lámina, el tabique rojo recocido y el cemento.

En la actualidad, no hay vestigios de alguna de estas viviendas en la localidad, solo la población mayor de la comunidad conserva los recuerdos de éstas, sin embargo, existen edificaciones similares a como se describen las de Tequisquiapan en otras localidades cercanas de los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende; en el caso del segundo, éstas han sido documentadas por Arteaga (2008).

4 EL ADOBE EN TEQUISQUIAPAN

El adobe llegó a la comunidad como una tecnología a partir de la construcción de la hacienda y la antigua estación de ferrocarril, lo que representó para los habitantes que este fuera un material de mayor jerarquía para quienes podían edificar con él.

De acuerdo a testimonios de personas de la comunidad, las viviendas construidas con adobe en estos conjuntos, eran de las más ostentosas de la localidad, esto en comparación con las que eran hechas de piedra, tierra, madera y tule. Posteriormente, las casas de adobe de la hacienda y estación perderían su estatus gracias a la falta de mantenimiento y su deterioro, así como por la construcción de nuevas casas de uno y dos niveles de tabique recocido, block y concreto.

4.1 Las edificaciones de adobe en la localidad

Entre las edificaciones de adobe que aún se conservan en la localidad se identifican: los vestigios de la casa de hacienda, las trojes, el templo, algunas bardas y otras viviendas de la

antigua hacienda, cinco casas del conjunto de la estación de ferrocarril, la capilla de *velación*⁹ de los danzantes, así como diversas viviendas populares. Cada una de estas edificaciones muestran generalidades y algunas variaciones en su forma de construcción con adobe.

a) Los vestigios de la antigua hacienda (figura 3)

En cuanto a las construcciones de la hacienda, en los vestigios de la casa grande –que actualmente está subdividida en diferentes viviendas de habitantes del lugar- se observan muros altos de 68 cm de espesor, que integran después de cada hilada de adobe una hilada de piedras y en algunos casos pedacería de barro cocido. Esto mismo pasa en algunas de las bardas que delimitan sus patios. Los cerramientos y marcos de los vanos como puertas y ventanas se hicieron con tabique y madera, los techos son de petatillo de barro cocido y vigería de madera. La casa grande tiene un pórtico al exterior, con columnas esbeltas de perfiles redondos de acero que sostienen vigas y cargadores de madera cubiertos con lámina.

Entre los espacios de vivienda cercanos a la casa grande de la hacienda, están los vestigios de la fachada de una vivienda que le perteneció, la cual fue construida con adobe y marcos y cerramientos de tabique y madera. A los alrededores se encuentran del lado este del Río Laja, algunos vestigios de muros de adobe que formaron parte de otros de los espacios de la hacienda, pero que han sido ya demolidos parcialmente y reutilizados como bardas que complementan delimitaciones de nuevas viviendas de la población de la localidad (figura 3).

El templo de la antigua hacienda que colapsó en febrero del 2019, estaba construido con adobes de 45 cm por 60 cm y 10 cm de altura.

En general, las bardas de delimitación de la hacienda fueron hechas con adobe y contrafuertes de piedra en forma de trapecios, superpuestos, que permiten que el adobe se teja con estos.



Figura 3. Vestigios de elementos construidos con adobe de la antigua hacienda de la localidad de Tequisquiapan

⁹ La velación es un ritual que se realiza para celebrar a diferentes santos patronos de barrios, localidades rurales. Estas se realizan durante toda la noche previa al día de la fiesta, hay música y danzantes, rezos y se hacen diversas ofrendas para decorar las capillas y altares de los santos.

b) Las viviendas del conjunto de la estación de ferrocarril (figura 4)

Las viviendas parte del conjunto de la antigua estación de ferrocarril contaron originalmente con una habitación, pórtico y el área exterior del solar, agregándose posteriormente una cocina de humo. Los cuartos y las cocinas fueron construidos con sobrecimientos de piedra, muros de adobes de 45 cm por 60 cm por 10 cm en las habitaciones, y de 33 cm por 45 cm por 8 cm en las cocinas, asentados con mortero de tierra, igual a la mezcla con la que fueron hechos los adobes. Los cerramientos de los vanos de puertas y ventanas se hicieron con dinteles de madera, rieles metálicos y arcos escarzanos de tabique rojo recocido muy de acuerdo a la época de finales del siglo XIX y comienzos del XX¹⁰.

En las cubiertas se usaron viguería y tablas de madera recubiertas con cal, algunos refuerzos de rieles y lámina de zinc en combinación con las tablas de madera. El relleno de la azotea en las habitaciones originalmente era de cal y agregado grueso –como grava-, con entortado de cal y capa de soleras de barro, mientras que los pretiles eran de adobe con pedacería de piedra, tabique y remate de loseta de barro. La cubierta de las cocinas originalmente fue de una lámina gruesa y lisa.



Figura 4. Registro fotográfico del conjunto de viviendas de adobe de la antigua estación de ferrocarril de la localidad de Tequisquiapan.

Los recubrimientos de los muros eran de aplanados de cal y arena, con pintura de cal en tono blanco y detalles con pigmentos color rojo y amarillo en exterior y azul en interior. Las cocinas dejaron algunas caras de los muros de adobe aparentes sin aplanado, los cuales muestran un rajueleado – incrustación de pequeñas piedras- en sus juntas verticales y horizontales. Los pisos de los interiores se hicieron de cemento pulido. Las puertas y ventanas de madera son del mismo tipo en cada vivenda. Los pórticos originalmente eran espacios exteriores que conectaban la habitación con la cocina, hechos con tierra apisonada y piedras que contenían la tierra y delimitaban el área.

¹⁰ Katzman (1973, p.245, 249, 253) habla sobre el uso de cerramientos de puertas y ventanas, explicando que durante la época del Porfiriato fue recurrente el cambio de arcos de piedra a arcos de barro cocido o ladrillo, y se amplió el uso de dinteles de madera y también de fierro (rieles y otras vigas metálicas)

c) *La capilla de los danzantes*

En esta capilla se realizan las velaciones para comenzar con las fiestas de los patronos de la localidad, fue construida con adobe. Ésta se encuentra reforzada con rieles metálicos y tiene actualmente como cubierta una losa maciza de concreto.

d) *Viviendas populares (figura 5)*

Otro tipo de edificaciones construidas con adobe en la localidad de Tequisquiapan son las viviendas tradicionales y populares del lugar, las cuales no fueron abundantes en comparación con las de piedra, tierra, madera y tule. Las casas de este tipo, son cuartos de no más de 4 m de longitud por cada uno de sus lados, y de 2 a 3 m de altura. Servían como habitaciones, cocinas con fogón de leña, bodegas y en algunas ocasiones corrales.

La cimentación y sobrecimiento de estas construcciones se hacía con piedra. En algunos casos se observan los muros son desplantados directamente del suelo. Los muros de adobe se pegaban con mortero de tierra igual a la mezcla con la que se hicieron estos. Los cerramientos y dinteles de puertas y ventanas se hacían con madera y en algunos casos también se usaron cerramientos de rieles metálicos y de tabique recocido. Las edificaciones identificadas actualmente en la zona cuentan con techos de lámina. Para estas viviendas podían hacerse recubrimientos de mezcla de tierra. También se llegaron a utilizar los revoques de mortero de cal y arena, así como pinturas de cal con colores a partir de pigmentos rojo, amarillo y azul.

En cada solar o terreno se construían estos cuartos de adobe comunicados a partir del espacio exterior generado en torno a las edificaciones. Se configuraban así pasillos o patios gracias a las construcciones de habitaciones, cocinas y cercas de madera y vegetación del lugar.

 Cuarto de adobe usado como habitación, sin cimentación y sobrecimiento, con recubrimiento y pintura de cal y pigmento amarillo	 Cocina de humo construida con adobe, sin cimentación y sobrecimiento, con cubierta de lámina galvanizada	 Corral de adobe sin cimentación y sobrecimiento, con cubierta de lámina galvanizada
 Habitación de adobe sin cimentación y sobrecimiento, con cubierta de lámina galvanizada	 Detalle de ventana y dintel de hechos con madera reciclada	 Detalle de recubrimiento de mortero de cal y pintura de cal con pigmento tono salmón

Figura 5. Registro fotográfico de viviendas tradicionales y populares construidas con adobe en la localidad de Tequisquiapan

4.2 ¿Cómo se hacía el adobe?

La población mayor de la localidad aún conserva los conocimientos sobre cómo hacer adobes y construir con ellos. Hace aproximadamente 50 años, incluso se llegó a producir este material como parte de un negocio en el lugar.

La tierra se extraía del mismo terreno donde se iba a construir o de las zonas más cercanas al Río Laja¹¹. Ésta se aflojaba y se dejaba reposar. La mezcla se preparaba con la tierra previamente *dormida*, esto es remojar la tierra con agua al menos un día antes de hacer los adobes. Se agregaba estiércol de burro y en algunas ocasiones pasto seco como fibra para estabilizar. Los hijos e hijas de las familias ayudaban a su padre en el acarreo de agua de pozos cercanos y en el batido de la mezcla con los pies.

Una vez que se tenía la mezcla de tierra en un estado plástico adecuado, se hacían los adobes utilizando un molde de madera, cuyas dimensiones variaron con el paso del tiempo, siendo más grandes los adobes de construcciones más antiguas (45 cm de ancho por 60 cm de largo y 12 cm de peralte) y de menor dimensión los de construcciones más recientes (30 cm de ancho por 45 cm de largo y 10 cm de peralte). El molde tenía que humedecerse y limpiarse cada vez que se iba a hacer una nueva pieza. Los adobes se colocaban en el suelo y se dejaban secar de manera horizontal, a los tres días podían levantarse y ponerse de *canto*, esto es apoyarlos de forma vertical desde la cara que da su espesor o peralte con el lado más largo de éstos, para que continuaran con su secado y posteriormente almacenarse en algún lugar donde no se humedecieran hasta que llegara el momento de que se utilizaran para construir.

5 ANÁLISIS CRÍTICO

Se llegó al trabajo en la localidad rural gracias a los vestigios y arquitectura construida con tierra, en este caso con adobe. Fue importante identificar que, además de construir con este sistema constructivo hubo otras maneras de utilizar la tierra para edificar que resolvieron la necesidad existente en la localidad para resguardarse y habitar, en este caso con las viviendas de piedra, tierra, madera y tule.

El adobe fue un sistema constructivo externo a la localidad, que llegó en un momento de globalización a ser utilizado en diversas zonas del país, y que si bien, logró usarse, no fue del todo apropiado por los habitantes del lugar. Esto se dio por los antecedentes de otros tipos de viviendas vernáculas y tipo de tierra en la región, y también por la introducción de materiales industriales, en una transición casi directa de la construcción de viviendas vernáculas de piedra, tierra, madera y tule a viviendas de nuevos materiales más modernos y simbólicamente más resistentes. En algunos casos se pasó del hacer cuartos de piedra y tule o de adobe, por cuartos contruidos con tabique rojo recocido y block de concreto, distribuidos de manera muy similar en los solares a como se hacían anteriormente, aprovechando diversos materiales industriales como perfiles de acero, varillas, vigas, piezas de madera, láminas galvanizadas, etc.

Es indudable que existe cierto dejo de las formas de construir vernáculas y tradicionales, sobre todo en el aprovechamiento de los recursos materiales que se tienen a la mano, antes naturales y ahora industriales. Es muy probable que no se pueda volver atrás y construir enteramente de estas formas, debido al cambio del contexto natural y las dinámicas de la población del lugar, por lo que resulta importante y valioso documentar estos saberes como parte del patrimonio de las comunidades y pensar en su aplicación y adaptación en una época contemporánea para construir nueva arquitectura y conservar la ya existente.

¹¹ Los lugares para extracción y batido de la tierra en la localidad eran conocidos coloquialmente como *los hoyos*.

6 CONSIDERACIONES FINALES

En el caso de la localidad de Tequisquiapan, resulta viable pensar que para la conservación de los diversos espacios parte del patrimonio construido con adobe en el lugar, se puede usar este mismo sistema y pensar en integrar un sistema compatible como la *tierra modelada*¹².

En cuanto a la integración de nuevas edificaciones que complementen los espacios ya construidos de acuerdo a los usos y prácticas contemporáneas de los habitantes del poblado, se puede partir de los principios de construcción de la arquitectura vernácula del sitio, con piedra, tierra y estructuras de madera, integrando el uso de materiales industriales recurrentes en el lugar -perfiles metálicos, lámina galvanizada, entre otros- para así promover el aprovechamiento de los bienes y recursos materiales disponibles, pensando en que esta manera de construir resulta más apropiada para la comunidad.

Documentar, rehabilitar y mantener los ejemplos de arquitectura construida con tierra en diferentes escalas en las localidades rurales, en conjunto con las comunidades que habitan estos lugares, contribuye a que se recuperen y no se pierdan completamente los conocimientos en torno a esta, permitiendo que estas comunidades y poblaciones tengan nuevamente el poder e iniciativa de conservar y reutilizar el patrimonio edificado de tierra que ya poseen, y sean capaces también de construir nuevos ejemplos de acuerdo con su realidad y necesidades actuales en cuanto a vivienda, equipamiento y otros servicios para mejorar su calidad de vida, contribuyendo a su vez a generar un menor impacto ambiental gracias al aprovechamiento de espacios ya construidos (Guerrero et al., 2007) y al uso equilibrado de un material que abunda y que puede ser también reutilizado y en caso de ser necesario, reintegrarse éste al entorno de donde es extraído.

Se requiere repensar como especialistas, arquitectos, conservadores y restauradores la forma en que se colabora en comunidad en pro de la conservación de la arquitectura tradicional y en la construcción de nuevas edificaciones con tierra, donde es necesaria la optimización y aprovechamiento de recursos y bienes materiales tradicionales y contemporáneos, humanos y económicos con base a la sabiduría y conocimientos tradicionales, técnicos, científicos y académicos necesarios, donde se priorice el mantenimiento de una relación entre los bienes y saberes, con quienes los poseen para que su cuidado y transmisión continua

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, P. (2008). Participación del arquitecto restaurador en la conservación y restauración de la arquitectura prehispánica. Caso Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende, Guanajuato. Tesis de maestría. Guanajuato, México: Escuela de Arquitectura Universidad de Guanajuato.
- Bonfil, G. (1988). La teoría del control cultural en el estudio de procesos étnicos, en Anuario Antropológico, (86) p. 1 – 27.
- Bonilla, J.; Santamaría, B. (2012). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Disponible en: <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Typhaceae%20176.pdf>
- Correia, M. (2020). Património mundial em terra: avaliação e conservação. Conferencia virtual Disponible en: <https://www.facebook.com/lbomex1/videos/983852188709451/>
- García, J. (2010). Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional. León: Gobierno del Estado de Guanajuato.
- Guerrero, L.F.; Meraz, L.; Soria, J. (2007). En torno al concepto de reutilización arquitectónica. Bitácora arquitectura (17). DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2007.17.26228>

¹² La tierra modelada se ha empleado desde la antigüedad en países de África, Asia, América y Europa. Para construir y restaurar, se utiliza una mezcla de tierra en un estado plástico, similar a la que se usa para hacer adobes; con la diferencia de que la mezcla se va colocando directamente en el proceso de edificación de los muros

INAH – Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ficha nacional de catálogo de monumentos históricos inmuebles.

INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato.

Katzman, I. (1973). Arquitectura del siglo XIX en México. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Prieto, V. (1978). Vivienda campesina en México. México. Instituto Nacional del Fondo de Vivienda para los Trabajadores.

SEDESHU – Secretaria de Desarrollo Social y Humano (s.f.). Tequisquiapan, Dolores Hidalgo C.I.N. https://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/files/indigenas/monografias_indigenas/dolores_hidalgo_tequisquiapan.pdf

SEDESOL (s.f.), Catálogo de localidades. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=110140340>

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los habitantes de la localidad de Tequisquiapan, Dolores Hidalgo, Guanajuato: Guadalupe Cruz Flores (73 años), Carmen Cruz Flores (71 años), Leticia Velasco Cruz (46 años), María Dolores Badillo (23 años), Maribel Velasco Cruz (26 años), Félix Villafuerte, Juana Cruz Flores, Guadalupe Villafuerte Cruz, Sandra Villafuerte Cruz, Rafa Vázquez Villafuerte, Martín Segura Pérez (15 años), Martín Segura Pérez (67 años), María Irma Martínez Villafuerte (58 años), Ma. Jesús Alvarado Rojas (55 años), Guillermo Villafuerte Cruz, Cesáreo Jiménez (40 años), Mario Jiménez (45 años), Juan Rojas (72 años), Héctor Martínez Cervantes (34 años), Juan Bernabé Jiménez Cervantes (20 años), Orlando Jiménez Cervantes (18 años), Teresa García Jiménez (80 años), José Trinidad Badillo Sánchez (88 años), Angélica María Vázquez Cruz (46 años), Alejandro Antonio Salazar Vázquez (25 años), Luis Manuel Cruz Garay (31 años), Paula Garay Jiménez (52 años), Carlos Manuel Cruz Garay (13 años) y Manuel Cruz Flores (58 años).

AUTORES

Paola Lizette Cruz Garay, pasante de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, y arquitecta. Con diplomados en procedimientos y sistemas constructivos tradicionales (UNAM), y análisis de lenguas y cultura de los pueblos indígenas contemporáneos (UNAM y CIESAS). Se ha dedicado a la investigación, documentación, difusión, elaboración de proyectos ejecutivos y de restauración de patrimonio construido con tierra y arquitectura vernácula.

ACTUACIÓN SOBRE LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN TRINIDAD Y EL VALLE DE LOS INGENIOS, CUBA

Duznel Zerquera Amador

Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad, Cuba duznel@restauro.co.cu

Palabras clave: embarrado, gestión, manejo, conservación.

Resumen

En la ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios, Cuba, sitio inscripto en la Lista del Patrimonio Mundial en 1988, existen viviendas de tierra con técnica de "embarrado". De este entramado de madera relleno y revestido con tierra y paja, se desconocía cómo se gestionaba su conservación. Para alcanzar los objetivos, encaminados a identificar y caracterizar la técnica de embarrado en la ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios y recomendar acciones que evitaran la pérdida de estas edificaciones, se diseñó un instrumento con un grupo de variables y parámetros que recogieran los aspectos esenciales para realizar una valoración de la situación actual de las edificaciones patrimoniales edificadas. La ficha confeccionada recoge cuatro aspectos definidos como: generales, tecnológicos, de protección y manejo, y valoración del bien. Se trabajó con una muestra de 69 edificaciones. Los resultados permitieron constatar la pervivencia de la tradición constructiva con la técnica del embarrado en la zona priorizada para la conservación, y la necesidad de su salvaguarda.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Ámbito de estudio

La Santísima Trinidad fue fundada en 1514 por el adelantado Diego Velázquez de Cuéllar, ubicándola al centro de la costa sur de la isla de Cuba, a los 21° 48' 11" de latitud norte y a los 79° 59' 4" de longitud oeste, en la actual provincia de Sancti Spíritus, asentada en las proximidades de la cordillera de Aracas, siendo esta su borde al norte y el mar Caribe al sur.

En Cuba, el surgimiento de los primeros asentamientos del periodo colonial, propició el uso de la tierra como material de construcción, usándose diferentes técnicas constructivas, fundamentalmente las monolíticas y las de estructura; dentro de éstas, la técnica del tapial y las estructuras de madera revestidas con tierra y paja fueron las más comunes. El uso de otras técnicas, como el adobe, tuvo cierta aplicación, pero no perduró en el tiempo.

De todas las técnicas de tierra empleadas y definidas por Hays y Matuk (2003) la más difundida en Trinidad fue la técnica mixta de tierra procesada, específicamente la que se ubica dentro del sinóptico de las construcciones con tierra establecido por estos autores como [E] Estructuras portantes diversas con osamentas que sostienen un relleno a base de tierra, [E1], Armazones con osamentas (bahareque, *pau a pique*)

Para el caso de Cuba, se asume el término de embarrado para denominar estas edificaciones.

El término embarrado, de raíz castiza, sugiere la vivienda de horcones, palos entrelazados y barro amasado con fibra vegetal que fueron inducidas por los españoles quienes conocían las construcciones con tierra en sus diversas modalidades (García 2008. p, 139).

Estas técnicas de embarrado, según Marín y Rodríguez (1945), no solo se encontraban en viviendas, también fueron usadas en las primeras edificaciones religiosas tanto en la ciudad como en el valle de los Ingenios.

En la actualidad, la ciudad llega al siglo XXI exponiendo algunos ejemplos de estas viviendas, ubicadas de forma aislada dentro de la trama urbana y conviviendo con otras edificaciones de ladrillo y mampuesto.



Figura 1: Centro Histórico de Trinidad. Calle Amargura

El valle de los Ingenios, territorio vinculado indisolublemente al desarrollo económico y social de la ciudad de Trinidad, tiene un área total de 499.57 km², de ellos, 276 km² priorizados para la conservación. En este valle se ubican veintinueve asentamientos humanos, en los cuales se encuentra también el embarrado como solución constructiva para las viviendas desde principios del siglo XIX hasta la actualidad. Muestra de ello se puede encontrar en el poblado de San Pedro.

San Pedro de Palmarejo fue el nombre con que se conoció en el siglo XVIII el Hato entre Trinidad y Sancti Spíritus y contaba con la existencia de una iglesia en el 1755, sin viviendas (Angelbello, 1989). Según el Cuadro Estadístico de la siempre fiel isla de Cuba correspondiente al año de 1846, en el poblado de San Pedro, se informa de un caserío de pocas casas y 92 habitantes, conformado por negros libertos y pequeños colonos, ubicado al sur oeste de la ciudad de Trinidad, Cuba, a 35 km de la misma (figura 3).



Figura 2: Casa de barro en San Pedro

Por la significación cultural de la ciudad de Trinidad y el valle de los Ingenios, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios-ICOMOS recomendó su inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial, la que quedó unánimemente aprobada el 8 de diciembre de 1988, en la Convención de la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, convocada por la Unesco y celebrada en Brasilia. Allí fue ratificada la declaratoria. La ciudad de Trinidad y el valle de los Ingenios junto a La Habana Vieja y su Sistema de Fortificaciones son las dos ciudades cubanas incluidas en el inventario del Patrimonio Mundial Construido en Tierra realizado en 2012 por el World Heritage Earthen Architecture Programme (WHEAP) Unesco.



Figura 3. Localización de San Pedro en el Valle de los Ingenios, Trinidad, Cuba

A pesar de la importancia de estos conjuntos arquitectónicos y de las recomendaciones establecidas por la Unesco, tanto en la ciudad de Trinidad como en el valle de los Ingenios se observa un progresivo deterioro y pérdida de valores de las edificaciones construidas con tierra, poniendo en riesgo la existencia física de las mismas y su distinción patrimonial. De no reconocer e intervenir de manera inmediata estarían condenadas a desaparecer y con ellas la técnica de embarrado. Si no se estudian las características de dichas construcciones, se evitan las intervenciones inadecuadas y no se hacen propuestas que garanticen su durabilidad en el tiempo, evitando daños que aceleren las patologías existentes producto de su antigüedad, deterioro natural y las malas acciones realizadas en ellas, desaparecerá una huella ineludible de nuestra existencia.

No se posee un levantamiento que recoja los tipos o modos de actuación que se han realizado en las edificaciones con técnica de embarrado en la ciudad de Trinidad y el poblado de San Pedro.

Como objeto de estudio se seleccionaron las edificaciones de carácter histórico construidas desde el siglo XVIII hasta la actualidad que emplean la tierra como material de construcción en sus muros, mediante la técnica del embarrado, localizadas en la ciudad de Trinidad y el poblado de San Pedro.

Los objetivos están encaminados a identificar y caracterizar la técnica de embarrado en la ciudad de Trinidad y el Valle, evaluando el modo de actuación en ellas para recomendar acciones que eviten la pérdida de estas edificaciones.

1.2 Materiales y métodos

En la valoración sobre la actuación que se tiene para la salvaguarda de estas edificaciones no se evalúa sólo el comportamiento de la técnica, sino también otros aspectos de carácter patrimonial y socioeconómicos, necesarios para su gestión y manejo.

Fue necesario el diseño y confección de un modelo de ficha que sirvió como instrumento para el levantamiento de las experiencias del actuar sobre las edificaciones de tierra, el cual fue validado por un grupo de expertos cubanos en el tema. En la ficha se tuvieron en cuenta cuatro grupos de aspectos: generales, tecnológicos, de protección y manejo, y valoración del bien. Cada aspecto mencionado recoge las variables y parámetros a medir para la valoración.

- I. Grupo I – Aspectos Generales: localización, evolución y valores patrimoniales.
- II. Grupo II – Aspectos tecnológicos: soluciones dadas en intervenciones, modo de intervención.
- III. Grupo III – Aspectos de protección y manejo: legalidad, salvaguardia, gestión del bien y planificación de la intervención.
- IV. Grupo IV – Aspectos de valoración del bien: conocimiento de la población sobre las técnicas constructivas, acciones institucionales hacia la divulgación del patrimonio construido con tierra.

En el marco nacional se analizaron las fichas de las Oficinas de Historiadores y Conservadores de Cuba, entre ellas, la de la Oficina del Historiador de la Habana Vieja, la de la Oficina del Historiador de Camagüey, la Oficina del Conservador de la Ciudad de Trinidad y el Valle de los Ingenios y la de Santiago de Cuba. Además de estas se estudiaron las aplicadas por la Oficina de Conservación y Restauración de Monumentos de Santa Clara y de Remedios.

Como ejemplo internacional, se consultó la ficha empleada por la Unesco para el levantamiento de arquitectura en tierra con valores patrimoniales, así como, la ficha de catalogación de los edificios patrimoniales de la región de Murcia, España.

En la investigación titulada “Estudio de la patología de las edificaciones de tierra. Propuesta de mejora”¹, se propone una ficha específica para las edificaciones con valores patrimoniales construidas con tierra. En dicha investigación se tuvo en cuenta las fichas antes mencionadas. Otras de las investigaciones que sirvió de referencia fue la presentada por Monteagudo Rodríguez (2001)

Como limitante de las fichas mencionadas se detectó que no establecen un análisis encaminado a valorar el modo de actuación, solo hacen mención en los casos intervenidos, con énfasis en las características arquitectónicas y técnico-constructivas de la edificación, tampoco consideran los aspectos socioculturales.

Al tener en cuenta los estudios mencionados de investigaciones científicas precedentes sobre edificaciones de tierra, se procedió al diseño de las variables y parámetros para el primer epígrafe.

Para establecer las variables y parámetros del epígrafe segundo se tuvieron en cuenta primeramente los documentos rectores para la gestión y manejo de los bienes culturales edificados, entre ellos, los documentos legislativos para el caso de Cuba y los especiales de Trinidad y el valle de los Ingenios; los documentos de planificación y se incluyeron además los criterios de especialistas de la Oficina del Conservador de Trinidad.

Fueron de vital importancia los criterios de los principales actores dentro del proceso de conservación de la ciudad de Trinidad y el valle de los Ingenios, para establecer las variables y parámetros en la valoración del modo de actuación sobre las edificaciones patrimoniales con técnicas de embarrado. Para lo cual se aplicó la técnica de investigación científica de la entrevista.

Se seleccionaron dos grupos de personas para aplicar las técnicas investigativas; en un grupo estaban los pobladores que brindaron información sobre los procesos técnicos constructivos. Los pobladores seleccionados debían tener como requisito, en primer lugar, ser constructores de viviendas de embarrado o proceder de familias con tradición en esta técnica constructiva y el otro grupo especialistas de la Oficina del Conservador de la Ciudad de Trinidad donde se abordaron los temas sobre la gestión y manejo de las edificaciones objeto de estudio. La muestra seleccionada fue no probabilística, dirigida por sujetos tipos Hernández Sampiere (2004).

¹ Informe final de investigación Proyecto AECID, de la Universidad de Oviedo, España, y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villa, Cuba (2008-2011)

Conformadas las variables y parámetros (tabla 1) se sometieron al instrumento de toma de datos.

Tabla 1: Relación entre variables y parámetros de la investigación

Variables	Código	Parámetros
Identificadores	A1	Identificador de la edificación en la tabla
	A2	Código de la edificación
	A3	Coordenadas geodésicas – longitud y latitud
	A4	Patronímico
	A5	Orientación
Generales		
Localización	B1	Provincia
	B2	Municipio
	B3	Barrio, Zona o Reparto
	B 4	Calle
	B5	No. Postal
	B6	Tipo de zona
	B 7	Planta
	B8	Fotos
Evolución	C1	Época de construcción (1/2 siglo, 1/4 siglo)
	C2	Año de intervención constructiva
Tecnológico		
Solución en caso de intervención	D1	Elemento que se interviene
	D 2	Tipo de solución
Modo de intervención	E1	Quién llevo a cabo la intervención
	E2	Procedimiento empleado
	E3	Materiales utilizados
Protección y manejo		
Legalidad	F1	Solicitud del permiso de construcción
	F2	De ser ilegal, ¿por qué?
	F3	Acciones que violan el reglamento
Planificación de la intervención	G1	Fue intervenida como parte de un programa de intervención
	G2	Dentro de la rehabilitación y conservación de viviendas donde se encontró
	G3	Existe un programa específico para edificaciones de embarro
	G4	Se prevé el mantenimiento
	G5	Satisfacción con la intervención
Salvaguardia	H1	Declaración o significación reconocida
	H2	Bajo qué ley están amparadas
	H3	Se encuentra dentro del área declarada y se ampara en la declaratoria
	H4	Grados de protección
Gestión del bien	I1	Financiamiento de las intervenciones
	I2	Personal calificado
	I3	Recursos para las intervenciones
Valoración del bien		
Acciones institucionales	J1	Acciones que se llevan a cabo
	J2	Formas de promocionar el bien
	J3	Satisfacción o negación de la técnica
Conocimiento de la población	K1	Importancia dentro del patrimonio
	K2	Conocimiento de la técnica del embarro
	K3	Forma de obtención del conocimiento de la técnica

1.3 Selección de la muestra para realizar el levantamiento

El Centro Histórico de la ciudad de Trinidad cuenta con el inventario realizado por el Museo de Arquitectura de la ciudad en 1981, en el que registraron 48 viviendas en esa etapa. Visitadas la totalidad, se constató la pervivencia de 22 inmuebles con la presencia del embarrado. Esta cifra se tuvo en cuenta para trabajar con el 100% de la muestra, definida como no probabilística por Hernández Sampiere (2004). Se trabajó con todas las edificaciones dentro del Centro Histórico de Trinidad con presencia de la técnicas de embarrado (figura 4).

En el valle de los Ingenios se visitaron los 29 asentamientos poblacionales existentes. En cuatro de estos se comprobó la existencia de la técnica de embarrado: Condado, con una edificación; Magua, dos; La Pastora, con una; y San Pedro con 100 edificaciones. Para el estudio se tomó el poblado de San Pedro, por ser el más representativo. En estudios al poblado de San Pedro que anteceden al presente trabajo se destaca el realizado por la Oficina del Conservador de Ciudad de Trinidad en el año 1999, en el que se registraron 192 inmuebles de tierra. Mediante él se definió una zona donde perviven las edificaciones de la época más temprana del poblado en el siglo XIX, por lo que se tomó esta área para la investigación. Actualmente cuenta con 47 edificaciones con presencia del embarrado.



Figura 4. Organización de las casas de embarrado en el Centro Histórico de Trinidad

El trabajo de campo se dividió en dos etapas: la primera en función de identificar y caracterizar la técnica de embarrado y, la segunda etapa, dirigida a la valoración del modo de actuación en las edificaciones, para posteriormente realizar las recomendaciones en su conservación.

2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con la aplicación del instrumento, se conformó una ficha por cada edificación que permitió identificar los datos más generales de la edificación (tabla 2).

Tabla 2: Fichas de identificación

Ficha de Identificación			Coordenadas X, Y y Z		Código: 700210
Municipio Trinidad		Provincia Sancti Spíritus	X	Y	Z
			604926.536	220679.266	67.602
Dirección	Amargura (Juan Manuel Márquez)	Nº 62	 		
Generales. Evolución					
Uso actual	Vivienda				
Época de construcción	Primera mitad del siglo XVIII				
Grado de protección	I				
Valores patrimoniales	Histórico – arquitectónico-ambiental				
Carácter excepcional	No registrado				
Técnicas constructivas		Embarro			
Elementos donde se emplea la tierra		Muro			
Proporción de tierra (%)		50-75			
Estado de conservación	Buen estado de conservación				
Forma arquitectónica	Planta cuadrada, cubierta a dos aguas				

El embarrado es considerado una de las técnicas constructivas más antiguas usadas en la región central de Cuba y Trinidad, aunque en el este último caso se abandonó en el siglo XIX. De ahí la importancia de preservar los escasos exponentes de este sistema constructivo tradicional dentro de la historia de la región.

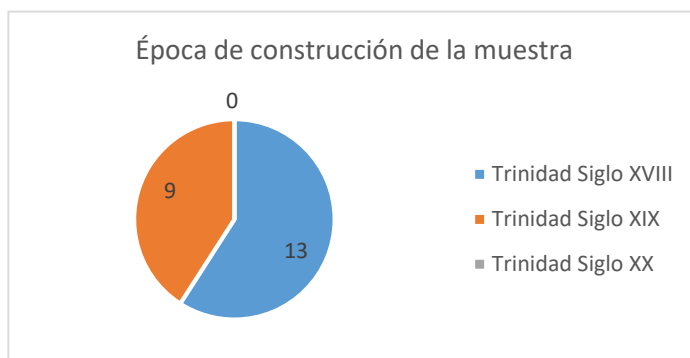


Figura 5. Épocas de construcción del embarrado en Trinidad

Con el levantamiento a partir de la muestra seleccionada se evidenció que continúa la tradición en las intervenciones con el uso de la tierra y la fibra vegetal en el Valle de los Ingenios como solución al hábitat, a diferencia de la ciudad, donde sólo se conservan las edificaciones existentes.



Figura 6. Épocas de construcción en San Pedro y ejemplo existente

Se observó que los elementos más intervenidos son los muros, las cubiertas y los revestimientos. Se registraron doce tipos de soluciones. Entre las más utilizadas en muros aparecieron: el relleno de fisuras y oquedades, sustitución de cujes, remplazo del empañetado, y la sustitución de bejucos por clavos. Las soluciones para el revestimiento fueron el encalado y el revoque con mortero de cemento. En la cimentación solo se registró el recalce de horcones. Mientras que en la cubierta se constató de la impermeabilización de cubierta, arriostre de elementos de entramado de cubierta y sustitución de elementos del entramado de cubierta. Además se muestra un atributo que marca la sustitución de técnicas en las intervenciones realizadas. En las figuras 8 y 9 se muestran los tipos de soluciones y la cantidad de estas. Se muestra también la cantidad de soluciones respecto al elemento donde fueron utilizadas y el por ciento que representan dentro del total de soluciones. En algunos casos la sustitución de materiales en la técnica original, ya sea suplantando el muro de barro por ladrillo cocido o bloque, pone en peligro la pervivencia de la técnica. Puede catalogarse como una arista positiva en la incorporación de nuevos materiales, el uso del clavo en sustitución del bejuco en la unión de los cujes a los horcones, para el caso de San Pedro se observa cómo, por la presencia de potreros de ganado, se utiliza el alambre de cerca sustituyendo al cuje.

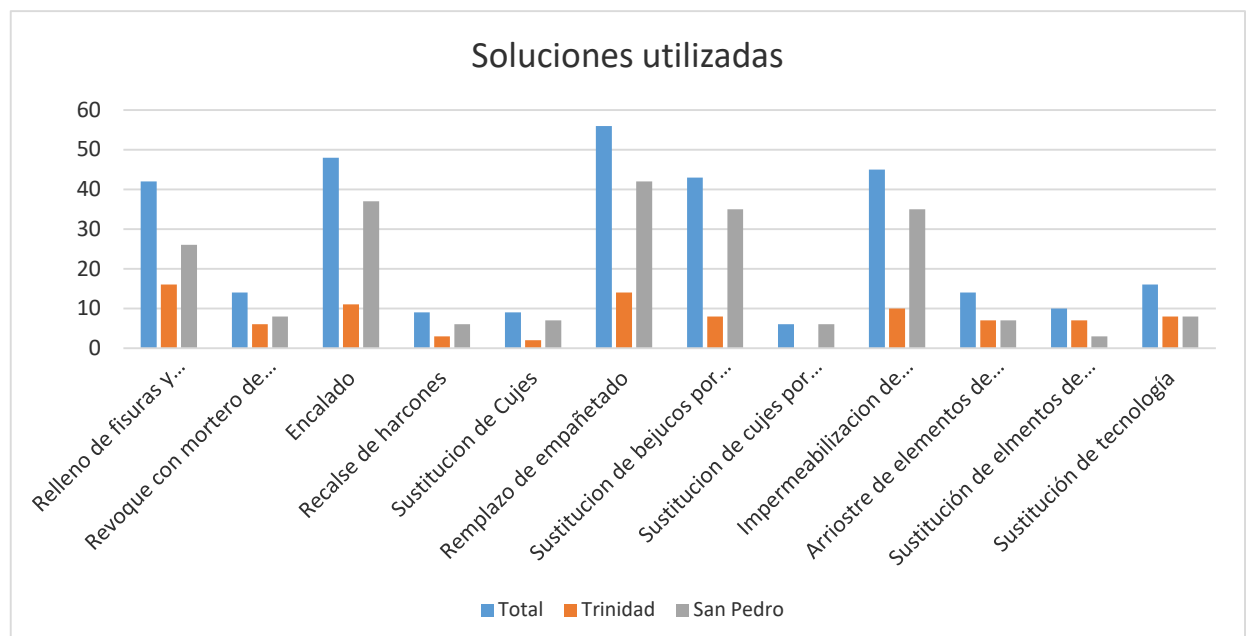


Figura 8: Gráfica de soluciones utilizadas

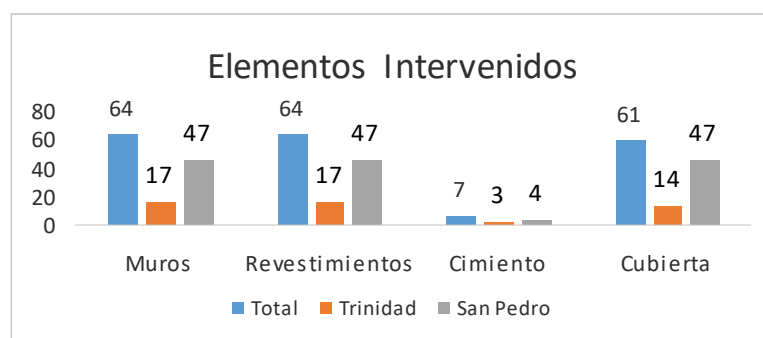


Figura 8: Grafica de elementos intervenidos

De las 22 viviendas de la muestra de estudio, para el caso de Trinidad, en 17 de ellas se registró algún tipo de intervención. Nueve fueron intervenidas de forma gubernamental, lo que representa un 53%; cuatro fueron intervenidas por sus propietarios de forma privada, para un 23.5%; y otras cuatro se intervinieron en conjunto entre el gobierno y el particular propietario del inmueble lo que demuestra que más del 60% de las intervenciones fueron realizadas de manera institucional y solo un 23.5% fue realizado por el propietario del inmueble sin ayuda de una institución. Para el caso de San Pedro, las 47 viviendas de la muestra registraron alguna intervención, y solo cuatro de ellas recibieron apoyo institucional.

De las 17 viviendas donde se registraron las intervenciones, nueve (53%) fueron financiados por donaciones internacionales, cuatro (23.5%) lo obtuvieron de forma gubernamental-municipal y otras cuatro (23.5%) fueron financiadas por sus propietarios. En San Pedro, la rehabilitación de viviendas no presentó ningún programa gubernamental y los ejecutados estatalmente sustituyeron totalmente la técnica.

Dentro de las 17 casas en Trinidad donde se registraron intervenciones, solo cuatro de ellas fueron intervenidas por el particular en su totalidad, de las cuales ninguna solicitó el permiso de construcción para un 100%, alegando el desconocimiento de esta solicitud para reparaciones menores, y lo largo del proceso. Lo anterior trajo consigo la sustitución de la técnica ya que los usuarios emplearon como solución para el revestimiento, el mortero de cemento en lugar del encalado, en detrimento de la técnica, además de que la solución tecnológica aplicada es errónea para este tipo de vivienda. En San Pedro no existe un control para la protección de estas edificaciones.

En Trinidad no hay violación del volumen, apreciable desde la fachada, no existen nuevas construcciones que afecten la estética del entorno, no hay alteraciones de los vanos de fachada ni cambio de la carpintería. Por lo anterior, se concluye que a escala del perfil urbano se respetan las normativas impuestas por el reglamento, no siendo tan así en el interior de las viviendas ya que las 22 viviendas presentan algún cambio en la planimetría, para un 100%: a 9 se le adicionaron espacios, para un 41%; en 15 existía la división de estos espacios, para un 68% y 13 habían cambiado de función algún espacio, para un 59% de las 22 viviendas estudiadas, lo cual se debe fundamentalmente a la sobreexplotación de las viviendas.

Para valorar el conocimiento de la técnica de embarrado por los habitantes de los inmuebles se encuestó a un propietario por cada inmueble. De los 22 encuestados, 17 conocían la técnica para un 77% de la muestra. Todos estos conocían los materiales que se utilizaban: 8 de ellos, la forma de construcción, para un 36%, y 5 no conocían la técnica del embarrado, para un 23%. Los pobladores de San Pedro desconocían el valor de sus viviendas y su intención en muchos casos era transformarla con el uso de materiales contemporáneos.

La necesidad de fortalecer el trabajo en el poblado de San Pedro resultó evidente. Lograr el reconocimiento del sitio como un patrimonio único dentro del contexto de Trinidad y su Valle de los Ingenios resulta necesario realizar un proceso de rescate y de control de las estructuras existentes, no solo protegiéndolas, sino desarrollando acciones, que conlleven a que la población local se sienta identificada con estas expresiones constructivas y su conservación contribuya a crear un proceso sostenible que traiga consigo beneficios

socioeconómicos. Por lo que el proyecto de rehabilitación tiene que encaminarse a la búsqueda de soluciones constructivas sin perder el significado cultural de la arquitectura vernácula del valle de los Ingenios cuyas premisas serán generar empleo, mejorar el hábitat y revalorizar la arquitectura de tierra.

Para la intervención de rehabilitación integral del poblado se partió de una propuesta de proyecto a nivel arquitectónico y urbano del bien, donde se implicaron las universidades Marta Abreu de Las Villas de Santa Clara y la Universidad José Martí de Sancti Spíritus con estudios tanto de catalogación del bien desde el punto de vista arquitectónico y de sistemas constructivos y materiales, como de estudios socioculturales del poblado, lo que permitió una caracterización detallada del sitio patrimonial.

En la actualidad se trabaja con la comunidad en el reconocimiento de su patrimonio edilicio a partir del uso de la tierra como material de construcción, así como lo asociado al patrimonio inmaterial de su cultura local, heredada de su condición de poblado generado a partir del asentamiento de negros libertos con influencias de etnias africanas. Se realiza un intenso trabajo en los medios de comunicación para divulgar los valores de la región y del poblado, con varios documentales, entre los que se encuentra la publicación de la Unesco-México titulada “Artesanos de arquitectura de tierra en América Latina y el Caribe: La técnica, la tradición oral y formas de transmisión del oficio y el video acompañante”, los artículos publicados en revistas científicas como Horizontes, revista de arquitectura N° 6 y de corte cultural; en la revista Tornapunta, divulgación en la radio y trabajo con los niños de la comunidad a partir del programa con la escuela de la localidad.

San Pedro será una de las sedes de los talleres del 20° Seminario Internacional de Arquitectura y Construcciones con Tierra (SIACOT) organizado por la Red Iberoamericana POTERRA, en abril del 2022. Se realizan además esfuerzos institucionales para lograr un adecuado desempeño de los actores económicos de la zona para lograr el desarrollo sostenible de la comunidad.

La intervención en el poblado de San Pedro es el inicio de un proceso integral para su reactivación económica y social, a partir del reconocimiento de la cultura como potencial para propiciar el desarrollo local. Se tomó como punto de partida un estudio del hábitat y fundamentalmente en las características de la vivienda. El aporte fundamental de esta intervención es que no se concentra solo en el uso de la tierra como material de construcción, sino en un análisis del contexto que garantiza la existencia de estas técnicas.

En lo particular, se realiza un estudio detallado de la técnica del embarrado determinando las características de los materiales, tipologías constructivas y arquitectónicas, influencias culturales hispanas, africanas y americanas en Cuba y el poblado, en el uso de la tierra como material de construcción.

Las dificultades se enmarcan en el poco reconocimiento del uso de la tierra como material edificatorio, tanto por profesionales del sector de la construcción como por gestores de políticas públicas, así como, la falta de un plan de desarrollo integral para intervención en comunidades rurales como San Pedro. La academia trata de manera limitada los temas de conservación en los programas de pregrado de arquitectos e ingenieros y en menor medida el uso de la tierra; los programas de vivienda desarrollados estatalmente no reconocen las técnicas de tierra como una solución al hábitat.

Otro factor es el reconocimiento local del valor de esta arquitectura y su salvaguarda en el contexto de los modelos de desarrollo que se imponen, asociado a los indicadores de seguridad ante los efectos de desastres naturales y la garantía de una vivienda segura. Se considera necesario tratar las intervenciones desde una perspectiva del desarrollo integral, donde se garantice la sostenibilidad socioeconómica y la continuidad de las técnicas de tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelbello Izquierdo, Teresita (1989). Valle de los Ingenios. Revista Revolución y Cultura Nº 5, La Habana.

García, A, (2008). Las primeras villas de Cuba. Guatemala: Ediciones Polymita S.A.

Hays, Alain; Matuk, Silvia (2003). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. En: Técnicas mixtas de construcción con tierra. Proyecto HABYTED XIV PROTERRA/CYTED. p.125-350

Hernández Sampiere, Roberto Hernández (2004). Metodología de la investigación. La Habana: Editorial Félix Varela.

Monteagudo Rodríguez, I. (2001). Caracterización y evaluación técnica constructiva de mamposterías y tapias de tierra de los siglos XVII, XVIII y XIX. Estudio en la Habana Intramuros. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana.

Marín Villafuerte, Francisco; Rodríguez Altunaga, Rafael (1945). Historia de Trinidad. La Habana: Editor Jesús Montero

AUTOR

Duznel Zerquera Amador, licenciado en Construcción Civil, master en Conservación y Restauración de Edificios Históricos, miembro de PROTERRA. Aspirante a doctor, Facultad de Construcciones de la Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Profesor de la Escuela de Oficios de Restauración, director de la Oficina del Conservador, Trinidad. Cuba.

LA CASA RURAL DEL IICA COMO REPRESENTACIÓN DE LA CASA TÍPICA COSTARRICENSE

María Bernadette Esquivel Morales

¹Red Iberoamericana PROTERRA/ICOMOS CR, ISCEAH, CIAV, bernadette.esquivel@gmail.com

Palabras clave: símbolo nacional, ruralidad, bahareque tradicional, técnicas tradicionales, réplica de vivienda

Resumen

Se hace referencia a la construcción de una vivienda de bahareque con las características de las viviendas rurales del país, un trabajo gestionado por el Instituto para la Cooperación con la Agricultura - IICA como un reconocimiento a las personas del sector rural de Iberoamérica, las cuales comparten muchas características en sus viviendas en cuanto a materiales, técnicas y organización espacial. El modelo de casa típica rural del IICA es el resultado de un esfuerzo conjunto por poner en valor un sistema constructivo y el reconocimiento de la vida cotidiana de los pueblos. Los esfuerzos por utilizar los avances tecnológicos para mejorar las condiciones de vida del sector agrícola, manteniendo el apego a los orígenes, motivó la creación de un Plan Maestro con el cual el IICA quiere iniciar un programa de Puertas Abiertas y recibir visitación para fomentar el uso de tecnologías que favorezcan las condiciones de vida sin desarraigarse del pasado; es por ello que combinan un centro de interpretación interactivo con lo último de la tecnología, con una casita de bahareque con las características de habitabilidad del pasado. El diseño y la construcción de la casa se realizó con técnicas tradicionales en la preparación de materiales y su aplicación, se optimizó cada uno de los procesos, asimismo, los espacios fueron concebidos para generar imágenes con significación cultural para los visitantes y fomentar el reconocimiento de los valores de este patrimonio.

1 INTRODUCCIÓN

La Casa típica rural del IICA es la réplica de una vivienda, que conjuga la mayoría de los elementos que se encuentran en el imaginario colectivo de las casas de antaño de Costa Rica. Su finalidad es mostrar la riqueza de las condiciones de vida del medio rural, en medio del entorno del campus de una organización internacional, al propiciar su recorrido y vivencia.

La cooperación mutua para desarrollar este proyecto a cabalidad ha sido la clave de su éxito. Haber incluido una casa típica dentro de un plan maestro de alta tecnología, uniendo presente y pasado, ha sido un acierto para recuperar y valorar la memoria histórica que es la base de la identidad de los pueblos.

El reconocimiento de los valores de la arquitectura de tierra es el primer paso para su conservación. Si bien existen centenares de casas construidas con las técnicas tradicionales del adobe con sus bloques de tierra colocados en hiladas y del bahareque, que consiste en una estructura de madera rellena de barro y trozos de teja, que se encuentran aún habitadas en todo el territorio nacional, el hecho de que se consideren como técnicas obsoletas, ha propiciado que la mayoría de la población no reconozca sus valores. Esto conlleva a la dificultad de la protección de estas construcciones, ya que no se puede conservar algo que no se conoce, ni tener arraigo o apropiación social si no existe el vínculo para ello.

En este sentido, la construcción de una pequeña réplica de una casa típica en bahareque, con todos sus elementos asociados, ha logrado calar en el sentido de pertenencia de quienes la visitan y lamentan la pérdida de este tipo de construcciones.

2 ANTECEDENTES

2.1 La esencia del patrimonio nacional

La comprensión de la significación del patrimonio, no se limita al significado del término, sino precisamente al arraigo que se establece en una comunidad, ya sea con el bien inmueble, mueble o a las expresiones intangibles asociadas. Arévalo (2010, p.8) establece que: “el patrimonio supone una representación de la memoria social del grupo, lo que se expresa estableciendo vínculos y afectos con la tradición”.

La mayoría de las casas de adobe y bahareque que aún permanecen se encuentran desprotegidas. Son muy pocos los cantones del país que cuentan con medidas regulatorias para incentivar su conservación. Recientemente se solicitó al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la reincorporación de las técnicas del adobe y bahareque dentro del Censo de Vivienda 2021 y la respuesta fue que son muy pocas para ser parte del censo nacional. El Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura y Juventud, CICPC-MCJ cuenta con algunos inventarios de casas con técnicas tradicionales en los cantones que tienen mayor concentración, pero no incluye medidas de coordinación con los gobiernos locales para que se incluyan en los Planes Reguladores, único instrumento local que podría protegerlas.

La protección de las antiguas casas queda a voluntad de los propietarios quienes también sufren las consecuencias de no poder acceder a créditos hipotecarios ni seguros de protección de las viviendas, sumado al estigma social de vivir en una casa que no cumple con las normas del Código Sísmico.

Por otro lado, los valores patrios si se encuentran arraigados y las casas de adobe y bahareque son parte de ese simbolismo que se identifica como parte del pasado, pero no del presente ni futuro. Esta es la razón por la que los esfuerzos de conservación del patrimonio más numeroso del país se deben orientar al fortalecimiento de la identidad y a la formación (información, sensibilización y concienciación) de los ciudadanos. La representación de esta casa típica busca difundir las virtudes y la esencia de nuestro patrimonio.

Valle (2006) coincide en el aporte de la representación del patrimonio para su difusión y divulgación, con el fin de aumentar el interés y la participación de la población en su conservación.

3 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1 Objetivos del proyecto

Revelar la importancia del reconocimiento de la construcción con tierra como una opción vigente, segura, sostenible, y con arraigo en la memoria colectiva de la sociedad, para incidir en la revaloración de las técnicas tradicionales y procurar la revocatoria de su prohibición.

Realizar una investigación para el reconocimiento de los espacios y elementos característicos de las casas rurales de Costa Rica e identificar las posibilidades de incorporarlos en un diseño arquitectónico que se convirtiera en un modelo a escala 1:1 con espacios exteriores como corredores, la cerca, la troja, horno de barro, fogón y la pila, elementos que aún se encuentran en muchas construcciones, no sólo rurales o antiguas, porque se continúan replicando en las construcciones contemporáneas. Se decidió utilizar la técnica del bahareque por ser un tipo de construcción segura y rápida, además de ser una técnica poco valorada que requiere visibilizarse para demostrar su viabilidad para recuperar un espacio entre los sistemas constructivos contemporáneos.

Planificar y modular el trabajo para incorporar maderas antiguas, puertas, ventanas, cañas de castilla, barro, tejas de barro cocido y adaptarse al espacio asignado. La singularidad del proceso constructivo, generó el seguimiento constante para documentar a detalle el proceso e incorporar mediante una grabación time-lapse al Plan Maestro del IICA.

Trabajar con el espacio abierto a la visitación durante la obra, para mayor involucramiento y sensibilización, así como la incorporación a un proceso de visitación ha sido vital para la valoración del proceso de recuperación de la memoria histórica que encierra el patrimonio que se trata de representar.

3.2 Contexto del proyecto

La arquitectura contemporánea en tierra se encuentra limitada actualmente por el Código Sísmico de Costa Rica, elaborado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA) que, en el capítulo 1, Filosofía, de su edición 2010, prohíbe “el uso estructural de materiales y sistemas constructivos como el adobe, el tapial, el bahareque relleno y la mampostería sin refuerzo en los sistemas sismo resistentes de todas las edificaciones y obras afines a ser construidas en el territorio de la República de Costa Rica” (CFIA, 2010: p.2). Ya en la revisión del año 2014 se abre la posibilidad de utilizar estos sistemas “no prescritos por el Código, siempre y cuando el profesional responsable del diseño demuestre que el uso de la alternativa permite el cumplimiento de los objetivos de desempeño descritos en los incisos 1.2 y 4.1.2 de este Código” (CFIA, Código Sísmico 2010, revisión 2014). Sin embargo, pocos profesionales en ingeniería del país diseñan con estos sistemas constructivos, por falta de datos para sus cálculos, derivado también de la falta de interés en investigarlos.

La práctica de la construcción con tierra en Costa Rica se limita a la restauración de edificaciones patrimoniales o a proyectos aislados asociados a talleres de permacultura y bioconstrucción, incorporando técnicas mixtas de construcción con tierra, fomentando la práctica directa muchas veces sin relación adecuada con el contexto.

Pocos arquitectos han incorporado técnicas tradicionales en sus proyectos profesionales; se han construido paredes de cerramiento o decorativas, estudiantes de arquitectura e ingeniería han realizado proyectos de graduación que van abriendo camino, sin embargo, aún queda mucho trabajo por hacer para que se reivindique y retomen este tipo de construcciones

3.3 Idea del proyecto

La necesidad de un prototipo de Casa Rural Costarricense nace de la Dirección del Instituto Interamericano de Cooperación con la Agricultura (IICA), organismo internacional fundado en 1942, como Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, pasando en 1948 con la creación de la OEA a ser el organismo especializado del Sistema Interamericano y tomando en 1976 el nombre actual. Su finalidad es lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural de América latina, El Caribe, Estados Unidos y Canadá.



Figura 1. Plan Maestro del IICA, programa Puertas Abiertas

Para estar al tanto de las necesidades del gremio agrícola y aprovechando las cualidades de los avances tecnológicos, el IICA desarrolló un Plan Maestro (figura 1) como una iniciativa de Puertas Abiertas buscando “Con esta iniciativa, el IICA se abre a la comunidad mediante varios proyectos que fomentan la conciencia sobre el futuro, la innovación y transformación de la agricultura de las Américas”¹, que incluyen los espacios educativos virtuales denominados Centro de interpretación del mañana de la agricultura (CIMAG), Plaza de la Agricultura y Casa Típica Rural, esta descrita como “Es un reconocimiento a los habitantes de las zonas rurales de la América profunda y un puente que conecta el pasado y el presente con el futuro”².

3.4 Financiamiento del proyecto

El proyecto fue financiado por el IICA en cooperación con aliados y donaciones para el Plan Maestro. La Casa típica rural es una parte de este Plan y constituyó un reto para lograr un costo mínimo que cubriera los materiales y mano de obra. Se diseñó y construyó bajo la filosofía de responsabilidad social y cultural, obteniendo como ganancia la satisfacción de mostrar las posibilidades de construir una edificación de bahareque desde sus cimientos.

4 EL PROYECTO: LA CASA TÍPICA RURAL COSTARRICENSE

4.1 Conceptualización de la vivienda rural

La vivienda responde a las condiciones ambientales, económicas, sociales y culturales de una sociedad. Estas condiciones varían a lo largo de los territorios por ello las características de las viviendas son tan variadas. Sánchez y Jiménez (2010, p.175) definen la vivienda rural como “un organismo eminentemente activo e interactivo con el medio natural, construido y comunitario, que constituye una herencia, no sólo cultural, sino también de sostén emocional y cohesivo de las familias, apoyado o con gran influencia de sus actividades económicas y comunitarias”.

Se cuenta con diversos criterios para establecer la división entre lo urbano y lo rural, entre otros, por número de habitantes concentrados en un espacio determinado, no obstante, en lo que sí coinciden varios autores mencionados por Sánchez y Jiménez (2010), es que uno de los elementos clave para definir las viviendas rurales es la relación de éstas con los sistemas productivos.



Figura 2. Imagen de la representación de la casa típica rural del IICA.

Costa Rica es un país de América Central, con una extensión de 51.180 km². Cuenta con 6 regiones socioeconómicas y 12 zonas de vida que demuestran la diversidad de condiciones de las zonas rurales del país, por lo tanto, la vivienda rural costarricense no responde a una

¹ <https://www.iica3d.iica.int/iica-puertas-abiertas>

² <https://www.iica3d.iica.int/casa-tipica-rural> (presenta un recorrido 3D virtual como parte del resultado final)

única tipología. Existen viviendas rurales de madera en la zona norte y hacia el Caribe y la zona sur también, pero sobre pilotes. En el Valle Central, las casas de adobe y bahareque son las más antiguas, mientras que las de madera o bloques de concreto son contemporáneas. Sin embargo, existe un vínculo de representación de las casas de adobe en el imaginario del costarricense. Montero (2014: p 194) cita a Zavaleta, que expresa “El paisaje rural y semirural del Valle Central con hermosas casas de adobes, rodeadas de una exuberante naturaleza, llegaron a simbolizar características como igualdad, paz, democracia y libertad, en otras palabras, el ser costarricense”.

4.2 Planteamiento inicial

La decisión de construir la casa rural en bahareque surgió luego de desechar propuestas proyectadas con materiales contemporáneos y evaluar la posibilidad de hacerla en adobe. Los esfuerzos por recuperar la construcción con técnicas tradicionales en el país llegaron a oídos de la dirección del IICA para quienes las construcciones con tierra son una opción vigente en su país, Argentina. Este factor fue de suma importancia para concretar la oportunidad de construir una casa utilizando algunos de los sistemas constructivos de tierra. Se decidió construirla en bahareque dado que el sitio destinado para su construcción era pequeño y el tiempo de ejecución del proyecto muy limitado. Asimismo, se valoró que colaboraría en visibilizar el sistema constructivo y en dar vigencia a una técnica casi en desuso.

La casa típica rural del IICA fue concebida como una fusión de características de las tipologías de las casas rurales del país. Se consideraron los espacios interiores básicos, un sitio donde cocinar y dormir, y espacios exteriores amplios destinados a la convivencia con los vecinos y la actividad agrícola del entorno.

4.3 Desarrollo del proyecto³

La ubicación del proyecto fue determinada por el Plan Maestro diseñado para el proyecto de Puertas Abiertas y se ubicó donde existía un rancho para fiestas a la orilla de una quebrada.

Se desarmó la construcción existente para dar lugar a la casa de bahareque y al muro perimetral de adobe para delimitar el terreno y definir los espacios interior y exterior.

El diseño final contempló (figura 3):

- o un muro perimetral de adobe con cubierta de tejas
- o un portón de madera a dos hojas, característico de las casas antiguas
- o un acceso empedrado
- o un área verde contiguo al “cerco”⁴ para las plantas medicinales y aromáticas
- o un corredor lateral para el trabajo de proceso de granos.
- o una pila de lavado
- o un horno de barro
- o un molador de granos
- o La “troja”⁵, rancho para guardar las herramientas de trabajo y la carreta.
- o La casa rural que incluye:
 - o un espacio de estar con su fogón
 - o un espacio para dormir

³ Videos del proceso constructivo: <https://vimeo.com/355598425>; <https://vimeo.com/372931222/97dd8c99e8>

⁴ Así se llama tradicionalmente al espacio entre el límite de la propiedad, que se utilizaba para sembrar plantas medicinales y aromáticas.

⁵ La troja es un espacio techado, anexo a la casa para guardar las carretas, herramientas, leña y en su momento las cosechas.

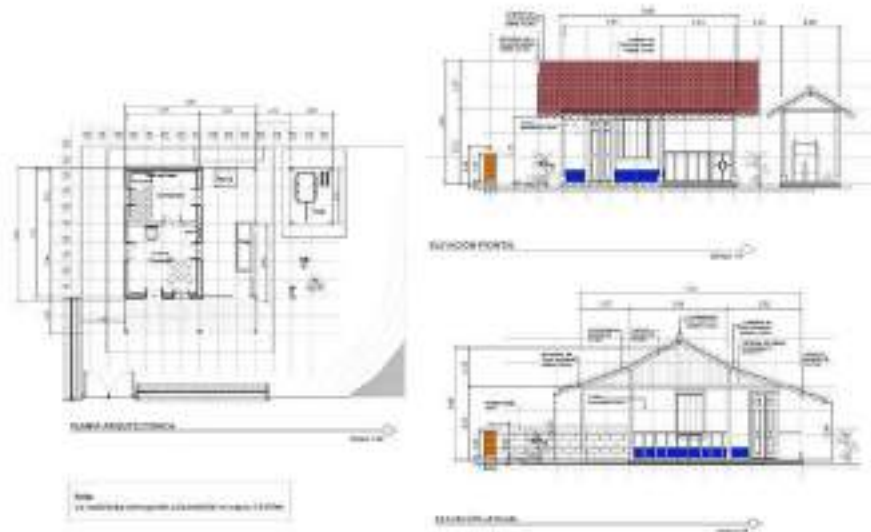


Figura 3. Plano del diseño preliminar de la casa típica rural

Se realizó el trazado de la casa procurando aprovechar al máximo el piso existente. Se realizó el zanjeo y construcción de la cimentación con vigas de concreto y un sobre cimiento ciclópeo del cual sobresalen pines para el anclaje de las columnas de madera. El trazado de la casa se realizó en varas castellanas para lograr las proporciones de épocas pasadas (figura 4).



Figura 4. Trazado y cimentación de la casa de bahareque sobre contrapiso de rancho existente

Se reciclaron maderas antiguas, piezas de madera como cedro amargo y pochote, de construcciones restauradas en las que se debieron realizar sustituciones o injertos (figura 5). Asimismo, se reciclaron ventanas y puertas antiguas.



Figura 5. Levantamiento de estructura primaria en madera reciclada

Para las paredes de bahareque se utilizó caña de castilla⁶ en posición horizontal, en tramas de tres cañas y un espacio para introducir el relleno, alternando en cada cara de la estructura de soporte vertical, para posteriormente rellenar de barro preparado con pasto y finalmente fijado con trozos de tejas (figura 6).



Figura 6. Proceso de estructura horizontal en caña de castilla y relleno de barro con pasto y trozos de teja

Se montó una batea de madera para mezclar la tierra y el pasto conocido como pitilla⁷ y lograr el punto adecuado de plasticidad. La cal utilizada fue apagada con meses de anticipación y llevada al sitio en cubetas para su utilización. El proceso se realizó a la vista de los funcionarios de la institución y visitantes, en constante interacción, dando a conocer cada avance.

La cubierta se realizó con tejas de barro con soportes de cañas de castilla en posición vertical. La cumbrera se pegó con mortero de barro, polvo de teja, cal y arena. En el proceso de secado de las paredes se colocaron dos capas de revoco, la primera, con un grueso de aproximadamente 2 cm y el segundo con una mezcla de cal y barro al 50% con un espesor de menos de 1 cm. Posteriormente y estando casi seco el segundo revoco, se humedece la pared para encalar. La cal aplicada en condición pastosa se realizó con brocha. Posteriormente se colocó la capa final de cal con baba de tuna y una franja azul en la base de las paredes, con pigmento para cemento (figura 7 y 8).

Paralelamente se trabajó en la construcción de un fogón tradicional con estructura de madera y barro como base y ladrillos de barro cocido para soporte de la plantilla de hierro colado: el horno de barro, igualmente construido sobre una cama de madera con base de barro, ladrillos y barro. La pila de lavado, recreada en concreto, las barandas del corredor, y la letrina, alejada de la casa y construida en madera (figura 9).



Figura 7. Procesos de revoco y encalado. Cierre de tapicheles y muro de adobe

⁶ La caña de castilla es utilizada tradicionalmente en las construcciones de bahareque y en las cubiertas para sostener la teja. Se conoce también como carrizo, caña común, caña brava, etc. Su nombre científico es *Arundo donax* y pertenece a la familia Poaceae.

⁷ Pitilla es un pasto característico del Valle Central de Costa Rica utilizado tradicionalmente en la construcción con tierra. Su nombre científico es *Sporobolus poiretii* pertenece a la familia Poaceae.



Figura 8. Proceso de encalado luego del secado del revoco final y franja tradicional con pintura de cal



Figura 9. El horno de barro, la pila y el fogón como parte integral de la casa

Finalizado el proceso constructivo, los funcionarios del IICA gestionaron el amoblado del inmueble con objetos de épocas pasadas, rescatando el carácter y formas de vida que aún se encuentran en la memoria colectiva (figura 10).



Figura 10. Amoblado interno, cocina y dormitorio

5 ANÁLISIS CRÍTICO

5.1 Los símbolos y significados

Costa Rica cuenta con numerosos símbolos patrios que se utilizan para dar a conocer al país, como parte de una estrategia turística o las campañas de identidad nacional. Si bien no se fomenta la conservación de las viviendas tradicionales, las personas sienten gran nostalgia por la imagen de las casas antiguas, aunque desconocen sobre su origen o futuro.

Si bien la casa de adobe no ha sido declarada como símbolo patrio lo es en el imaginario colectivo pues está estrechamente relacionada con el cultivo del café, declarado como

símbolo nacional el 28 de julio de 2020, por su aporte al desarrollo económico, social y cultural de Costa Rica.

Montero (2014, p. 196) hace énfasis en la representación de la identidad nacional a través de los colores de la bandera nacional, azul, blanco y rojo, y vuelve a citar a Zavaleta donde dice: “Así, lo puramente plástico adquirió un rango muy importante. Por ejemplo, esto causó que los colores originales de las casas de adobe fueran cambiados por los pintores. En sus obras aparecen representadas –sobre todo- con tejas rojas, paredes blancas y zócalos azules”.

5.2 Los colores

Las casas rurales en la realidad tienen variedad de colores, muchos de ellos intensos prevaleciendo el verde azulado y el amarillo. Sin embargo, la casa rural se pintó con los colores blanco y azul, complementando con el rojo de la teja, que son los tres colores de la bandera patria. Estos colores fueron utilizados en las representaciones pictóricas de artistas plásticos que quisieron hacer homenaje a la bandera nacional y son los colores tradicionales con los que desde hace más de 60 años se representan las casas típicas costarricenses, urbanas o rurales.

Son innumerables las referencias a la casa típica costarricense, algunas detallan los colores como Campos (2015, p.8) que indica “He aquí las asociaciones más frecuentes, relacionadas con la “casa típica costarricense”: adobes, tejas, paisaje rural, piso de tierra, cocina de leña, abuelita en la cocina, café chorreado, aguadulce, tortillas, interior en penumbra, humildad, tranquilidad y, azul y blanco. Azul y blanco en las casas, en la bandera y en el entorno”.

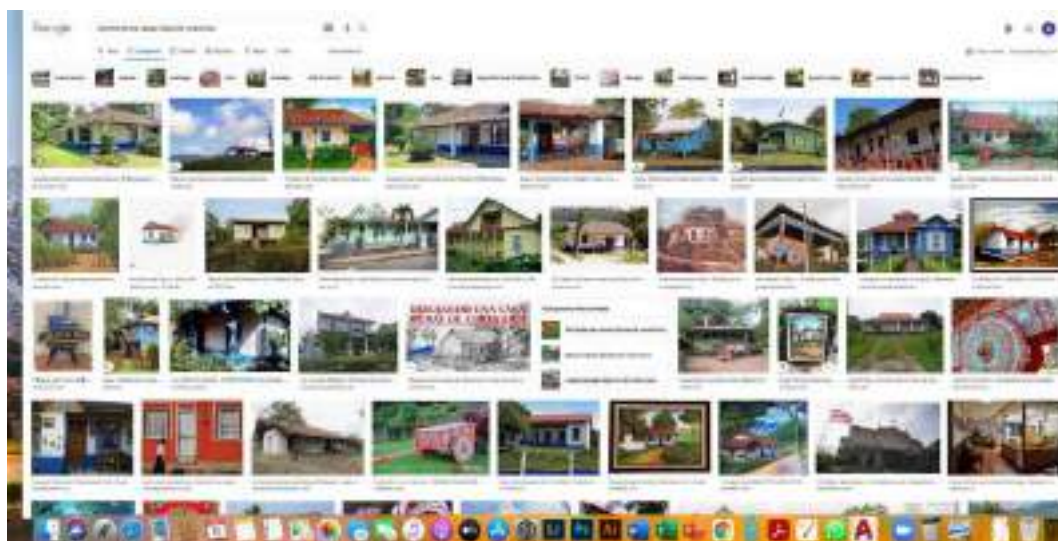


Figura 5. Imagen de la representación de casas típicas en Costa Rica según búsqueda web. Fuente (<https://www.google.com/search?q=colores+de+las+casas+t%C3%ADpicas+costarricenses&tbm>)

5.3 Necesidad de representación

La situación de la conservación del patrimonio en Costa Rica es bastante delicada por el desconocimiento de los valores y beneficios para el fortalecimiento de la identidad nacional en su diversidad. El territorio costarricense, con 52.000 km², alberga una gran diversidad de grupos culturales, indígenas, afroamericanos, mestizos, mulatos, blancos, nacidos dentro y fuera del territorio. Cada uno de ellos con sus costumbres y formas de vida enriquecen la cultura nacional, sin embargo, la valoración sobre la importancia de conservar los rasgos de identidad de esas culturas está lejos de ser prioridad.

No existe un interés nacional, político ni institucional en que se incentive la construcción con tierra. La prohibición del Código Sísmico 2010 continúa aun cuando en su revisión 2014, se

dejó abierta la posibilidad de comprobar el cumplimiento de las normas vigentes. A nivel académico, las universidades no promueven la construcción con tierra y aunque se ha colaborado en el desarrollo de proyectos de graduación, no se cuenta con líneas de investigación específicas. Los colegios profesionales de Ingeniería y arquitectura tampoco la contemplan como una opción de construcción actual, por lo que una normativa en este sentido no se vislumbra a corto plazo.

Estamos ante una posible necesidad de contar solamente con representaciones. Ceballos (2003, p.17) expresa varios conceptos de representación entre los que menciona el ser espejo o síntesis de lo que ya no está:

...la representación es sin duda un momento en el que se unen ausencia y presencia; sin embargo, la relación entre ambas no es lineal. Conviene preguntarse en que se apoya el acto de sustitución, que fuerzas mueve y que trabajo comporta; e igualmente con que legitimidad reemplaza el sustituto al ausente, en nombre de qué principio y con qué provecho; y por fin en qué medida se realiza la sustitución, que se pierde con ella y que efectos produce.

Considerando los conceptos de patrimonio de autenticidad e integridad, una representación no se considera patrimonio por lo que no se debe caer en falsificaciones, pero como bien lo dice Ceballos (2003), ¿con que legitimidad y cuál será el provecho resultante? En este caso en que deliberadamente se habla de representación, su legitimidad se basa en la investigación y su finalidad es demostrar la viabilidad de la construcción con tierra y el apego que existe en la población por su significado y condiciones de confort.

6 CONSIDERACIONES FINALES

El principal resultado fue la construcción misma. Un modelo de una casa de bahareque construido desde sus cimientos, que se encuentra en un lugar de alta visita, que ha generado además de comentarios halagadores, mucha emoción y sentimientos de arraigo e identidad.

El proceso constructivo fue parte del resultado final. Visualizar la construcción desde sus inicios permitió conocer las posibilidades actuales de construir con tierra. Identificar los elementos constructivos y utilitarios con los que las personas se identifican indica una ruta de trabajo para continuar y replicar este proceso.

Bien lo indica Arévalo (2010: p. 9) "De manera que el objeto, material o social, significa algo más allá de las formas: la idea que lo generó, los usos y funciones para los que se creó, el contexto en el que se originó". La casa construida no muestra solo el objeto físico sino una forma de vida y una historia.



Figura 12. Fachada frontal y lateral de la casa típica rural

Otro resultado de este proceso ha sido el reflexionar sobre oportunidades para recuperar sistemas constructivos que aporten calidad de vida a los ciudadanos. Luego de dos años de la conclusión del proyecto ha requerido mantenimiento mínimo, generando entre los funcionarios de la institución mayor seguridad en las posibilidades de construir con esta técnica.

La identidad se nutre de símbolos y se refleja en imágenes. La imagen que representa la casa típica rural del IICA ha logrado tocar las fibras de la nostalgia y añoranza aun cuando conviven en nuestro medio cientos de construcciones de adobe y bahareque. Esto nos demuestra la necesidad de trabajar más en los procesos de formación para el reconocimiento de los valores de las construcciones reales existentes.

El proceso del levantamiento de la casa rural fue parte importante del proyecto por lo que se grabó todo el proceso, se recibieron visitantes para sensibilizar acerca de las técnicas y se han realizado presentaciones y videos para dar a conocer el resultado. Este proceso de difusión ha sido clave para la sensibilización y transmisión de la técnica. Se espera continuar con esta transmisión a grupos de escuelas y colegios. Si bien la visitación general a la casa no ha sido puesta en marcha como lo planificado, debido a la pandemia de la covid-19, se espera retomar el proyecto Puertas Abiertas y tener mayor difusión.

Se requiere de mayor sensibilidad y voluntad política para desarrollar este tipo de proyectos que despierten la conciencia del valor del patrimonio que estamos perdiendo. El despertar recuerdos y enfatizar en los detalles de la casa hace que las personas las reconozcan en los barrios y procuren conservarlas.

El carácter de organismo internacional del IICA también ha sido clave para llegar a autoridades nacionales y extranjeras que la han visitado y reconocido sus valores. Se cuenta ahora con una representación con posibilidades de ser replicada allanando de a poco el camino para una construcción con tierra contemporánea en Costa Rica. La Casa Típica Rural del IICA pretende ser un ancla para recordar que es posible construir con tierra si existe la voluntad para hacerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, J. M. (2010). El patrimonio como representación colectiva. La intangibilidad de los bienes culturales. *Gazeta de antropología*. Disponible: https://www.ugr.es/~pwlac/G26_19Javier_Marcos_Arevalo.html
- Campos M, M. G. (2015). La casa de adobe, un referente cultural de la identidad costarricense. *Revista Herencia* Vol. 28 (2), 07-14, Disponible: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/herencia/article/view/24722>
- Ceballos, M. (2003). Viaje por el concepto de representación. *Signo y Pensamiento* 43. Volumen XXII, julio-diciembre 2003. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/signoypensamiento/article/view/3651/2931>
- CFIA (2010). Código sísmico de Costa Rica. Ley de la República mediante Decreto N°. 37070 del Poder Ejecutivo-Mivah-Micit-Mopt. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica
- Montero, D. (2014). La (Re) Presentación del espacio nacional en las manifestaciones pictóricas "Panal" (1991) y "Enjambre" (1994) del artista costarricense Rafael Ángel "Felo" García.Kañina. *Rev. Artes y letras, Universidad de Costa Rica*. XXXVIII(2). p.191-207.
- Sánchez Q., C.; Jiménez R., E. O. (2010) La vivienda rural. Su complejidad y estudio desde diversas disciplinas. *Revista Luna Azul*, núm. 30, enero-junio, 2010, p.174-196 Universidad de Caldas Manizales, Colombia
- Valle.J.M.. (2006). La medida y representación del patrimonio: alternativas y criterios de selección. *Bercero*. n. 151 p.63-85

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al señor director general del IICA Manuel Otero y a su señora esposa la arquitecta Amanda Fernández por hacer posible este proyecto y reconocer la importancia de las construcciones vernáculas y las posibilidades reales de uso que el bahareque puede ofrecer.

AUTORA

Bernadette Esquivel, maestra en Conservación del Patrimonio Cultural para el Desarrollo, arquitecta, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, la Red PROTERRA Mesoamérica, ICOMOS-ISCEAH-CIAV. Consultora independiente, diseño, construcción y administración de proyectos de restauración de patrimonio, proyectos turístico-culturales y obras civiles. Consultora en gestión del patrimonio cultural, formulación de proyectos culturales, Gestión del riesgo de desastre para el patrimonio cultural y talleres de sensibilización y capacitación en arquitectura de tierra.

MUROS MIXTOS DE TIERRA Y MADERA: ORÍGENES, EVOLUCIÓN Y ABANDONO DEL SISTEMA EN ESPAÑA

Alicia Hueto Escobar¹, Camilla Mileto², Fernando Vegas López-Manzanares³

Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el desarrollo Sostenible (PEGASO),
Universitat Politècnica de València (España),

¹ alhuees@upv.es; ² cami2@cpa.upv.es; ³ fvegas@cpa.upv

Palabras clave: técnicas tradicionales, entramados, encestados, fases históricas

Resumen

Los muros mixtos de tierra y madera son una técnica tradicional compleja que se ha desarrollado de forma diferente en función de la diversidad cultural y tecnológica, la disponibilidad material y los factores geográficos y ambientales de cada lugar. Como parte de una investigación de mayor amplitud que tiene como objetivo analizar la técnica y las variantes de muros mixtos en España, así como el estado actual y las transformaciones asociadas; la presente contribución pretende estudiar su evolución histórica, identificar el desarrollo de variantes y definir los factores que favorecieron o redujeron su uso. La metodología propuesta ha requerido de la revisión, clasificación y ordenación cronológica de múltiples fuentes indirectas de información. Las primeras fases históricas se han basado en publicaciones arqueológicas y antropológicas, mientras que las últimas han sido completadas con tratados de arquitectura españoles y franceses, normativas urbanísticas antiguas y catálogos de arquitectura popular del siglo XX. La investigación ha permitido concretar diferentes fases históricas, así como entender su evolución y las razones que influyeron en su utilización.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Aunque la arquitectura tradicional de tierra en España se asocia mayormente con técnicas como la tapia y el adobe, el uso de muros mixtos de tierra y madera es notable en determinadas zonas de la mitad noroeste del país. Principalmente, áreas montañosas donde la variedad de maderas y materiales han dado lugar a una gran diversidad de tipologías, geometrías, rellenos y acabados (Hueto Escobar; Mileto; Vegas, 2021). Cabe destacar el uso de muros entramados con rellenos de adobe en el Sistema Montañoso Ibérico (figura 1), con rellenos monolíticos de tapialete en el Sistema Montañoso Central (figura 2), y los muros encestados y emparrillados en la Cornisa Cantábrica (figura 3).



Figura 1. Muro entramado con adobe en Cepeda (Salamanca)



Figura 2. Muro entramado con tapialete en Valdazo (Burgos)



Figura 3. Muro emparrillado en Corullón (León)

Son zonas de poca población donde los edificios todavía se mantienen en menor o mayor grado y constituyen por tanto una fuente de información directa, a pesar del riesgo de

pérdida por abandono y falta de mantenimiento, así como las alteraciones producidas por transformaciones e intervenciones espontáneas (Hueto Escobar et al., 2020).

Aunque su origen se relacione con las primeras construcciones del ser humano y pueda ser considerado uno de los sistemas constructivos principales durante la Edad Media (Maldonado Ramos, Rivera Gámez, 2005; Foliente, 2000), las referencias concretas en la bibliografía sobre historia de la arquitectura son escasas respecto a su trascendencia histórica. Asimismo, dentro del reciente interés desarrollado por la arquitectura de tierra, las referencias a las técnicas mixtas en el contexto español son escasas y breves.

Este texto forma parte de una investigación de mayor amplitud que tiene como objetivo principal documentar el estado actual y analizar en profundidad la técnica tradicional de muros mixtos de tierra y madera en España. Definir las distintas variantes presentes en el territorio, así como estudiar su estado de conservación y las dinámicas de transformación asociadas, servirá para entender su lógica constructiva y establecer líneas guía de intervención encaminadas a su restauración y puesta en valor. Sin embargo, la comprensión de la técnica actual pasa por conocer su origen y evolución constructiva, que se remonta a los primeros refugios contruidos por el ser humano con elementos vegetales trenzados y manteados de barro y que ha llegado a un alto grado de complejidad a través del desarrollo de la carpintería. El objetivo del presente texto es realizar un recorrido por la evolución histórica de los muros mixtos de tierra y madera, con especial atención al contexto español, identificando las distintas etapas y definiendo los factores que favorecieron o redujeron su utilización en determinados momentos.

2 ESTADO DEL ARTE

Una de las principales fuentes de conocimiento sobre los muros mixtos de tierra y madera en España han sido los tratados de arquitectura (Villanueva, 1827; Marcos; Bausa, 1879, Ger; Lóbez, 1898, Arias; Scala, 1893; Gaztelu, 1899), a pesar de que los capítulos estudiados son bastante más breves que aquellos dedicados a otras técnicas u elementos como las cubiertas. En tratados anteriores al siglo XVII, las referencias relacionadas con el uso de la madera en construcción se limitaban a la descripción del material, recalando el riesgo ante incendios, y en ocasiones, algunas referencias a las distintas soluciones de cubierta; obviando el muro vertical entramado con su compleja concepción estática y estructural (Maldonado Ramos; Reviera Gámez, 2005). A partir de ese siglo comenzaron a aparecer en tratados franceses y alemanes, que posteriormente se expandieron por el resto del continente, algunas páginas enteras dedicadas a la descripción y construcción de los muros entramados, completadas a veces con láminas gráficas de gran interés y definiciones de los elementos constructivos (Gómez Sanchez, 2002). Viollet Le Duc en su influyente obra *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* (1854) dedicó una extensa descripción al término *pans de bois*, con documentación gráfica muy detallada. En España, la primera referencia se encuentra en Elementos de Matemáticas de Benito Bails (1796), quien tradujo gran parte de los conocimientos sobre el cálculo estructural que se habían expuesto con anterioridad en tratados franceses.

La arquitectura vernácula española comenzó a ser estudiada durante el siglo XX desde un punto de vista tipológico y costumbrista, donde el tipo de edificio era la cuestión principal mientras que las técnicas eran simplemente citadas. A partir de 1920 aparecieron las primeras aportaciones fundamentales para entender y valorar en conjunto la arquitectura popular española (García Mercadal, 1930; Torres Balbás, 1933; Caro Baroja, 1946), pero no suponían un estudio técnico en profundidad, sino una catalogación y descripción estilística y funcional de los edificios. A pesar de todo ello, tras la publicación de los últimos tratados anteriores a la difusión del metal y el cemento como materiales de construcción, fue necesario esperar prácticamente hasta el cambio de milenio para que apareciera un verdadero interés por los muros de tierra y madera como técnica en particular, más allá de su asociación con la arquitectura popular.

A raíz de las crisis económicas de 1973 y 1979, la aparición de una nueva consciencia sobre la necesidad de desarrollar modos de vida más sostenibles favoreció el interés por la arquitectura vernácula y las técnicas constructivas tradicionales.

En estas últimas décadas se ha desarrollado un notable progreso en el estudio de las técnicas de construcción con tierra y con madera, aunque en muy pocas ocasiones se hace referencia al uso combinado. Cabe destacar a Enrique Nuere, quien, a pesar de ocuparse principalmente de la carpintería de lo blanco, también aporta información sobre las casas entramadas españolas y su distribución geográfica (2000). Las investigaciones arqueológicas y antropológicas han sido fundamentales para poder establecer la evolución cronológica de estas técnicas, ya que debido a la naturaleza perecedera de los materiales empleados no se conservan demasiados ejemplos antiguos. Gracias al creciente interés desarrollado en las últimas décadas por la época medieval y por el proceso de petrificación de la arquitectura, las técnicas constructivas de tierra y madera han sido particularmente estudiadas en el ámbito arqueológico internacional (Fronza; Valenti, 1996; Bianchi, 2012; Schreg, 2012; Tejerizo, 2012) y nacional (Azkarate; Solaun, 2003, 2012; Vela Cossío, 1995, 2003).

3 PREHISTORIA: EL ARQUETIPO DE CABAÑA

El empleo combinado de la madera y la tierra como materiales de construcción se remonta a las primeras construcciones del ser humano (figura 4). Su uso recurrente a lo largo de la historia se ha visto favorecido por la versatilidad de la madera, capaz de desempeñar múltiples funciones y de solucionar diversos problemas, así como por la disponibilidad en gran parte del planeta de tierra, sin necesidad de grandes transformaciones o tecnología excesivamente compleja para su puesta en obra. Al principio de la humanidad, se recurría a tiendas móviles o refugios presentes en la propia naturaleza, como cuevas o salientes rocosos, donde en ocasiones se añadían pequeñas estructuras temporales de ramas y barro para mejorar la protección. La construcción de estructuras más perennes está relacionada con la transición entre un sistema cazador-recolector a un modelo de agrupaciones sedentarias (Hansen, 1971). En ese proceso, la domesticación del animal y la necesidad de almacenar productos derivados de la agricultura obligaron a desarrollar edificios de carácter más permanente y resistentes (Vela Cossío, 1995). Gracias al desarrollo de las herramientas de hierro que permitían trabajar la madera a voluntad (Laumain, 2011), se cambiaron los troncos simplemente apoyados por escuadrías trabajadas de mayor sección y resistencia, las techumbres de ramas por cubiertas realmente elaboradas y, sobre todo, implicó la aparición de ensamblajes cada vez más rígidos que favorecían una transmisión de cargas y una concepción estructural cada vez más elaborada.

La tierra era y sigue siendo un material abundante y presente en todo el planeta, fácilmente trabajable, moldeable y que permite crear revestimientos superficiales, aunque los conocimientos asociados están en peligro. La construcción con tierra se desarrolló de forma independiente en los principales centros de civilización: el Creciente Fértil, el valle del Nilo, las cuencas del Indo y del río Amarillo o valle del Supe; valles fértiles con abundante tierra de aluvión y donde el cultivo de cereales permitía incorporar paja para mejorar la solidez y durabilidad de la tierra. Ya fuera exportándose desde estos puntos o surgiendo de forma espontánea en otros lugares del mundo, aparecieron las primeras técnicas de construcción con tierra como el adobe, las glebas o la pared de mano. Estas técnicas fueron empleadas por la mayoría de las civilizaciones antiguas para la construcción tanto de edificios cotidianos como monumentales, tal y como demuestran las ruinas y restos arqueológicos de las culturas persa, asiria, babilónica, griega o romana (Rocha; Jové Sandoval, 2015, p. 21).

La madera era un material muy abundante en zonas boscosas, disponiéndose muy pronto de la tecnología y herramientas necesarias para su uso constructivo. Por ejemplo, la presencia en el norte europeo de *block-bau*, sistemas basados en el apilamiento horizontal de troncos unidos en las esquinas mediante cuerdas o encajadas, se remonta hasta la época neolítica (Vela Cossío, 2003). En el mediterráneo, el sistema más extendido debieron ser los muros encestados basados en una estructura de postes de madera con elementos

vegetales trenzados sobre los que podían aplicarse manteados de barro, con ejemplos en Turquía (9000 A.C.), Anatolia y Chipre (6500 A.C.) o Grecia (4000 A.C.) (Foliente, 2000).

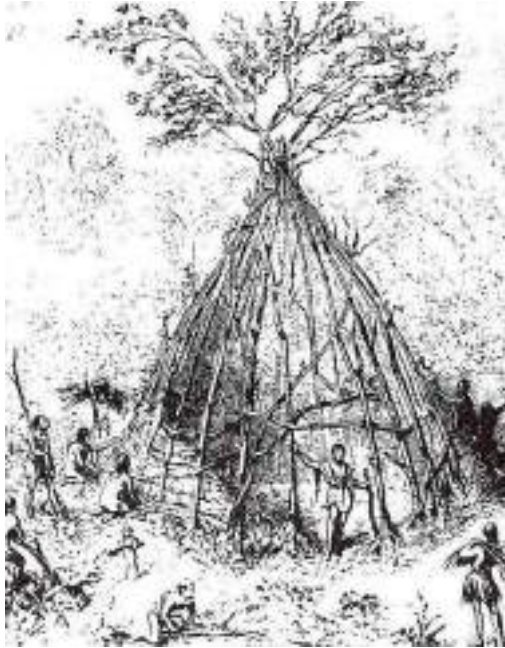


Figura 4. Ilustración sobre el concepto de la cabaña primitiva. (Viollet-le-Duc, 1875, p. 6)

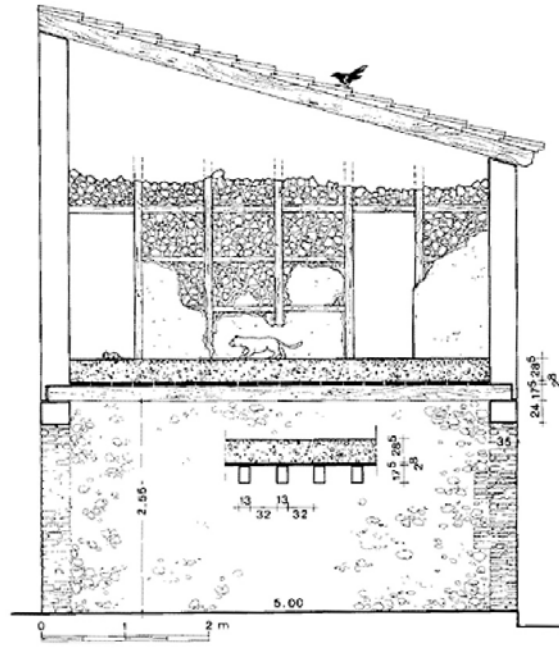


Figura 5. Vivienda en Herculano, con la planta superior construida mediante opus craticium (Adam, 2002)

4 ANTIGÜEDAD CLÁSICA: EL IMPERIO ROMANO Y EL *OPUS CRATICIUM*

La Antigüedad clásica puede ser considerada una de las épocas más prolíferas en cuanto al desarrollo y perfeccionamiento de técnicas constructivas; donde a parte de los conocidos templos de piedra, esculturas de mármol e importantes obras de ingeniería, también destacó el trabajo de la madera. En esta época convivieron tanto la arquitectura de piedra como la arquitectura de madera; sin embargo, debido a la falta de durabilidad de la madera solo han pervivido ejemplos de la primera. Por ejemplo, los primeros ejemplos de templos griegos derivan de las antiguas viviendas de madera y adobe, donde algunos elementos fueron gradualmente evolucionando hacia una construcción pétreo (Hansen, 1971).

Al igual que evolucionó el conocimiento técnico sobre la piedra, también evolucionó la construcción con madera. Por ejemplo, dentro del ámbito militar romano, el constante movimiento de tropas limitaba lo que podían transportar de un lugar a otro y, por tanto, debían desarrollar maquinas bélicas y campamentos con los recursos disponibles en la nueva localización. Alrededor de los campamentos militares o *castellums*, se formaban asentamientos periféricos llamados *canabae* para abastecer logísticamente a las tropas y cuyo carácter temporal permite pensar que estaban constituidos en gran parte por madera (Laumain, 2011), dado que era una materia prima abundante en muchos lugares que permitía una rápida ejecución. En la arquitectura naval, se construyeron grandes naves marítimas concebidas como carcasas flexibles con múltiples elementos de madera solicitados a diversos tipos de esfuerzos y donde los ensamblajes entre piezas eran el punto crítico. De los astilleros romanos pueden haber surgido algunos de los complejos ensamblajes entre piezas de madera empleados en los muros mixtos de tierra y madera, como por ejemplo el empalme entre vigas en forma de rayo de Júpiter (Adam, 2002).

El gran desarrollo constructivo en esos ámbitos generó soluciones que debieron trasladarse a la construcción, tanto en los edificios de madera como en los medios auxiliares y cimbras necesarias para ejecutar muchas de las técnicas romanas más conocidas. Vitruvio ofrece la primera referencia histórica escrita sobre una técnica de construcción mixta con tierra y madera llamada *opus craticium*, un entramado ortogonal relleno con ladrillo, cemento o

mampuestos, todavía visible en los asentamientos arqueológicos de Herculano y Pompeya (Figura 5). Durante este periodo se produjo una sistematización y regulación de la construcción, dentro del proceso de civilización con el que se asocia el mundo romano, pero no supone una gran diferencia conceptual con la construcción prehistórica (Maldonado Ramos; Rivera Gámez, 2005). Las piezas de madera empleadas eran todas iguales, con longitudes relativamente cortas y escuadrías pequeñas que podían ser encontradas fácilmente; y además podían trabajarse previamente en el taller creando las muescas necesarias para los anclajes y ser posteriormente montadas de forma rápida y sencilla por mano de obra poco cualificada, abaratando el coste final. Por ello, dentro de la dinámica de expansión romana que buscaba construir en plazos reducidos por cuestiones económicas, electorales y políticas, el *opus craticium* se posicionó como la técnica adecuada para construir insulaes (Langenbach, 2007). A pesar de todas sus ventajas, es necesario recordar el riesgo ante incendios de las estructuras de madera y su limitada durabilidad cuando no se plantean medidas de protección contra la humedad. Los restos conservados bajo las cenizas del Vesubio confirman que se construían zócalos de mampostería con una verdegada horizontal sobre la que se asentaban los muros mixtos, evitando así la transmisión de humedad desde el terreno (Adam, 2002). Gracias a aportaciones arqueológicas en el contexto español, se ha constatado la existencia de construcciones domésticas realizadas con madera en yacimientos alto imperiales, como en los castros de Llagu (Oviedo) y Berreaga (Guernica) (Azkarate y Quirós, 2001). La caída del Imperio Romano implicó la desarticulación de toda la estructura que hasta el momento había hecho viable el desarrollo de técnicas constructivas ejemplares, principalmente porque implicaba el cierre de las vías de comercio de las materias primas necesarias.

5 EDAD MEDIA: EL ARTE DE LOS CARPINTEROS

A pesar de su influencia e importancia, no se puede considerar que los muros entramados de la Península Ibérica deriven de forma directa del *opus craticium* romano. Dentro del proceso de evolución y perfeccionamiento de estos muros que aconteció en época medieval, es imposible discernir la aportación romana y la influencia de la construcción celtíbera (Hansen, 1971; Vela Cossío, 2003). El estudio de la evolución de estas técnicas está claramente condicionado por la falta de ejemplos conservados, el carácter perecedero de los materiales y la falta de documentación escrita de la época, por lo que es necesario apoyarse en aportaciones arqueológicas. Gracias a ello se ha podido superar la tradicionalmente aceptada división entre una Europa medieval de madera y otra Europa medieval de piedra, donde el uso de la madera se reducía a cubiertas y elementos puntuales debido a una menor presencia vegetal. Algunos hallazgos recientes confirman la coexistencia en zonas mediterráneas de arquitectura de piedra y arquitectura de madera durante la época medieval, con ejemplos de estructuras de madera y tierra en entornos rurales y en grandes ciudades tan dispares como Mérida, Valencia, Alfaro, Alcalá de Henares, León, Gijón etc. (Azkarate y Quirós, 2001).

Estas estructuras pueden clasificarse según el encuentro con el terreno (Fronza; Valenti, 1996), diferenciándose armaduras de postes directamente embutidos, armaduras apoyadas sobre zócalos de piedra o de madera, armaduras apoyadas sobre zócalos y con postes puntuales en el terreno, y finalmente, armaduras de madera apoyadas sobre muros de piedra que alcanzaban la altura completa de la planta baja. El empleo de estos zócalos implicó un gran avance, al permitir trabajar la topografía del terreno y mejorar la durabilidad de la madera ante los efectos de la humedad. Su desarrollo y expansión debió ser progresiva, a medida que se desarrollaba la técnica de extracción y trabajo de la piedra: en zonas septentrionales de Italia los primeros ejemplos de zócalos datan del siglo IV, aunque en la zona central del país solo se han excavados ejemplos posteriores al siglo XII (Bianchi, 2012); en Alemania comenzaron a aparecer en asentamientos rurales a partir del siglo XII (Schreg, 2012); y finalmente, en el noreste español los ejemplos datan entre los siglos VI-X d.C (Tejerizo, 2012). Siguiendo una lógica progresiva, en un primer momento se tratarían de zócalos de poca altura sobre los cuales se levantaban los pies derechos, contruidos con materiales reutilizados o con piedra toscamente trabajada y sin conglomerantes.

Posteriormente, a medida que se desarrollaba la tecnología necesaria, llegarían a alcanzar la altura completa de planta baja reservando los muros mixtos para las plantas superiores. En asentamientos de fundación romana, se ha constatado la reutilización de estructuras murarias romanas sobre la cual se elevaron nuevas plantas con técnicas mixtas de tierra y madera (Bianchi, 2012).

En el contexto del noreste español (Azkarate; Solaun, 2003), durante un primer periodo (siglos V-VII) debieron convivir construcciones integrales en madera y otras técnicas mixtas de tierra y madera con zócalos de piedra. En una segunda fase (siglos VIII-IX) debieron prevalecer las construcciones domésticas realizadas íntegramente con madera. Finalmente, las técnicas de construcción mixtas serían recuperadas a partir del siglo X, prevaleciendo definitivamente sobre las estructuras íntegramente construidas en madera. En cuanto a las técnicas empleadas para colmar o cerrar los huecos formados por el armazón de madera (Rocha; Jové Sandoval, 2015), es probable que la técnica más antigua consista en el encestado de ramas. También se han documentado casos rellenos con tierra apilada, lo que requiere un ligero aumento en la especialización y organización del proceso constructivo para permitir un correcto secado. Finalmente, los rellenos de adobe, ladrillo y mampostería requieren una mayor especialización de la mano de obra y un trabajo previo de carpintería complejo, que permite pensar en una relativa estandarización de sus elementos y uniones.

Tras la caída del Imperio romano, se produjo una progresiva aparición de asentamientos con edificios organizados de forma alveolar que respondían a modelos ya conocidos. Con el cambio de milenio y el desarrollo del sistema feudal, las ciudades adoptarían modelos más organizados y lineales, con la calle como elemento articulador (Azkarate y Solaun, 2003). A partir de este momento, la construcción con técnicas mixtas de tierra y madera evolucionaría de forma diferenciada en el contexto urbano y en el contexto rural.

En el ámbito rural donde no existía limitación de espacio, se mantendrían modelos de vivienda conocidos hasta el momento (Vela Cossío, 2003). La madera había sido tradicionalmente un recurso disponible y económico; pero cuando aparecieron normativas que regulaban su extracción y comercio, se convirtió en un material no tan accesible para las poblaciones rurales. En consecuencia, se continuaría construyendo tipologías domésticas conocidas, pero combinando aquellos materiales de los que se podía disponer y generando así un amplio abanico de soluciones.

Sin embargo, el nuevo esquema urbano implicó la transformación de los modelos de vivienda prehistóricos, que fueron sustituidos por la vivienda entre medianeras y por la vivienda en altura, a medida que se producía un aumento de la población y una densificación de la trama urbana favorecida por el amurallamiento de las ciudades (Azkarate y Solaun, 2012). Progresivamente se fue recuperando o desarrollando el sistema de entramados con maderas cortas, que ya había sido empleado por los romanos pero que volvería a ser utilizado a partir del siglo XIII (Laumain, 2011). Su desarrollo debió ser lento y progresivo debido a la complejidad constructiva que suponía, ya que la elevación de verdaderos muros de fábrica superaba con creces los requerimientos tecnológicos de los elementales zócalos de piedra de periodos anteriores. Además, las nuevas estructuras de madera exigían unos conocimientos de carpintería mucho más especializados que los primitivos muros tejidos o los manteados de barro.

Este sistema consiste en empalmar varios elementos de madera hasta alcanzar la longitud deseada, pudiendo emplearse para construir plantas estructuralmente independientes donde prolongar las vigas del forjado y generar voladizos en fachada. De esta forma se podía aumentar el espacio útil de las viviendas, convirtiendo a los muros mixtos en un sistema óptimo para núcleos urbanos densos. Sin embargo, hacía necesario la incorporación de nuevas piezas que asegurasen la estabilidad y arriostraran todo el sistema, por ejemplo, sobrecarreras, riostras diagonales o soluciones más complejas como la cruz de San Andrés. De aquel entramado primitivo de piezas simples más o menos unidas; se había llegado en época medieval a un complejo sistema de elementos verticales, horizontales y oblicuos, cada uno de ellos diseñado para cumplir una función específica e interactuando unos con otros a través de complejas uniones (figura 6).



Figura 6. Fachada medieval con entramado. (Viollet-le-Duc, 1854, p. 55)



Figura 7. Recorte de la obra pictórica "Incendio de la Plaza Mayor de Madrid en 1790", donde se ve colapsando un edificio con estructura de madera. (Jimeno, 1807)

6 EDAD MODERNA: ABANDONO DEL SISTEMA

La Edad Media puede ser considerada como el momento histórico de mayor desarrollo del sistema de muros entramados. Posteriormente, seguirán empleándose con la misma lógica constructiva, sin avances sustanciales en su concepción e introduciendo únicamente variaciones de carácter estético. El desarrollo de las ciudades y el aumento de la población generaron unas condiciones de vida cuestionables, cuya crítica y preocupación derivó en una cultura ordenancista que afectaba tanto a aspectos estéticos y de remodelación del entorno urbano, como a asuntos sanitarios y de seguridad. Esta búsqueda de decoro urbano, seguridad y circulación en las grandes ciudades, a través de normativas y ordenanzas higienistas, limitaron el uso de muros entramados a las viviendas de clases sociales más bajas, adquiriendo fuerza las construcciones de piedra o ladrillo. Sin embargo, los muros entramados constituían una técnica accesible, rápida, fácil de ejecutar y completamente asimilada en la cultura constructiva europea que continuó siendo utilizada durante siglos en muchos países.

Durante siglos el muro entramado había sido la técnica principal de construcción de edificios domésticos en zonas madereras, creando así un entorno extremadamente favorable a la propagación del fuego. Motivados por grandes catástrofes como el Gran Incendio de Londres en 1666 o el incendio de la Plaza Mayor de Madrid en 1790 (figura 7), en todo el continente europeo se implementaron normativas municipales que pretendían regular el uso de los muros entramados en las ciudades (Laumain, 2011). La mayoría optaron por medidas de control, entre las que era habitual limitar la altura total del edificio, establecer un espacio mínimo entre fachadas contrapuestas que evitara que los voladizos bloquearan la entrada de luz natural a la calle, y, sobre todo, obligar a enlucir los muros, tanto por razones estéticas como por razones de seguridad. Algunas de estas normativas urbanísticas intentaron directamente prohibir el uso de muros mixtos, como por ejemplo la ordenanza promulgada en 1607 por Enrique IV, donde el artículo 4 prohibía expresamente el uso de entramados de madera y voladizos en París (Walker, 1835, p. 165). No obstante, la prohibición no llegó a aplicarse en la práctica, tal y como demuestra la ordenanza de 1667 que obligaba a revestirlos con listones, clavos y yeso bajo posible multa de 150 libras (Walker, 1835, p. 241). Tras el Gran Incendio de Londres, la normativa para la reconstrucción de la ciudad establecía en el artículo 5 que el exterior de los edificios debía ser construido con ladrillo o sillería (Pickering, 1763, p. 235), de forma que durante siglos existió un gran contraste paisajístico entre la zona afectada por el incendio y zonas que todavía conservaban los históricos edificios de madera.

En el contexto español se encuentran ejemplos anteriores, como por ejemplo cuando en 1319 el Rey de Navarra instaba a sustituir las viviendas de madera del Valle de Araquil por viviendas de tapia recubiertas de teja (Yrizar, 1934) o las cédulas reales de Felipe II tras el

incendio de Valladolid en 1561, donde se promovía el uso de tapia o ladrillos y la construcción de cortafuegos de ladrillo o piedra (Arribas Arranz, 1960). El incendio de la Plaza Mayor de Madrid en 1790 se vio favorecido por la estructura de madera de los edificios (Imprenta Real, 1790), por lo que la instrucción dispuesta para su reconstrucción obligó a construir tanto fachadas como medianeras con sillería o fábrica de ladrillo, así como a proteger y revestir la madera de las buhardillas (Consejo Real de Castilla, 1791). A pesar de los informes de Juan de Villanueva que solicitaba nuevas reglas de edificación para evitar los incendios, la obligación de revestir los muros entramados de madera con ladrillo, tanto al exterior como al interior, no se formalizaría hasta las Ordenanzas Municipales de 1892 (Ayuntamiento de Madrid, 1892).

Este cambio de mentalidad también se vio reflejado en los tratados de arquitectura y construcción de la época, que pasaron de centrarse únicamente en la correcta combinación de los órdenes clásicos a analizar las técnicas constructivas. Las normativas, impulsadas por ese temor generalizado al fuego, habían hecho que la madera dejara de ser empleada en edificios nobles y templos, y a pesar de que en esta época proliferaron las bóvedas encamionadas, los tratadistas comenzaron a preocuparse por esa pérdida progresiva de conocimiento relativo a la carpintería de lo blanco. Villanueva con su tratado *Arte de albañilería* (1827) refleja claramente la dualidad entre la preocupación generalizada sobre la vulnerabilidad del sistema ante el fuego y su aceptación en la cultura constructiva debido a su coste, rapidez y eficacia estructural. En consecuencia, muchos tratadistas de la época recomendaban relegar el uso de este tipo de técnicas a aquellos puntos del edificio donde menor peligro de fuego existía, como medianeras, testers y tabiquería interior, o por lo menos protegerlos mediante aplacados, revestimientos o enlucidos continuos.

A pesar de ello, el sistema de muros entramados seguiría siendo utilizado tanto en el mundo rural español (González Iglesias, 1945) como en algunas ciudades (González Redondo, 2015) hasta la generalización del uso del hormigón armado y el ladrillo industrial durante el siglo XX (Figura 8). Al mismo tiempo, en otros lugares con riesgo sísmico relevante se diseñaban y promovían sistemas constructivos basados en armazones de madera triangulados. Por ejemplo, la casa *baraccata* en Italia tras el terremoto de Calabria en 1783 (Dipasquale, Omar Sidik; Mecca, 2014), el muro *pombalino* en Portugal tras el terremoto de Lisboa en 1755 (Stellaci, Rato; Poletti, 2017) o un sistema de refuerzo con muros de madera internos en Grecia tras el terremoto de Lefkas en 1825 (Touliatos, 1996).



Figura 8. Construcción de entramados en La Alberca, Salamanca. (González Iglesias, 1945, p. 119)

Por otro lado, la colonización de América supondría la exportación de muchos de los sistemas constructivos europeos al nuevo continente, donde la madera era un recurso mucho más abundante y donde los muros entramados se convertirían en el sistema idóneo que permitía a los colonos extenderse rápidamente por todo el territorio. En la zona americana más meridional, donde la influencia española y portuguesa era mayor, el uso de la madera compartiría protagonismo con otras técnicas de construcción con tierra, como la tapia o el adobe. Muchos de los sistemas de construcción en tierra y madera que actualmente son usados en América Central y Sudamérica pueden ser considerados como la convergencia entre las técnicas nativas precolombinas y los métodos tradicionales de construcción con tierra y madera del Mediterráneo (Langenbach, 2007; Font Arellano, 2013). Las técnicas monumentales importadas por los colonos españoles estaban construidas principalmente con ladrillo y piedra, pero su implantación fracasó debido principalmente a dos factores: el aumento de coste, transporte y tiempo de ejecución que suponía la escasez de esas materias primas en el nuevo continente y el mal comportamiento de los sistemas masivos ante las acciones sísmicas tan comunes en esas zonas (García Álvarez, 2002). Mientras en Europa se sucedían las normativas que restringían el uso de la madera por miedo a los estragos del fuego, a principios del siglo XVIII y motivados por cuestiones sísmicas, se aprobaba la primera normativa en Perú que obligaba a utilizar la quincha en los muros de las plantas altas en viviendas, así como en las bóvedas y cúpulas altas de las iglesias (Schilder Díaz, 2000).

El uso de la madera en la construcción de muros entramados se desarrollaría principalmente en la zona norte de América, con ejemplos de asentamientos franceses en la zona del Mississippi y de asentamientos germanos en algunas zonas de Pensilvania (Langenbach, 2007). Con el desarrollo de la Revolución Industrial, estas técnicas tradicionales exportadas se transformarían en sistemas más estandarizados, principalmente el sistema *balloon frame* y posteriormente el sistema *platform frame* (Figura 9); que acabarían convirtiéndose durante los siguientes siglos en el principal método de construcción norteamericano. El primero emplea postes verticales relativamente cercanos y de altura igual a la altura total del edificio, con tablas diagonales que rigidizan la estructura y finalmente tablas verticales u horizontales como cerramiento. El segundo difiere en la longitud de los postes principales, que en este caso corresponden a la altura de una planta, quedando las plataformas de forjado intercaladas en cada planta. Ambos sistemas se basan en el uso de escuadrías de menor tamaño que los sistemas tradicionales, separados unas distancias moduladas que coinciden con las medidas de puertas, ventanas y revestimientos. En lugar de las laboriosas uniones tradicionales, basadas en el uso de pernos y en el labrado de formas geométricas que transmiten las cargas por contacto, el empleo de clavos y uniones metálicas agiliza y abarata el proceso constructivo.

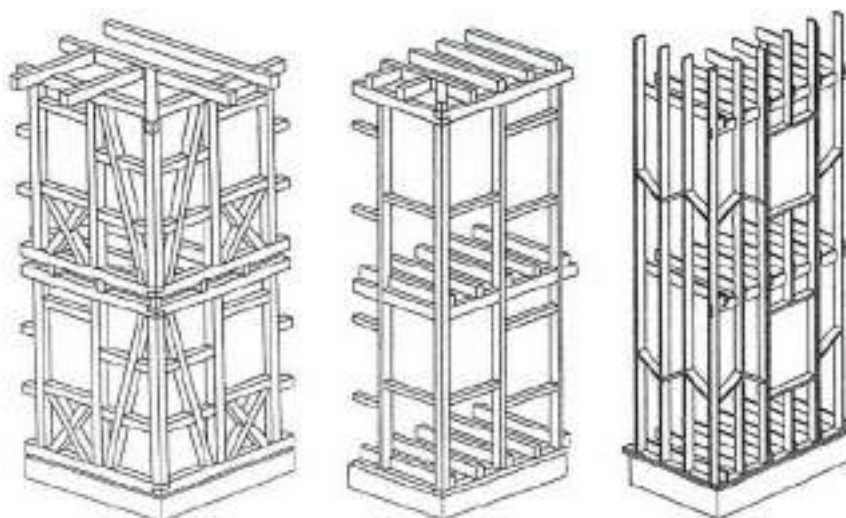


Figura 9. Proceso de estandarización del sistema entramado tradicional. (Oliver, 1997, p. 228)

7 EDAD CONTEMPORANEA: EL CAMBIO DE LA INDUSTRIA

Con la Revolución Industrial, que comenzó en Inglaterra en 1760 y fue extendiéndose por el resto de Europa durante el siglo siguiente, se produjeron grandes cambios que condicionaron el mundo de la construcción y el futuro de las técnicas de construcción tradicionales, marcando el inicio de un claro declive en la utilización tradicional de la madera. Por un lado, el desarrollo de nuevas tecnologías facilitó tanto el comercio como la producción industrial del ladrillo, del hierro fundido y forjado, y finalmente del acero. Por otro lado, el cambio socioeconómico y el éxodo rural conllevaron la pérdida del acceso a los recursos tradicionalmente vinculados a la tierra.

Respecto al empleo de la madera, este periodo implicó la aparición de nuevas tecnologías que permitían en principio un uso más óptimo de material y una construcción más fácil: los sistemas de producción de serrado mecánico, conformado y secado al vapor que permitían estandarizar y controlar mejor la calidad de las piezas; los nuevos medios de transporte que permitían exportar madera a aquellas zonas donde era un recurso más limitado; y finalmente, los grandes avances en el cálculo estructural que permitían un dimensionado más óptimo de las piezas con el consecuente ahorro en material, tiempo de ejecución y coste final de la obra. La aparición de sustancias protectoras mejoró la durabilidad de la madera, aspecto que hasta el momento había condicionado su uso; el límite de longitud de las piezas condicionado por la naturaleza se superó gracias a la aparición de la madera encolada, y la complejidad de ejecución de las uniones se redujo mediante el empleo de uniones metálicas.

Sin embargo, esta época supone una gran disminución de los recursos madereros en el continente europeo, por lo que el entramado tradicional fue sustituyéndose progresivamente por fábricas de ladrillo, reservándose la madera para elementos concretos como puertas, ventanas, escaleras, revestimientos y artesonados. En aquellos países donde la madera seguía siendo un recurso de fácil acceso, económico y claramente vinculado a la tradición constructiva, como por ejemplo Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega, Holanda, así como algunas zonas de Inglaterra y Alemania, los entramados tradicionales continuaron siendo utilizados para la construcción de viviendas, aunque en menor medida. Sin embargo, el uso de esta técnica se descartó de forma generalizada para edificios públicos, edificios colectivos de gran altura, y en general, para todos aquellos proyectos que buscaran durabilidad y menor mantenimiento. En países como España o Portugal, de menor tradición maderera, su uso quedó relegado prácticamente a la carpintería menor, que también entraría en crisis con la aparición de los nuevos materiales.

8 CONCLUSIONES

La combinación de tierra y madera para la construcción se remonta a los primeros refugios contruidos por el ser humano y a lo largo de la historia ha ido evolucionando hasta generar un amplio abanico de soluciones y sistemas constructivos, en función de la diversidad cultural y tecnológica, disponibilidad material y factores geográficos y ambientales. La revisión realizada ha permitido entender el uso o desuso de los muros mixtos de tierra y madera en la arquitectura tradicional española a lo largo de diferentes fases históricas

En la época prehistórica, la aparición de los primeros muros encestados se relaciona con el proceso de sedentarización del ser humano y está condicionada por el desarrollo de las herramientas de hierro necesarias para el trabajo de la madera. A pesar de que el Imperio Romano es un momento clave en el desarrollo de este tipo de técnicas, el origen de los muros entramados que todavía se conservan en el territorio español debe relacionarse también con técnicas celtibéricas. Tal y como demuestran los múltiples hallazgos arqueológicos, la evolución de las técnicas murarias mixtas durante esta época está vinculada con el desarrollo del trabajo de la piedra y la aparición de los primeros zócalos. La Edad Media puede considerarse el momento de máxima expansión y utilización de este tipo de técnicas, debido al desarrollo de la carpintería medieval y porque el aumento de la población y el amurallamiento de los núcleos urbanos hacían necesarias técnicas que

permitieran optimizar el espacio. A pesar de que los grandes incendios de la época y las preocupaciones higienistas promovieron la aparición de normativas urbanas que prohibían o relegaban su uso a zonas ocultas o revestidas, siguieron utilizándose en menor medida hasta casi el siglo XX. Asimismo, fueron exportadas durante la colonización americana, mezclándose en la zona hispana con técnicas precolombinas y dando lugar a técnicas industrializadas como el *balloon frame* en la zona norteamericana. La industrialización supuso el inicio de un claro declive en la utilización de las técnicas tradicionales, debido por un lado al desarrollo de las comunicaciones y los materiales industriales y por otro lado al cambio socioeconómico y el éxodo rural. Sin embargo, el desarrollo tecnológico del sector de la madera en las últimas décadas y el incremento de la conciencia medioambiental junto con la valorización de las técnicas tradicionales podrían plantear un panorama óptimo para la recuperación y conservación de los muros mixtos de tierra y madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, J.P. (2002). *La construcción romana: materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.
- Arias y Scala, F. (1893). *Carpintería Antigua y Moderna*, 3º Edición. Barcelona: F. Nácente Editor.
- Arribas Arranz, F. (1960). *El Incendio de Valladolid en 1561*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Ayuntamiento de Madrid (1892). *Ordenanzas Municipales de la Villa de Madrid*. Madrid: Imprenta y Litografía Municipal.
- Azkarate, A.; Quirós, J.A. (2001). Arquitectura doméstica altomedieval en la Península Ibérica. Reflexiones a partir de las excavaciones arqueológicas de la catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz, País Vasco. *Archeologia Medievale*, nº 28, 25-60.
- Azkarate, A.; Solaun, J.L. (2003). Después del Imperio Romano y antes del año mil: morfología urbana, técnicas constructivas y producciones cerámicas. *Arqueología de la Arquitectura*, nº2, 37-46.
- Azkarate, A.; Solaun, J.L. (2012). Tipologías domésticas y técnicas constructivas en la primitiva Gasteiz (País Vasco) durante los siglos VIII al XII d.C. *Arqueología de la Arquitectura*, nº9, 103-128.
- Bails, B. (1796). *Elementos de matemáticas*. Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra.
- Bianchi, G. (2012). Building, inhabiting and perceiving private houses in early medieval Italy. *Arqueología de la Arquitectura*, nº9, 195-212.
- Caro Baroja, J. (1946). *Los pueblos de España: ensayo de etnología*. Barcelona: Editorial Barna.
- Consejo Real de Castilla (1791). *Instrucción dispuesta para la reedificación de las casas arruinadas en la Plaza Mayor, con motivo del incendio ocurrido la noche del día dieciséis de agosto de 1790*.
- Dipasquale, L., Omar Sidik, D., Mecca, S. (2014). Local seismic culture and earthquake-resistant devices: Case study of casa baraccata. *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future*. Londres: Taylor & Francis Group. p. 255-260.
- Foliente, G. C. (2000). History of Timber Construction. En: S. J. Kelley, J. R. Loferski, A. Salenikovich, y E. G. Stern (Eds.), *Wood Structures: A Global Forum on the Treatment, Conservation, and Repair of Cultural Heritage*. Philadelphia: American Society for Testing & Materials. p. 3-22.
- Fronza, V. y Valenti, M. (1996). Un archivo per l'edilizia in materiale deperibile nell'altomedioevo. En: M. Valenti (Ed.), *Poggio Imperiale a Poggibonsi (Siena). Dal villaggio di capanne al castello di pietra*. Florencia: Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti. p.159-218.
- García Álvarez, S. (2002). La construcción tradicional con tierra: dos experiencias americanas. En: L. Maldonado Ramos, D. Rivera Gámez, F. Vela Cossío (Eds.), *Arquitectura y construcción con tierra. Tradición e innovación*. Madrid: Mairca. p. 53-65.
- García Mercadal, F. (1930). *Arquitecturas regionales españolas*. Madrid: Espasa Calpe.
- Gaztelu, L. (1899). Carpintería de Armar. En: *Pequeña Enciclopedia Práctica de Construcción publicada bajo la dirección de L.A. Barré*. Madrid: Librería Editorial Bailly-Bailliere e Hijos.
- Ger y Lóbez, F. (1898). *Tratado de Construcción Civil*. Badajoz: La Minerva Extremeña.

- Gómez Sanchez, I. (2002). Las estructuras de madera en los Tratados de Arquitectura (1500-1810). Tesis doctoral. Madrid: Univ. Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, AITIM.
- Hansen, H. J. (1971). *Architecture in Wood: A History of Wood Building and Its Techniques in Europe and North America*. Nueva York: The Viking Press.
- Huetos Escobar, A., Diodato, M., Vegas, F., Manzano Fernández, S. (2020). Approximation to the use of Half-Timbered Walls with Earth Infills in Spanish Traditional Architecture. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIV-M-1-2020, 1033–1040.
- Huetos Escobar, A., Mileto, C., Vegas, F. (2021). The constructive variety of half-timbered walls with earth infill. Proposal for the geographical classification of the Spanish territory. *Earthen and Wood vernacular heritage and climate change*. Lund, Suecia: Lunds universitet. p. 134-139.
- Imprenta Real (1790). Noticias del Incendio de la plaza Mayor de Madrid. En: *Memorial literario, instructivo y curioso de la Corte de Madrid*, Tomo XX. Madrid: Imprenta Real. p. 532-558.
- Langenbach, R. (2007). From Opus Craticium to the Chicago Frame: Earthquake-Resistant Traditional Construction. *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 1, nº1, 29-59.
- Laumain, X. (2011). Nuevas perspectivas sobre el opus craticium romano, técnica constructiva olvidada. *VII Congreso Nacional De Historia De La Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera. p. 699-708.
- Maldonado Ramos, L.; Rivera Gámez, D. (2005). El entramado de madera como arquetipo constructivo: De la arquitectura tradicional a los sistemas modernos. *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz. p. 687-697.
- Marcos y Bausá, R. (1879). *Manual del Albañil*. Madrid: Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada.
- Nuere, E. (2000). *La carpintería de armar española*. Madrid: Munillalería.
- Oliver, P. (1997). *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pickering, D. (1763). *The Statues at Large from the Twelfth Year of King Charles II to the Last Year of King James II inclusive*, Vol. VIII. Cambridge: Joseph Benthams.
- Rocha, M.; Jové Sandoval, F. (2015). *Técnicas de construcción con tierra. Introducción*. Lisboa: Argumentum Edições.
- Schilder Díaz, C.C. (2000). La herencia española: las bóvedas y cúpulas de quincha en El Perú. *III Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, Univ. de Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, SEdHC, Ministerio de Fomento, CEHOPU, CEDEX. p. 1019-1026.
- Schreg, R. (2012). Farmsteads in early medieval Germany, architecture and organisation. *Arqueología de la Arquitectura*, nº9, 247-265.
- Stellacci, S., Rato, V., Poletti, E. (2017). Structural Permanence in Pre- and Post-Earthquake Lisbon: Half-Timbered Walls in Overhanging Dwellings and in Pombalino Buildings. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(3), 363-381.
- Tejerizo, C. (2012). Early medieval household archeology in Northwest Iberia (6th-11th centuries). *Arqueología de la Arquitectura*, 9, 181-194.
- Torres Balbás, L. (1933). La vivienda popular en España. En: F. Carreras y Candi (Ed.), *Folcklore y Costumbres de España*, Tomo III. Barcelona: Editorial Alberto Martín. p. 137-502.
- Touliatos, P. (1996). Seismic Disaster Prevention in the History of Structures in Greece. En: V. Petrini y M. Save (Eds.), *Protection of the Architectural Heritage Against Earthquakes*. Nueva York: Springer-Verlag Wien GmbH. p. 261-284.
- Vela Cossío, F. (1995). Para una Prehistoria de la vivienda. Aproximación historiográfica y metodológica al estudio del espacio doméstico prehistórico. *Complutum*, nº 6. 257-276.
- Vela Cossío, F. (2003). *Espacio doméstico y arquitectura del territorio en la prehistoria peninsular: tipología y razón constructiva en la arquitectura celtibérica*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad Geografía e Historia.

Villanueva, J. (1827). *Arte de Albañilería*. Madrid: Oficina de Don Francisco Martínez Dávila.

Viollet-le-Duc, E.-E. (1854). *Dictionnaire raisonné de l'architecture*. Paris: B. Bance.

Walker, M. (1835). *Collection complete, par ordre chronologique, des lois, edits, traités de paix, ordonnances, declarations et réglemens d'intérêt general antérieurs a 1798, restés en vigueur*, Tomo I. Paris: AP. Moessard et Jousset Éditeurs.

Yrizar, J. (1934). Arquitectura popular vasca. *V Congreso de Estudios Vascos: Arte Popular Vasco*. Donostia: Sociedad de Estudios Vascos. p. 80-91.

NOTA

La presente contribución forma parte de una tesis doctoral financiada con una Ayuda para contratos predoctorales para la formación de profesorado FPU-2018 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España (FPU18/01596).

AUTORES

Alicia Hueto Escobar, investigadora predoctoral FPU (2019), máster universitario en Conservación del Patrimonio Arquitectónico MCPA de la Universitat Politècnica de València UPV (2019), arquitecta UPV (2017). Técnico superior de investigación en el Centro de investigación PEGASO en la UPV.

Camilla Mileto, catedrática del Dpto. de Composición Arquitectónica UPV (2018), doctora UPV (2004), máster MCPA-UPV (2002) y arquitecta IUAV (1998). Directora del Centro PEGASO, directora de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible en España y directora de la revista Loggia: Arquitectura y Restauración.

Fernando Vegas López-Manzanares, catedrático del Dpto. de Composición Arquitectónica UPV (2018), doctor UPV (2000) y arquitecto UPV (1999). Subdirector del Dpto. de Composición Arquitectónica, director de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible en España y director de la revista Loggia: Arquitectura y Restauración.

VULNERABILIDAD FRENTE A LOS RIESGOS NATURALES DE LA ARQUITECTURA CONSTRUIDA CON TIERRA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: CASOS DE ESTUDIO

Ana Pérez Vila¹, Lidia García Soriano², Camilla Mileto³, Fernando Vegas López-Manzanares⁴

PEGASO, Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible, Universitat Politècnica de València, València, España

¹anprevi@arqt.upv.es; ²ligarso@upv.es; ³cam2@cpa.upv.es; ⁴fvegas@cpa.upv.es

Palabras clave: arquitectura de tierra, resiliencia, Niebla, Mula, València.

Resumen

En el marco del proyecto de investigación “Risk-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia”, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación e Universidades del Gobierno de España, se analizan las características de susceptibilidad de la arquitectura vernácula frente a la acción del riesgo sísmico, de inundación y de intervención de fenómenos meteorológicos adversos. Se propone definir las características que debe reunir un conjunto urbano para identificarlo como idóneo para el análisis y evaluación de la vulnerabilidad frente a la presencia de riesgos naturales. Se trata de buscar los casos de mayor aptitud donde identificar las particularidades de los mecanismos de adaptación, además de permitir identificar como la agudización de los fenómenos ambientales debidos al proceso del cambio climático exponen a las construcciones a nuevos riesgos y retos. Se identifican las áreas potenciales pertenecientes al territorio de la Península Ibérica con presencia de riesgo sísmico, riesgo de inundación, riesgo de desertificación y riesgo frente a la presencia de fenómenos meteorológicos adversos. Se evalúa la superposición de la presencia de dos o más riesgos y se acotan las superficies territoriales en las que deberán encontrarse los casos de estudio. Se realiza un cribado de las posibles poblaciones con un alto porcentaje existente de arquitectura vernácula construida en tierra y con la presencia de al menos algún elemento de arquitectura monumental de las mismas características materiales. Se hace patente la adaptación de la arquitectura vernácula al medio en el que se integra dada la escasez de casos capaces de reunir las características definidas de forma clara. Se identifican como casos de estudio las poblaciones de: Niebla (Huelva), Mula (Murcia), y Valencia (Valencia).

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura construida con tierra constituye un patrimonio de gran relevancia e interés en la Península Ibérica. La amplia variedad geográfica, geológica y climática dada la extensión del territorio se refleja en el amplio abanico de técnicas empleadas en esta arquitectura (tapia, adobe, entramado, pared de mano) y en las variantes surgidas en cada lugar (Sanz, 1996).

Por otra parte, los riesgos de origen natural siempre han estado presentes en la historia del hombre como parte de su evolución y el desarrollo de las civilizaciones. Es por ello que existe una amplia documentación general sobre los tipos de riesgos presentes en el territorio peninsular y sus niveles de influencia (COG, 2008; AEMET, 2018; Olcina, 2012a), así como múltiples estudios relacionando los riesgos con el patrimonio construido a nivel internacional (UNESCO, 2008), pero menos que aborden de forma específica la respuesta de la arquitectura construida en tierra. En el ámbito de la Península Ibérica los estudios con mayor desarrollo en este sentido se centran en las acciones del riesgo sísmico (Cantarino et al., 2014).

En este contexto, el proyecto RISK-Terra tiene como principal objetivo abarcar de forma científica el análisis de las amenazas naturales, sociales y antrópicas, y cómo estas afectan las arquitecturas de tierra, tanto a nivel monumental como vernáculo, con el fin de proponer estrategias de prevención, planificación y priorización de acciones de conservación.

En el marco del proyecto RISK-Terra se ha generado una herramienta de análisis de las características arquitectónicas, constructivas y materiales de la arquitectura de tierra, para la evaluación de su nivel de susceptibilidad frente a la presencia de riesgo sísmico, riesgo de inundación y riesgo de intervención de fenómenos meteorológicos adversos. Con esta herramienta se han evaluado 258 construcciones donde el material principal utilizado es la tierra, en todas sus variantes constructivas. Estas construcciones se han seleccionado de modo que estuviesen distribuidas de forma homogénea en todo el territorio peninsular, abarcando así la variación geográfica y climática característica de la península. Esta evaluación ha proporcionado un esquema general del grado de susceptibilidad asociado a la tipología y según el tipo de riesgo (Mileto et al., 2021).

Como desarrollo de los resultados obtenidos a nivel de evaluación de la susceptibilidad, en este texto, se pretende exponer la metodología empleada para seleccionar los casos de estudio, donde evaluar a nivel de detalle las características arquitectónicas de las construcciones de tierra como continuación del análisis territorial. La profundización de este análisis sobre áreas donde existe la presencia de riesgo permitirá reconocer las particularidades de los sistemas que componen la arquitectura y los mecanismos de adaptación frente a la situación de riesgo que a lo largo de la historia se han ido implementando, con lo que posteriormente se comprobará la efectividad de la herramienta sobre casos con vulnerabilidad.

Por otra parte, este análisis de detalle permitirá reconocer las transformaciones y los sistemas contemporáneos utilizados con propósito de mejora y el tipo de reacción de los mismos tras la intervención del riesgo.

La definición de los casos de estudio es de gran relevancia en el desarrollo global de la investigación dado que deberá permitir la concreción de la herramienta de análisis desarrollada. Principalmente se busca que los resultados que devuelva dicha herramienta sean precisos, con el propósito de elevar la metodología a otros casos donde la presencia del riesgo pueda no ser actualmente una amenaza evidente, pero que debido a la evolución principalmente del cambio climático puedan presentarse en un futuro, de modo que, según los resultados obtenidos se podrá planificar para aplicar las más oportunas propuestas de prevención.

El principal objetivo de este texto es describir la metodología empleada para la localización y determinación de los núcleos urbanos y/o rurales sobre los cuales se realizará la aproximación del análisis.

2 METODOLOGÍA

Para conseguir el objetivo marcado se plantea una estrategia metodológica basada en tres fases: la identificación de las áreas potenciales de riesgo, la definición de las áreas con mayor presencia de arquitectura construida con tierra y la definición de las características mínimas necesarias a reunir por los conjuntos urbanos y rurales para ser idóneos para el análisis.

2.1 Identificación de los riesgos y sus áreas de influencia

Existen diversos tipos de riesgos y amenazas naturales que intervienen en determinadas áreas de la Península Ibérica. Para afrontar el análisis de la vulnerabilidad de la arquitectura de tierra se ha determinado previamente cuáles son los riesgos cuya acción pueda ocasionar mayores daños físicos y como consecuencia menoscabar la función y las características particulares de la arquitectura. Se determinan como riesgos a evaluar: la acción del sismo, el riesgo por inundación y el riesgo por intervención de fenómenos meteorológicos adversos.

La acción del sismo, es uno de los riesgos naturales históricamente reconocidos, sin embargo, no existen métodos capaces de predecir los terremotos, en tiempo, lugar y magnitud con precisión, siendo por tanto acciones repentinas e impredecibles. Es por ello

que se considera de gran importancia tomar medidas preventivas frente a su intervención. No obstante, sí es posible determinar las áreas susceptibles de sufrir la acción de un sismo y el grado de intensidad del mismo, a partir de datos proporcionados por los antecedentes de sucesos acaecidos a lo largo de la historia (Ministerio del Interior del Gobierno de España, 2020).

La Península Ibérica en términos globales no se puede considerar un territorio de alto riesgo sísmico, sin embargo, su situación en el borde sudoeste de la placa euroasiática en su colisión con la placa africana expone a una parte del territorio a la posibilidad de sufrir la acción del sismo. Las áreas potenciales de riesgo se encuentran en el sureste de la península y en el nordeste sobre la cordillera de los Pirineos, siendo las provincias de Granada (Andalucía) y Murcia donde mayor actividad sísmica se ha presentado en los últimos años.

El riesgo de inundación, de igual modo que el riesgo sísmico, es históricamente reconocido y de poca predictibilidad. Las inundaciones pueden ser de origen fluvial o marino, debidas a crecidas repentinas de los caudales ordinarios de algunos ríos o aumentos repentinos del nivel del mar. Las inundaciones pueden ser generadoras de grandes daños tanto a nivel humano como físico, pudiendo menoscabar en gran medida la solidez de las construcciones.

En el ámbito geográfico de la Península Ibérica existen áreas con potencial riesgo de inundación relacionadas principalmente con los cauces de los grandes ríos presentes en el territorio, pero especialmente en las zonas cercanas a sus desembocaduras, así como, en prácticamente todo el litoral de las costas mediterráneas y cantábricas (Olcina, 2012b).

El riesgo de intervención de fenómenos meteorológicos adversos es de mayor complejidad a la hora de su análisis territorial. Este riesgo se refiere a los fenómenos meteorológicos cuando se ven agudizados e intervienen con gran intensidad, arbitrariedad y espontaneidad. Los fenómenos atmosféricos siempre se han reconocido como uno de los principales factores de alteración y origen de múltiples procesos patológicos en las construcciones vernáculas de tierra, por lo tanto, cuando se ven intensificados pueden suponer un gran riesgo para la estabilidad y seguridad de dichas construcciones.

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), estos fenómenos son los relacionados con: precipitaciones torrenciales, variaciones bruscas de temperatura, fuertes rachas de viento, tormentas de nieve o heladas, etc.

Definir áreas concretas con potencial riesgo de sufrir la acción de los fenómenos meteorológicos adversos en el territorio peninsular alberga gran dificultad. Las áreas más propensas a sufrir este tipo de acciones son los litorales y las zonas con grandes elevaciones, pero cada vez su incidencia se encuentra más uniformemente distribuida en todo el territorio, hecho atribuible principalmente a las condiciones generadas por el cambio climático (figura 1).

2.2 Localización de la arquitectura construida en tierra

La arquitectura de tierra se encuentra presente a lo largo de todo el territorio peninsular utilizada con gran variedad de técnicas y sistemas constructivos, tanto a nivel vernáculo como monumental. La diversidad de variantes detectadas se relaciona con la diversidad ambiental y climática del territorio.

Fruto de investigaciones previas (Proyecto ResTapia y Proyecto SOSTierra) se ha desarrollado la clasificación tanto de las técnicas constructivas que emplean la tierra como materia principal, como de sus variantes. A partir de esta clasificación se han elaborado mapeados abarcando todo el territorio que comprende la Península Ibérica según técnicas (adobe, entramado y tapia) y según sus variantes (Mileto; Vergas, 2014; Mileto et al., 2011; 2018; Vegas et al., 2017).

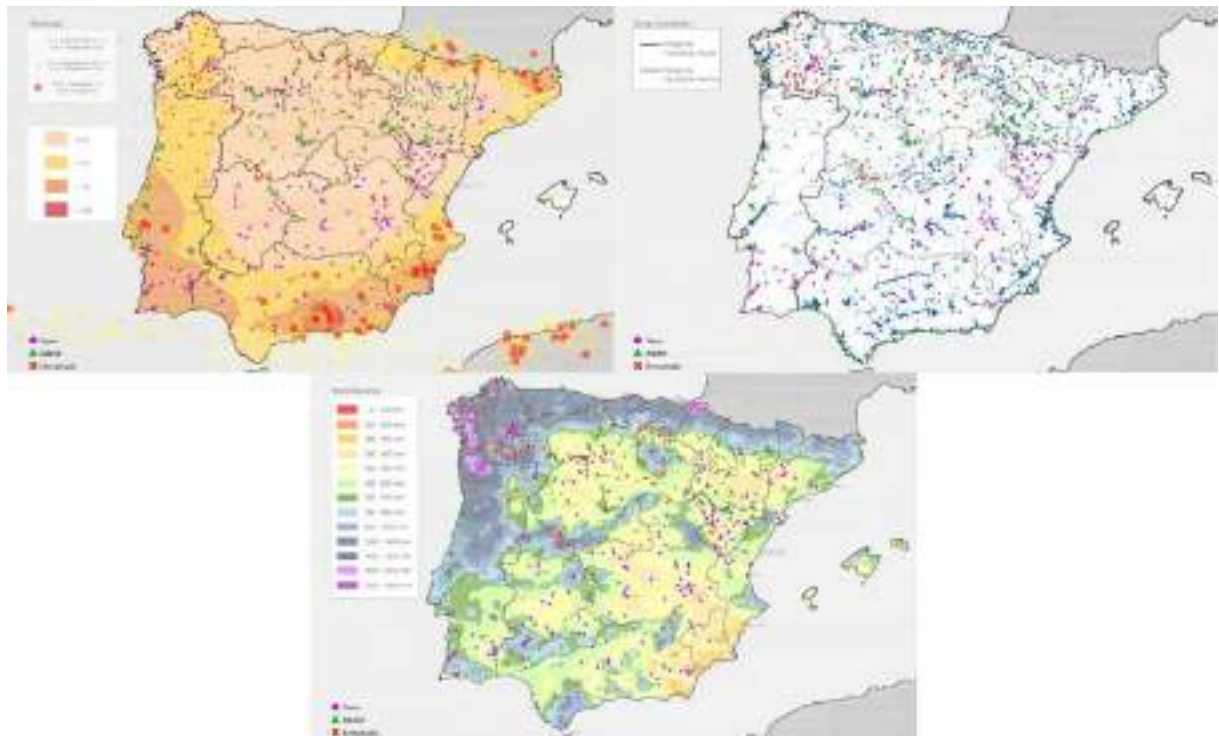


Figura 1. Localización de los 258 casos de estudio de la base de datos a nivel territorial en el análisis de los riesgos¹

2.3 Definición de las características de los casos de estudio

Dado que la investigación abarca el estudio de la arquitectura de tierra en todas sus variantes funcionales, la primera premisa para la búsqueda y selección de los casos de estudio es que cuenten en un área de proximidad con un número considerable de construcciones de tipo vernáculo conservadas en proporción al total de las construcciones allí presentes y al menos una construcción de tipo monumental.

Otra de las premisas fundamentales que se debe cumplir es que los núcleos urbanos o las áreas rurales a documentar como caso de estudio deben encontrarse en al menos el área de intervención de uno de los riesgos definidos, de forma que se pueda realizar la evaluación de la vulnerabilidad real de las construcciones a catalogar.

Con el propósito de poder evaluar la herramienta de análisis generada de la forma más completa posible, se establece como tercera premisa, que los casos de estudio deben responder a esquemas urbanos, morfológicos, constructivos y materiales diferentes entre sí. La variación de las características a nivel arquitectónico entre los casos, junto con la variación de los condicionantes geográficos y climáticos, permitirán abarcar el mayor abanico posible de variables de cara a validar la herramienta de análisis.

3 CASOS DE ESTUDIO

La selección de los tres primeros casos de estudio se resuelve a partir de la superposición de los mapas riesgos con los mapeados de técnicas constructivas. A partir de esta superposición se han seleccionado las áreas susceptibles para el análisis, estando principalmente situadas en la franja sureste de la península, dada la intensa actividad

¹ a) sismo: análisis de intensidad y magnitud sísmica (Atlas Nacional de España; Instituto Geográfico Nacional; Ministerio de Fomento; European Seismological Comision); b) inundación: áreas inundables de origen marino y fluvial (Instituto Geográfico Nacional; Atlas Nacional de España; MAPAMA 2015. Sistema Nacional de Información de Ambiente SNIAmb); c) fenómenos meteorológicos adversos: precipitación media anual (1971-200) (Atlas Climático Ibérico. Atlas Nacional de España; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España)

sísmica de esta zona y la gran afluencia de desarrollos fluviales.

Como siguiente paso, a través de fuentes bibliográficas y el desarrollo de la investigación a nivel territorial se ubican aquellas poblaciones que cumplen con la premisa de conservar un número elevado de construcciones vernáculas en proporción a la extensión del núcleo urbano o del conjunto rural en el que se integran y algún elemento con carácter monumental cuyo sistema constructivo principal sea de tierra.

Los municipios o localidades que cumplen con las mencionadas condiciones, pese a la importancia y la gran presencia de la arquitectura de tierra en toda la extensión del territorio peninsular son escasos. La superposición con las áreas susceptibles de análisis nos devuelve como potenciales casos de estudio para conseguir el objetivo fijado: Mula, en la Región de Murcia, Niebla en la Provincia de Huelva (Andalucía) y Valencia, concretamente el área periférica correspondiente con la Huerta Sur y Huerta Norte de Valencia, en la Comunidad Valenciana.



Figura 2. Mapa indicando la localización de los tres casos de estudio: Mula en la Región de Murcia, Niebla en la provincia de Huelva (Andalucía) y Valencia en la Provincia de Valencia (Comunidad Valenciana)

3.1 Mula

El municipio de Mula se encuentra ubicado en la Región de Murcia (España). Su núcleo urbano principal se encuentra situado en la vertiente sureste de una colina a los pies del Castillo de los Velez y su muralla defensiva (Lopez; La Spina; Fernandez del Toro, 2020). Esta construcción de origen medieval cuenta con muros de fábrica de sillería y de tapia, estos últimos presentes principalmente en la conformación del recinto amurallado. Tras la inspección in situ de las construcciones que configuran su núcleo urbano se han detectado 143 casos de construcciones de tipo vernáculo cuyo sistema constructivo principal es la tapia en sus variantes de tapia simple y tapia calicostrada combinándose en ocasiones con machones de mampostería y ladrillo.

El área geográfica en la que se encuentra ubicado el municipio de mula se encuentra expuesto a los riesgos de sismo e inundación habiendo sido ambos dos riesgos, en el pasado, generadores de grandes daños tanto a nivel humano como material afectando gravemente a las construcciones existentes (García; Alonso; Belmonte, 2016).

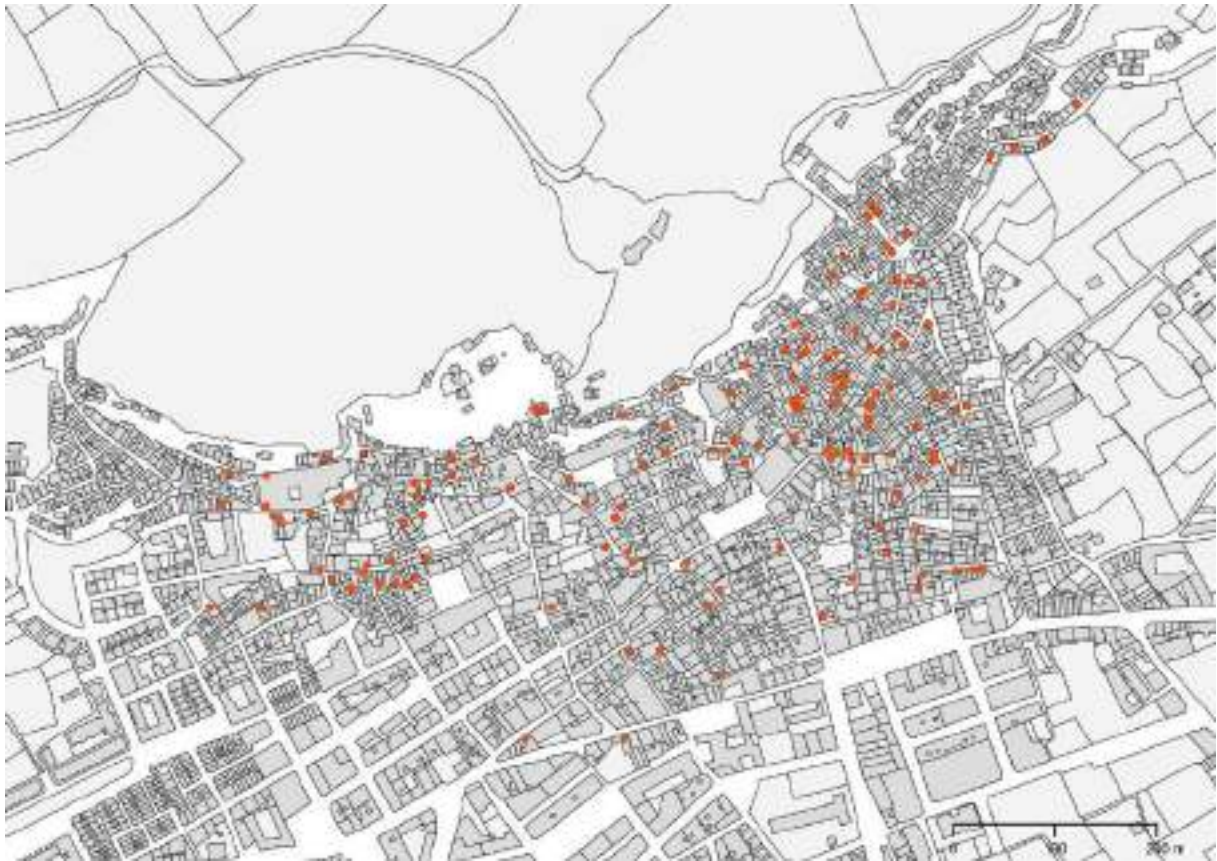


Figura 3. Mapa catastral de la localidad de Mula con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

3.2 Niebla

La localidad de Niebla se encuentra ubicada en la provincia de Huelva (Andalucía). La característica principal de este núcleo urbano es que se desarrolla principalmente en el interior del recinto amurallado del Castillo de Niebla también denominado como Castillo de los Guzmanes, el cual se encuentra custodiado por el río Tinto que envuelve la fortaleza por su lado sureste, dándose por lo tanto el crecimiento urbano de la población extramuros en orientación noroeste. A nivel geográfico la superficie que engloba el núcleo urbano se encuentra prácticamente sin desniveles. El sistema constructivo principal del castillo y las murallas es la tapia. El mismo sistema constructivo se identifica en las construcciones vernáculas del interior y algunas del exterior del recinto, que, tras la inspección y toma de datos in situ se han detectado 57 construcciones cuya variante constructiva principalmente es tapia simple en algunos casos reforzada con zócalos y machones de mampostería.

Esta localidad se encuentra ubicada en una superficie donde el riesgo natural con mayor presencia es el sismo, habiendo sufrido su acción en diversas ocasiones a lo largo de la historia, habiendo sido uno de los más notables en 1755 el cual provocó grandes desperfectos en las murallas y la torre del homenaje.



Figura 4. Mapa catastral de la localidad de Niebla con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

3.3 Valencia

El municipio de Valencia se encuentra ubicado en la provincia central de la Comunidad Valenciana. Se trata de la tercera ciudad y área metropolitana más poblada de España. No obstante, su núcleo urbano se encuentra bastante acotado y restringido por el área de huerta protegida que lo envuelve, y es en esta área donde se centra la localización de construcciones como caso de estudio. Las principales características de este entorno son su proximidad al mar, la presencia de la desembocadura del río Turia cuyo cauce atraviesa el núcleo urbano consolidado y su proximidad a la Albufera, uno de los lagos más grandes de España.

En esta área se ubican varios ejemplos de arquitectura monumental de carácter civil y religioso cuyo sistema constructivo principal es la tapia en su variante de tapia vareada con ladrillo o tapia valenciana. En cuanto a las construcciones vernáculas, tras el estudio in situ se han detectado 73 construcciones cuyo sistema constructivo es principalmente la fábrica de adobe.

Los riesgos principalmente identificables en esta área son el riesgo de inundación y la intensificación del riesgo por intervención de fenómenos meteorológicos adversos en forma principalmente de lluvias torrenciales.



Figura 5. Mapa catastral de la ciudad de Valencia con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

4 CONSIDERACIONES FINALES

Las tres áreas seleccionadas para el análisis pormenorizado cuentan con características geográficas y materiales dispares, tal como es propósito para poder enriquecer esta primera evaluación de detalle. Pero también, estas tres áreas cuentan con condicionantes sociales claramente distintos, hecho que puede aportar a la investigación conclusiones acerca de los fenómenos de transformación y adaptación dependiendo de la evolución urbana tanto a nivel arquitectónico como social y cultural.

Como continuación de la investigación se recopilará la información en cuanto a características arquitectónicas y sobre los sistemas constructivos y materiales de las construcciones de tierra detectados en cada uno de los tres casos, además de recopilar las patologías presentes en los mismos. Estos datos pasarán a introducirse en la herramienta de análisis de la susceptibilidad frente a cada uno de los riesgos definidos.

El desarrollo del análisis de los tres casos en base a los resultados y la metodología establecida para el estudio a nivel territorial aportará la concreción de conclusiones en el objetivo principal del proyecto, proponer estrategias de prevención, planificación y priorización de acciones frente a la intervención de riesgos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMET (2018). Plan nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos. Meteoadvertencia. España: Agencia Estatal de Meteorología

Cantarino, F. J.; Torrijo, S. Palencia; Gielen, E. (2014). Assessing residential building values in Spain for risk analyses – application to the landslide hazard in the Autonomous Community of Valencia. Natural Hazards and Earth System Sciences, Copernicus Publications, 14, p. 3015-3030

COG – Colegio Oficial de Geólogos (2008). Riesgos naturales. Guía metodológica para la elaboración de cartografías en España. España: COG/Ministerio de Vivienda

García, R., Alonso, F., Belmonte, F. (2016). Riesgos naturales de las cuencas de los Ríos Mula y Guadalentín. En: Geografía Aplicada en la Región de Murcia: Guía de las Salidas de Campo XV Coloquio ibérico Code GeoGráfica Murcia, España, 7-9 noviembre 2016. España. Asociación de Geógrafos Españoles. Pp. 56-121.

Lopez, F.J., La Spina, V., Fernandez del Toro, J. (2020). "Residential Earthen Architecture in Mula (Spain): Study and Cataloguing of its Construction Technique", en ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 44M1, pp. 985–992, 2020. doi:10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-985-2020.

Mileto, C.; Vegas, F. (coord.) (2014). La restauración de la tapia en la Península Ibérica: criterios, técnicas, resultados y perspectivas. Lisboa/Valencia: Argumentum/TC Editores.

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V. (2011). Earthen architecture in Spain. In: Terra Europae. Earthen Architecture in the European Union. Pisa, Italy. Edizioni ETS. p. 181-183

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V.; García Soriano, L. (2018). SOSTierra Project. Initial results. In: Vernacular and Earthen Architecture. Conservation and Sustainability. Reino Unido. CRC-Blakema / Taylor & Francis Group. p. 185-190

Mileto, C.; Vegas, F.; García Soriano, L.; Pérez, A. (2021). Assessment of vulnerability of earthen vernacular architecture in the Iberian Peninsula to natural risks. Generation of an analysis tool. International Journal of Architectural Heritage. Reino Unido. Taylor & Francis Group.

Olcina J. (2012a). De los mapas de zonas afectadas a las cartografías de riesgo de inundación en España. Anales de geografía, vol. 32

Olcina J. (2012b). Reducción del riesgo de extremos pluviométricos en España: últimos avances. Territoris, 8, p. 153-176

Sanz, J.M. (1996). Técnicas y oficios tradicionales: barro, adobe y tapial. BIA nº 185, Madrid.

UNESCO (2008). List of factors affecting the properties. Disponible en: <http://whc.unesco.org/en/factors/>

Vegas, F.; Mileto, C.; García Soriano, L.; Villacampa, L.; Gómez, F.J. (2017). Primera aproximación a la variedad constructiva de la arquitectura vernácula de tierra en la Península Ibérica. En: Actas del X Congreso Nacional y II Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. España. Instituto Juan de Herrera, p. 1051-1060

NOTA

El trabajo de investigación presentado forma parte del proyecto "RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de intervención e incremento de la resiliencia" concedido por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (ref. RTI2018-095302-B-I00; IP: Camilla Mileto y Fernando Vegas).

AUTORES

Ana Pérez Vila, Arquitecta y Máster en conservación en Patrimonio Arquitectónico por la Universitat Politècnica de València, es técnico superior de investigación en el Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO).

Lidia García Soriano es Arquitecta (2010), Máster en conservación del patrimonio arquitectónico (2013) and Doctora en Arquitectura (2015). Actualmente, profesora asociada del Departamento de Composición Arquitectónica de la Universitat Politècnica de València (UPV) e investigadora en PEGASO Centro de Investigación en la UPV. Su actividad profesional e investigadora se desarrolla en el ámbito del patrimonio arquitectónico en general y la arquitectura de tierra en particular. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible"

Camilla Mileto, PhD, es Arquitecta y Profesora de Conservación de la Arquitectura en grado, posgrado y doctorado en la Universitat Politècnica de València (España), donde es directora del Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO). Ha recibido varios premios internacionales por su investigación, proyectos y trabajo construido en conservación arquitectónica y por su enseñanza en conservación. Es directora de la

revista científica internacional Loggia y ha publicado extensamente sobre conservación arquitectónica en libros, artículos y actas de conferencias.

Fernando Vegas López-Manzanares, PhD, es arquitecto y profesor en la Universitat Politècnica de València (España), donde enseña conservación arquitectónica y composición arquitectónica. Es director de la revista científica internacional Loggia y ha publicado extensamente sobre conservación arquitectónica. Ha recibido varios premios internacionales por su investigación, proyectos y trabajos de construcción en conservación arquitectónica. Es autor de numerosos estudios, proyectos e intervenciones sobre la conservación de la Alhambra de Granada, así como de otros monumentos españoles.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN ARQUEOLOGÍA DE ESPAÑA: METODOLOGÍA DE ESTUDIO PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

Sergio Manzano Fernández¹, Camilla Mileto², Fernando Vegas López-Manzanares³, Valentina Cristini⁴

Departado de Composición Arquitectónica, Universitat Politècnica de València, Valencia, España
Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), Universitat Politècnica de València, València, España

¹sermanfe@upv.es, ²cam2@cpa.upv.es, ³fvegas@cpa.upv.es, ⁴vacri@cpa.upv.es

Palabras clave: patrimonio, yacimiento arqueológico, degradación, conservación, vulnerabilidad

Resumen

Los yacimientos arqueológicos conforman uno de los conjuntos patrimoniales que más han sufrido, por su propia naturaleza, la exposición prolongada a los agentes de degradación, además del abandono derivado de los cambios en los hábitos de vida y reconocimiento social de las civilizaciones contemporáneas, convirtiéndose en un gran desafío de preservación tanto para arquitectos conservadores como para arqueólogos. El objetivo del artículo es presentar una metodología adecuada de identificación de los diferentes casos de construcción con tierra en yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica, contemplando sus distintas características y generando una base de datos útil para su análisis. La metodología parte de la valoración de la información que es posible obtener a través de una adecuada organización de los datos a recopilar tanto *in situ* como a través de las publicaciones relacionadas, y sus posibles interrelaciones. Para conocer los riesgos más determinantes a la hora de afrontar una estrategia de conservación de construcciones con tierra en yacimientos arqueológicos, es necesario analizar todas aquellas características constructivas, geográficas, tipológicas, sociales, así como las intervenciones llevadas a cabo y sus resultados de conservación, concretadas mediante una ficha de caso dividida en estos grandes bloques. El principal resultado obtenido es la determinación de una metodología científica y objetiva que organice la información relativa a las características y casuísticas de los yacimientos arqueológicos en España, a partir de la cual desarrollar un posterior análisis de riesgos y amenazas que aborde estas particularidades.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra ha constituido tradicionalmente uno de los materiales de construcción más antiguos conocidos, debido a su sencilla obtención, por erosión de la roca, y su abundante cantidad en cualquier tipo de hábitat. La necesidad de satisfacer necesidades constructivas y domésticas para las formas de vida del pasado derivó en la exploración de técnicas constructivas que contenían la tierra como material principal, la cual fue percibiendo un perfeccionamiento progresivo con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y físicas, conforme la experimentación permitió obtener un mayor conocimiento de la respuesta del material frente a la degradación y conservación en el tiempo.

Pese a estas alteraciones, la tierra continuó mostrando fragilidad frente a los agentes de degradación, especialmente al agua cuando se exponía sin protección, pero no impidió su uso en abundancia como material principal hasta la historia reciente. Su menor resistencia frente a otros, como la piedra o la cerámica, la relegaron a un plano inferior, lo cual junto con dicha fragilidad la convertía en una de las arquitecturas más amenazadas por la falta de mantenimiento, y facilitaba la pérdida de información sobre la misma.

Esta problemática es realmente acusada en aquellas estructuras que carecen de uso, pues la ausencia de interés de preservación acaba resultando en la progresiva eliminación de las protecciones que impiden la descomposición de las construcciones de tierra. Una vez permitida la entrada de los agentes de degradación a las secciones más sensibles, la

pérdida crece exponencialmente, pudiendo hacer desaparecer por completo elementos en únicamente dos años de exposición (Pastor, 2017).

Este es el caso de los yacimientos arqueológicos, pues habitualmente se muestran como conjuntos patrimoniales descubiertos, aislados y abandonados, lo que supone un contexto de riesgo extremo para las construcciones. La peligrosidad natural, complementada con los problemas de valoración del material hasta la segunda mitad de los años 80 (Sánchez, 1997) y la dificultad de identificación del mismo en la matriz de sedimentos de una excavación, entre otros, evidencian esta amenaza, siendo ya el 14% de los conjuntos patrimoniales incluidos en la Lista de Patrimonio Mundial en Peligro yacimientos arqueológicos de tierra (Correia, 2016).

En la Península Ibérica, el uso de la tierra en la construcción ha sido observado en la gran mayoría de su extensión, destacando la meseta norte en el ámbito de la arquitectura vernácula, y presenta una gran dispersión de yacimientos en que se ha documentado la presencia actual o pasada de tierra en sus estructuras, pese a observarse una información desigual en los diferentes territorios debido a la diversa intensidad e interés de los investigadores en el estudio de esta técnica (Belarte, 2011). La creciente preocupación por su desaparición ha resultado en el aumento de estudios específicos de asentamientos, generalmente prehistóricos y protohistóricos (Pastor, 2017), con estas tipologías y características, además de un aumento en la cooperación de arqueólogos, arquitectos y otros profesionales relacionados (Matero, 1998).

1.1 Objetivos de la investigación

En dicho marco teórico, y dada la pérdida resultado de la disgregación y colapso de las estructuras de tierra en yacimientos arqueológicos, se observa una amenaza en torno al conocimiento constructivo y el uso de este material en los conjuntos arquitectónicos.

Para afrontar el problema, se motiva una investigación doctoral enmarcada en el proyecto de investigación *RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia*, mediante la cual analizar cuáles son estas amenazas y debilidades y su posible afección, requiriendo de una metodología de estudio que facilite la obtención de conocimiento en tanto a los niveles de riesgo y vulnerabilidad a los que se hallan sometidos.

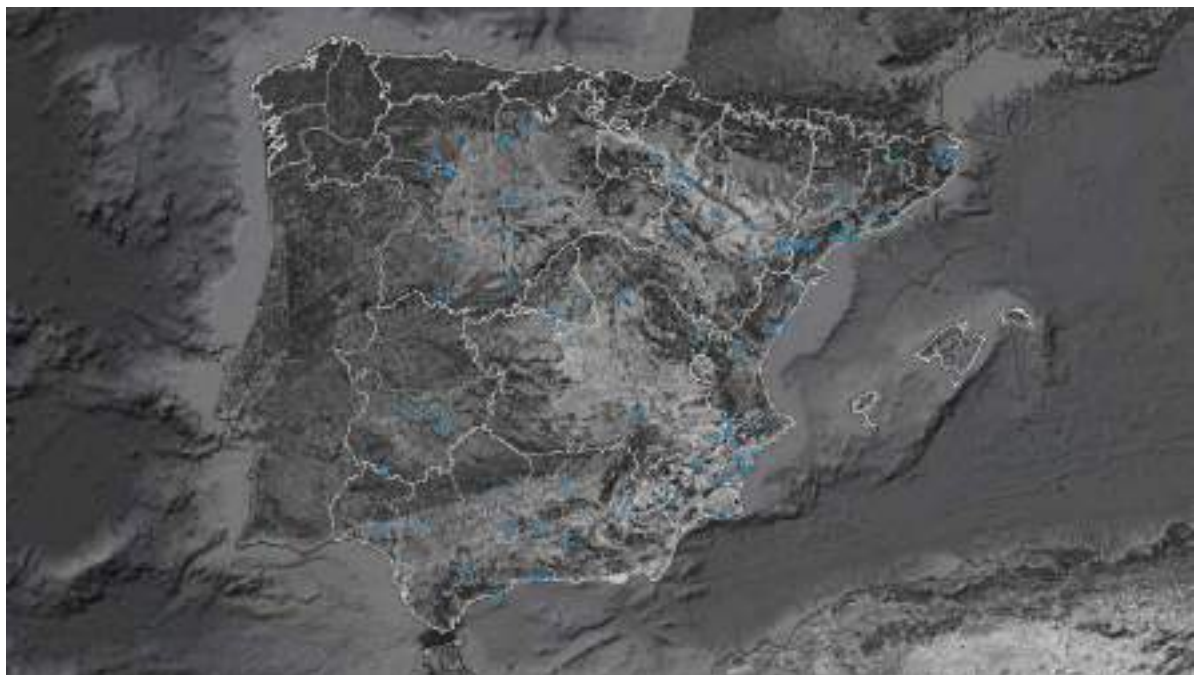


Figura 1. Dispersión de 96 yacimientos arqueológicos determinados en el estado actual de la investigación como potenciales casos de estudio, con estructuras preservadas de tierra en la península

Para ello se desarrolla un modelo de ficha que aúne la información relativa a estos conjuntos patrimoniales dispersos en la Península Ibérica, gestionada de forma sistematizada y ordenada, de manera que se obtenga información comparativa y se localicen los casos de estudio más interesantes tanto en términos de respuesta por abandono como por intervención, previa consideración del impacto al que se somete a nivel natural, social y antrópico. Estos factores, previamente reflexionados y dada la particularidad de los yacimientos arqueológicos, se obtienen principalmente de la documentación publicada y redactada, completados por el análisis visual del estado actual del mismo.

2 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Dado que el objeto de estudio son los yacimientos arqueológicos con estructuras de tierra, elementos históricamente poco estudiados y documentados hasta los años recientes, se observa un patrimonio poco analizado cuya principal fuente se concentra en torno a la bibliografía escrita y la información fotográfica histórica, siendo de especial interés la observada en los vuelos históricos nacionales, ya que permite comprender la evolución volumétrica en el tiempo. A nivel directo, aunque en menor medida, el comportamiento de la tierra frente a los agentes de degradación será estudiado en profundidad con el fin de comprender en mayor medida la respuesta, además de la realización de vistas técnicas que ofrezcan la información referente al estado actual de los yacimientos.

Con el fin de realizar las pertinentes conexiones entre factores ambientales, sociales y antrópicos, y los diferentes estados de conservación, es imprescindible la obtención de todos aquellos datos ambientales y contextuales disponibles desde las instituciones nacionales, autonómicas, provinciales o municipales al respecto. De igual manera, dado que estos riesgos y catástrofes son más frecuentes en otros países por su localización geográfica e incidencia del cambio climático, es de gran ayuda la observación de casuística estudiada y en riesgo en los mismos para establecer puntos en común y ampliar el espectro de conocimiento con respecto al caso de la Península Ibérica.

Se establecen las siguientes fases para el desarrollo de la investigación:

Fase 1. Recopilación de información. Debido a la localización y estado de los yacimientos, se diferencian dos tipos de fuentes para la obtención de información: las fuentes indirectas y las directas. Las fuentes indirectas comprenden la información recabada en archivo, así como las publicaciones de informe de campaña arqueológica, estudios y análisis de yacimientos con estructuras de tierra. Asimismo, se incluyen las bases de información geográfica de diversa índole, abarcando tanto aquellas en torno a los riesgos naturales y sociales de la península ibérica, como la localización precisa de los yacimientos (según disponibilidad) en entornos SIG, a nivel nacional y autonómico, con el fin de unificar su consulta y permitir el cruzado de datos. Las fuentes directas, por otro lado, conforman la visita técnica a los conjuntos seleccionados, realizando una inspección visual y la toma de datos necesaria actualizada.

Fase 2. Elaboración de fichas de estudio. Una vez reflexionada la información y la afección de los diferentes riesgos a los yacimientos arqueológicos con estructuras de tierra, se elaborará una ficha mediante un software de gestión de bases de datos que permita el volcado de los mismos de forma individualizada, teniendo en cuenta todos los factores susceptibles de interés para el cruzado y obtención de conclusiones.

Fase 3. Inclusión de datos en fichas de estudio y clasificación. Se catalogarán los casos recopilados en tanto a su interés, como en calidad y cantidad de información disponible, clasificando aquellos casos que permitan un mayor conocimiento en tanto a su afección por concentración de riesgos o idoneidad material y de conservación.

Fase 4. Análisis y conclusiones. Se analizará la información anterior, cruzando las diferentes bases de datos y focalizando en la información de aquellos yacimientos de mayor interés por las características anteriormente descritas, obteniendo las conclusiones pertinentes y representándolas, en la medida de lo posible, de forma sintética y gráfica.

3.1 Sección 1: Análisis general del yacimiento

La primera sección ofrece una síntesis de la información general derivada de la identificación y localización del yacimiento con estructuras o elementos ejecutados con tierra. Su correcta localización permite conocer el punto de afección y el alcance de los riesgos en el lugar, resultando imprescindible para el cruzado de datos, y sus características descriptivas permiten comparar y catalogar la muestra de casos, además de conocer, en la medida de lo posible, las técnicas más conservadas en los mismos.

Datos generales del yacimiento:

1) Nombre identificativo del yacimiento, de acuerdo con las bases de datos nacionales, autonómicas o municipales. 2) Código identificativo, a través de una numeración reflexionada que facilite su consulta. 3) Provincia y municipio, con el fin de estudiar la dispersión geográfica de este tipo de patrimonio conservado. 4) Coordenadas geográficas, disponiendo de localización precisa mediante el sistema de coordenadas ETRS89 / UTM zone 29N/30N/31N, permitiendo su traslado a sistemas SIG para el cruzado y gestión de datos. 5) Titularidad, con el fin de detectar posibles riesgos antrópicos derivados de la gestión pública o privada. 6) Tipo, catalogando el tipo de arquitectura en que se inscribe. 7) Uso actual, determinando su explotación turística o funcional, si la hubiera. 8) Fotografía general del estado actual (o estado histórico en caso de enterramiento posterior) y planimetría de emplazamiento en la Península Ibérica.

Datos arquitectónicos del yacimiento:

a) Localización de la tierra, al poder hallarse en una gran cantidad de elementos, siendo el más habitual el alzado de muro y el pavimento, pero también otros como las construcciones domésticas, o de producción, como hornos. b) Técnica constructiva, de mayor o menor complejidad, como el amasado o el adobe, hasta la inclusión de otros materiales resultando en construcciones mixtas o sistemas monolíticos más avanzados como la tapia. c) Estabilizadores presentes en los elementos de tierra, si han sido documentados, con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas de las mismas frente a los agentes de degradación. d) Otras técnicas constructivas, presentes en el yacimiento, tales como la mampostería o el ladrillo.

Datos de transformación:

1) Conservación general del yacimiento, si ha sido mantenido, intervenido a nivel material, de protección o con fines de musealización, o si se encuentra en estado de ruina por abandono.

3.2 Sección 2: Riesgos naturales, sociales y antrópicos

La segunda sección pretende aunar los niveles de afección a los que se hallan expuestos los elementos de tierra en los diferentes yacimientos arqueológicos, como parte del estudio de vulnerabilidades. Para ello, se estudian individualmente los riesgos naturales, considerando especialmente el impacto de la inundación, al ser un patrimonio que puede quedar completamente sumergido con mayor facilidad; de cambio climático, considerando la amenaza de desertificación y aridez, así como el valor de las precipitaciones y el incendio en menor medida; y de sismo, pese a que la reducida altura y esbeltez de muros, junto con las disposiciones en formas circulares de algunas construcciones históricas, aminoran los posibles daños y lesiones graves. Para ello, se recopilan los datos precisos derivados de las bases de datos climáticos nacionales y autonómicas.

En tanto a los riesgos sociales, se ha profundizado en los años recientes en los diferentes factores sociales que propician el aumento de amenazas intangibles, como el abandono por movimientos demográficos, ausencia de políticas de protección, conciencia o interés por el patrimonio, o, por el contrario, la afluencia excesiva y descontrolada de turistas, entre otros.

Por otro lado, los riesgos antrópicos fueron detectados antes del cambio de siglo, tanto de origen profesional, debido a las dificultades de identificación de la tierra en la matriz de

estratos de excavación, entre otros; como de origen civil, fruto de negligencias, vandalismo, o tratamientos inadecuados (Matero, 1998).

Factores de riesgo naturales de inundación:

1) Factores arquitectónicos y dimensionales, tales como el altura y espesor de zócalo y alzado de muro, si lo hubiera. 2) Factores constructivos, que favorezcan la resistencia frente al agua, como la existencia de cimentación, la construcción elevada o las plataformas de tierra. 3) Factores topológicos, como la elevación del terreno en el que se asienta, manteniéndolos dentro o fuera de las zonas inundables. 4) Afección o no por zona inundable, según la documentación disponible, con periodos de retorno a 50, 100 o 500 años.

Factores de riesgo naturales de precipitación, desertificación e incendio:

1) Radiación solar, determinando el nivel de incidencia sobre superficie horizontal en función de la latitud del yacimiento. 2) Viento, al tratarse de uno de los principales agentes degradantes en climas áridos (Butzer, 1989). 3) Temperatura media, la cual se muestra especialmente ligada a la irregularidad del relieve junto a las precipitaciones, hallada por promedio de las temperaturas medias registradas anualmente. 4) Horas de sol, siendo una insolación media de acuerdo con las horas de afección registradas a lo largo del año. 5) Oscilación térmica, obtenida a partir del valor medio anual de la diferencia entre las temperaturas extremas diarias (máxima y mínima) registradas a lo largo del año, dado el impacto de los cambios de temperatura en las estructuras. 6) Precipitaciones medias, con el fin de estudiar la preservación de la tierra en los diferentes climas. 7) Climatología, en búsqueda de establecer relaciones y comparaciones referidas a las zonas climáticas. 8) Regiones fitoclimáticas, por su carácter de combinación entre precipitaciones y temperaturas. 9) Riesgo de incendio, para observar la exposición a los eventos catastróficos de altas temperaturas y conocer largas exposiciones a las altas temperaturas que hayan podido endurecer la tierra resultado de cocciones similares a la cerámica. 10) Desertificación, por degradación de suelos y vegetación.



Figura 3. Cruzado de datos de precipitación con casos de estudio para la localización de yacimientos con mayores condiciones de vulnerabilidad (IGN, 2021)

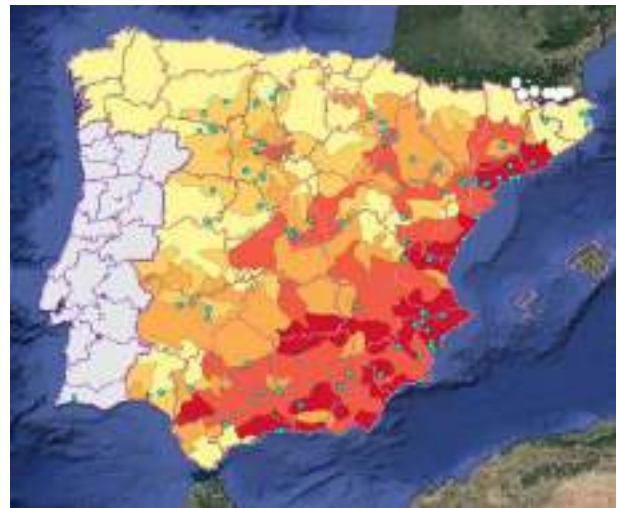


Figura 4. Cruzado de datos de desertificación con casos de estudio para la localización de yacimientos con mayores condiciones de vulnerabilidad (IGN, 2021)

Factores de riesgos naturales de sismo:

a) Geometría de las estructuras del yacimiento, por su diferente respuesta frente a los esfuerzos generados por el sismo al disponer composiciones redondeadas frente a ángulos en 90 grados. b) Valores de intensidad sísmica y aceleración, en función de la localización geográfica. c) Factores específicos sismotectónicos en los que se inscribe el yacimiento.

Factores legales y urbanísticos:

1) Protección vigente, para conocer el régimen de mantenimiento o actuaciones permitidas en la actualidad, así como el periodo de vigencia de la misma. 2) Ayudas para la conservación, si ha recibido o es susceptible de recibir ayudas económicas para su conservación. 3) Acceso, en caso de presentar un acceso restringido o de libre circulación.

Factores sociales:

1) Densidad de población, en el área de localización, por su impacto económico, facilidad o dificultades de promoción y visita. 2) Flujo diario o anual de visitantes, tráfico que es determinante en su puesta en valor y presupuesto de preservación y promoción. 3) Musealización, si el yacimiento dispone de las herramientas necesarias para una comprensión nula, básica o profunda de las estructuras, modo de vida e historia inherente al emplazamiento. 4) Uso actual, si se promociona o se posibilita el uso lúdico o cultural del yacimiento, como en integraciones festivas o representaciones.

Factores profesionales y técnicos:

1) Plan de mantenimiento redactado, o medidas de socorro tras la excavación, que garantice la pervivencia de los restos arqueológicos de tierra frente a los agentes de degradación. 2) Documentación arqueológica, o registro de las muestras de tierra descubiertas, dada la fragilidad de este tipo de arquitectura y facilidad de pérdida del documento histórico si no son abordadas durante la campaña arqueológica (Pastor, 2017).

Factores civiles:

1) Explotación agrícola, en caso de que el yacimiento se halle en una parcela habilitada para ello, con el consiguiente riesgo de afección al patrimonio cultural. 2) Vandalismo, pudiendo resultar en robos, saqueos (Melucco, 1992), grafiti o destrucción directa e indirecta de los restos, atraídos por las posibles piezas de valor remanentes en el terreno.

3.3 Sección 3: Estado de conservación

La última sección explora los indicadores de aumento de la vulnerabilidad en los yacimientos, considerando el estado de conservación material actual, tanto de índole atmosférico, biológico como antrópico; y la degradación estructural de los diferentes elementos, fisurados o susceptibles de colapso parcial o total. Además, se evidencia la evolución volumétrica del conjunto mediante la recopilación de imágenes resultado de los vuelos aéreos nacionales e internacionales, posibilitando su visualización, en caso de realizarse la excavación, en los años 1956-57, 1973-86, 1981-86, 1996-98, 1997-03, entre otros, y en la actualidad (IGN, 2021). Asimismo, el estado de intervención y las protecciones que dispone en el momento de la presente investigación son relevantes para valorar su impacto en el grado de vulnerabilidad.

Factores de estado de conservación:

1) Degradación material, identificando los agentes específicos que la motivan en los elementos de tierra. 2) Degradación estructural, atendiendo a lesiones de fisuración, desplome, descalce, colapso parcial o total. 3) Evolución histórica, en términos de conservación, de acuerdo con las ortofotos recabadas de los diferentes vuelos aéreos disponibles.

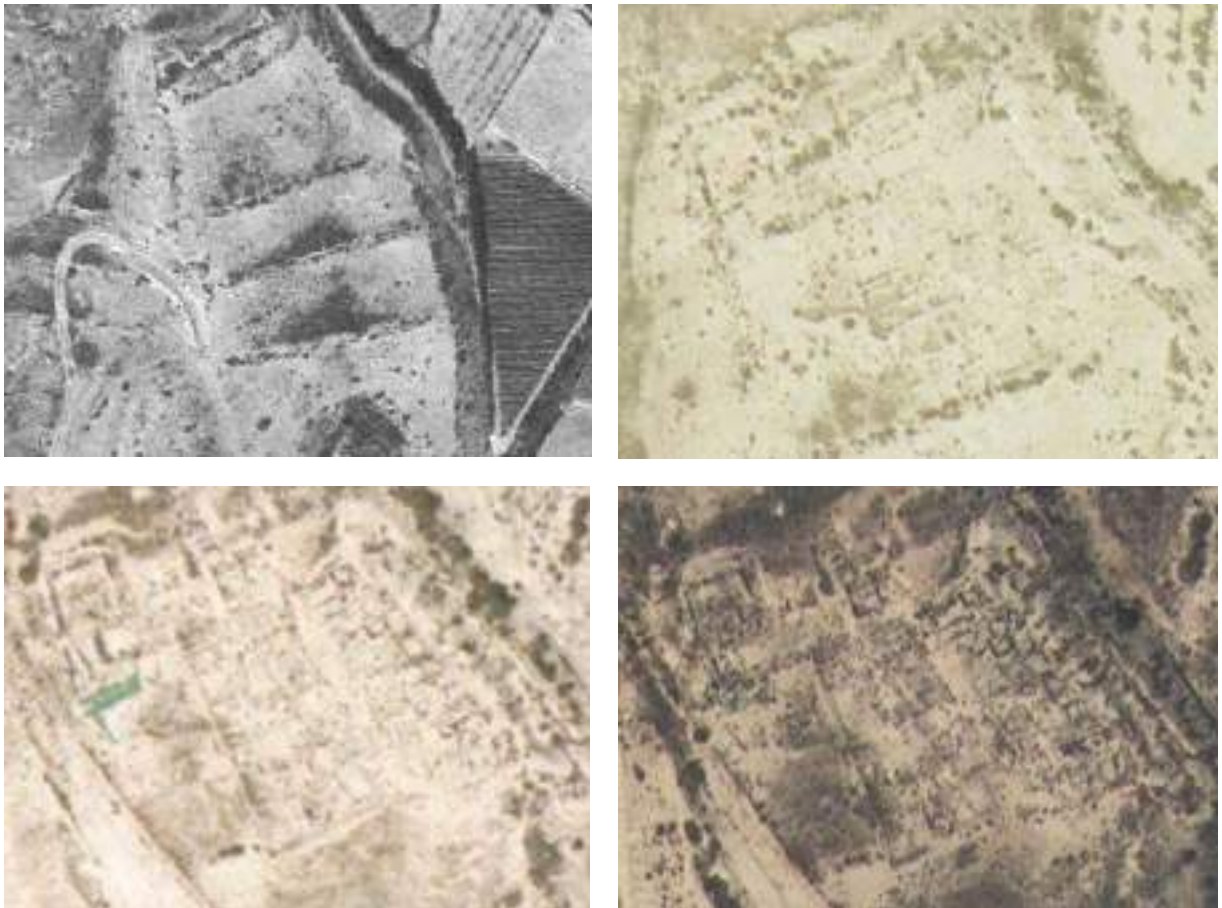


Figura 5. Comparativa histórica en base a los vuelos aéreos. Ejemplo de un caso en San Fulgencio, Alicante - Arriba izquierda: Vuelo Interministerial 1973-1986. Arriba derecha: Vuelo de costas 1989-1991. Abajo izquierda: Vuelo PNOA 2005. Abajo derecha: Vuelo PNOA 2017 (Fototeca IGN, 2021).



Figura 6. Comparativa de intervenciones. Izquierda: protección permanente con cubierta y musealización en Libisosa (2021). Centro: protección temporal con recubrimiento de material tradicional en Lucentum (M. Ojeda, 2019). Derecha: desprotección y exposición en Niebla (A. Pérez, 2021).

Factores de intervención: 1) Grado de visibilidad, pues la protección por estado enterrado permite una preservación mucho más efectiva frente a los niveles derivados de la exposición sin medidas de socorro. 2) Tipo de intervención, mediante las diferentes estrategias actuales, como las cubriciones totales y parciales (Stubbs, 1984), permanentes o temporales, el encapsulado de elementos (Pastor, 2017), el drenaje de aguas superficiales, o el tratamiento químico (Alva; Chiari, 1984), entre otras.

4 CONCLUSIONES

La recopilación de información resulta en una base de datos completa, que permite determinar los casos de estudio de mayor interés, en base a los trabajos de documentación y preservación realizados, así como aproximar la vulnerabilidad a la que se ven sometidos por factores de muy diversa índole, estableciendo posibles interconexiones entre los mismos y analizando el alcance de su acción conjunta. Se obtiene, por tanto, una visión general del estado de conservación, grado de sensibilidad y exposición de los yacimientos con tierra en la Península Ibérica, así como se posibilita un análisis en detalle de aquellos casos con mayor impacto natural, social y antrópico, que evidencien los posibles escenarios en el futuro próximo en el ámbito de la preservación de la arquitectura ejecutada con tierra.

La metodología, si bien es extrapolable a otros territorios en términos de análisis, deberá ser considerada y valorada en tanto a la dificultad física de la dispersión geográfica, así como de los eventos catastróficos inherentes al emplazamiento de estudio. En términos de análisis de riesgo, la reflexión de vulnerabilidades en base a factores como la exposición, la sensibilidad, y la capacidad adaptativa sí ha sido más extendida a nivel nacional e internacional (Daly, 2011; 2014), por lo que se halla consolidada en mayor medida para comprender los niveles de riesgo que amenazan al patrimonio arqueológico construido con tierra.

Las fichas permiten disponer de un catálogo de casos identificados, accesible y consultable, que recopile documentación gráfica y literal de relevancia para establecer criterios y estrategias de intervención coherentes con los niveles de exposición, con el fin de minimizar las pérdidas de documentos físicos de gran antigüedad y fragilidad, siempre que estos se preserven como bienes inmuebles.

La temprana fase de investigación, con 96 casos de estudios de tierra documentada en yacimientos, se encuentra todavía en un período de comprobación de funcionamiento, dada la muy diversa casuística observada en el ámbito arqueológico, y la eventual insuficiente documentación histórica en términos de elementos de tierra. Son los datos *in situ*, especialmente a nivel arquitectónico y dimensional, los que presentan mayores complicaciones, pues los casos desprotegidos acaban, en muchas ocasiones, disgregándose y mimetizándose con la tierra adyacente. No obstante, el entorno SIG está funcionando satisfactoriamente, disponiendo de un cruzado de datos visual por ubicación precisa de coordenadas, que permite localizar los grados de afección de los diferentes factores de amenaza, así como la superposición y posible interrelación de los mismos (Melucco, 1992), generando los puntos de mayor interés configurados por estos conjuntos patrimoniales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Balderrama, A.; Chiari, G. (1984). Protección y conservación de estructuras excavadas de adobe. La Conservación en excavaciones arqueológicas. Roma: ICCROM, Capítulo 9 p. 113-123.
- Belarte Franco, M.C. (2011). L'utilisation de la brique crue dans la Péninsule Ibérique durant la protohistoire et la période romaine, en De Chazelles, C.A.; Klein, A.; et al (2011). Les cultures constructives de la brique crue. Troisièmes Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, Actes du Colloque International de Toulouse. Montpellier: Éditions de l'Espérou, p. 13-32.
- Butzer, K.W. (1989). Arqueología, una ecología del hombre. Barcelona: Bellaterra.
- Correia, M. (2016). Conservation in Earthen Heritage: Assessment and Significance of Failure, Criteria, Conservation Theory and Strategies. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.

Daly, C. (2011). Climate change and conservation of archaeological sites: a review of impacts theory. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 13, no. 4, p.293-310.

Daly, C. (2014). A framework for assessing the vulnerability of archaeological sites to climate change: Theory, Development, and application. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 16, no. 3, p. 268-282.

IGN – Instituto Geográfico Nacional (2021). España a través de los mapas. Atlas Nacional de España. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.

Matero, F. et al (1998). Archaeological site conservation and management. An appraisal of recent trends. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 2, p. 129-142.

Melucco Vaccaro, A. (1992). La particularidad del problema arqueológico, La carta de riesgo: una experiencia italiana para la valoración global de los factores de degradación del patrimonio monumental. Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Instituto andaluz del patrimonio histórico (aut.), p. 18-21.

Pastor Quiles, M. (2017). La construcción con tierra en arqueología. Teoría, método y técnicas de aplicación. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Sánchez García, A. (1997). La problemática de las construcciones con tierra en la Prehistoria y Protohistoria peninsular. Estado de la cuestión. Elche: Ayuntamiento de Elche, Actas del XXIII Congreso Nacional de Arqueología.

Stubbs, J. H. (1984). Protección y exhibición de estructuras excavadas, La Conservación en excavaciones arqueológicas. Roma: ICCROM, Capítulo 7, p. 85-101.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación “RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia” (RTI2018-095302-B-I00; investigadores principales: Camilla Mileto y Fernando Vegas López-Manzanares) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

El presente estudio forma parte de la investigación desarrollada para la tesis doctoral de Sergio Manzano Fernández “Arquitectura de tierra en yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica: estudio de riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de conservación”, dentro del Programa de Doctorado en Arquitectura, Edificación, Urbanismo y Paisaje de la Universitat Politècnica de València, gracias a su financiación mediante las ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores 2019 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La identificación de determinados casos de estudio ha sido posible gracias al proyecto de investigación “La restauración y rehabilitación de arquitectura tradicional de tierra en la Península Ibérica. Líneas guía y herramientas para una intervención sostenible” SOSTierra (ref. BIA 2014-55924-R, investigadores principales: Camilla Mileto y Fernando Vegas López-Manzanares); así como la selección de información climática ha sido motivada gracias a los avances en el citado proyecto RISK-Terra. Los autores agradecen a todos los investigadores que participaron y participan en estos proyectos en el proceso de localizar, identificar y documentar yacimientos con presencia de técnicas de construcción con tierra y factores ambientales característicos de la Península Ibérica.

AUTORES

Sergio Manzano Fernández, actualmente Técnico Superior de Investigación en el Centro de investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), máster MCPA UPV (2019), máster MUARQ UPV (2017) y arquitecto por la Universitat Politècnica de València (2016). Desarrolla su tesis doctoral a través de las ayudas de contratos predoctorales para la formación de doctores del MICINN, en el marco de investigación del proyecto RISK-Terra.

Camilla Mileto, catedrática del Depto. de Composición Arquitectónica en la UPV (2018), doctora por la UPV (2004), máster MCPA UPV (2002) y arquitecta por la IUAV (1998). Actualmente directora del Centro de investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), impartiendo docencia sobre restauración arquitectónica, arquitectura histórica y tradicional, técnicas constructivas tradicionales.

Fernando Vegas López-Manzanares, catedrático del Depto. de Composición Arquitectónica en la Universitat Politècnica de València UPV (2018), doctor por la UPV (2000) y arquitecto por la UPV

(1990). Subdirector del Departamento de Composición Arquitectónica en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, director de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible en España y director de la revista Loggia. Arquitectura y Restauración.

Valentina Cristini, profesora titular del Depto. De Composición Arquitectónica en la Universitat Politècnica de València (2019), doctora por la UPV (2012), máster MCPA UPV y arquitecta por el Politecnico di Milano, Italia. Actualmente directora del Máster Oficial de Conservación de Patrimonio de la Universitat Politècnica de València, impartiendo docencia sobre restauración arquitectónica, arquitectura vernácula y tradicional.

LEGITIMACIÓN Y ERRADICACIÓN DE LA TIERRA EN POLÍTICAS PÚBLICAS DE ARGENTINA

Gabriela Soledad Varela Freire¹, Joaquín Ezequiel Olivarez²

¹CRIATIC-FAU-UNT/ CONICET, Argentina, varelafreiregabriela@gmail.com

²INDES-FHCSyS-UNSE/ CONICET, Argentina, joaquinolivarez.arq@gmail.com

Palabras clave: escuela, rancho, territorialidades, vivienda

Resumen

En la Argentina, las características del hábitat rural están ligadas a un proceso histórico de prácticas y saberes, donde la aplicación de tecnologías constructivas implica trabajo comunitario y uso de recursos naturales como la tierra. Si bien el estado hace uso de esta tecnología, en función de una idea de progreso, las mismas asumen categorías negativas constituyéndose en arquitecturas que deben ser sustituidas/erradicadas mediante políticas públicas. Esta ponencia pretende comprender la ambigüedad del estado argentino respecto a las formas de legitimar y estigmatizar simultáneamente la construcción con tierra. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la relación entre la construcción con tierra y las operatorias estatales, tales como: declaratorias patrimoniales, edificios institucionales, producción científica, políticas habitacionales y políticas educativas que legitiman o promueven la erradicación de la construcción con tierra. Se hizo hincapié en las arquitecturas de tierra en la producción estatal del hábitat desde una perspectiva histórica y se analizó las acciones estatales de erradicación de escuelas rancho en la política educativa argentina y políticas habitacionales en la provincia de Santiago del Estero. Los resultados obtenidos de esta investigación dan cuenta que en las políticas estatales la construcción con tierra siempre estuvo legitimada en diferentes ámbitos como el educativo, religioso, científico, habitacional y patrimonial. Sin embargo, en la actualidad la construcción del hábitat rural, los sistemas tecnológicos constructivos adoptados se encuadran en un modelo hegemónico de habitar. En la medida que tales políticas son puestas en marcha a lo largo del tiempo, han instituido una perspectiva que invisibiliza las prácticas constructivas con tierra, y por lo tanto, inciden delimitando y desplazando elementos importantes de las territorialidades locales.

1 INTRODUCCIÓN

En los hábitats rurales de la Argentina, al igual que en otros países de Latinoamérica, las tecnologías de construcción con tierra se enmarcan en procesos históricos y sociales inherentes a las estrategias de ocupación del territorio. Tales estrategias implican la producción de hábitats a partir de dinámicas tecnológicas donde persiste una condición endógena basada en conocimientos y materiales disponibles en el sitio, como la tierra. Es decir, integran las funciones residenciales, productivas y de sociabilización, reuniendo a un conjunto de dinámicas e interacciones entre elementos de distintas dimensiones (natural, físico-espacial, socio-cultural, política, económica); elementos que a su vez configuran entramados y sistemas que posibilitan la existencia del hábitat en el territorio (Cejas, 2020). En efecto, la construcción con tierra en estos espacios se conjuga de forma integral con las dinámicas e interacciones mencionadas y su continuidad histórica manifiesta una serie de saberes y prácticas vinculadas al acervo cultural de las comunidades, conformando sistemas tecnológicos que forman parte del patrimonio modesto, físico e inmaterial de quienes las construyen y las habitan (Herr; Rolón, 2018; Cejas, 2020).

Por su parte, la construcción de espacios habitables en sus diferentes formatos (una vivienda, establecimiento educativo o comunitario) integran la escala más elemental en la producción del territorio, a la vez que la apropiación y uso de los espacios responde a la inmediatez e intimidad en tanto prolongación territorial del cuerpo (Giménez, 2001). En efecto, dichos espacios son el resultado de un proceso de apropiación y dominación planificada de la naturaleza que hace imposible disociar lo natural de lo social, por lo cual no

son independientes de las relaciones sociales que se desarrollan en él y éstas determinan a los objetos y sujetos que se constituyen a través de y con el espacio (Haesbaert, 2012). Ahora bien, las relaciones sociales están atravesadas por relaciones de poder y a través de las mismas se establecen un orden y control específicos en y del espacio. En tal sentido, el ejercicio regular de dicho control se constituye en prácticas y representaciones espaciales propias para cada grupo social, mediante las cuales controlan espacial y materialmente el acceso de algún flujo (personas, mercancías, capitales, etc.), configurándose ese espacio en un territorio (Sack, 1986). En efecto, la tierra como material para la producción del hábitat en los contextos rurales, es una parte elemental en el proceso de control del espacio y por lo tanto su aplicación implica prácticas y representaciones particulares sobre la tecnología en sí misma. En tal sentido, la producción del hábitat incorpora una dimensión de orden simbólico que la vincula directamente con la construcción de una identidad en el control, producción, adaptación, desplazamiento y uso del espacio, a partir de la cual las personas proyectan su manera de ser en el mundo (Giménez, 2001). Asimismo, la producción del hábitat responde a una necesidad humana básica para la subsistencia, donde el espacio construido resulta en un recurso necesario para la persistencia de la población en su territorio, por lo cual incorpora también una dimensión de orden instrumental y funcional en este sentido.

Ahora bien, la apropiación de un espacio manifiesta un poder que desencadena acciones sobre un territorio, lo cual conforma la territorialidad de un grupo social y su ejercicio activo, la territorialización (Sack, 1986). Por su parte, Haesbaert (2012) reconoce distintos territorios dependiendo del tipo de poder que se ejerza sobre él: los *macro territorios* en relación a las grandes estructuras productivas, económicas y legales de los poderes soberanos en tanto poder de un estado o poder de los grupos hegemónicos; y los *micro territorios* manifestados a partir de los movimientos de resistencias que son parte de las relaciones sociales y son configuradoras de un territorio singular, como lo son las poblaciones rurales. Desde esta perspectiva, el hábitat rural de tierra por sus características se gesta desde los *micro territorios*, donde la permanencia en la actualidad confronta con los modelos de desarrollo hegemónicos vinculados a los elementos de los *macro territorios*.

En efecto, cuando el estado interviene por medio de políticas públicas en la producción del hábitat, actúa directamente sobre las condiciones de existencia, y tales acciones tendrán la capacidad y escala territorial de transformar las lógicas y prácticas de territorialización que se construyen en las formas locales de habitar. Lo cual responde, en gran medida, al grado de divergencias entre los sistemas tecnológicos hegemónicos y locales, donde la construcción con tierra en la producción estatal del hábitat resulta ambigua, en tanto es simultáneamente legitimada y estigmatizada según sea el lugar, agentes estatales y momentos históricos, tal como: declaratorias patrimoniales, investigaciones científicas, edificios institucionales, políticas habitacionales, políticas educativas, entre otras acciones. Dichas divergencias se enmarcan en que las construcciones con tierra adquieren una condición deficitaria por parte del Estado, al categorizarla por debajo del umbral que define a una construcción adecuada o digna, según la incidencia de determinados parámetros, entre ellos la calidad de los materiales de construcción, el riesgo sísmico, datos sanitarios, condiciones de la vivienda, hacinamiento, asistencia escolar, capacidad de subsistencia (Barreto, 2010).

Los tipos constructivos que engloban a dichas construcciones se las denomina como viviendas o escuelas rancho, las cuales se constituyen, tanto para una parte del ámbito académico como del gubernamental, en sinónimos de precariedad, asociados a una situación de atraso en términos de desarrollo social, insalubridad frente a la anidación de insectos como la vinchuca, inestabilidad estructural e índices emergentes de pobreza. La interpretación negativa del uso de la tierra en el hábitat rural ha institucionalizado un discurso político de erradicación y de sustitución de dichas modalidades constructivas, reemplazando la tierra y otros materiales naturales por materiales industrializados (Rolón; Santos Negrete, 2016).

2 OBJETIVO

Esta ponencia pretende comprender la ambigüedad del estado argentino respecto a las formas de legitimar y estigmatizar simultáneamente la construcción con tierra. Para ello, el texto procura registrar las acciones estatales donde se promueve la conservación, investigación y producción del hábitat en tierra. Asimismo, este trabajo busca problematizar la producción estatal del hábitat rural respecto a la noción de erradicación de escuelas y viviendas ranchos construidos en tierra.

3 METODOLOGÍA ADOPTADA O ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para dar respuesta a los objetivos planteados en este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la relación entre la construcción con tierra y las operatorias estatales, considerando las declaratorias patrimoniales, edificios institucionales, producción científica, políticas habitacionales y políticas educativas que legitiman o promueven la erradicación de la construcción con tierra. En primer lugar, se hizo hincapié en las arquitecturas de tierra en la producción estatal del hábitat desde una perspectiva histórica. En segundo término, se analizaron las acciones estatales de erradicación de escuelas rancho en la política educativa argentina y erradicación de viviendas en el marco de políticas habitacionales en la provincia de Santiago del Estero. En simultáneo, se analizaron aquellos aspectos invisibilizados y fragmentados en los discursos estatales que se desprenden de la relación entre el hábitat rural y la construcción de las territorialidades locales.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Desde los inicios de la república, los estados nacional, provinciales y municipales fueron tomando diversas posturas con respecto al uso de la tierra para la construcción en las políticas estatales que fueron implementando. Algunas de estas operatorias contemplan el uso de estas técnicas para la materialización de diversas edificaciones, principalmente en los ámbitos rurales; otras acciones permiten la revaloración, preservación y desarrollo científico de estas construcciones. Mientras que otras políticas estatales están dirigidas a la erradicación, sustitución o reemplazo de las construcciones realizadas en tierra u otros materiales locales naturales y a favor de aquellas construcciones realizadas con materiales industrializados.

4.1 Las arquitecturas con tierra en la producción estatal del hábitat

Durante el siglo XIX, en el marco de una política de expansión de la frontera interna sobre aquellos territorios habitados por comunidades indígenas y la consecuente necesidad de controlar las fronteras y poblar los nuevos territorios conquistados, se recurrió a la construcción de fuertes, fortines y zanjas como soportes físicos-militares para los procesos de expansión (Thill; Puigdomenech, 2003; Vanni, 2005; Gómez Romero; Spota, 2009). En este mismo periodo, la Argentina mantuvo una política económica agroexportadora y para el desarrollo de esta promovió el asentamiento y creación de colonias europeas agro-ganaderas. Los gobiernos nacionales y provinciales fueron quienes financiaron la construcción de las viviendas de los colonos e hicieron entrega de un set de materiales de construcción, mientras que las propias familias se encargaron de la construcción de las mismas. Tanto para la construcción de los equipamientos militares como para las viviendas se emplearon diversas técnicas constructivas en tierra -adobe, tapial, quinchá, palo a pique, estanteo, embarrado, paja embarrada, tepe, chorizo, revoques de tierra, cubiertas de paja y barro- (Duguine; Rolón, 2012; Rolón; Sanchez Negrete, 2016). Esto da muestra de la existencia de un amplio repertorio de técnicas en tierra en este periodo y de la presencia activa de los estados en la gestión de estas técnicas para la construcción del equipamiento estatal y doméstico.

En los siglos XX y XXI, principalmente a partir la formalización de la creación de la Comisión Nacional de Museos y de Monumentos y Lugares Histórico -CNMMYLH- en el año 1940, inicia un periodo de reconocimiento, revalorización, investigación, documentación, difusión,

protección y puesta en valor de diversos edificios construidos en tierra (Herr; Rolón, 2018). Sobre todo, entre los años 1941-1946, la declaratoria de diversas construcciones como Monumentos Históricos Nacionales -MHN-, buscó la preservación de aquellos espacios que representarían “valores de la identidad nacional” y del proceso de independencia; las declaratorias estuvieron acompañadas de discursos que justificaron y legitimaron su participación en la historia nacional (Conti, 2003; Pérez Winter, 2017). A su vez, Herr y Rolón (2018) señalan que el 45% de los edificios declarados como MHN en este periodo están construidos con tierra, la mayoría ubicados en la región Noroeste argentino¹; y en la actualidad son 143 los MHN, muchos de ellos construidos durante el periodo colonial. Los espacios seleccionados se consolidaron como objetos visibles que legitiman un pasado y los orígenes de la conformación del Estado-Nación, un pasado que tuvo a la tierra como material principal para la construcción de las ciudades y pueblos. Asimismo, las políticas actuales de preservación y puesta en valor de estos bienes indican la importancia de las diversas construcciones en tierra como elementos simbólicos de la identidad nacional en toda la Argentina.

De igual manera, los estados provinciales y municipales rescatan el valor patrimonial de las construcciones con tierra, ya que a través de la promulgación de decretos o leyes provinciales se encargan de revalorizar, preservar y poner en valor este tipo de construcciones. A lo largo del tiempo, algunos pueblos históricos también fueron adquiriendo un valor patrimonial por parte de los estados nacional y provinciales, las características de las tecnologías constructivas locales fue uno de los aspectos que se tuvieron en cuenta para tal fin. Tal es el caso de la provincia de Jujuy, en el año 2001 se plantearon zonas de interés público, se dispusieron áreas de conservación y se establecieron pautas de construcción en diferentes departamentos de la provincia (Mancini; Tommei, 2016). El interés de los estados provinciales por preservar los valores locales identitarios también se observa en la presentación de la Quebrada de Humahuaca como Patrimonio mundial ante la UNESCO, ya que fue el gobierno provincial quien gestionó la presentación. En el año 2003 es declarada como Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad (Troncoso, 2009), entre los aspectos que validaron este reconocimiento, se destacaron los aspectos arquitectónicos y las tecnologías constructivas. Una arquitectura que se caracteriza por el uso de la tierra como material principal y que forma parte de las tradiciones constructivas y de las identidades históricas de estas comunidades.

Además de las operatorias de patrimonialización de la arquitectura con tierra en la Argentina se puede hacer referencia a las operatorias estatales relacionadas con la refuncionalización y reacondicionamiento de construcciones con tierra, tanto aquellos edificios considerados de interés patrimonial como aquellos no patrimoniales. Los edificios religiosos hasta el día de hoy mantienen su función original mientras que muchas de las viviendas, posadas, molinos o cabildos considerados de valor patrimonial (nacional, provincial o municipal) son utilizados como centros culturales o museos provinciales y nacionales. A su vez, principalmente en ciudades del interior o en zonas rurales, donde la construcción con tierra se mantiene vigente, los edificios de la municipalidad, comuna, centros de policía, hospitales, centros de atención primaria de la salud -CAPS- y hasta escuelas están construidos mayormente con alguna técnica en tierra. En estos casos se evidencia una apropiación y sentido de pertenencia por parte de las comunidades locales de los edificios institucionales y una continuidad en el uso de la tierra para la construcción del hábitat.

En el caso de las escuelas estatales, las construcciones más antiguas que mantienen el uso de la tierra generalmente fueron construidas con autorización de los estados nacional o provinciales; pero el diseño, la mano de obra y la gestión de los materiales estuvieron a cargo de los miembros de las comunidades. La mayoría de estas construcciones mantienen los patrones tecnológicos-constructivos y formales de las viviendas de la zona, las escuelas se formaron como agrupaciones de recintos y se construyeron con paredes de adobe y

¹ Región Noroeste argentino integrada por las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero.

cubiertas de paja o torta de barro, con el paso del tiempo las cubiertas fueron reemplazadas por chapa. En la actualidad, en el marco de las políticas públicas educativas del periodo 2004-2015, se financiaron construcciones, refacciones y ampliaciones de escuelas empleando técnicas en tierra, principalmente en zonas rurales de difícil accesibilidad. En estas construcciones se habilitó el uso de la tierra, principalmente, por las dificultades en la accesibilidad de los territorios -redes viales precarias o falta de redes, caminos de cumbre, cruces de ríos de montaña, rigurosidad del clima, distancias a centros poblados- que en consecuencia encarecen considerablemente el traslado de materiales y la mano de obra y la permanencia de los obreros en el lugar, por lo que resulta poco redituable para las empresas constructoras y para los estados. El uso de la tierra como material alternativo también fue posible gracias a que las comunidades locales mantienen un uso tradicional de esta tecnología y que hubo una apertura por parte de los estados para aprovechar los conocimientos y recursos locales en la producción de edificios institucionales.

Desde los estados nacional y provinciales, ante la necesidad de viviendas en toda la Argentina, se realizaron prototipos experimentales de viviendas de interés social. En estos proyectos participaron las Universidades estatales junto con los municipios. También se diseñaron políticas públicas habitacionales para la construcción de conjuntos de viviendas, barrios del Fondo Nacional de la Vivienda o viviendas aisladas en ciudades del interior y zonas rurales, financiadas por Programas nacionales y/o provinciales. Dependiendo de las operatorias, el traslado de materiales y la mano de obra estuvo a cargo de empresas privadas que licitaron las obras o de los estados locales. En estas operatorias se emplearon principalmente adobe, bloques comprimidos de suelo cemento, bloques comprimidos de tierra y cubiertas de torta de barro; fue fundamental la articulación entre las comunidades locales y los gobiernos.

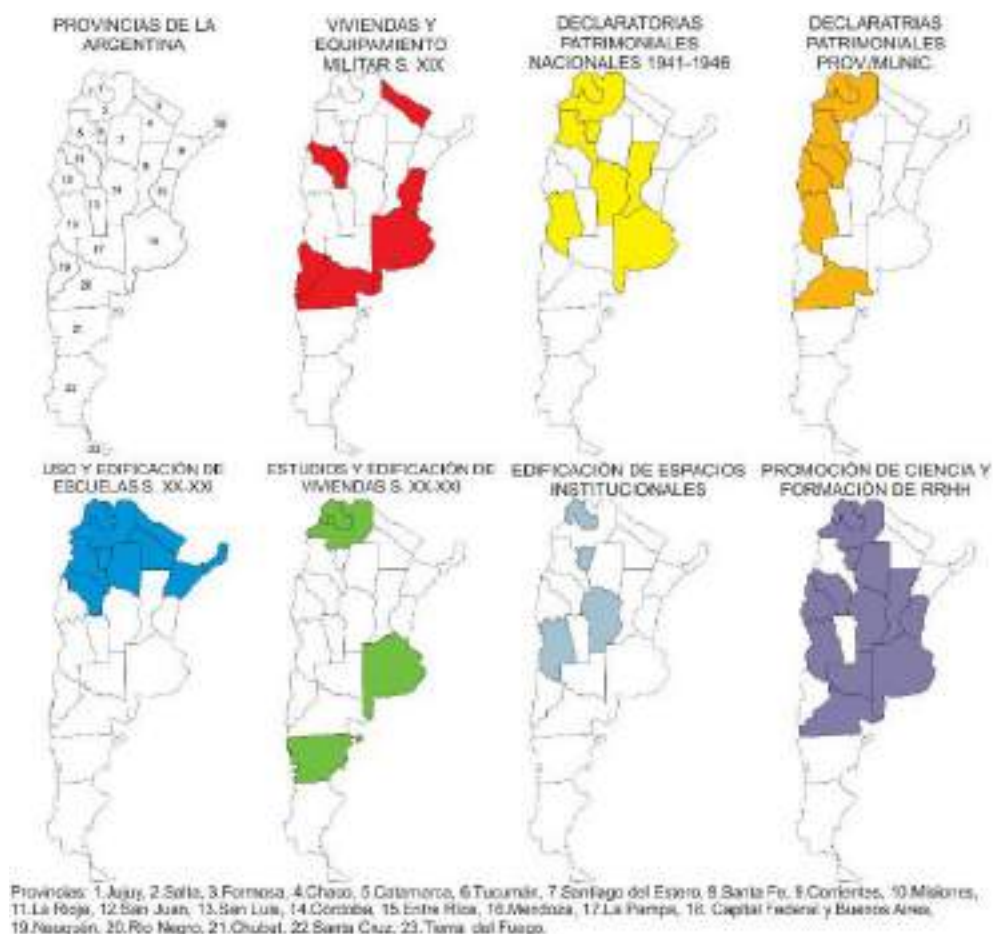


Figura 1. Las provincias de la Argentina en las que se llevan a cabo las diferentes políticas estatales relacionadas a la legitimación de la construcción con tierra.

A estas operatorias se suma el otorgamiento de fondos internacionales, nacionales o provinciales para la construcción de edificios institucionales -espacios para la investigación, espacios de información turística, sedes de comunidades indígenas-. En mayor medida son los organismos internacionales o nacional quienes proveen el financiamiento necesario a través de diversos programas, mientras que las provincias, municipios y comunas proveen la mano de obra necesaria y articulan la gestión de materiales, esta última tarea en especial también suele estar abordada por las instituciones que ocuparan estos espacios y son quienes gestionaron los proyectos y pedidos de financiamientos. A través de estas operatorias se observa la importancia de lograr un trabajo conjunto y articulado entre todos los organismos estatales, y a la vez se destaca el proceso de innovación y recuperación de saberes locales de la tecnología en tierra.

El otorgamiento de fondos, principalmente los de origen nacional, no solo están dirigidos a la construcción sino también a la formación de profesionales en la temática de la arquitectura en tierra, de esta forma se fomenta y promueve la continuidad de investigaciones que se vienen realizando hasta el momento en la Argentina. Estos mismos organismos, otorgan financiamientos para proyectos de investigación y extensión que permiten el avance en los conocimientos técnicos-constructivos, culturales y de gestión de las técnicas constructivas en tierra. A su vez, existen centros, laboratorios e institutos de investigación estatales que actúan como el soporte físico fundamental para la formación de estos recursos humanos y la puesta en práctica de los proyectos de investigación y trabajos de extensión.

4.2 Políticas estatales dirigidas a la erradicación, sustitución o reemplazo del hábitat construido con tierra

A pesar de la implementación de políticas estatales que habilitan el uso de la tierra para la construcción del hábitat, a fines del siglo XIX se inició un proceso de estigmatización sobre estas técnicas, asociándolas a una imagen de precariedad, retraso económico y pobreza. Este proceso de estigmatización del hábitat construido con tierra y de la técnica en sí misma se potenció con una serie de eventos ocurridos durante el siglo XX. Uno de ellos fue la relación que se estableció entre las viviendas y escuelas rancho y la enfermedad de Chagas (Rolón et al., 2016) y otro fue la serie de sismos-terremotos que se sucedieron en la Argentina; los de mayor envergadura en los años 1944 y 1977 en la provincia de San Juan y las construcciones que sufrieron un mayor impacto fueron aquellas realizadas con alguna técnica con tierra.

Cada uno de estos aspectos han jugado un papel importante para que desde finales del siglo XX se diseñaran políticas nacionales y provinciales que tienen como consecuencia directa la sustitución de estas construcciones. En efecto, las consideraciones de la tierra por parte de organismos estatales coexisten con políticas públicas de vivienda y construcción de escuelas que implementan formatos de erradicación de edificaciones que emplean la tierra como material. Tales son los casos de políticas educativas y habitacionales en los espacios rurales, en donde está más generalizado el uso del concepto de erradicación del rancho. Dado que, en la Argentina, muchas veces la construcción con tierra tiende a estar asociada con las formas de resolver las necesidades del hábitat en esos espacios rurales, es importante mencionar algunos aspectos de las acciones del estado en estos ámbitos. A continuación, se mencionan ejemplos de dichos modelos estatales de erradicación de escuelas en las políticas educativas de la Argentina y viviendas rancho en la política habitacional de la provincia de Santiago del Estero.

Políticas educativas estatales sobre la erradicación de escuelas rancho

Con respecto a las políticas estatales sobre los establecimientos educativos, durante el año 1976, en coincidencia con la última dictadura militar de la Argentina (1976-1983), entre los Programas estatales educativos se planteó el Plan de Erradicación de Escuelas Rancho, el cual no llegó a concretarse, principalmente, por falta de recursos económicos (Ministerio de Cultura y Educación, 1976). A partir del año 1993, en periodo de democracia, se proclama la Ley Federal de Educación N°24.195 mediante la cual se federaliza la educación y todas las

escuelas nacionales creadas hasta el momento pasan a tener jurisdicción provincial. En el marco de esta política y con el propósito de compensar las condiciones desiguales para el aprendizaje, el Ministerio de Educación Nacional da apertura al Plan Social Educativo -PSE-. Este se concretó mediante la creación de dos Programas, uno de ellos dirigido a mejorar, reemplazar o ampliar la infraestructura escolar existente. La erradicación de escuelas rancho en distintas provincias del país fue una de las políticas llevadas a cabo durante este periodo, en documentos oficiales se indica que se dedicó un especial interés a estas escuelas. El Ministerio de Educación nacional es quien diseñó y financió los proyectos y los gobiernos provinciales se encargaron de la elección de los establecimientos -teniendo en cuenta los datos de las necesidades básicas insatisfechas y las tasas de escolarización-, del control de gestión y del asesoramiento a cada escuela (Ministerio de Cultura y Educación, 1996).

Las escuelas consideradas como rancho son aquellos establecimientos ubicados en zonas rurales, alejadas de los centros poblados y de difícil accesibilidad. Por lo general, son instituciones que se crearon como anexos de otras escuelas para asegurar que los niños de estas zonas alejadas accedan a una escolarización y con el paso del tiempo se constituyeron en escuelas independientes. Ocupan espacios que fueron prestados o construidos por los miembros de la comunidad por lo que mantienen las tradiciones constructivas de los pobladores, como el uso de piedra, adobe y quincha para las paredes o el uso de torta de barro y paja para las cubiertas.

El objetivo de estas políticas es directamente el reemplazo y sustitución de estas construcciones, y en su lugar construir edificios nuevos siguiendo patrones constructivos y formales externos a los que emplean estas comunidades. En algunos discursos políticos que justifican y legitiman la implementación de estas políticas se evidencia la relación que se establece entre las construcciones locales con tierra y una imagen de atraso económico-tecnológico y de inseguridad estructural-constructiva. Entre los años 1993-1995 se erradicaron 1.939 escuelas en zonas rurales: 2 en Buenos Aires, 11 en Córdoba, 15 en Neuquén, 16 en Río Negro, 18 en Chubut, 19 en San Juan, 39 en Santa Fe, 43 en Mendoza, 44 en La Pampa, 44 en San Luis, 72 en Entre Ríos, 74 en Tucumán, 79 en La Rioja, 106 en Jujuy, 139 en Salta, 140 en Catamarca, 146 en Corrientes, 178 en Misiones, 217 en Formosa, 249 en Santiago del Estero, 288 en Chaco (Ministerio de Cultura y Educación, 1996).

En la actualidad, algunas provincias mantienen una política de erradicación de estas escuelas, es el caso de la provincia de Salta. Desde el año 2008, se da inicio al Plan de Erradicación de Escuelas Rancho y las obras se concretaron con financiamiento del Programa de Mejoramiento de la Educación Rural -PROMER-, licitación de empresas privadas a través de la Unidad de Coordinación y Ejecución de Proyectos Especiales -UCEPE- de la Secretaría de Obras Públicas de la provincia. Hasta el año 2016 se erradicaron 41 escuelas. Esta iniciativa tomó mayor envergadura luego del movimiento sísmico registrado en 2015 en la provincia, donde una de las consecuencias fue la muerte de una mujer por la caída de una pared de adobe. A partir de este hecho, las autoridades provinciales, consideraron que todas aquellas escuelas que no estén construidas siguiendo las normativas sismo-resistentes son consideradas rancho y deben ser erradicadas. A su vez, solicitaron al poder ejecutivo nacional que se realice un registro y diagnóstico de la situación edilicia de las escuelas en zonas sísmicas de la Argentina y que se sustituyan aquellos establecimientos antiguos e históricos.

Estas políticas de sustitución y reemplazo de escuelas construidas con tierra se oponen a las salvaguardas de organismos internacionales que financian la mayoría de las obras educativas estatales. Estos consideran que las escuelas deben realizarse con aquellos materiales que están disponibles en el lugar, tienen el poder de incentivar las economías locales, no producen emisiones tóxicas que pueden afectar la salud, son fácilmente reciclables y cuyo proceso de elaboración tienen un bajo consumo de energía. Todos estos aspectos son cumplidos por las construcciones con tierra. Asimismo, estas políticas de erradicación también contradicen a algunos aspectos que se señalan en la actual Ley de

Educación Nacional de la Argentina, Ley N°26.206 (2006), y en otros documentos oficiales (CyNBAE, 1998) con respecto a la optimización de los recursos disponibles para la construcción y al respeto de la diversidad cultural, las tradiciones identitarias y las particularidades ambientales-geográficas locales.

La erradicación de vivienda rancho en las políticas públicas de vivienda rural en Santiago del Estero

Desde las primeras acciones aisladas en la producción de vivienda a fines del siglo XIX destinadas al asentamiento rural de colonias de inmigrantes (Flores, 2006) hasta la política pública de vivienda estructurada en 1972 a través del Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI) como instrumento de acción (Cuenin; Moya, 2010), ningún programa destinado a vivienda rural estuvo sistemáticamente organizado en la agenda política Argentina. Pese a ello, algunas provincias fueron esbozando políticas de vivienda para el espacio rural de forma particularizada, como es el caso de la provincia de Santiago del Estero. En tal provincia, en 1979 fue implementada una política cuando se sancionó la Ley N° 4.808/79 que creaba el Programa de Viviendas Económicas Rurales, destinada a la atención de la problemática del mal de Chagas y a desalentar procesos migratorios del área rural hacia los centros urbanos (Passeri, 2008). Sin embargo, las dificultades de localización de las poblaciones dispersas no fueron posibles de soslayar, anulando la intervención en estas áreas y el programa concentró la construcción de viviendas en áreas urbanas y rurales agrupadas. Asimismo, el programa exponía oficialmente un discurso higienista destinado a sustituir la vivienda precaria representada en la vivienda rancho, fomentando de esta manera una materialidad ligada a lo urbano y estigmatizando las tradicionales del medio rural (Mandrini et al., 2018).

Recién con los cambios estructurales ocurridos en la década de 1990 con la descentralización en la producción de vivienda mediante la Ley Nacional 24.464/95 en favor de las provincias (Lentini, 2005), se avizoró un cambio en tal sentido mediante la creación de los Institutos Provinciales de Vivienda (IPVs). Las nuevas operatorias se formularon partiendo de las características de los estratos sociales y la focalización de las soluciones habitacionales en grupos y necesidades particulares; esta coyuntura política propició el surgimiento de programas de vivienda específicamente destinados a áreas rurales (Barreto, 2010). En efecto, en la provincia de Santiago del Estero se puso en marcha el Programa de Solidaridad Santiagueña y Programa de Viviendas Populares, que, si bien modificaron su enfoque en términos administrativos, continuo con las líneas de acción de los programas previos respecto a la localización y concentración de la política habitacional, lo cual continuo postergando a las poblaciones rurales aisladas y consolidando el discurso público en torno la erradicación de viviendas rancho (Passeri, 2008).

Por lo mencionado, las políticas de vivienda en el espacio rural iniciaron un proceso de organización del sistema de gobierno, que ante las dificultades para resolver de forma eficiente las condiciones habitacionales de la población rural aislada, orientó sus acciones a agruparlas y por ello a relocalizarlas y urbanizarlas. Por otro lado, las disposiciones de erradicación de la vivienda rancho en tales políticas fueron legitimando discursivamente nociones de insalubridad, precariedad y pobreza alrededor de las tecnologías de la vivienda y sus materiales, como la tierra. Ello evidencia que, el estado ante sus propias limitaciones para observar y resolver la problemática del hábitat rural recurre a los mecanismos empleados anteriormente y lejos de adecuarse a los marcos culturales y tecnológicos locales, actúa imponiendo una forma de ocupación territorial distinta a los modos de habitar el espacio rural. Desde esta perspectiva, las prácticas estatales de las políticas de viviendas pueden actuar confiriendo autoridad a ciertos patrones de poder y de este modo, instituir sus representaciones respecto a las formas de habitar.

El inicio del nuevo milenio encontró a la Argentina inmersa en un contexto de importante crisis estructural; para superarla, se impulsaron cambios en las políticas de desarrollo con mayor intervención del estado. En efecto, se realizaron mayores inversiones destinadas a las obras de infraestructuras, de equipamientos sociales y vivienda, esta última enmarcada

en lo que se denominó Política Federal de Vivienda (PFV) (Barreto, 2010). La PFV se llevó a cabo mediante la intervención por programas, direccionando su atención a los sectores más afectados por problemas de pobreza y con necesidades habitacionales apremiantes como las comunidades aborígenes y los ámbitos rurales. Para este momento, la provincia de Santiago del Estero presentaba el mayor índice de población rural del país conjugado con graves problemas sociales y productivos. Este panorama obligó a la PFV a iniciar acciones para atender la falta de una estructura institucional y política que pudiera aplicar políticas de vivienda en el espacio rural. Hasta ese momento, la construcción de viviendas se había concentrado en los centros urbanos en detrimento de las localidades de menor población. Según Legname (2012), dicha política supuso un proceso de desterritorialización particular de la población campesina, en la medida que favoreció la migración interna a las ciudades como una consecuencia de las numerosas necesidades básicas insatisfechas, entre ellas, el déficit habitacional. En efecto, el IPVU elaboró las bases mediante el cual se materializó la Ley Provincial N° 6.758 (2005), en la que se estipuló la creación de un Programa Provincial de Vivienda Rural, junto a un conjunto de disposiciones orientadas a la ejecución del mismo (Legname, 2012). No obstante, su formulación e implementación, ligada a dinámicas de ordenamiento y control territorial, se condensó en prácticas y representaciones espaciales para promover una nueva territorialidad frente a las relaciones y dinámicas que han estructurado los modos de vida campesino hasta el momento. Asimismo, dicha lógica se presentaba mediante un discurso referido a la “erradicación de ranchos” que aún perdura estigmatizando el hábitat y la territorialidad del espacio rural (Mandrini et al., 2018). Incluso, cuando en la Ley Provincial N° 6.758/ 2005 se plantea una perspectiva arquitectónica para el diseño y materialidad de la solución habitacional, En tanto redacta:

Responder a las necesidades habitacionales del poblador rural acorde a sus usos y costumbres, su localización y al estado edilicio de su unidad habitacional (...) creación de las condiciones de habitabilidad (...) mediante sistemas tradicionales o tecnologías no convencionales (...) haciendo prevalecer diseños arquitectónicos acordes a la idiosincrasia de sus moradores, modos de vida y hábitat. (art. 3); los proyectos y planes que elabore para la construcción deberán sujetarse a las condiciones de clima, ambiente, actividades y costumbres de cada región, tratando de aprovechar en la construcción los materiales que se produzcan o sean factibles de obtener en la zona. (Art. 4) (Ley Provincial N° 6.758, 2005).

Sí atendemos a las nociones plasmadas, es posible interpretar que el espíritu de la Ley proponía un cambio sustancial en términos de políticas de vivienda rural a como se venía desarrollando hasta el momento. El diseño arquitectónico plasmado en la Ley, concuerda con los patrones de hábitat insertos en un esquema de desarrollo endógeno y estratégico, que se caracteriza por la utilización de los recursos disponibles, humanos (mano de obra familiar) y naturales (tierra y vegetales), en la resolución constructiva de la vivienda rancho (MOCASE y ESfA, 2005). Tales aspectos, en tanto están ligados a los modos de vida en el marco de una coyuntura histórica y geográfica determinada, forman parte del diseño arquitectónico que plantea la Ley para adecuarse las condiciones sociales, climáticas, económicas y ecológicas. No obstante, en simultáneo a creación de dicha Ley, el gobierno provincial tomó la decisión de priorizar la salud pública como política de estado para trabajar la concientización y erradicación de la Enfermedad de Chagas. Ello implicó una reevaluación de la problemática para responder a un alarmante aumento de casos agudos, cuyos pilares de acción contra la vinchuca (*Triatoma infestans*) eran: desinsectación, educación y mejoramiento de la vivienda (Llovet y Dinardi, 2013). Lo cual indica que el gobierno provincial asoció directamente la proliferación de la vinchuca en el domicilio a las condiciones de habitabilidad en el medio rural y señala a la vivienda rancho como el principal foco de infección de la enfermedad. Lo cual introduce e institucionaliza un discurso asociado a la erradicación de tales formas de resolver las necesidades del hábitat (Fig. N° 2, d) en el desarrollo de las políticas públicas de vivienda rural.

Frente a este panorama, el gobierno provincial adoptó la frase “Plan de erradicación de la vivienda rancho” para referirse al Plan Provincial de Vivienda Rural (Legname, 2012). Por tales motivos, prosperó un prototipo realizado con tecnologías convencionales que difiere

respecto de las formas y posibilidades de resolver el hábitat de las poblaciones rurales y en cierta medida anula los principales objetivos de adaptabilidad considerados por la Ley (fig. N° 2, c). Esto evidencia que, sobre una conceptualización errónea de los factores de riesgo respecto de la enfermedad, centrado en la naturaleza del material y no de la calidad constructiva, se construyen argumentaciones que conllevan a la estigmatización del conocimiento técnico-cultural de las comunidades rurales (Rolón et al., 2016). Por su parte, la vivienda se compone de variables que inciden en caracterizar las condiciones del nivel de vida y a partir de las cuantificaciones de las mismas el Estado interpreta una problemática y asume la obligación jurídica de dar una respuesta específica (Barreto, 2010). Lo cual evidencia que los procedimientos administrativos en las clasificaciones sociales de las problemáticas y las soluciones de las políticas de vivienda, en la medida que desconocen y precarizan las tecnologías locales, se constituyen como una manera de regulación estatal de las formas culturales que se reproduce al interior de una lógica hegemónica de pensar el hábitat.



Figura 2. Organización y arquitectura del conjunto vivienda-rancho. Fuentes: a y b MOCASE y ESfA; c Ministerio de Desarrollo Social Santiago del Estero; d Germán Alcaide

5 CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

Si bien la construcción con tierra forma parte del patrimonio modesto y cultural de la Argentina, y como señalan Mancini y Tommei (2016), estas construcciones alcanzan a institucionalizarse como patrimonio histórico nacional, provincial o municipal y a través de normativas y otras acciones como restauración y conservación alcanzan un valor histórico, social, cultural, económico y turístico. La construcción con tierra estuvo ligada a las acciones del estado desde sus inicios hasta la actualidad, en particular en lo que respecta al ordenamiento territorial, donde estas tecnologías han jugado diferentes roles como dispositivos para la colonización y consolidación del territorio, la valoración de la identidad nacional, la concreción de políticas habitacionales, turísticas, científicas y educativas.

Sin embargo, esto no siempre sucede con el hábitat rural, ya que, al no integrarse totalmente como parte de los saberes expertos de los ámbitos estatales y científicos hegemónicos, la construcción con tierra en la mayoría de las veces queda por fuera del marco institucional para la producción del hábitat. Solo en las zonas de mayor inaccesibilidad de la Argentina y donde existe una tradición constructiva con tierra legitimada por los sistemas de gobiernos locales, esta técnica constructiva es tomada en cuenta en las agendas políticas como una opción posible para dar respuesta a las necesidades del hábitat.

Respecto a la erradicación del tipo constructivo del rancho, se observa que esta práctica en las políticas de producción del hábitat refuerza una noción de población rural antagónica al formato de progreso y desarrollo, encasillando a las mismas a una condición de sujetos dependientes de las políticas estatales, subyugándose sus aspectos históricos, culturales, tecnológicos y productivos. Por lo tanto, el empleo de tecnologías externas a los saberes

constructivos locales, de ninguna manera es neutral y responde a una ideología hegemónica de prácticas e intereses del poder político y económico. En consecuencia, se desplazan las configuraciones históricas de los patrones tecnológicos-constructivos-formales del hábitat rural y en la práctica, los estados asumen un rol que posibilita dar legitimidad a una cultura política unificada y dominante en términos tecnológicos. Es decir, las actividades del Estado, de manera más o menos coercitiva, alientan modos específicos en que la vida social puede ser vivida mientras suprimen, marginan e incluso corrompen y socavan otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, M. Á. (2010). El concepto de "hábitat digno" como meta de una política integral de áreas Urbanas deficitarias críticas, para la integración social desde los derechos humanos. *Revista INVI*, 25 (69), p. 161-187.
- Cejas, N. (2020). Para descolonizar el hábitat rural. Un análisis de la matriz colonial de las políticas públicas habitacionales en Córdoba (Argentina). *Territorios*, 43, p. 1-22.
- Conti, A. (2003). La construcción del concepto de patrimonio en Argentina entre 1910 y 1940. *Anales LINTA*, Vol. IV, N.º 2, p. 23-30.
- Criterios y normativa básica de arquitectura escolar -CyNBAE-, (1998).
- Cuenin, F.; Moya, R. (2010). Cambios en las políticas de vivienda social en la Argentina (1976-2007): ¿Cambiaron también los resultados habitacionales? BID, Sector de Capacidad Institucional y Finanzas, 33.
- Duguine, L.; Rolón, G. (2012). Ranchos construidos por inmigrantes agricultores alemanes del Volga en el siglo XI. Provincia de Buenos Aires, Argentina. XI Conferencia internacional sobre el estudio y conservación del patrimonio arquitectónico de tierra, Lima, Peru: Terra.
- Flores, F. C. (2006). Inmigración ruso-alemana y ruralidad. La colonia agrícola como forma de asentamiento. *Temas de Historia Argentina y Americana* N° 9, p. 107-124.
- Giménez, G. (2001). Cultura, territorio y migraciones. Aproximaciones teóricas. *Alteridades*, 11 (22), p. 5-14.
- Gómez Romero, F.; Spota, J.C. (2006). Algunos comentarios críticos acerca de 15 años de arqueología en los fortines pampeanos, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXI.
- Haesbaert, R. (2012). Del mito de la desterritorialización a la multiterritorialidad. *Cultura y Representaciones Sociales*, p. 9-42.
- Herr, C.; Rolón, G. (2018). Registro documental e intervención patrimonial en la arquitectura religiosa de la provincia de Jujuy: Criterios implementados por la Comisión Nacional de Museos, de Monumentos y Lugares Históricos (CNMMYLH) durante el período 1938-1946. *Anales Del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas "Mario J. Buschiazso"*, 48 (1), p. 31-45.
- Legname, P. (2012). Política habitacional en la provincia de Santiago del Estero: hacia la revalorización del habitante rural, su identidad cultural y su entorno. Programa Provincial de Vivienda Rural. 9º Bienal Del Coloquio de Transformaciones Territoriales, p. 1-20.
- Lentini, M. (2005). Política habitacional de Argentina y Chile durante los noventa. Un estudio de política comparada. *Revista INVI*, 20(55), p. 139-153.
- Ley Nacional N°26.206 (2006). Ley de Educación Nacional. Argentina.
- Ley Provincial N° 6.758. (2005). Programa Provincial de Vivienda Rural. 4.
- Llovet, I., Dinardi, G. (2013). Innovación, política pública y enfermedad de chagas: El caso de la provincia de Santiago del Estero, argentina. *Comunidad y Salud*, 11 (2), p. 27-37.
- Mancini, C.; Tommei, C. (2016). La institucionalización del patrimonio en la Quebrada de Humahuaca. El caso de Purmamarca. Cuadernos 46, Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy.
- Mandrini, M. R.; Cejas, N.; Bazán, A. M. (2018). Erradicación de ranchos, ¿Erradicación de saberes?: Reflexiones sobre la región noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Anales Del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas. Mario J. Buschiazso*, 48 (1), p. 83-94.

Ministerio de Cultura y Educación (1976). V Reunión ordinaria de la asamblea general, informe final, Centro Nacional de Documentación e información educativa, Consejo Federal de Educación, Buenos Aires, Argentina.

Ministerio de Cultura y Educación (1996). Acciones para la Transformación Educativa 1994-1996, Buenos Aires, Argentina.

MoCaSe; ESfA. (2005). El rancho Santiagueño. Testigo de la identidad campesina.

Passeri, S. (2008). Políticas públicas de vivienda y déficit habitacional en la provincia de Santiago del Estero. *Cifra*, 3, p. 97-129.

Pérez Winter, C. (2017). Rehabilitación y patrimonialización de los centros históricos en Argentina. La actuación de la comisión nacional de museos, monumentos y lugares históricos (1980-1990). *Andes*, vol. 2, N°28.

Rolón, G.; Sanchez Negrete, A. (2016). Construcciones militares en tierra durante el proceso de expansión territorial del Estado Argentino. 16° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Memorias. Asunción, Paraguay: PROTERRA.

Rolón, G.; Olivarez, J. E.; Dorado, P. R.; Varela Freire, G. (2016). Las construcciones del espacio domiciliar y peridomiciliar rural como factores de riesgo de la enfermedad de Chagas. *Construcción Con Tierra*, 7, p. 57-68.

Sack, R. D. (1986). La territorialidad humana. Su teoría y la historia. *Cambridge studies in historical geography*, Vol. 7.

Spota, J. C. (2009). Los fortines en la frontera chaqueña (1862-1884). Un enfoque desde la antropología histórica en relación con la teoría de las organizaciones. *Memoria americana*, 17 (1).

Thill, J. P.; Puigdomenech, J. A. (2003). Guardias, fuertes y fortines de la frontera sur: Historia, antecedentes y ubicación catastral. Servicio Histórico del Ejército Argentino. Ejército Argentino. Buenos Aires, Argentina.

Troncoso, C. (2009). Patrimonio y redefinición de un lugar turístico. La Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, Vol. 18, p. 144-160.

Vanni, B. (2005). La zanja de la Patagonia. Los nuevos conquistadores: militares, científicos, sacerdotes y escritores. Fondo de Cultura Económica de Argentina, Buenos Aires, Argentina.

AUTORES

Gabriela Soledad Varela Freire, Arquitecta (UNT). Becaria Doctoral CONICET. Doctoranda en Arquitectura (UNT). Integrante del equipo del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC/FAU/UNT). Integrante del equipo Mejoramiento del hábitat participativo (MHAPA/FAU/UNT_CONICET). Integrante de la comisión hábitat de la Red Protierra Argentina.

Joaquín Ezequiel Olivarez, Arquitecto (UNT). Becario Doctoral CONICET. Doctorando en Arquitectura (UNT). Integrante del equipo de Sociología Rural del INDES (FHCSyS/ UNSE-CONICET). Facilitador en la Diplomatura en Agricultura Familiar y Transformaciones Territoriales de la FHCSyS/ UNSE. Integrante de la comisión hábitat de la Red Protierra Argentina.

DIAGNÓSTICO DE DAÑOS EN VIVIENDAS DE ADOBE CAUSADOS POR EL TERREMOTO 2021 SAN JUAN, ARGENTINA

Vanessa Torres Atencio¹, Leonardo Jesús Funes², Mariano Matar Arturo³

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat -Facultad de Arquitectura-, Universidad Nacional de San Juan-Argentina,

¹arqveta04@gmail.com; ²despachodpdu@gmail.com; ³marianomatararturo@gmail.com

Palabras clave: Construcción con tierra, evento sísmico, casa rural, daños constructivos

Resumen

La Provincia de San Juan se localiza en la República Argentina, ubicada en el centro-oeste del país, en la región de mayor riesgo sísmico. En este contexto, en las zonas rurales y semirurales de la provincia se continúa construyendo y auto-construyendo con tierra, dado que es un material de bajo costo y de fácil accesibilidad para la población. El objetivo de este informe es desarrollar un diagnóstico para evaluar las características de los daños observados por el evento sísmico ocurrido en enero del 2021. Se analizan las muestras de forma individual según indicadores de estudio: ubicación, distancia al epicentro, características morfológicas. Se comparan las muestras, evaluando el grado de daño existente generado por el sismo, diferenciando daños severos con riesgo de colapso, y daños reparables. Con la información obtenida se puede determinar un gran número de viviendas perjudicadas, por fallencias constructivas principalmente por ejecución técnica inapropiada y/o falta de mantenimiento, lo que deja en evidencia la necesidad urgente de una ley que regularice esta técnica constructiva en esta región con alto grado de sismicidad.

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan se localiza en la porción centro-oeste de la República Argentina, se ubica en la región de mayor riesgo sísmico; esto se debe a la cercanía respecto al punto de convergencia entre la placa tectónica Nazca y la placa tectónica Sudamericana (Ortiz, 2021). Según el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de la República Argentina (INPRES), algunos de los antecedentes más importantes que se conocen en la provincia son: 1894, con una intensidad máxima de IX en la escala Mercalli; 1944 con una intensidad máxima de IX grados Mercalli; 1952, se estimó una intensidad de VIII grados Mercalli; 1977, con una intensidad máxima de IX grados Mercalli.

Luego de 44 años del último terremoto destructivo que afectó la región, el 18 de Enero del 2021, un fuerte sismo azotó la provincia de San Juan, aproximadamente a unos 40 km al suroeste de la ciudad (31,81° S / 68,74° O), con una magnitud de 6,46 Mw en la escala de Richter y 8 km de profundidad, con características de ondas sísmicas superficiales, el epicentro se localizó en la Precordillera Sanjuanina. Un antecedente importante que tiene esta región es que el terremoto de 1952 con una magnitud de 6,8 Mw, tuvo su epicentro en la misma zona en la que ocurrió el sismo de enero de 2021.

Según estudios del grupo de sismotectónica CIGEOBIO, la mayor liberación de energía tuvo una duración de 5 segundos, la intensidad máxima en la escala Mercalli Modificada fue de grado VII. En las 72 horas posteriores al evento sísmico principal se registraron 154 réplicas de magnitudes entre 2,5 y 5,3 Mw. En zonas cercanas al epicentro se identifican un gran número de construcciones que presentan daños considerables, riesgo de colapso y otras que se encuentran con daños reparables.

A pesar de los antecedentes sísmicos, en zonas rurales se continúa construyendo y autoconstruyendo con tierra, por la disponibilidad de los materiales y su fácil acceso. Pero esta práctica constructiva se encuentra excluida de control dado que no existe una normativa que regule esta técnica constructiva en San Juan, dado que el código de Edificación (LP/3769-1973) considera como estructura resistente a las constituidas por muros de ladrillos macizos o bloques huecos cerámicos o bloques de hormigón, quedando

la construcción con tierra fuera de cualquier normativa¹, motivo por lo cual las técnicas constructivas vernáculas se fueron perdiendo paulatinamente. Debido a estos factores se observan construcciones técnicamente inestables que aumentan la vulnerabilidad frente al riesgo sísmico.

2. OBJETIVO

Diagnosticar las características y daños más comunes provocados en construcciones de adobe a partir del relevamiento de los edificios damnificados por el reciente terremoto de enero de 2021 en la provincia de San Juan.

Analizar las fallas y problemas provocados por un evento sísmico en casas de adobe, para constatar deterioros severos, riesgo de colapso o daños reparables.

Identificar daños en viviendas de adobe, comparar y verificar con recomendaciones establecidas en la Ley provincial 6541 vetada en 1994.

3. METODOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO

El relevamiento se realiza por investigadores dependientes del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de San Juan, sin acompañamiento gubernamental. Se analiza un sector acotado al suroeste del departamento Pocito, el área de muestreo es el distrito denominado Carpintería de características rurales con una población de 1135 habitantes (580 hombre y 554 mujeres), (INDEC, 2010). Se ubica a 32 km de la ciudad de San Juan y a unos 23 km del epicentro, del evento sísmico de enero del 2021 (figura 1).

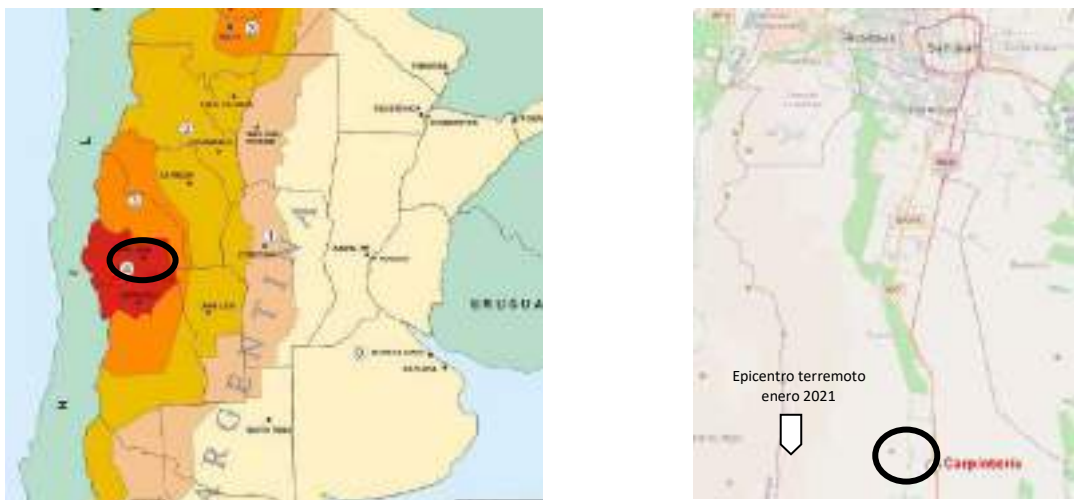


Figura 1: Mapa INPRES zonificación sísmica Argentina- zonas de muestreo y epicentro del terremoto de enero del 2021 en San Juan

Los principales criterios para determinar las zonas de estudio son:

- Determinación de población más cercana al epicentro
- Relevamiento de casas rurales construidas con tierra
- Clasificación de daños y colapso
- Planteo de hipótesis y conclusiones

¹ Resolución N° 5580 del ex - Honorable Consejo de Reconstrucción de San Juan de fecha 31 de Julio de 1951, que remite a las Normas INPRES - CIRSOC 103 Anexo III regla las Construcciones de Mampostería (1983)

Se toman como referencias bibliográfica para la determinación de las variables de análisis las normativas: E.080 (2017), Reglamento de construcciones sismorresistente de tierra mejorada (2018) y las pautas o requerimientos constructivos establecidos en IDIA (1979).

Durante el diagnostico se identifican las fallas más comunes que presentan las viviendas de adobe y se comparan las muestras evaluando daño grave, colapso, daños leves.

Para determinar los daños se elaboran planillas para la recolección de datos. Se interpusieron diferentes indicadores que se clasificaron en:

- Año aproximado de construcción
- Distancia al epicentro del sismo
- Estado de conservación y calidad de mantenimiento
- Uso del edificio
- Riesgos de pérdida de estabilidad generada por el sismo (deterioros leves con reparación, colapso)
- Diseño y distribución de la vivienda (Norma E.080, 2017)
- Estructura de la vivienda
- Grado de esbeltez
- Tipo de fallas comunes en adobe (fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, pandeo, caídas de mampuestos)

4. RESULTADOS

Las construcciones rurales relevadas representan una pequeña parte de los edificios damnificados, siendo un total de 100 viviendas de adobe el número de muestras analizado detalladamente. Este número acotado se debe a la baja densidad poblacional del sector que va de 25 a 120 habitantes por km², según INDEC (2010), y a que la zona con mayor cantidad de daños constructivos identificada no representa una muestra fidedigna debido a que muchas casas de adobe que no colapsaron se demolieron inmediatamente por los habitantes de la comunidad. Dentro de las muestras analizadas que cumplen con las variantes de análisis se puede detectar:

- a) En un 60% de las muestras representan construcciones anteriores al año 1977 se detectan fisuras y grietas, al igual que desprendimientos de revoques, daños en cubiertas superiores.
- b) En un 15 % se observan derrumbes parciales de muros. Se identifican patologías constructivas por mal o inadecuado mantenimiento y presencia de humedad.
- c) El 40% de las muestras corresponde a construcciones menores a 30 años de edificación con plantas irregular, vanos de ventanas y puertas descentradas, falta de viga collar, tirantes de techos de rollizos de madera de álamo con sección irregular apoyados sobre muro de adobe, sobrepeso de tierra sobre cubiertas superiores, sin cimientos ni sobrecimientos, sumado a esto el deficiente mantenimiento.
- d) Un 10% de estas muestras poseen revoques cementicio tanto en interior como exterior.
- e) Un 80% de las muestras analizadas presentan fisuras de forma longitudinal, horizontal y en diagonal, las cuales se presentan en un solo lado del muro. Se observan en la parte superior de puertas, ventanas y en encuentros de muro con coronamiento superior (figura 2). Las grietas longitudinales afectan a elementos constructivos principalmente encuentros de muros perpendiculares. Las grietas verticales en la intersección de muros, se detectan en un 50% de las muestras (figura 3)
- f) En el 50 % de los casos donde se observa desprendimiento de revoques corresponde al excesivo grosor de la capa y la incompatibilidad entre los materiales (figura 4)

- g) Se detectan en algunas muestras desplazamiento lateral de muro por la presencia de ampliaciones que modifican la geometría de la planta original. Las grietas diagonales producidas por desgarre en las esquinas (figura 5a) tienen su punto inicial hacia la parte superior de los paramentos desarrollándose hacia el vértice inferior. Se observa desplazamiento horizontal a lo largo del muro, generando rotura escalonada con aberturas de juntas de 6 mm (figura 5b)
- h) Se identifica daños en cubiertas superiores en el 100% de las muestras relevadas techo de rollizos de madera de álamo con sección irregular, caña de castilla con tierra como aislante térmico. En un 40% las fallas graves se presentan por desvinculación de tirantes (rollizos) de madera con muro, inexistencia de coronamiento superior, además de mantenimiento inexistente y exceso de peso por grandes cantidades de capas de tierra (figura 6a). En un 60% se visualizan fallas en rollizos de madera de álamo por sección irregular e insuficiente y roturas en forma longitudinal en el sentido de las fibras (figura 6b)
- i) Un 20% es el porcentaje de colapsos generados por este evento sísmico, particularmente en áreas próximas al epicentro, pudiendo determinar que los casos de destrucción y desplome de muros y cubiertas se debe a la falta de elementos de refuerzo como vigas de encadenado superior (viga collar), contrafuertes, sobrecimientos, esto sumado al mal mantenimiento de los edificios (figura 7)

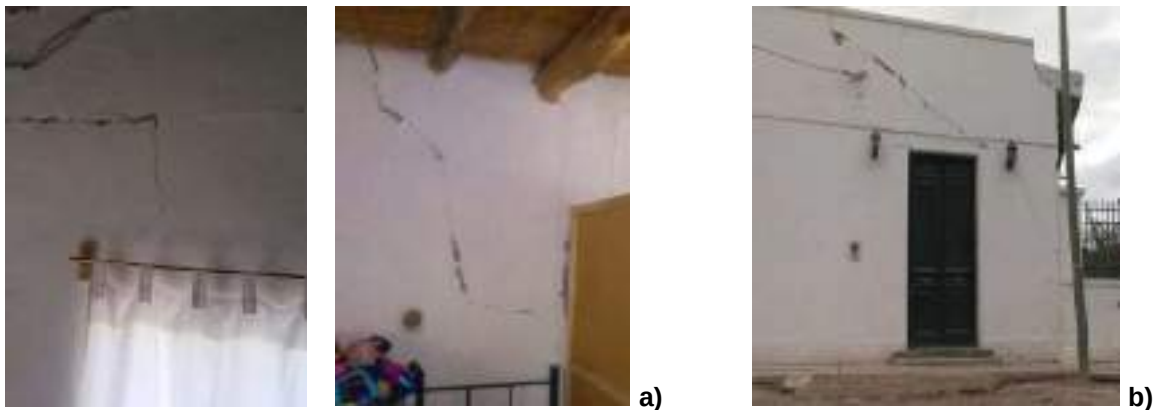


Figura 2. Fisuras y grietas. Departamento Pocito a 28 km del epicentro del terremoto:
a) viviendas al Noroeste; b) edificio industrial al Sureste



Figura 3. Fisuras y grietas. Departamento Pocito a 25 km del epicentro del terremoto:
a) área Suroeste; b) área Noroeste

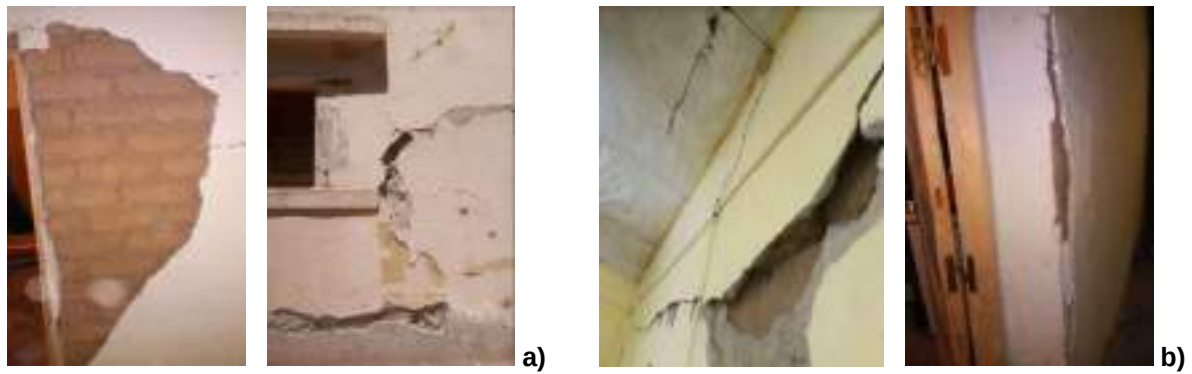


Figura 4. Desprendimientos y fisuras de revestimientos. Departamento Pocito. a) viviendas al Noroeste a 28 km del epicentro del terremoto; b) área Suroeste a 25 km del epicentro del terremoto



Figura 5. Deformaciones y fisuras de muros. Área Suroeste del Departamento Pocito. a) a 25 km del epicentro del terremoto; b) a 24 km del epicentro del terremoto



Figura 6. Daños en cubiertas superiores. Departamento Pocito: a) área Suroeste a 27 km del epicentro del terremoto (crédito: Municipio de Pocito); b) viviendas al Noroeste a 28 km del epicentro del terremoto



Figura 7. Colapso de edificaciones a Suroeste del departamento Pocito (crédito: Municipio de Pocito)

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diagnóstico realizado sirve para exponer de qué manera la incidencia de fuertes eventos sísmicos deriva en daños constructivos graves los cuales se potencian en construcciones rurales por la falta de asesoramiento y capacitación, incrementando aún más la vulnerabilidad de las comunidades más desvalidas. Las problemáticas constructivas observadas en las viviendas rurales damnificadas por el evento sísmico de enero del 2021, construidas con adobe, se presentan principalmente por desconocimiento de la técnica constructiva e inadecuada o nulo mantenimiento. Los daños más comunes observados son:

- 90% - Fisuras mayores a 3mm.
- 15% - Grietas y desplazamiento en zona crítica de encuentro de muros y aberturas.
- 30% - Desplazamiento en vinculación entre los muros y los rollizos de la cubierta.
- 20% - Derrumbe y deformación parcial de muros en esquinas y centro.
- 30% - Rollizos con deformaciones (descensos) y agrietamientos en la sección.
- 80% - Desprendimiento de revoques, agrietamiento de revoques y cielorrasos.
- 20% - Daños graves por desplazamiento y derrumbe de muros.

En 1994 la Cámara de Diputados aprueba la Ley 6541, la cual regulaba todas las construcciones nuevas de adobe en las zonas rurales y suburbanas, dentro del territorio de la Provincia de San Juan. Además facultaba a los municipios como entes de control en la aplicación de la misma. La Ley fue aprobada en noviembre y vetada en diciembre del 1994, por parte del Poder Ejecutivo Provincial, dando lugar a un vacío normativo que se mantiene hasta la actualidad. Los requerimientos planteados en esta ley son:

Capítulo I	Capítulo II
I.1 Módulos de elasticidad	II.1 Requerimientos para el diseño formal de la vivienda
I.2 Refuerzos de cañas	II.2 Requerimientos constructivos
I.3 Estabilidad de los muros	
I.4 Coeficiente sísmico	

La plena aplicación y el control de la Ley vetada en la provincia permitirían un contexto más seguro para este tipo de construcciones, mediante la formulación de planes y programas provinciales destinados a la ejecución y mantenimiento de las construcciones de adobe; los daños graves detectados se podrían minimizar. Las condiciones relevadas en las viviendas en relación a los diferentes niveles de daños son una muestra de la falta de regulación y control sobre el tema.

Un antecedente técnico en la provincia y por lo cual se prioriza la necesidad de control es un grupo de viviendas construidas por el gobierno provincial a través del "Consejo de Reconstrucción" creado a partir del terremoto de 1944 en San Juan el que elabora una serie de recomendaciones para construcción nueva con adobe. En la década del 1950 se construyen cuatro barrios en adobe siguiendo las recomendaciones del consejo mencionado. Concretamente se tomó como ejemplo la Villa San Miguel, barrio de 86 viviendas construido en 1953 y localizado en la zona Nord-oeste a 31 km aproximadamente del epicentro del evento sísmico de enero del 2021 en departamento de Rawson (figura 8).

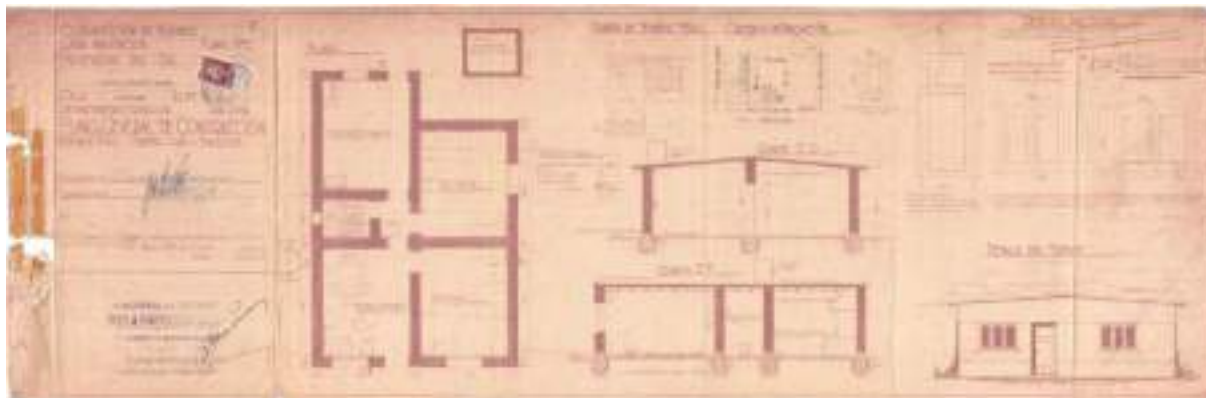


Figura 8. Plano aprobado por el Gobierno de San Juan en 1953, Villa San Miguel

Al día de la fecha las viviendas se encuentran en buen estado habiendo superado el terremoto de Caucete de 1977 y sismos de intensidad considerable con anterioridad. Un papel preponderante juega el mantenimiento que sus propietarios han ejercido en las viviendas en las sucesivas generaciones que las habitan, por otro lado, el suelo donde se emplaza el barrio no contiene sales y tiene capacidad portante. Se observan las recomendaciones principales, planta compacta, cimentación en suelo firme, sobrecimiento sobre nivel de piso terminado, esbeltez en altura no mayor de 8 veces el espesor del muro, aberturas pequeñas centradas en los paños de muro, dinteles armados y viga collar, techos de rollizos y cañas, entre otras (figura 9).



Figura 9. Viviendas Villa San Miguel

6. CONSIDERACIONES FINALES

Se observa en este diagnóstico que, en áreas rurales de la provincia de San Juan, aún se autoconstruye con tierra, habiendo perdido gran parte de las tradiciones vernáculas. Se puede detectar un gran número de viviendas perjudicadas por falencias constructivas, principalmente por técnica inapropiada lo que evidencia la necesidad urgente de planificar e intervenir desde el asesoramiento y capacitación a comunidades rurales, sumado a una norma que regularice esta técnica constructiva en una región con alto grado de sismicidad.

La realidad indica que, por su bajo costo y fácil accesibilidad, el uso del adobe continuará siendo, para sectores de la sociedad, una práctica difícil de reemplazar, situación que debe ser atendida. Otro dato a tener en cuenta es que la elección de la tierra como material de construcción está en aumento en grupos sociales de mayores recursos económicos que lo

asocian a una solución sustentable y por intermedio de profesionales demandan la realización de proyectos dentro de un marco normativo específico.

Este diagnóstico refleja la importancia de los reiterados pedidos por parte de constructores, profesionales e investigadores locales durante años en la necesidad de promover una legislación a nivel provincial que encuadre en un contexto nacional e internacional, teniendo como antecedente las ordenanzas municipales vigentes en los departamentos de Lavalle y las Heras de la provincia vecina de Mendoza, que se encuentran en la misma zona de riesgo sísmico que San Juan según la zonificación del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) a nivel nacional. Esto podría ayudar a evitar pérdidas de vidas humanas, contribuyendo a disminuir el riesgo de colapso en las edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IDIA – Instituto de investigaciones antisísmicas (1979). Diseño antisísmico (Tomos I, II y III). Argentina: Programa de investigación aplicada y desarrollo tecnológico, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de San Juan; Ministerio de salud y acción social, Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental.

INDEC – Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). Censo Nacional de población, hogares y viviendas 2010. Argentina

Ley nº 6.541 (1994). Cámara de Diputados de la provincia de San Juan. Disponible: <https://diputadossanjuan.gob.ar/leyes-sancionadas/item/2918-ley-n-6541>

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Ortiz, G. (2021) La investigación después del temblor. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de San Juan. Disponible: <https://www.conicet.gov.ar/la-investigacion-despues-del-temblor/>

Reglamento de construcciones sismorresistente de tierra mejorada (2018). Municipalidad de Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al equipo de investigadores pertenecientes al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa), dependiente de la Facultad de Arquitectura, urbanismo y diseño de la Universidad Nacional de San Juan bajo la dirección del Arq. Arturo Pereyra.

AUTORES

Vanesa Torres Atencio, maestrando en diseño de emprendimientos estratégicos sostenibles; diplomado en bioconstrucción, especialista en docencia universitaria, arquitecta. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, cátedras, Instalaciones II, Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa).

Leonardo Jesús Funes, diplomado en bioconstrucción, arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, profesor adjunto a cargo en la cátedra Instalaciones II, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) en la temática tecnologías constructivas con materiales regionales apropiados para zonas áridas. Asesoría arquitectónica en la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano.

Mariano Matar Arturo, diplomado en bioconstrucción, arquitecto. Docente adscripto de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, cátedra Construcción con Tierra, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) en la temática tecnologías constructivas con materiales regionales apropiados para zonas áridas.

TODAS ALREDEDOR DE LA TIERRA

Elena Carrillo Palacios¹, Jon de la Rica Extremiana², Céline Tastet³, Emmanuel Stern⁴

Colectivo Zompopo - Red MesoAmeri-Kaab, ¹elena64@hotmail.com; ²fonfika@hotmail.com

³ Université Paris 1 Panthéon Sorbonne – Muséum National d'Histoire Naturelle - CooPatrimoine, celine.tastet@fulbrightmail.org

⁴ Anatomies d'Architecture, emmanuel.stern@hotmail.fr

Palabras clave: prácticas constructivas, mujeres, autoconstrucción, culturas constructivas locales, perspectiva de género

Resumen

En todo el mundo y desde siempre, las mujeres han participado en la elaboración de su hábitat. En función del lugar, de la época y de la cultura, sus prácticas constructivas se rigen por una división sexual tomando diferentes formas. El proyecto de investigación colaborativa “Toutes autour de la Terre” busca documentar, visibilizar y resignificar los roles de las mujeres en la auto-construcción de su hábitat desde un enfoque de las culturas constructivas locales. En su primera fase, el proyecto se basa en una selección de 12 estudios de caso tipológicos realizados por referentes sobre investigaciones en Argentina, Bolivia, Dinamarca, India, México, Nicaragua, Rumanía, Serbia, Tanzania y Togo, aportando diversos ejemplos que muestran, a escala mundial, la amplia participación de las mujeres en la construcción. El artículo propone una lectura cruzada de estos estudios de caso partiendo de ciertos criterios de análisis previamente definidos: naturaleza, modalidad de puesta en obra, monetarización, localización, esfera, frecuencia y estado de la práctica. Así, el análisis y la puesta en valor de las prácticas constructivas de las mujeres en diferentes regiones del mundo y bajo un enfoque de género, intenta aportar una lectura crítica y una mirada renovada de las culturas constructivas. Con temáticas y problemáticas recurrentes en diferentes contextos, la arquitectura vernácula está atravesada por lógicas de género: trabajo femenino informal relegado al ámbito doméstico y atrapado en relaciones de dominación y poder, reflejo de una sociedad patriarcal.

1 INTRODUCCIÓN

Alrededor de la Tierra, el trabajo de la mitad de la población ha sido silenciado e invisibilizado. Desde hace mucho tiempo, las mujeres han sido excluidas de numerosos ámbitos de la sociedad. Esto se constata al abrir un libro de historia, cuyas páginas cuentan los logros de hombres célebres, olvidándose de aquellos alcanzados por tantas mujeres. Este fenómeno de exclusión y negación se aplica a todos los campos en mayor o menor medida y es particularmente evidente en el mundo de la construcción, obnubilado por el imaginario colectivo del constructor viril. Sin embargo, en numerosos lugares del mundo y desde hace siglos, las mujeres han participado en la elaboración de su hábitat. A menudo, ligadas a las tareas domésticas y de mantenimiento como un trabajo reproductivo de cuidado, sus prácticas se asocian a una división sexual del trabajo tomando diferentes formas: enlucidos, suelos, pinturas, pero también relleno de muros o elaboración de infraestructuras domésticas.

La arquitectura también se escribe principalmente en masculino y, aunque la musa del arquitecto suele estar representada por un personaje femenino, como recuerda Heynen (2007), el arquitecto, investido de una fuerza eréctil, es principalmente un hombre. Hay muchas y profundas diferencias entre la arquitectura como disciplina institucionalizada y las lógicas que recorren la arquitectura vernácula. Sin embargo, ambas están marcadas por una dinámica de género que relega a las mujeres a un segundo plano. De hecho, la arquitectura vernácula, incluso más que la convencional, nace de las formas de vida y su diseño depende aún más de su entorno sociocultural. Como tal, es un reflejo de la sociedad, que no es inmune al patriarcado. Lo mismo ocurre con los estudios e investigaciones de arquitectura, que durante mucho tiempo se han centrado en las prácticas constructivas

masculinas. Sin embargo, como profesionales e investigadoras, parece necesario documentar y poner en valor el rol de las mujeres en la producción de su hábitat, tanto por cuestiones de conocimiento como de conservación.

El proyecto "Toutes autour de la Terre", lanzado en 2020, pretende dar respuesta a estas preocupaciones. Esta iniciativa colectiva, interdisciplinaria e internacional, propone escribir o reescribir la historia de las culturas constructivas desde el prisma de género.

Este artículo presenta la iniciativa "Toutes autour de la Terre" y discute sus primeros resultados. En primer lugar, se presenta este proyecto de investigación-acción, sus objetivos, así como la metodología desarrollada para recoger los datos sobre los 12 estudios de casos tipológicos. En segundo lugar, se analizan los primeros elementos recogidos en torno a tres temas principales, aportando reflexiones transversales a los doce ejemplos situados sobre las especificidades del trabajo de las mujeres, su valor técnico, económico y social y las relaciones de poder que se expresan a través de estas prácticas. Estos elementos proporcionan enriquecedoras perspectivas para el trabajo futuro.

2 EL PROYECTO "TOUTES AUTOUR DE LA TERRE"

"Toutes autour de la Terre" es un proyecto de investigación colaborativa interdisciplinar que busca documentar, visibilizar y resignificar los roles de las mujeres en la autoconstrucción de sus hábitats desde un enfoque de las culturas constructivas locales, unas prácticas escondidas en la esfera privada, poco reconocidas por el imaginario colectivo. El proyecto es impulsado por un equipo pluridisciplinar e internacional y se nutre de las investigaciones realizadas en terreno por numerosos actores y actrices radicados en distintos contextos. Los resultados de la investigación serán difundidos a un público amplio bajo licencia libre a través de una plataforma web, una exposición itinerante y encuentros físicos y virtuales. "Toutes autour de la Terre" pretende crear así un espacio de diálogo y reflexión transfronterizo y transdisciplinar.

2.1 Objetivos y resultados esperados del proyecto

El objetivo general del proyecto es documentar, visibilizar y resignificar los roles de las mujeres en la autoconstrucción de su hábitat desde un enfoque de las culturas constructivas locales, con el fin de contribuir a la mejora de las condiciones de vida, a la igualdad entre sexos y a la lucha por los Derechos de las mujeres.

Con esta investigación se pretende conocer y reconocer los numerosos aportes de las mujeres en la arquitectura vernácula, su trabajo, sus conocimientos y su saber-hacer para reescribir la historia de la construcción desde una perspectiva feminista. Para ello, se recolectarán múltiples ejemplos de diversas experiencias de mujeres auto-constructoras de distintos contextos y a escala mundial, cruzándolas con el discurso de expertos y expertas de las temáticas abordadas.

A través de diferentes acciones y estrategias de comunicación física y digital que visibilicen las experiencias de las mujeres, se busca sensibilizar a un público amplio, generando empatía y reflexión. Además, se pretende articular a personas y organizaciones creando una red de actores y actrices de diversas disciplinas y diferentes territorios interesados/as en las problemáticas relativas a las mujeres y el hábitat. Por último, el proyecto quiere dar voz y reforzar los vínculos creando una comunidad de aprendizaje que favorezca los intercambios entre mujeres constructoras de diferentes latitudes.

2.2 Equipo de trabajo

El proyecto se articula a través de una serie de actores y actrices con roles e implicaciones diferenciados. El equipo impulsor del proyecto es un grupo mixto, pluridisciplinar e internacional, compuesto por tres arquitectos y arquitectas, una socióloga, un antropólogo y una periodista que trabajan en diferentes regiones del mundo para la puesta en valor del

lugar de la mujer en la construcción¹. Además de este núcleo, el proyecto cuenta con la colaboración de una red de personas y organizaciones que trabajan para la puesta en valor de las prácticas constructivas de las mujeres en diferentes regiones del mundo. Los denominados referentes² se implican en el proyecto con la realización de uno o varios estudios de caso, integrando también esta red internacional para intercambiar sobre la temática de estudio. Por último, el proyecto ha contactado con distintos investigadores e investigadoras, expertos y expertas multidisciplinares que aportan una mirada transversal a la temática de estudio.

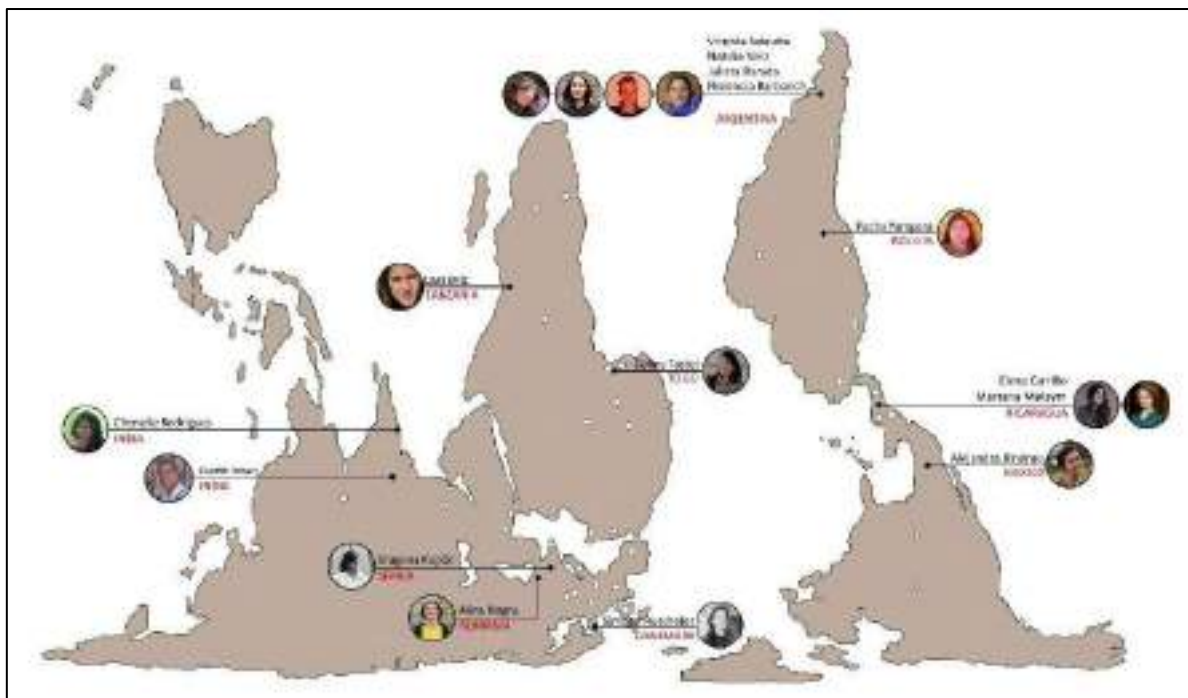


Figura 1. Mapa de los 12 estudios de caso y sus correspondientes referentes.

2.3 Fases del proyecto

Desde sus inicios, en junio de 2020, la investigación contempla distintas actividades organizadas en dos fases de acción.

En su primera fase, el proyecto ha desarrollado los primeros estudios de caso tipológicos relativos a prácticas constructivas en diferentes lugares del mundo. Durante aproximadamente un año, el equipo impulsor ha acompañado la investigación de las y los referentes, en su gran mayoría mujeres, para la redacción de 12 estudios de caso en Argentina, Bolivia, Dinamarca, India, México, Nicaragua, Rumanía, Serbia, Tanzania y Togo.

En agosto de 2021, tras la realización de los estudios de caso, se está concluyendo la primera fase del proyecto con una etapa de retribución y validación de los trabajos de los y las referentes. En los próximos meses, se espera poder difundir los primeros resultados, así como varios productos asociados mediante medios de comunicación físicos y virtuales: exposición, libro, sitio web y un seminario en línea.

En una segunda fase, se espera profundizar la investigación existente y extender el proyecto a más territorios, a través de un mayor número de estudios de caso. Este momento servirá también para dinamizar y desarrollar la plataforma web y para consolidar la red internacional a través de acciones físicas y virtuales: seminarios, ciclos de formación y talleres de campo.

¹Elena Carrillo (arquitecta española), Emmanuel Stern (antropólogo francés), Hélène Pillon (periodista francesa), Jon de la Rica (arquitecto español), Marzena Maksym (socióloga polaca) y Rosie Paul (arquitecta india).

² Las y los referentes de la primera fase del proyecto son: Alejandra Jiménez, Alina Negru, Céline Taste, Chenelle Rodrigues, Dragana Kojic, Elena Carrillo, Florencia Barbarich, Julieta Barada, Justin Imam, Lara Briz, Marzena Maksym, Natalia Veliz, Pacha Yampara, Simone Ruschmeier y Virginia Saiquita.

3 METODOLOGÍA DE UNA INVESTIGACIÓN COLABORATIVA

La investigación colaborativa promovida por “Toutes autour de la Terre” es entendida como un proceso nutrido por una multitud de visiones subjetivas e interpretativas, basada en las experiencias personales y profesionales de investigadores/as y practicantes, denominados referentes. La recolección de datos por parte de las y los referentes, acompañada de observaciones directas, entrevistas y bibliografía referencial, permite desarrollar un estudio de caso sobre una práctica constructiva realizada por mujeres. Posteriormente con el fin de que todos los estudios tipológicos compongan un conjunto armónico y sean accesibles para un público amplio, el equipo impulsor del proyecto propone al referente una reescritura y una enmaquetación de su trabajo en un formato adaptado a su difusión que estará finalmente disponible en español, francés e inglés.

3.1 Marco de investigación

La investigación colaborativa se centra en prácticas constructivas realizadas por mujeres para la autoconstrucción de su hábitat desde un enfoque de las culturas constructivas locales. Para enmarcar el estudio, se proponen las siguientes definiciones de sus principales términos:

- a) Prácticas constructivas. Saberes ligados a la construcción, acciones concretas que contribuyen al acto de edificar a través de la aplicación de conocimientos prácticos. Centrados únicamente en saberes constructivos realizados con materiales naturales y que se inscriben en una cultura constructiva local.
- b) Autoconstrucción del hábitat. Procesos vinculados a la construcción de su propia vivienda y de su lugar de vida según una concepción amplia que incluye espacios interiores, exteriores, privados, colectivos y públicos.
- c) Culturas constructivas locales. Dimensión material e inmaterial del hábitat construido y compartido por una sociedad en interacción con su entorno, tomando en cuenta los aspectos culturales, sociales, económicos, medioambientales y simbólicos. Comprende las diferentes fases del ciclo de vida del edificio, desde la concepción al uso, pasando por la construcción y el mantenimiento. Adaptadas a los territorios y a las sociedades que los habitan, las culturas constructivas locales son procesos continuos y evolutivos. De este modo, las prácticas constructivas contemporáneas pueden incluirse en el marco de estudio.
- d) Rol de las mujeres. Función y/o atribución asignada al género femenino. Esto puede incluir acciones exclusivamente realizadas por mujeres, así como por un grupo mixto en el que las mujeres tienen su lugar.

3.2 Criterios de análisis

Con el fin de poder realizar un análisis transversal a los distintos casos tipológicos - como se propone en el tercer punto de este artículo - se propuso a los referentes, a través de un documento metodológico, una serie de criterios a considerar para el estudio de la práctica.

- a) Tipos de práctica: Colecta, producción y tratamiento de materiales; estructura; cubierta; elementos secundarios; suelo; enlucido; pintura; equipamiento doméstico y otros (actividades necesarias para el desarrollo de la construcción pero que no son prácticas constructivas como tal).
- b) Localización de la práctica por regiones geográficas: Europa occidental y del norte; Europa del este; Europa del sur; Oriente Medio; Asia Central; Asia Oriental; Asia del sur y sudeste; Oceanía y pacífico; América del Norte; Centroamérica y Caribe; América del Sur; África del Norte; África Central; África del Oeste; África del Este; África austral.
- c) Frecuencia de la práctica: Cotidiana (diaria, semanal, mensual); Anual (vinculada a una estación y/o a una festividad recurrente); Esporádica (una o pocas veces en la vida, vinculado a un acontecimiento específico).

d) Modalidad de puesta en obra de la práctica: Individual femenina (práctica realizada por una mujer sola); familiar femenina (práctica realizada por varios miembros de la familia, exclusivamente mujeres); intrafamiliar mixta (práctica realizada por varios miembros de la familia, incluyendo niños/as y/o hombres); comunitaria entre mujeres (práctica extra-familiar realizada únicamente por mujeres); comunitaria mixta (práctica extra-familiar realizada por mujeres y hombres).

e) Monetización de la práctica: Remunerada; no remunerada; otros (trueque, entre-ayuda).

f) Esfera de realización de la práctica: Espacio privado interior; espacio privado exterior; espacio compartido / colectivo.

g) Estado de la práctica. Viva (prácticas existentes hoy en día); en pérdida (prácticas que han dejado de realizarse y están en vías de desaparecer pues sus portadoras son personas de avanzada edad); desaparecida (prácticas en desuso y que podemos documentar gracias a archivos históricos).



Figura 2. Imágenes de un estudio de caso del proyecto "Toutes autour de la Terre" (TAT, 2021)

4 ANÁLISIS CRUZADO DE LOS PRIMEROS RESULTADOS

El análisis cruzado de los estudios de casos recogidos en el proyecto "Toutes autour de la Terre" se ha realizado con una lectura comparativa utilizando los distintos criterios descritos en el apartado anterior. Debido a la extensión del presente artículo, a continuación, se propone una lectura transversal comentando los principales temas identificados.

4.1 El valor del trabajo constructivo de las mujeres

El análisis comparativo muestra un aspecto esencial: las mujeres desempeñan un papel realmente importante en la producción de la arquitectura vernácula, tanto en términos de competencias técnicas, como de tiempo y mano de obra. Sin embargo, sus aportes son raramente reconocidos, mucho menos, puestos en valor.

Las investigaciones llevadas a cabo en diversas culturas constructivas demuestran que, más allá de la simple participación de las mujeres en la construcción de su hábitat, éstas disponen de competencias técnicas y de conocimientos específicos que demuestran un dominio técnico de procesos complejos, esenciales para la construcción de viviendas. Unos conocimientos y saberes prácticos que, en sociedades articuladas con una fuerte división sexual del trabajo, son muchas veces desconocidos por los hombres.

El caso del hábitat *takienta* en el norte de Togo es un claro ejemplo de ello. El trabajo de enlucido de la casa de tierra, conocido como *crépissage*, es una tarea exclusivamente femenina que los hombres son incapaces de realizar. Consiste en el manejo de dos mezclas, el *tibiti* y el *boutchitchimou*, a base de tierra fina, excremento de vaca, manteca de karité y corteza de néré, aplicadas en capas sucesivas para impermeabilizar la construcción.



Figura 3. Mujeres realizando el enlucido sobre las *takientas* (créditos: C. Tastet, 2013)

Así mismo, el hábitat *masai* en Tanzania es un reflejo de las tradiciones de este pueblo. La *manyatta*, nombre tradicional de la vivienda, adquiere una importancia particular para las mujeres que son las que la edifican. Estas constructoras además de conocer a la perfección cada etapa de la construcción de las viviendas circulares de entramado, también son autónomas en toda la cadena de producción, desde la recolección y preparación de los distintos materiales necesarios para la misma.

Como último ejemplo para ilustrar el dominio técnico por parte de las mujeres en el ámbito de las culturas constructivas, parece significativo hablar también sobre el caso de la isla de Laeso, en Dinamarca, donde a partir del siglo XVII, los hombres abandonaron la isla por razones de subsistencia alimentaria. Este hecho hizo que, entre los siglos XVIII y XX, las mujeres fuesen las principales responsables de tareas hasta entonces masculinas tales como el trabajo del campo y de las granjas, así como la construcción. Cabe resaltar cómo las mujeres hicieron uso de sus habilidades artesanales y agroecológicas para hacer frente a un problema de escasez de materias primas para la agricultura y la construcción. Es así como desarrollaron una paja duradera y altamente aislante a partir de un tipo de alga - la *zostera marina* - que después de secarse se vuelve no inflamable, no tóxica y resistente al moho, ideal para la cubierta de las techumbres de sus viviendas.

Por tanto, este trabajo de investigación colaborativa evidencia técnicas constructivas, conocimientos específicos y habilidades altamente técnicas dominadas por mujeres en diversos contextos culturales.

Por otro lado, la participación de las mujeres en la construcción suele suponer una carga de trabajo significativa, ya que a menudo implica una gran inversión de tiempo. Ejemplo de ello es el arduo trabajo de mantenimiento de la vivienda de tierra que se realiza en los hogares nicaragüenses de manera cotidiana o el que se realizaba semanalmente en un pasado no muy lejano en los hogares rumanos. Sin embargo, este proyecto también recoge experiencias donde los referentes consideran que se realiza una repartición equitativa del trabajo de la construcción en el seno familiar. Es el caso del altiplano boliviano, donde las casas se construían tradicionalmente según la filosofía andina del *chacha-warmi*, basada en una dualidad y equilibrio entre sexos. Mientras los hombres se ocupaban de construir las paredes de adobe y el techo de paja, las mujeres se dedicaban a recoger y tejer las fibras para elaborar las sogas que permitirían unir los elementos. Siguiendo la misma lógica de reciprocidad, en la región de Sikkim, en el Himalaya, hombres y mujeres se reparten el trabajo de construcción de sus casas de bahareque, utilizando los materiales disponibles localmente y los conocimientos ancestrales.

Sin embargo, en la mayoría de los estudios de caso, el trabajo realizado por las mujeres a lo largo de la vida útil de la vivienda constituye una carga de trabajo mayor que la de los hombres, como es el caso del mantenimiento y decoración de las viviendas de tierra en la región de Harizabagh, al noroeste de India, donde cada año las mujeres realizan estas tareas durante el invierno, antes de la llegada de los monzones.

A pesar de este dominio técnico y de la gran cantidad de tiempo que dedican a la construcción, las protagonistas de los estudios de caso suelen recibir muy poco reconocimiento en su rol de constructoras. En la mayoría de los contextos, el trabajo de construcción de las mujeres se asocia en gran medida a las tareas domésticas, como en Nicaragua, donde las mujeres “limpian” sus estufas de tierra todas las mañanas con una mezcla de tierra y ceniza, o como en la región rumana de Banat, donde todos los sábados las mujeres nivelan el suelo con un mortero de tierra. Actividades de cuidado de la casa poco conocidas, pero que garantizan la durabilidad de la construcción en el tiempo.

Así, las habilidades de constructor suelen estar reservadas a los hombres. El estudio de caso de Koutammakou, en Togo, expone que las mujeres que realizan buenos enlucidos son valoradas sobre todo en su papel de esposas y los hombres acaparan el mayor protagonismo. En última instancia, los resultados del trabajo de las mujeres se reflejan en el estatus social del hombre, ya que el cuidado de su vivienda puede hacer o deshacer la reputación del propietario. Otro ejemplo de cómo el trabajo de las mujeres es poco valorado socialmente es el expuesto en el estudio de caso de México, donde las mujeres wixárikas son las encargadas de la elaboración y del transporte de los adobes para las viviendas. Sin embargo, a pesar de los conocimientos específicos que requiere esta ardua tarea, esta es percibida por la comunidad como un trabajo que todo el mundo puede hacer y no es considerado como una verdadera etapa de la construcción, siendo únicamente reconocidos socialmente los aportes técnicos y el trabajo de construcción de los hombres.



Figura 4. Mujeres wixarikas elaborando adobes (créditos: A. Jiménez, 2017)

Por último, en lo que concierne al valor del trabajo femenino, la mayoría de los estudios de caso hacen referencia a prácticas constructivas no remuneradas asociadas al trabajo doméstico. A excepción del caso serbio, donde las mujeres decoraban paredes y techos con bajo-relieves de cal, obteniendo una remuneración por esta labor. Aunque, incluso si este trabajo decorativo puede enmarcarse en lógicas mercantiles, también incluye dinámicas no monetarias de autoconstrucción y de entre-ayuda familiar y comunitaria.

Asociado al trabajo doméstico y desacreditado en su valor, el rol de las mujeres en la construcción y el mantenimiento de sus hogares no suele ser ni reconocido, ni valorado socialmente. A pesar de que su papel es esencial en la construcción y el mantenimiento de muchos hábitats vernáculos, los conocimientos técnicos asociados parecen minimizarse.

4.2 La relación entre prácticas constructivas femeninas y el trabajo de cuidado

De manera general, las prácticas constructivas realizadas por las mujeres en sus viviendas corresponden principalmente a trabajos de mantenimiento no remunerados, que se repiten regularmente para mantener las condiciones materiales de los edificios. Así, estos trabajos de construcción pueden ser comparados con los de cuidados, presentando varias similitudes que pueden entenderse desde una perspectiva más amplia que el ámbito doméstico al abordar aspectos relativos a la gestión de los materiales de construcción.

En muchos de los estudios de caso analizados, las mujeres ponen en práctica conocimientos y prácticas constructivas asociadas al mantenimiento de su hábitat. De

hecho, aunque participan en gran medida en el momento de la construcción, como ilustran los casos de Tanzania o México, a menudo son ellas las únicas responsables de la durabilidad de las viviendas. A pesar de la gran diversidad geográfica y cultural de los estudios de caso que se recogen, la noción de mantenimiento del hábitat parece recaer sistemáticamente y casi exclusivamente en las mujeres. Esto puede verse en el ejemplo de la región de Sikkim, en el norte de la India, donde las mujeres se encargan de la limpieza de sus viviendas revistiendo las paredes y los suelos de tierra varias veces a la semana. Esta asignación de las tareas de mantenimiento a las mujeres también se observa en el estudio realizado en Argentina, donde las mujeres del Jujuy dedican gran parte de su vida a la construcción y el mantenimiento de sus hogares.



Figura 5. Labores de mantenimiento cotidianas del hábitat rural del Himalaya Indio (créditos: C. Rodrigues, 2020)

También en Rumanía existe una fuerte noción de mantenimiento de la casa asumida por las mujeres, el momento en que esto parece ser más visible es cuando se celebra la preparación de la fiesta de Pascua: "Todos los años, las mujeres de la región de Banat salen de sus casas e inspeccionan sus paredes. Todos ellos conocen la regla: los revoques caídos, especialmente los más grandes que una mano, deben ser restaurados rápidamente. [...] Una vez identificados los daños causados por el desgaste y las inclemencias del tiempo, se ponen a trabajar sin perder tiempo."³

En el norte de Togo, las mujeres repiten el enlucido y la impermeabilización de los muros de tierra todos los años, antes de la temporada de lluvias. De igual manera, las mujeres del noroeste de India, cada año, antes de los monzones, realizan no sólo el revoque de la vivienda de tierra sino también la reparación de los muros y las pinturas con pigmentos y arcillas, coincidiendo con el festival de la Cosecha de Sohrai.

Así, la naturaleza del trabajo constructivo realizado por las mujeres puede asociarse a menudo con los deberes de la esfera doméstica, relacionados con la noción de "cuidado" de la casa como de las personas que la habitan. Desarrollado por primera vez en los países anglosajones, el concepto de cuidado (*care*) abarca numerosas situaciones en las que las mujeres atienden actividades personales o profesionales caracterizadas por la preocupación por los demás, asumiendo el cargo del mantenimiento de la vida (Cresson; Gadrey, 2004).

Más allá del mantenimiento material de la vivienda, la noción de "cuidado" se extiende a otros aspectos de la habitabilidad de los espacios construidos. En varios casos, podemos observar como la edificación física no es suficiente para construir hogar y el espacio se vuelve realmente habitable por la acción de las mujeres.

Un dicho *tamberma* del norte de Togo afirma que "la casa del soltero no existe". Esta afirmación, que puede resultar paradójica teniendo en cuenta que un hombre puede construir y ocupar solo una vivienda de tierra, en realidad expresa que esta sólo se convierte en una *takienta*, es decir, en un hogar, cuando una mujer se ocupa de ella. Esta misma noción de apropiación del espacio y de transformación de una construcción en un hogar se

³ Extracto del estudio de caso "Banat: última capa de saber" realizado por Alina Negru (Rumanía)

observa en el trabajo de las mujeres de Nicaragua; la construcción del fogón de tierra es la primera tarea que las mujeres, con la ayuda de su madre o hermanas, realizan al llegar a su nueva casa. Corazón del hogar nicaragüense, punto de encuentro y alimento de toda la familia, representa una acción constructiva esencial que convierte la edificación en un hogar. Una situación similar se puede encontrar en Bolivia, donde al entrar en una casa tradicional del Altiplano, se puede saber a simple vista si vive un hombre solo o si también reside una mujer. Cuando el edificio está dotado de un *q'iri* - horno de barro - en buen estado, es indudable que una presencia femenina habita la vivienda, siendo ellas quienes elaboran este elemento esencial en el momento de construcción de la vivienda y quienes lo renovarán periódicamente, cada uno, dos o tres años, según el cuidado con que se haya construido y el tipo de tierra utilizada.

Por otro lado, parece pertinente ampliar esta cuestión del mantenimiento, la habitabilidad y el cuidado a aspectos de gestión de los recursos naturales necesarios para la producción de la arquitectura vernácula. En varios casos, parece que las mujeres también desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento del medio ambiente, sustento de los recursos naturales utilizados. Esta situación se refleja en el segundo ejemplo del altiplano boliviano donde las mujeres eran las encargadas de recolectar las fibras y transformarlas en las cuerdas con las que después se amarraban los techos de la vivienda. También en el ejemplo danés donde ante una problemática de erosión de los suelos que afectaba a la agricultura y a la producción de fibras utilizadas para las techumbres, buscaron una materia prima alternativa a su alcance para dar respuesta a las necesidades de su hábitat, de una manera armoniosa y respetuosa con su entorno. Esta cuestión de la gestión de los recursos de construcción por parte de las mujeres también se aborda claramente en el caso de Koutammakou, donde, en un contexto de deforestación y dificultades para obtener la madera y los frutos necesarios para la construcción de la *takienta*, un grupo de mujeres ha puesto en marcha un vivero para replantar especies locales. Por último, el estudio de caso de Sikkim, en las montañas del Himalaya, también ilustra este punto. Las mujeres se encargan de recoger los materiales de construcción y gestionar los recursos naturales, mientras que los hombres construyen los cimientos y la estructura de madera.

Así, mientras que la cuestión del "cuidado" suele expresarse principalmente asociada a la gestión del hogar a través del mantenimiento de la arquitectura vernácula, el género también parece desempeñar un papel importante en el comportamiento proambiental para la gestión de los materiales de construcción. Estas observaciones son coherentes con las investigaciones que demuestran que las mujeres suelen estar más preocupadas por el medioambiente y son más propensas a comportarse en consecuencia (Trelohan, 2020). Lejos de insinuar que las mujeres son naturalmente más cercanas a la naturaleza, esta investigación demuestra que la socialización y la educación de género de las mujeres, que valora la empatía y el cuidado, tiene consecuencias en su comportamiento hacia el medioambiente. Este ángulo de investigación ecofeminista resulta especialmente interesante y podrá ser desarrollado en la continuación de este trabajo sobre la arquitectura vernácula practicada por mujeres.

4.3 La arquitectura vernácula como vector de una identidad claramente femenina

La última característica de la arquitectura vernácula en femenino que se halla en este trabajo comparativo es la existencia de una relación particular entre el acto constructivo y la construcción del género. Las prácticas vinculadas a la arquitectura vernácula son a menudo un vector de una identidad femenina que construye y refuerza. Esto se expresa en la transmisión de conocimientos, en su puesta en práctica pero también en cómo se habita el espacio doméstico.

La cuestión de la identidad puede inscribirse directamente en la materialidad de los hábitats, relacionado con las identidades colectivas pero también con las identidades de género. En el norte de Serbia, existía un estrecho vínculo entre las prácticas de construcción de las mujeres, su creatividad y la identidad comunitaria de su hábitat. De hecho, el papel que se les asignó exclusivamente fue el trabajo de decoración y acabado exterior. Se trataba de

una tarea muy importante y simbólica, ya que permitía diferenciar de un vistazo la etnia de los habitantes en una región en la que convivían más de 26 grupos.



Figura 6. Trabajo decorativo de cal con pigmentos realizado por las mujeres en el norte de Serbia (créditos: D. Kojičić, 2015)

En el norte de Togo, el trabajo de enlucido de las mujeres también expresa una identidad colectiva, relativa a su clan, pero también lleva la marca de su propia identidad. De hecho, las mujeres reproducen en su vivienda los mismos motivos decorativos que llevan en su propio cuerpo en forma de escarificación. La aplicación colectiva del enlucido, aplicado con las manos desnudas, es un momento de recreación durante el cual dan forma a la *takienta* a su imagen. Por antropomorfismo, imprimen estas escarificaciones en la tierra con sus dedos, una firma que refleja la belleza femenina. Esto podría interpretarse como una forma de reafirmar la separación de tareas en función del género: la elaboración de estos enlucidos decorativos es una tarea reservada a las mujeres que refuerza y reafirma esta dinámica de género.

Lo social penetra en la arquitectura, y ésta, a su vez, participa en la consolidación de las prácticas y representaciones sociales (Kuhlmann, 2013). Esto es quizá especialmente cierto en el ámbito de la arquitectura vernácula en relación a la jerarquía del género. Estas reflexiones contextualizadas llevan a cuestionar la arquitectura vernácula como proveedora y espacio de construcción de género de lo social, definiendo campos de conocimiento específicamente femeninos y masculinos, y convirtiéndose en un escenario para la expresión de estas diferencias.

4 CONCLUSIÓN GENERAL

El interés demostrado y la gran respuesta obtenida por parte de las numerosas personas contactadas alrededor del mundo, invita a considerar el objeto de estudio como un tema necesario y universal. Esta primera tentativa de evidenciar las prácticas constructivas realizadas por mujeres ya revela una gran riqueza y diversidad. Con tan sólo 12 estudios de casos tipológicos concluidos, se destacan las principales líneas de análisis y empiezan a surgir varias hipótesis generales.

Evidentemente, existen prácticas de género en la construcción, raros son los casos en los que hombres y mujeres puedan ser intercambiables y la división de sus trabajos parece estar arraigada en una construcción social. Se pueden encontrar patrones similares de prácticas femeninas en muchas culturas alejadas histórica y geográficamente, aunque también encontramos excepciones. El rol de la mujer en la construcción se asocia a menudo al ámbito doméstico y al trabajo reproductivo, lo que implica a menudo una falta de reconocimiento y de valorización a pesar de su saber-hacer, basado en un alto grado de tecnicidad y en conocimientos transmitidos entre generaciones.

Sin embargo, este trabajo de investigación no se contenta con estos 12 estudios de casos para establecer postulados científicos. La intención es continuar este trabajo multiplicando el número de estudios para disponer realmente de material que confirme o refute las primeras hipótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cresson, Geneviève; Gadrey, Nicole (2004). Entre famille et métier: le travail du *care*. Nouvelles Questions Féministes, vol. 23, no. 3, p. 26-41.

Heynen, Hilde (2007). L'inscription du genre dans l'architecture. Perspective, 4, p. 693-708.

Kuhlmann, Dörte (2013). Gender studies in architecture: space, power and difference. Routledge.

Trelohan, Magali (2020). Les femmes plus soucieuses de l'environnement? Oui, parce qu'elles ont appris à l'être". The Conversation.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las y los referentes que han contribuido en esta primera fase con sus conocimientos y su trabajo. Gracias a Alejandra Jiménez, Alina Negru, Chenelle Rodrigues, Dragana Kojicic, Florencia Barbarich, Julieta Barada, Justin Imam, Lara Briz, Marzena Maksym, Natalia Veliz, Pacha Yampara, Simone Ruschmeier y Virginia Saiquita. También dan gracias a todas las personas que han mostrado interés por esta iniciativa y especialmente a Hubert Guillaud, Patrice Doat y Luis Fernando Guerrero Baca por animarnos y orientarnos para comenzar este proyecto. Por último, se agradece a todas las mujeres que construyen silenciosamente el mundo.

AUTORES

Elena Carrillo Palacios, arquitecta española licenciada en la Universidad Politécnica de Valencia (2012). Maestría de arquitectura de tierra por CRAterre- ENSAG (2018). Cofundadora del Colectivo Zompopo. Entre 2012 y 2016 trabajó en Nicaragua impulsando procesos participativos para la mejora de la vivienda rural tradicional de tierra. En 2018 integra la Red MesoAmeri-Kaab para continuar su trabajo en la región Mesoamericana. En 2019 integra la Red Iberoamericana Proterra.

Jon de la Rica, arquitecto de la ENSAP Bordeaux (2010) especializado en arquitectura de tierra por CRAterre - ENSAG (2018). Desde 2012 trabaja en proyectos de mejoramiento del hábitat con comunidades rurales de Mesoamérica. Como cofundador del Colectivo Zompopo y miembro asesor de la Red MesoAmeri-Kaab, acompaña procesos de formación para la construcción con materiales locales, con un interés particular por las metodologías de la educación popular para la puesta en valor de los saberes y las culturas constructivas locales. Integrante de la Red Iberoamericana Proterra.

Céline Tastet, doctoranda en geografía y antropología en la Universidad de París 1 Panthéon-Sorbonne y en el Museo Nacional de Historia Natural de París. Ha realizado numerosos trabajos de campo en diferentes Paisajes Culturales Patrimonio de la Humanidad (Togo, Francia). Su trabajo se centra en el proceso de patrimonialización, la interpretación del patrimonio y las cuestiones de género relacionadas con el patrimonio".

Emmanuel Stern, tiene un máster en etnología por la Universidad de París Descartes y una especialización en arquitectura y patrimonio de tierra. Especializado en temas de vivienda a través de diferentes experiencias de construcción ecológicas en Francia y México. Co-fundador de Anatomies d'Architecture, estructura cooperativa que vincula la investigación, el diseño y la construcción en torno a la vivienda ecológica en Francia. Co-autor del libro "Le Tour de France des maisons écologiques".

DOCUMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PALOMARES DE PALENCIA EN ESPAÑA: MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Pilar Diez Rodríguez

Made in tierra Spain / Assur Laboratorio Cultural, España, pilar10rodriguez@hotmail.com

Palabras clave: paisaje cultural, patrimonio, identidad, etnografía, palomar

Resumen

El proyecto “Palomares de Palencia es el resultado de una colaboración institucional entre la Excelentísima Diputación Provincial de Palencia y el Colegio Oficial de Arquitectos de León, con el objetivo de difundir y proteger el patrimonio arquitectónico de la Provincia de Palencia. Se desarrolla en el artículo el proceso seguido a la hora de establecer una metodología de aproximación al análisis, documentación y caracterización de un patrimonio extenso tanto cuantitativa como cualitativamente, abarcando un amplio territorio, con la problemática añadida de la situación de la propiedad, la pérdida de función, y la jerarquización institucional. Los resultados obtenidos, tangibles ya tras varios años de funcionamiento del programa, convierten el proyecto en un prototipo replicable en la protección del patrimonio.

1 INTRODUCCIÓN

La construcción en tierra en Palencia tiene una muy larga tradición, la provincia es un auténtico catálogo vivo de técnicas, sistemas constructivos y tipologías, que van desde de castillos, a casas señoriales, vivienda, casetas, casonas, iglesias, conventos, ermitas, arquitectura popular, bodegas, molinos, casetas, palomares... edificios que configuran el territorio adaptándose al paisaje y a la disponibilidad de materiales, creando una superposición de estratos temporales, cuyos vestigios nos hablan de modos de habitar tan remotos como se puede imaginar.

Son precisamente estos últimos, los palomares, los que configuran una seña de identidad reconocible de todo el territorio de la provincia, al que adaptan sus características constructivas en la elección de materiales, desde la zona de Tierra de Campos hasta los pies de la montaña Cantábrica.

Los palomares son edificios ganaderos, contruidos específicamente para la cría de palomas, por lo que siguen unas reglas propias para este fin: son edificios muy cerrados, para evitar depredadores, con pequeñas aberturas en cubierta o fachada para el acceso de los animales y una única puerta de acceso para personas, normalmente muy bajita. En el interior se distribuyen en calles o pasillos paralelos, en cuyos muros se ubican los niales al tresbolillo. Habitualmente los pasillos son muy estrechos para permitir escalar los muros sin ayuda de otros medios. Se encuentran palomares con diferentes tipos: circulares, cuadrangulares, poligonales, o singulares, con forma de castillo, por ejemplo, que además tienen sus propias variaciones si disponen o no de patio interior, o si se encuentran rodeados de un recinto o tapia con patio, pero en cualquiera de los casos están contruidos con materiales ligados al territorio: técnicas de tierra (tapial o adobe) que se combinan a veces con otros materiales como la piedra y el ladrillo según la zona geográfica en que nos encontremos.

Las palomas y pichones se crían como alimento, y también se aprovechaba la palomina (el excremento) como abono de los terrenos de labranza, por el alto contenido de nitratos. A principios del siglo XX, en cada municipio, existían multitud de palomares, la mayoría de las veces instalados en el bajo cubierta de las propias viviendas, y ya para quienes podían permitírselo, en edificios propios situados en las afueras del municipio, pero lo suficientemente cerca para tenerlos controlados. Actualmente, la forma de trabajo en el campo dista mucho de las costumbres de aquel momento, muchas de esas formas

tradicionales desaparecen con la gran emigración que se produce en los años 1960 del campo a la ciudad, se abandona la cría doméstica en las viviendas, el Nitrato de Chile sustituye la palomina pero se mantienen aún los edificios, que todavía se pueden encontrar en uso.

En la Provincia de Palencia existen alrededor de 950¹ palomares, según los datos del inventario realizado por Malmierca¹, que sirven de partida para el desarrollo del trabajo, teniendo en cuenta que no existe ningún otro inventario global de estos edificios en la provincia, sino trabajos que, aun siendo referentes en el tema, como es la publicación de Roldán Morales (2018), se limitan a una sola comarca de la provincia, como también es el caso del inventario del Grupo Araduey Campos (2009), o solamente mencionan estos edificios de una forma sesgada dentro de análisis global de la arquitectura popular de la provincia, como es el caso de Alcalde Crespo (1989) o Olcese Segarra (1993).

En la actualidad, este patrimonio se percibe en un momento crítico, en el que el número de construcciones con algún grado de deterioro ha superado la barrera del 50% del total de las edificaciones existentes. Esta situación hace necesaria la toma de medidas que favorezcan su conservación, al menos la de los conjuntos más relevantes, para lo cual en el año 2018 se inicia el Proyecto “Palomares de Palencia”, en el marco de un convenio de colaboración institucional entre la Excelentísima Diputación provincial de Palencia y la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos de León.

2 OBJETIVOS

El objetivo del programa “Palomares de Palencia” es el desarrollo de un conjunto de medidas de protección de esta arquitectura de tierra, para lo cual se hace necesario, en primer lugar, definir un método actuación y de trabajo que sistematice la documentación y caracterización de estas construcciones, de cara a poder desarrollar medidas de protección efectivas que se pueden ponerse en marcha desde las propias instituciones.

Otros objetivos paralelos, que se suman a la protección de esta arquitectura, son la activación de los municipios o comunidades en los que se ubican, de modo que puedan generarse un sentimiento identitario o de pertenencia comunitario, por encima del sentido individual de la propiedad, que pueda ser la semilla generadora de actividades futuras y propias para la protección de este patrimonio.

Esta activación pasa por la divulgación de la propia existencia de esta arquitectura, no sólo hacia el exterior, sino también entre los propios habitantes de los municipios, pues el desconocimiento es el primer paso para el abandono, más allá de los cambios sociales que producen la pérdida de la función original de los edificios.

Conocer esta arquitectura la define como un catálogo vivo de sistemas constructivos con tierra: adobe, tapia, revocos de tierra, de cal, que adaptada a la disponibilidad de materiales en el territorio se combina a veces con ladrillo o piedra, tejados de teja curva con estructura de madera, según nos encontramos en la zona sur de la provincia o hacia el norte. Son ejemplos de sostenibilidad, *low-tech*, que, vistos desde un punto de vista contemporáneo, los convierte en un referente de sostenibilidad en cuanto a la manera de edificar y solucionar los problemas constructivos “con lo que hay”.

¹ Según el inventario realizado por Malmierca (<https://palomarpalencia.webcindario.com/>) para el Centro de Formación del Profesorado e Innovación Educativa (CFIE), se contabilizan 943 palomares en toda la provincia de Palencia con la siguiente distribución: 730 en Tierra de Campos, 136 en El Cerrato y 77 en la Zona Norte. Según el inventario publicado en <http://www.palomarestierradecampospalentina.com>, por el Grupo de acción local Araduey-Campos, se contabilizaron 667 palomares sólo en el ámbito de Tierra de Campos en el periodo 1995-99 y, en cambio, 726 palomares en la actualización que publican en el año 2009

3 DESARROLLO

El desarrollo de este proyecto se enmarca en un Convenio de colaboración para el año 2018 entre el Colegio de Arquitectos y la Diputación de Palencia. La colaboración entre ambas instituciones tiene por objeto promover la conservación y la difusión del patrimonio arquitectónico de la provincia de Palencia fijando como primer objetivo los palomares. Para el desarrollo del proyecto se organizó un grupo de trabajo con arquitectos voluntarios, contando con los arquitectos más jóvenes de la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos. La estructura del equipo está abierta a colaboraciones, en las que ha participado el propio personal del Colegio.

3.1 Fase inicial

La primera etapa del Proyecto conlleva, además de diseñar la metodología inicial del proyecto, el objetivo de llegar a unos resultados en un periodo de 10 meses, al tratarse de un programa piloto

Tras varias reuniones para analizar el estado general del tema las principales dificultades iniciales que se presentaron fueron: la gran cantidad de palomares existentes, la dispersión en el territorio, y el hecho que se puede anticipar de que prácticamente el 100% de los edificios son de propiedad privada.

En este contexto se planteó enfocar el trabajo a una primera selección de nueve municipios, cuyos palomares pudieran entenderse como un conjunto relevante, monumental e identificador, con especial valor en clave paisajística y definidor del skyline del pueblo, cuya desaparición supondría una pérdida irreparable de identidad del propio municipio y del territorio.

3.2 Estructura y organización del trabajo

El punto de partida ha sido la elaboración de una documentación propia que parte de la realización de un trabajo de campo, observación y la toma de datos, fotos y mediciones sobre cada uno de los palomares *in situ*.

Se toman mediciones para realizar los levantamientos de los edificios, se fotografían, se documentan detalles, características constructivas, se recopila la posible documentación gráfica existente, datos catastrales, etc.



Figura 1. Toma de datos en el grupo de Palomares (Villamartín de Campos, 2018)

Una segunda fase del trabajo ha sido la elaboración de contenidos, fichas, levantamientos: sistematizar la documentación recopilada y con los datos recogidos desarrollar una

planimetría, en clave paisajística, que pusiera de manifiesto las relaciones de los conjuntos urbanos y la transición a las áreas propiamente agrícolas.

La tercera fase del trabajo consiste en realizar una revisión y análisis crítico del trabajo elaborado, momento en el que se desarrollan los procedimientos cuantitativos y cualitativos sobre las diferentes variables que han aparecido.

Por un lado, el análisis de este muestreo podría extrapolarse a todo el conjunto de palomares de la provincia y darnos, con un cierto grado admisible de error, una información del estado de la situación de estas construcciones, del que se puedan extraer unas conclusiones que sirvan de base para una toma de medidas para su conservación y mantenimiento.

Por otro lado, el enfoque cualitativo nos permite una reflexión con mayor atención a lo profundo de los resultados y no de su generalización, pudiéndonos ofrecer resultados útiles para propuestas generadoras y estimulantes, específicas de cada lugar.

Estos enfoques, propios de la investigación científica, son los que nos permiten llegar a conclusiones y propuestas como última fase del trabajo.

El propio proceso y desarrollo del proyecto sirve como catalizador de nuevas actuaciones, pues la última fase de la metodología diseñada tiene que ver con la transferencia de los resultados, cómo se presentan públicamente y se divulgan para con ello involucrar a los propios actores, los habitantes de los municipios.

Tabla 1. Organización del Proyecto

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Trabajo de campo	Elaboración de contenido	Análisis, valoraciones y conclusiones	Presentación y divulgación de resultados
Toma de datos de catastro	Desarrollo de fichas individuales por palomar	Elaboración de memoria técnica	Desarrollo web y redes sociales www.PalomaresdePalencia.es
Toma de datos documentales	Desarrollo de levantamientos y planimetrías	Sistematización de y análisis de resultados	Presentación pública: Meeting Terra Ibérica
Localización previa sobre plano	Dibujo de localización en plano general	Elaboración de texto resumen	Acciones de divulgación: Ruta de palomares
Fotografías, croquis y mediciones	Diseño y montaje de paneles	Conclusiones y propuestas	Exposiciones en ruta "Palomares de Palencia"

3.3 Documentación y caracterización

La documentación que se ha elaborado es principalmente gráfica puesto que el objetivo no es inventariar o describir estas construcciones de una forma individual, sino poner de manifiesto las relaciones que se producen en el entorno difuso de las áreas de borde de los pueblos y la relevancia que adquieren aquí los palomares como seña de identidad de los municipios de Palencia.

Se pretende que toda la documentación sea pública, por lo que se ha volcado en una web (www.palomaresdepalencia.es) de modo que pueda ser accesible al público, tanto con fines lúdicos o turísticos como de investigación.

El proyecto "Palomares de Palencia", se define como un proceso abierto, por cuanto que además de los nueve conjuntos elegidos, en la provincia de Palencia existen más municipios

que se podrían incorporar en fases posteriores, como de hecho se está haciendo. Tras la primera fase de trabajo desarrollado en nueve municipios de Tierra de Campos se ha realizado una segunda fase de documentación de los palomares en los municipios por donde discurre el trazado oficial del Camino de Santiago Francés en la provincia de Palencia, ampliando la documentación y caracterización de palomares a once municipios más.

Con esta suma de elementos además de ampliar la documentación y caracterización hasta 196 edificios (que alcanzan ya el 20% de los existentes), se pueden llegar a establecer comparativas en cuanto a su estado de conservación, por zonas, pudiendo en un análisis posterior comprobar si las medidas de protección de un trazado declarado Patrimonio de la Humanidad, como es el Camino de Santiago, repercuten positivamente en la conservación de esta arquitectura tradicional que se encuentra en su ámbito de influencia.

La ampliación de la documentación y caracterización de palomares se ampliará paulatinamente bajo el objetivo general de completar el ámbito provincial.



Figura 2. Ruta Este “Palomares de Palencia” realizada en el marco del II Meeting Terra Ibérica (Palomar con cúpula ubicado en Támara de Campos, 2018)

4- RESULTADOS OBTENIDOS

En la primera fase se han seleccionado nueve municipios, cuyos palomares pueden entenderse como un conjunto relevante, con especial valor en clave paisajística y definidor del skyline del pueblo, cuya desaparición supondría una pérdida irreparable de identidad del propio municipio y del territorio.

Estos nueve municipios se organizan en dos rutas, este y oeste, con punto de partida en Palencia capital. En estas dos rutas se han documentado en clave paisajística un total de 118 palomares. En la tercera ruta, municipios del Camino de Santiago Francés se han documentado 78 palomares.

4.1 Ruta Oeste

En esta ruta se encuentran los palomares más grandes en superficie y también en altura. Se comprueba también que la situación de deterioro alcanza a más del 50% y el 29% se encuentra en ruina.

Tabla 2. Conjuntos documentados en la Ruta Oeste

Ruta Oeste	Cantidad	Situación				Superficie media (m ²)	Altura media (m)
		bueno	regular	malo	ruina		
Frechilla	8	-	3	3	2	108	6,00
Guaza de Campos	15	5	4	2	3	142	5,70
Capillas	7	2	3	-	2	93,5	6,34
Torremormojón	17	3	4	-	10	85	5,90
Pedraza de Campos	12	6	6	2	1	79,6	4,40
Villamartín de Campos	8	3	3	-	2	108	6,00
Total	67	19	23	7	20	616,6	5,7
Porcentaje (%)	100	28	33	10	29		



Figura 3. Plano1 análisis Capillas (Capillas, 2018)



Figura 4. Plano 2 análisis Capillas (Capillas, 2018)

4.2 Ruta Este

En esta ruta se encuentran los palomares más pequeños, y también los que tienen una morfología más singular. Comprobamos que en esta ruta la situación es mejor pero el deterioro se acerca al 50% y el 16% se encuentra en ruina.

Tabla 3. Conjuntos documentados en la Ruta Este

Ruta este	Nº	Situación				Superficie media (m ²)	Altura media (m)
		bueno	regular	malo	ruina		
Támara de Campos	21	12	1	6	2	85	4,60
Santoyo	15	6	4	2	3	120	4,65
Astudillo	15	7	2	3	3	70	4,00
Total	51	25	7	11	8	275	4,4
Porcentaje (%)	100	49	14	21	16		



Figura 5. Plano1 análisis Santoyo (Santoyo, 2018).



Figura 6. Plano 2 análisis Santoyo (santoyo, 2018)

4.3 Ruta Camino de Santiago Francés

En esta ruta se encuentran municipios con un conjunto extenso de palomares, mientras que otros solo disponen de uno, dos o ninguno. El trabajo comprende a los municipios de: Boadilla del Camino, Fromista, Población de Campos, Revenga de Campos, Villarmentero de Campos, Villalcazar de Sirga, Carrión de los Condes, Quintanilla de la Cueva, Ledigos, Terradillos de los Templarios y San Nicolás del Real Camino

Con los datos de esta ruta se puede afirmar que los palomares del Camino de Santiago se encuentran en una situación buena, en la que con pequeñas intervenciones u operaciones de mantenimiento adecuadas se garantiza la conservación de esta arquitectura tradicional (77%)



Figura 7. Palomares de Palencia en el Camino de Santiago Francés (Boadilla del Camino, 2019)

4.4. Ayudas a la restauración de palomares

Las conclusiones y medidas propuestas en estos trabajos han sido la base para el desarrollo de las medidas de protección que se han implementado desde la Exma. Diputación de Palencia, y que se han traducido en la concreción de una convocatoria de ayudas anual a los propietarios de los edificios para la realización de operaciones de mantenimiento y conservación de los edificios. Como puntos estratégicos de esta convocatoria se puede señalar la obligación de la supervisión técnica de las intervenciones, de modo que sean realizadas de una manera correcta, que las ayudas impliquen en la intervención el respeto a los materiales y técnicas tradicionales, la prohibición expresa del uso del cemento para los revestimientos y que se consideren las actuaciones de autoconstrucción por parte de los propios propietarios.

En el segundo año de la convocatoria se ha dado alcance a una veintena de edificios.

4.5 Acciones de divulgación implicación de propietarios

Las acciones de divulgación, concientización, sobre todo de los principales actores de los municipios están en desarrollo dando Buenos resultados.

Las visitas de la página web, seguimiento en las redes sociales crecen exponencialmente, pero sobre todo la itinerancia de la exposición de "Palomares de Palencia" en la que por primera vez se entiende este patrimonio con una visión global y no parcial limitada al ámbito municipal, está teniendo una acogida cuanto menos sorprendente, generando acciones propias en los municipios que se visitan.

5- CONCLUSIONES

El objetivo de conservación parte de la premisa de que los palomares configuran elemento patrimonial tan identitario del territorio palentino, que, incluso sin vinculación con el uso tradicional (como ocurre con los hórreos en Galicia o las payozas de León o la barraca Valenciana o los molinos de Castilla La Mancha) es necesaria su protección como parte integrante de la identidad de los municipios, sobre todo por aquellos en los que su presencia conforma un conjunto paisajístico propio o están declarados Conjunto Histórico Artístico o vinculados a zonas de protección como es el Camino de Santiago o el Canal de Castilla, o vinculados a elementos defensivos territoriales.

Esto conlleva acciones de divulgación, concienciación, sobre todos de los principales actores del municipio, que luego son capaces de generar acciones propias.

La generación de ayudas ha demostrado dar buenos resultados, y entre ellos se quiere señalar que es necesaria una planificación de las actuaciones o un paso previo de aprendizaje, no se puede actuar de cualquier manera y sin tener los objetivos marcados, es evidente que muchas de las intervenciones que se realizan con la mejor intención, generaron más daño que soluciones por desconocimiento.

Los resultados parciales del proyecto son muy buenos, pero cabe recordar que el proceso está abierto, en desarrollo, paso a paso, y la calidad del mismo es tanto o más importante que los resultados parciales de conservación de elementos. Este planteamiento es el que lo convierte en un prototipo de actuación replicable, que supone pasar de la tradicional intervención «monumento a monumento» a una actuación a largo plazo por «conjuntos», sistemas patrimoniales o territorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalde Crespo, G. (1989) Palencia: barro, madera, piedra. Ed. Merino, Palencia.

Grupo Araduey Campos (2009). Inventario de palomares en la Tierra de Campos palentina. Disponible en <http://www.palomarestierradecampospalentina.com>

Olcese Segarra, M. (1993) Arquitecturas de tierra: tapial y adobe. Colegio de Arquitectos de Valladolid.

Roldan Morales, F.P. (2018). Palomares de barro de Tierra de Campos. Editorial Maxtor.

NOTA

El equipo de Palomares de Palencia está formado por: P. Díez Rodríguez, arquitecta, Coordinadora de equipo; A. Díez Domínguez, arquitecta; B. Aparicio Tejido, arquitecto; T. Vega Álvarez, arquitecta; M. Cantero Poncio, arquitecta. Colaboradores: R. Ortega Revilla, estudiante de Grado de Fundamentos Arquitectónicos M. Seminara y R. Rosso estudiantes del Programa Erasmus+.

AGRADECIMIENTOS

Al Decano del COAL, secretario, tesorera y trabajadores. A las instituciones que apoyan el proyecto: Diputación de Palencia y Junta de Castilla y León. A los propietarios de los palomares y alcaldes de los municipios participantes. A todos los colaboradores y entusiastas del Proyecto, entre ellos Manuel Malmierca y Miguel Ángel Castro.

AUTORA

Pilar Díez Rodríguez, Arquitecta-urbanista y Máster de Restauración de Patrimonio y suficiencia investigadora en el área de proyectos Arquitectónicos por la *Universidad de Valladolid (UVA)*. Investigadora free-lance en arquitectura de tierra, participa en diferentes Workshop internacionales. Dirige talleres de formación en técnicas de construcción con tierra y rehabilitación. Miembro de PROTERRA. Co fundadora de la plataforma Made in tierra Spain y de Assur Laboratorio Cultural. Coordinadora de las Jornadas Terra Ibérica y Proyecto "Palomares de Palencia" del Colegio de Arquitectos de León.

IDENTIFICACIÓN, DOCUMENTACIÓN Y CATALOGACIÓN DE VIVIENDAS DE TIERRA EN MICHOACÁN PARA SU ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN

Adrià Sánchez-Calvillo¹, Elia Mercedes Alonso-Guzmán², Javier-Ortega Heras³, Adrián Solís-Sánchez⁴

Facultad de Arquitectura, UMSNH – Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; Michoacán, México,
¹adria.sanchez@umich.mx; ²elia.alonso@umich.mx; ⁴1212995d@umich.mx

Facultad de Ingeniería Civil UMSNH – Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; Michoacán, México,
²elia.alonso@umich.mx

ISISE, Department of Civil Engineering, University of Minho; Guimarães, Portugal, ³javier.ortega@civil.uminho.pt

Palabras clave: arquitectura vernácula, levantamiento arquitectónico, materiales locales, medios audiovisuales, patrimonio cultural.

Resumen

El presente trabajo de investigación muestra los avances realizados a partir del proyecto DBMC 2020¹ en el estado de Michoacán, México, respecto al estudio y análisis de la vivienda vernácula y el patrimonio arquitectónico monumental de la región. A partir de una metodología interdisciplinar de estudio se combinaron el trabajo de campo en comunidades, la caracterización de los sistemas constructivos y materiales presentes, el uso de medios audiovisuales para el estudio de la arquitectura, y la divulgación libre de la ciencia y la cultura. Como parte del trabajo de campo y documentación se visitaron comunidades rurales del estado de Michoacán con una presencia relevante de arquitectura vernácula y construcciones en tierra, principalmente viviendas de adobe y de bajareque. Entre los resultados, más de 80 viviendas fueron identificadas y documentadas mediante ejercicios de levantamiento arquitectónico, levantamiento fotográfico, toma aérea de dron, inspección técnica mediante fichas de trabajo y entrevistas a los usuarios, complementando todo el trabajo con el uso de medios audiovisuales para dejar constancia de los modos de vida y cultura locales. Hasta el momento, con el proyecto DBMC 2020 se ha podido conformar una base de datos completa sobre la arquitectura vernácula de Michoacán y sus distintas tipologías constructivas, con levantamientos de las viviendas, documentación gráfica e información técnica muy valiosa. Además, esta información será complementada con el análisis y caracterización de los materiales de construcción mediante ensayos de laboratorio; paralelamente el trabajo audiovisual ha dado sus frutos, con la grabación del documental Xirangua, que permitirá retratar la función de la arquitectura tradicional en la sociedad y cómo es ésta percibida por los propios usuarios.

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Estado del arte

La arquitectura de tierra es una de las soluciones más antiguas y extendidas que podemos encontrar alrededor del mundo, con evidencias de su uso en culturas totalmente distantes en el tiempo y el espacio. Sin embargo, en las últimas décadas ha sufrido un progresivo abandono contando con una percepción muy baja de su comportamiento estructural y seguridad ante sismos y otros fenómenos naturales. Otros sistemas constructivos de carácter industrial han sido potenciados por todas las instancias debido a fenómenos como la globalización, o incluso en el caso de México la migración (Ettinger, 2010). No obstante, el

¹ El proyecto titulado “Durability of local materials and traditional techniques of the Mexican vernacular architecture in the State of Michoacan” resultó ganador del primer premio del concurso “1st International Contest for Cooperation and Development en el marco del congreso XV International Conference on Durability of Building Materials and Components - DBMC 2020”. Este proyecto está enfocado en el estudio de los materiales locales de la arquitectura vernácula de Michoacán, así como la recuperación y divulgación de los conocimientos ancestrales.

potencial de la tierra como material de construcción es notable, contando con un bajo impacto ambiental y siendo un recurso disponible, abundante, y que puede ser reutilizado con facilidad, además de que supone una reducción importante de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmosfera (Ventura y otros, 2022).

Pese al desconocimiento general, la arquitectura de tierra en México ha sido estudiada y documentada ampliamente desde hace muchos años (Engelking Keeling; Alcántara Onofre, 1990), con un énfasis en la vivienda de adobe, la tipología más común en todo el país (Guerrero, 2007). Es una necesidad seguir estudiando estos sistemas constructivos y documentar las variantes tipológicas y eso es algo que se ha logrado en los últimos años, con una difusión de la arquitectura de tierra mediante publicaciones, foros, congresos y actividades de cooperación social.

Igualmente, el aspecto de la caracterización material de la arquitectura de tierra es básico, puesto que los materiales que la conforman no han sido estudiados en extenso, pese a que en los últimos años las investigaciones han aumentado exponencialmente. Para el análisis en laboratorios de estos materiales se cuenta con algunas recomendaciones, guidelines o normativas específicas que todavía en muchos casos se encuentran en fase de perfeccionamiento y desarrollo (The Getty Conservation Institute, 2011). En cuanto a la caracterización de los elementos constructivos, principalmente adobe, pueden encontrarse diversos trabajos que proponen metodologías de análisis completas incluyendo pruebas no-destructivas, ensayos mecánicos y composición elemental y mineralógica entre otras (Costa y otros, 2019; Mellaikhafi y otros, 2021; Sanchez-Calvillo y otros, 2021).

El estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones es otra de las líneas de investigación más importantes, debido a que muchas de las regiones con mayor porcentaje de edificaciones en tierra son propensas a sufrir sismos de gran magnitud. Este estudio puede realizarse desde la misma prospección de los edificios y su análisis tipológico, morfológico, técnico y constructivo; como desde las metodologías de análisis numérico y estadístico. Respecto al primer tipo de análisis, tras los recientes sismos del año 2017 en México, se han realizado investigaciones relevantes sobre el comportamiento estructural de las viviendas tradicionales de adobe, mostrando una respuesta propicia debido a su menor grado de alteración respecto otros casos de estudio (Guerrero, 2019; Ríos Ramírez; Porcayo Victoriano, 2019).

Las metodologías de análisis sísmico históricamente se han centrado en modelos heterogéneos de ciudad, con una predominancia de construcciones en materiales industrializados como el concreto y el ladrillo cerámico, aunque en algunos casos han tomado en cuenta las viviendas de tierra asignándoles los valores más bajos de seguridad. En los últimos años, nuevos modelos han aparecido, como el de Ortega Heras (2020), diseñado expresamente para la evaluación de la vulnerabilidad en viviendas vernáculas. En el caso de México, algunos trabajos han explorado la aplicación de métodos en casos de estudio como barrios o poblaciones (Ortega y otros, 2019; F. Salazar; Ferreira, 2020; Preciado y otros, 2020), siendo los primeros acercamientos que encontramos para estas tipologías constructivas.

La vulnerabilidad también se ha podido relacionar directamente con condicionantes socioculturales y económicos (Galán Gaitán; Jiménez Miranda, 2018), así como la gestión de los planes de riesgo o el mantenimiento y conservación de las edificaciones más antiguas (Sánchez Calvillo y otros, 2021a). Por todos estos motivos es necesario realizar un buen trabajo de documentación de los inmuebles para el correcto análisis de todos los condicionantes materiales y no material.

1.2. Antecedentes de la investigación

Siendo el abandono de la arquitectura de tierra y el patrimonio vernáculo una problemática relevante en México, en el año 2020 y en el marco de Congreso Internacional Durability of Building Materials and Components DBMC 2020, un grupo interdisciplinar de estudiantes de la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y la Universidad Internacional

Jefferson presentó un proyecto para el estudio y preservación de los materiales y sistemas constructivos en Michoacán. El proyecto, denominado *Durability of local materials and traditional techniques of the mexican vernacular architecture in the State of Michoacán* resultó ganador del primer concurso internacional de proyectos de cooperación al desarrollo.



Figura 1. Presentación de los materiales locales y técnicas tradicionales de la arquitectura vernácula de Michoacán (Crédito: A. Solís)

El proyecto DBMC 2020 fue aprobado en el mes de diciembre de 2020 para iniciar los trámites de financiación con el equipo de trabajo. La finalización del mismo proyecto está contemplada para finales del mes de diciembre de 2021, justo un año después de su inicio. A la fecha el proyecto está cercano a su conclusión, pero la disponibilidad de continuar y retomar el trabajo mediante actividades tanto científicas y académicas como culturales y de divulgación sigue en pie.

2 OBJETIVOS

El principal objetivo del proyecto DBMC 2020 es contribuir a la durabilidad y la conservación de los materiales tradicionales de la arquitectura vernácula del estado de Michoacán. El proyecto contempla en su mayor componente el estudio de los materiales y su durabilidad; sin embargo, la componente social y el trabajo con las comunidades también son factores de gran importancia en su desarrollo.

Como objetivo secundario se definió lograr una mayor repercusión del proyecto y de sus resultados mediante el uso de las redes sociales y de los medios audiovisuales. De esta forma se generará un acceso libre y universal al conocimiento, con la divulgación del patrimonio y vivienda vernáculos del estado de Michoacán al público general, incluyendo la repercusión internacional como parte del proyecto DBMC 2020.

Para ello, el proyecto se vinculó con varias instituciones del estado de Michoacán, tanto en el ámbito académico con las universidades como en el institucional y cultural a nivel del estado. Estas acciones de cooperación al desarrollo son el eje principal del proyecto, cuyos alcances buscan ser reflejados en las mismas comunidades donde se efectuó el trabajo de campo y la toma de contacto con los usuarios de las viviendas tradicionales y/o patrimonio arquitectónico monumental.

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló a partir de dos proyectos distintos. En primer lugar, el proyecto internacional de cooperación al desarrollo *Durability of local materials and traditional techniques of the mexican vernacular architecture in the State of Michoacán*, que fue ganador del primer premio en el congreso DBMC 2020 y que permitió al equipo de trabajo obtener los recursos para llevar a cabo las distintas actividades planteadas para el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, se aprovecharon las actividades y la gestión del curso “Materiales de construcción tradicionales, patrimoniales, artísticos, sostenibles, e innovadores” en el marco

del XXV Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico (Programa Delfín), y el XXX Verano de la Investigación Científica 2020 en la UMSNH, así como los cursos ofrecidos igualmente en los veranos de la ciencia de 2021. Se planteó un proyecto de investigación para los alumnos del curso que versara sobre arquitectura vernácula y construcciones de tierra y a partir del mismo se realizaron las primeras visitas de campo y los primeros levantamientos arquitectónicos en la localidad de Ario de Rosales y de forma remota con alumnos de los estados de Oaxaca, Chiapas, Morelos, Guerrero, Jalisco y Veracruz.

La metodología de trabajo se basó en el análisis previo, estado del arte y planteamiento de los casos de estudio para posteriormente definir cuatro grupos de actividades a realizar en las localidades escogidas: la prospección y el levantamiento arquitectónico, el levantamiento fotográfico y levantamiento con dron, la recolección de muestras materiales, y la documentación con medios audiovisuales.

3.1. Análisis previo y elección de las unidades de estudio

En el estado de Michoacán, dos fueron los casos de estudio elegidos para realizar levantamientos arquitectónicos de las principales tipologías de vivienda vernácula en Michoacán. Por un lado, la localidad de Ario de Rosales, cuyo centro histórico conserva una relevante cantidad de inmuebles de adobe y cuenta con la importancia histórica de ser la primera sede del Primer Tribunal Supremo de Justicia que tuvo México como nación independiente.

Por otro lado, la localidad de Santa Cruz de Morelos en el municipio de Turicato, en la región de Tierra Caliente de Michoacán. En esta localidad es posible encontrar tanto viviendas de adobe como una gran cantidad de estructuras de bajareque, una técnica que en las últimas décadas ha perdido relevancia en todo el estado, quedando relegada a algunas comunidades de Tierra Caliente y la Costa Michoacana. Ambas técnicas coexisten y pueden llegar a encontrarse combinadas en una misma vivienda, destacando el uso del bajareque para las cocinas, debido a su eficiente ventilación.



Figura 2. Vivienda de bajareque en la localidad de Santa Cruz de Morelos (crédito: A. Sánchez)

El sistema constructivo del bajareque es conocido con el nombre de “otate” en toda la región de Tierra Caliente, debido a la variedad de la planta con la que elaboran estas construcciones. Este sistema se extiende por varios estados de México, con una fuerte presencia en las regiones costeras y los climas más cálidos, pudiendo encontrarse distintas variaciones de la técnica constructiva, y distinta terminología como el caso de Colima donde se conoce con el nombre de “pajarete” (Flores Calvario; Rodríguez Licea, 2020).

3.2. El levantamiento arquitectónico de las viviendas

Las actividades de levantamiento arquitectónico e inspección de viviendas constituyen una fuente de información invaluable para el acervo conocimiento y la preservación de la arquitectura tradicional (Parracha y otros, 2021). El trabajo de campo fue realizado en los estados de Michoacán, Oaxaca y Chiapas, a partir de los anteriormente citados proyectos de investigación y cooperación al desarrollo, evaluando más de 100 inmuebles en distintas localidades del país. Mediante fichas de trabajo, se realizó un levantamiento arquitectónico de las viviendas; así como la recopilación de información sobre parámetros constructivos y materiales que afectan el comportamiento sísmico de las construcciones, como la relación de esbeltez, proporciones en planta, porcentaje de las aberturas, calidad del material y los sistemas constructivos, solución del sistema de cubierta, grado de mantenimiento y alteración de los inmuebles, entre otros. Los parámetros fueron elegidos y calibrados a partir de metodologías publicadas para el estudio de la vivienda vernácula (Ortega y otros, 2019).



Figura 3. Trabajo de campo y croquis de los levantamientos arquitectónicos de viviendas en el centro histórico de Ario de Rosales, Michoacán (crédito: A. Sánchez)

3.3. Levantamiento fotográfico y con dron

El levantamiento fotográfico se realizó con cámara reflex y dron DJI Mini 2, respondiendo estas dos herramientas a las necesidades del proyecto. La cámara réflex permitió documentar y capturar desde aspectos generales hasta detalles, sin embargo, fue necesario el dron para tener tomas aéreas que permitieran conocer lo que no está al alcance normalmente, como por ejemplo la disposición de las cubiertas de los edificios, conformaciones de los espacios y distribuciones internas de las viviendas. De esta forma, la relación del edificio con su contexto y entorno urbano no queda desplazada. Estas herramientas fueron requeridas para la realización del proyecto audiovisual titulado “Xirangua”, que es parte del objetivo de divulgación de los conocimientos.

3.4. Muestreo de materiales

En algunos de los casos de estudio seleccionados para el proyecto, pudo realizarse la extracción y muestreo de material para posteriormente transportar al laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Los especímenes fueron recolectados en viviendas y construcciones abandonadas de las localidades de Huaniqueo, San Joaquín Jaripeo, Taretan, Santa Cruz de Morelos y la Huacana; todas ellas en el estado de Michoacán. Respecto a los materiales, principalmente fueron extraídos bloques de adobes y núcleos completos, además de morteros de cal-arena, morteros de tierra, aplanados y revestimientos de cal, suelos de la región y material lítico.

Respecto a los ensayos a efectuar en el laboratorio, se siguió una metodología previa basada en la clasificación en cuatro grupos de análisis: pruebas no destructivas, pruebas de resistencia mecánica, ensayos de mecánica de suelos, y pruebas de composición mineralógica y elemental (Sanchez-Calvillo, y otros, 2021b). Este último grupo de pruebas será efectuado en la Universidad Politécnica de Cataluña como parte de la vinculación

existente en el proyecto DBMC 2020 y sus bases de cooperación internacional en países en vías de desarrollo.



Figura 4. Extracción de adobes en vivienda abandonada de la localidad de Huaniqueo, Michoacán (Crédito: J. D. Machorro)

3.5. Documentación con medios audiovisuales

Como parte del conjunto de actividades realizadas en el proyecto DBMC 2020, también se delegó un componente importante a la divulgación de los resultados, la comunicación pública de la ciencia a todos los niveles, y la difusión de los resultados por medios modernos no tan convencionales, como son las redes sociales y el aporte que éstas pueden dar a la sociedad.

Uno de los objetivos más importantes del proyecto DBMC 2020 fue el poder trabajar directamente con las comunidades y los usuarios de la arquitectura vernácula de Michoacán. Por ello, uno de los objetivos principales del proyecto fue la grabación del documental Xirangua. El término “xirangua” significa raíces en purépecha. Este proyecto busca retratar la importancia de la arquitectura vernácula y el patrimonio construido en la cultura y modos de vida de las comunidades de Michoacán. Junto con el documental, se crearon las redes sociales del proyecto documental Xirangua donde se divulgan tanto los resultados de las campañas como aspectos culturales y sociales de las comunidades locales.

4 RESULTADOS

Los resultados del proyecto se desglosan en cuatro categorías: el levantamiento arquitectónico, el registro fotográfico, la caracterización de los materiales y sistemas constructivos, y la divulgación mediante estrategias audiovisuales y redes sociales. Todos los resultados de la investigación fueron correlacionados entre las distintas categorías para lograr un enfoque interdisciplinar hacia las problemáticas existentes en el estado respecto a la desaparición y olvido de la arquitectura vernácula.

4.1. El levantamiento arquitectónico

Mediante el trabajo en las localidades de Ario de Rosales y Santa Cruz de Morelos, en Michoacán; San Pablo Etla, Oaxaca; y Copainalá, Chiapas; pudieron obtenerse más de 80 levantamientos arquitectónicos de las viviendas, así como sus respectivas fichas técnicas e información complementaria.

Los levantamientos fueron digitalizados para obtener los planos de cada una de las viviendas. Del mismo modo la información de las fichas técnicas fue vaciada en documentos de texto digitales y hojas de cálculo con la finalidad de procesar los 8 parámetros de vulnerabilidad sísmica definidos con anterioridad.

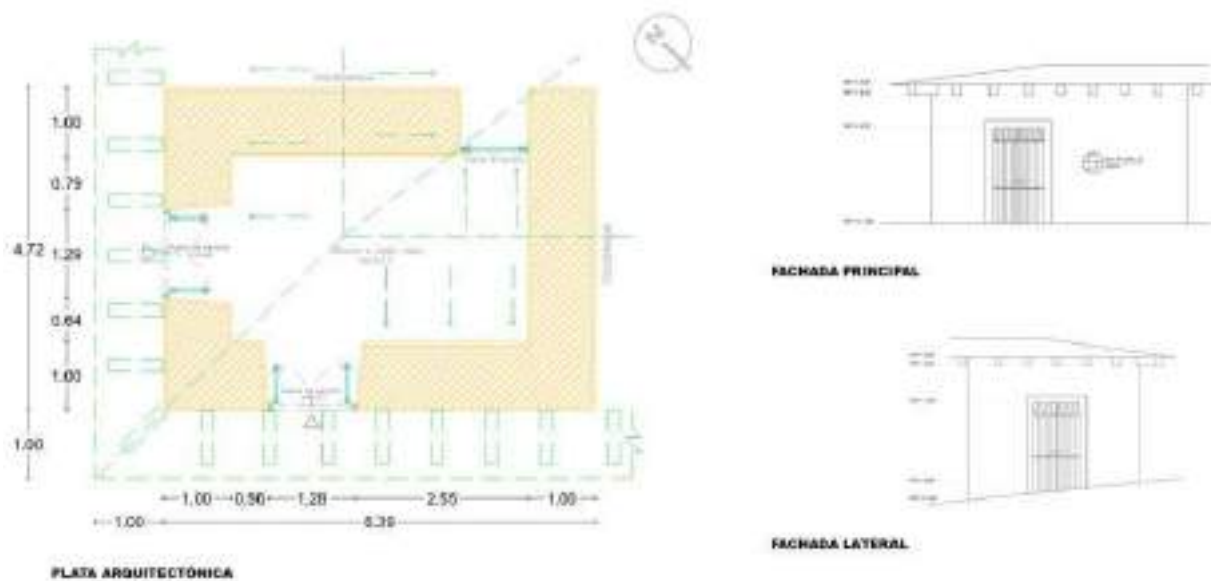


Figura 5. Digitalización de levantamientos arquitectónicos de viviendas de adobe de Ario de Rosales (crédito: V. M. Pompa)

Las fichas técnicas buscan complementar la digitalización de los levantamientos con información histórica y técnicas de las viviendas tradicionales, así como evaluar el estado de conservación, y en proyectos de investigación paralelos evaluar la vulnerabilidad sísmica de estas construcciones.

4.2. El registro fotográfico

El uso del dron permitió observar aspectos a nivel urbano, y específicamente sobre el parámetro de las cubiertas de las edificaciones, permitiendo obtener una mejor información sobre las tipologías existentes, disposición, geometría, estado de conservación, entre otros aspectos. Comparando los distintos casos de estudio, se encontró una mayor permanencia de los sistemas tradicionales en las localidades de Ario de Rosales y San Pablo Etla, con muy poco grado de alteración en las cubiertas a base de madera y teja cerámica; por el contrario, en las localidades de Copainalá y Santa Cruz de Morelos es muy común encontrar la sustitución del sistema tradicional por sistemas de losa de concreto o más comúnmente lámina metálica.



Figura 6. Fotografía aérea del centro histórico de Ario de Rosales (crédito: A. Solís)

4.3. Caracterización de los materiales y sistemas constructivos

Las fichas técnicas permitieron recopilar información de más de 80 viviendas de adobe y bajareque en los estados de Michoacán, Oaxaca y Chiapas. Con esta información puede evaluarse el grado de conservación y preservación de los materiales y técnicas tradicionales y asociar el estado de las viviendas a patrones socioculturales (Galán Gaitán; Jiménez Miranda, 2018), permitiendo comprender mejor el fenómeno del abandono y la modificación de la arquitectura vernácula, y como este proceso es más acelerado en algunas regiones y comunidades.

Los parámetros obtenidos en cada vivienda fueron procesados y cuantificados para lograr establecer las clases de vulnerabilidad, así como las variantes tipológicas de cada región. En fases posteriores de la investigación se trabajará con modelos de las viviendas tipo para diseñar la metodología de evaluación de vulnerabilidad sísmica. Los parámetros que se tomaron en cuenta y que han sido clasificados y procesados son: relación de esbeltez, separación o máxima luz entre muros portantes, relación de vanos en porcentaje, sistema de cubierta, diafragmas horizontales, índice de regularidad en planta, calidad de los materiales, y grado de mantenimiento.

La caracterización de materiales de construcción también juega un papel muy importante en el estudio de la arquitectura vernácula, incluyendo además de los suelos el resto de materiales locales como son la madera, la roca o la cal. Tradicionalmente los adobes fueron estabilizados con cal debido a la gran mejora que aporta esta mezcla en sus propiedades mecánicas y de resistencia al agua (Navarro Mendoza y otros, 2019). Respecto a los materiales recolectados en las campañas de campo, estos serán analizados conjuntamente tanto en el Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH, donde se realizarán ensayos no destructivos, pruebas de resistencia mecánica y ensayos geotécnicos; como en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña, donde se llevarán a cabo pruebas de composición mineralógica, elemental y micromorfológicas.

4.4. Divulgación, medios audiovisuales y redes sociales

A partir del acercamiento con las comunidades y el trabajo interdisciplinar que incluyó a profesionales de la comunicación audiovisual y la fotografía, se desarrollaron iniciativas para documentar tanto las acciones técnicas, de investigación y académicas del proyecto; como los modos de vida, la cultura y la aprehensión de este patrimonio cultural por parte de sus principales usuarios. Uno de los principales productos del proyecto DBMC 2020 fue la grabación del documental Xirangua. El avance o teaser del documental se encuentra disponible en la plataforma Youtube, donde próximamente se estrenará para su libre circulación²



Figura 7. Imagen promocional del documental Xirangua

² https://youtu.be/-q_JoWzcMMA

También se ha gestionado el recurso de las redes sociales, buscando divulgar entre todos los públicos, especialmente el más joven, la importancia y las bondades de seguir preservando la arquitectura vernácula y todo lo que culturalmente conlleva para el estado de Michoacán³



Figura 8. Contenido subido a la red social Instagram y divulgación del patrimonio cultural mediante fotografía y video

5 CONCLUSIONES

Hasta el momento se cuenta con más de 80 levantamientos arquitectónicos de viviendas vernáculas del estado, que servirán para el estudio tipológico, morfológico, histórico y estructural. Los resultados preliminares de los análisis y caracterización de materiales han permitido conocer detalles técnicos sobre la construcción tradicional a base de tierra en el estado, pudiendo identificar las variantes tipológicas, materiales y técnicas de sistemas como la mampostería de adobe o el bajareque.

Cabe destacar que el proyecto actuará como punta de lanza para seguir trabajando en los casos de estudio y las comunidades, permitiendo el desarrollo de nuevos proyectos de cooperación, desarrollo, restauración y conservación de los monumentos e inmuebles, así como vertientes artísticas relacionadas con la arquitectura.

El documental Xirangua será uno de los ejes principales, permitiendo la difusión, divulgación y libre conocimiento del patrimonio cultural del estado de Michoacán. El uso de los medios audiovisuales y las redes sociales deberá sentar un precedente a nivel local para la divulgación y el acceso a la ciencia desde todos los públicos. Todas estas iniciativas han tenido una gran acogida y están permitiendo llegar a grandes grupos de población, incluyendo las comunidades en las que se realizaron los trabajos, que buscan compartir y publicitar su patrimonio y su cultura.

Entre las futuras líneas de investigación que deberán tratarse a partir de la conclusión del proyecto serán la elaboración de tesis de licenciatura, especialidad y maestría, muchas de ellas en proceso actualmente y enfocadas a la preservación y restauración de las construcciones tradicionales. También el procesamiento de datos, modelado y simulación de las viviendas para la evaluación de su vulnerabilidad sísmica será un eje importante en las futuras investigaciones a partir de los datos recolectados en esta primera fase.

³ https://www.instagram.com/xirangua_documental/

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costa, C.; Arduin, D.; Rocha, F.; Velosa, A. (2019). Adobe blocks in the Center of Portugal: main characteristics. *International Journal of Architectural Heritage*. doi:10.1080/15583058.2019.1627442
- Engelking Keeling, S.; Alcántara Onofre, S. (1990). El uso del adobe en edificios en el área metropolitana en la Ciudad de México; el pasado, el presente y las expectativas para el futuro. 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture. Adobe 90 Preprints, Las Cruces, New Mexico: The Getty Conservation Institute. p. 44-49.
- Ettinger, C. R. (2010). La transformación de la vivienda vernácula en Michoacán. Materialidad, espacio y representación. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- F. Salazar, L. G.; Ferreira, T. M. (2020). Seismic vulnerability assessment of historic constructions in the downtown of Mexico City. *Sustainability*, 12(3). doi:doi:10.3390/su12031276
- Flores Calvario, A.; Rodríguez Licea, M. (2020). El sistema constructivo de pajarete en la vivienda tradicional del estado de Colima, México. *Intervención*, 11(21), 212-235. doi:DOI: 10.30763/Intervencion.228.v1n21.07.2020
- Galán Gaitán, M.; Jiménez Miranda, K. P. (2018). Patrones socioculturales en las prácticas constructivas habitacionales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica: caso de estudio de la localidad Puerto Momotombo, municipio de La Paz Centro, departamento de León, Nicaragua, 2017. *Vivienda y Comunidades Sustentables*(3), 47-62. doi:https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i3.35
- Guerrero Baca, L. F. (Diciembre de 2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, 20(2), 182-201.
- Guerrero Baca, L. F. (January - July de 2019). Comportamiento sísmico de viviendas tradicionales de adobe, situadas en las faldas del volcán Popocatepetl, México. *Gremium*, 6(11), 105-118.
- Mellaikhafi, A.; Tilioua, A.; Souli, H.; Garoum, M.; Ahmed, M.; Hamdi, A. (2021). Characterization of different earthen construction materials in oasis of south.eastern Morocco (Errachidia Province). *Case Studies in Construction Materials*, 14. doi:https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00496
- Navarro Mendoza, E. G.; Sánchez Calvillo, A.; Alonso Guzmán, E. M. (2019). Estabilización de suelos arcillosos con cal para firmes y blocks. En C. Neves, Z. Salcedo Gutiérrez, O. Borges Faria (Ed.), *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, 19. San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p 284-291
- Ortega, J.; Vasconcelos, G.; Rodrigues, H.; Correia, M.; Da Silva Miranda, T. F. (2019). Development of a numerical tool for the seismic vulnerability assessment of vernacular architecture. *Journal of Earthquake Engineering*. doi:https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1657987
- Parracha, J. L.; Lima, J.; Freire, M. T.; Ferreira, M.; Faria, P. (2021). Vernacular earthen buildings from Leiria, Portugal – Architectural survey towards their conservation and retrofitting. *Journal of Building Engineering* 35(102115). doi:https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102115
- Preciado, A.; Ramirez-Gaytan, A.; Santos, J. C.; Rodríguez, O. (2020). Seismic vulnerability assessment and reduction at a territorial scale on masonry and adobe housing by rapid vulnerability indicators: The case of Tlajomulco, Mexico. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101425
- Ríos Ramírez, G.; Porcayo Victoriano, C. (2019). Vivienda vernácula: la transformación a través de sistemas constructivos y tipología, Hueyapan, México. En C. Neves, Z. Salcedo Gutierrez, O. Borges Faria (Eds.), *Seminario iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra*, 19. San Salvador, El Salvador: FUNDASAL/PROTERRA. p.516-521.
- Sánchez Calvillo, A.; Alonso Guzmán, E. M.; López Núñez, M. (2021a). Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 10, 9-29. doi:Doi: https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.162
- Sanchez-Calvillo, A.; Alonso-Guzman, E. M.; Martinez-Molina, W.; Navarrete-Seras, M. A.; Ruvalcaba-Sil, J. L.; Navarro-Ezquerria, A.; Mitrani, A. (2021b). Characterization of adobe blocks: Point-load assessment as a complementary study of damaged buildings and samples. *Heritage*, 4(2), 864-888. doi:https://doi.org/10.3390/heritage4020047
- The Getty Conservation Institute. (2011). Material analysis - in situ and laboratory material characterization. The Earthen Architecture Initiative. J. Paul Getty Trust.

Ventura, A., Ouellet-Plamondon, C., Röck, M., Hecht, T., Roy, V., Higuera, P., Habert, G. (2022). Environmental Potential of Earth-Based Building Materials: Key Facts and Issues from a Life Cycle Assessment Perspective. En A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, & B. V. Venkaratama Reddy (Eds.), *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements*. Springer International Publishing. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-83297-1_8

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación fue parcialmente financiado por el premio del 1r Concurso Internacional de Proyectos de Cooperación y Desarrollo del 15th International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020), Barcelona, España. Los autores también recibieron el apoyo técnico del Laboratorio de Materiales de la UMSNH, el Departamento de Posgrado de la Facultad de Arquitectura UMSNH y el soporte económico de CONACYT y CIC-UMSNH. Igualmente se recibió el apoyo económico de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado (AUIP) mediante el programa de Becas de Movilidad Académica entre Instituciones Asociadas a la AUIP 2021. Los autores agradecen el apoyo técnico de Vania Melissa Pompa Pureco y Miguel Ángel Pérez-Coeto García durante el trabajo de campo y los levantamientos arquitectónicos. Respecto al proyecto Xirangua, éste está parcialmente financiado por las empresas michoacanas PEVSA S.A. e Integra Constructora.

AUTORES

Adrià Sánchez Calvillo, doctorante en arquitectura, máster en construcción avanzada en la edificación, especialista en restauración de monumentos, graduado en arquitectura técnica y edificación. Investigador de doctorado y profesor en la Universidad Michoacana San Nicolás Hidalgo. Director del proyecto DBMC 2020 para el estudio del patrimonio vernáculo del estado de Michoacán, México. Publicaciones completas en: <https://www.researchgate.net/profile/Adria-Sanchez-Calvillo>

Elia Mercedes Alonso-Guzmán, doctora en ciencias químicas, maestra en metalurgia y ciencias de los materiales, ingeniera civil. Primera Profesora Emérita de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Es la responsable del Primer Cuerpo Académico Consolidado-UM-147 de la Fac. Ing. Civil, "Ciencias, Ingeniería y Tecnología de los Materiales para la Construcción" y del Grupo de Investigación de Materiales.

Javier Ortega Heras, doctor en ingeniería civil por la Universidade do Minho, máster en "Structural Analysis of Historical Constructions", y arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid. Investigador en la Universidade do Minho, especializado en el campo la conservación de estructuras históricas. Es miembro de ICOMOS y co-fundador de FENEC, asociación que ofrece servicios de ensayos no destructivos y análisis estructural especializado para el patrimonio construido.

Adrián Solís Sánchez, egresado de la Facultad de Arquitectura y actualmente en proceso de titulación del programa de Especialidad en Restauración de Sitios y Monumentos por la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Ha impartido ponencias y publicado artículos científicos sobre patrimonio. Es fotógrafo y ha participado en múltiples exposiciones. Es colaborador del proyecto DBMC 2020 para el estudio del patrimonio vernáculo del estado de Michoacán, México.

TIERRA Y MEMORIA. REHABILITACIÓN EN COMUNIDAD DE VIVIENDAS CON ADOBE EN LA COSTA DE CHIAPAS

Virginia Domingo Fernández¹, Martina Vega Francino², Fernanda Prado Flores³, Paola Lizette Cruz Garay⁴, Mariana Decorme Bouchez⁵, Javier Iván Rodríguez García⁶, Nicola Di Giulio⁷

¹Universidad Autónoma de Barcelona, España, vdomingo@protonmail.com

²Universidad de Santiago de Chile, Chile, martinacolectiva@gmail.com

Universidad Veracruzana, México, ³mariafpradof@gmail.com; ⁵mariana.decorme@gmail.com; ⁶baamarquitecturae@gmail.com

⁴Universidad de Guanajuato, México, arqpaolacruzgaray@gmail.com

⁷Università degli studi di Genova, Italia, nicodigiulio@gmail.com

Palabras clave: resiliencia comunitaria, viviendas tradicionales, memoria, mujeres trabajando con tierra

Resumen

El sismo que afectó México en 2017 evidenció la importancia de la conservación del patrimonio construido con tierra en las diferentes zonas del país. El fenómeno demostró que, tras un desastre, las labores comunitarias de reconstrucción y rehabilitación de dicho patrimonio fomentan la colaboración y fortalecen la identidad de las comunidades, contribuyendo así a construir una cultura de prevención del riesgo de desastre, mayor capacidad de resiliencia comunitaria y autonomía constructiva. En este artículo se compartirá el proceso comunitario de rehabilitación de cuatro viviendas tradicionales construidas con adobe, en el poblado de Nueva Urbina, municipio de Pijijiapan, ubicado en la costa mexicana del estado de Chiapas. Dicho proceso fue realizado mediante talleres participativos con las familias participantes, les habitantes del poblado e integrantes de la colectiva Bioreconstruye Chiapas, como parte de la rama "Tierra y Memoria" del "Modelo de Resiliencia Comunitaria: Territorio, memoria y género". La recuperación de la memoria de quienes habitan las viviendas tradicionales de adobe y de la comunidad en general, es una herramienta importante para la valoración de este tipo de edificaciones y de las técnicas de construcción con tierra. Por otro lado, se evidenció que existe una mayor participación de las mujeres en la toma de decisiones sobre los trabajos cuando el proceso de rehabilitación es comunitario. La realización del proyecto puso de manifiesto que la colaboración entre familias sigue siendo una opción para construir y rehabilitar esta arquitectura.

1 ANTECEDENTES

Históricamente, Chiapas es un estado con altos índices de marginación y desigualdad: tres cuartas partes de la población se encuentra en pobreza y casi un tercio en pobreza extrema, es decir, carencia de servicios elementales como salud y educación, así como un ingreso promedio tan bajo que no permite cubrir necesidades básicas¹. Hace cuatro años, el 7 de septiembre de 2017, un terremoto con magnitud de 8.2 sacudió la costa de Chiapas. Varios estados de la República se vieron fuertemente afectados, siendo Chiapas el segundo más dañado, sólo por detrás de Oaxaca: 122 municipios afectados, de los cuales 24 fueron declarados en emergencia extraordinaria. En total: 60 mil viviendas dañadas, de las cuales 14 mil fueron identificadas como pérdida total.

En ese ambiente de desamparo y precariedad, el entonces presidente de la República hizo declaraciones a los medios masivos donde afirmó que los daños a las viviendas, si bien habían sido por el fuerte sismo, se debían, sobre todo, a que las viviendas eran de adobe (Zatarain, 2017). Aquellas declaraciones incidieron en los Censos Federales, que evaluaron los daños con un sesgo discriminatorio hacia las viviendas de adobe por encima de las construcciones convencionales. El resultado fue la inmediata demolición de las casas de

¹ Red TDT – Red Nacional de Organismos Civiles de Derechos Humanos, <https://www.frayba.org.mx>

tierra con ayuda de los militares, empresas locales y vecinos de la comunidad, aumentando con ello el miedo e incertidumbre en las familias afectadas.

Dichas acciones desacreditaron los saberes constructivos vernáculos y tradicionales; atentaron sistemáticamente contra los valores culturales y los modos de vida de los habitantes de la región. Por un lado, se impuso la demolición a modo de “doctrina del shock”. Por el otro, se impuso la compra de materiales industrializados a las familias afectadas como condición para recibir el programa de apoyo del gobierno, vulnerando y marginando aún más a las poblaciones que, ya antes del sismo, vivían en condiciones de precariedad y abandono.

Desde el momento en que se empezó a otorgar el recurso del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) se observaron irregularidades y omisiones que pusieron de manifiesto la evidente desarticulación entre instancias y niveles de gobierno: personas que fueron censadas y no recibieron el apoyo; censados fallecidos que dejan a la viuda sin posibilidad de recibir el apoyo; el recurso sólo podía ser entregado a una persona por predio, ocurriendo en la realidad que un mismo predio es habitado por dos o más familias, lo que demuestra una completa ignorancia de las condiciones culturales de la población. Las reglas de operación del FONDEN impidieron la realización de un segundo censo y las autoridades no ofrecieron alternativas a las familias afectadas que se quedaron sin recurso.

Por la falta de información y de medidas de prevención por parte del Estado, se sigue observando muy poco o nulo conocimiento sobre la situación de riesgo que se vive al habitar un territorio considerado altamente sísmico. A cuatro años de los sucesos, las comunidades afectadas han normalizado los daños en sus viviendas, lo que, evidentemente, ha aumentado la vulnerabilidad ante posibles futuros desastres.

El ciclo de desastres comprende el antes del desastre, durante y después del desastre, que se funde nuevamente con el antes, durante y después del siguiente desastre. Y así sucesivamente, ya que los fenómenos geofísicos (sismos, tsunamis, erupciones volcánicas) e hidrometeorológicos (huracanes, lluvias intensas) no van a dejar de suceder. Tras la vuelta a la cotidianidad, se hace indispensable el trabajo encaminado a disminuir la vulnerabilidad, a visibilizar los riesgos existentes y a prevenir riesgos futuros. Se crea resiliencia, entendida como la capacidad que tienen las personas de una comunidad de responder y adaptarse, de aprender de la experiencia y proyectar el futuro. De esta manera, no se comienza de cero ante una nueva situación de desastre y se va disminuyendo el riesgo con el paso del tiempo, creando una cultura de resiliencia. Precisamente, la importancia del trabajo comunitario para la gestión del riesgo de desastres radica en la organización colectiva necesaria para realizar adaptaciones correctivas de aquellas prácticas que no funcionan y para desarrollar una gestión prospectiva del riesgo (Álvarez, 2011, p.20).

Cabe reconocer que la mexicana es una sociedad civil sensible, organizada y comprometida. Cuando ocurrieron los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017, se manifestaron simultáneamente en los seis estados afectados para detener las demoliciones y defender su patrimonio familiar, cultural y la identidad de los pueblos. Proponiendo que, en lugar de destruir y borrar la memoria del suceso, se podía apuntalar para luego reconstruir con el debido cuidado, garantizando la preservación de la vivienda de tierra. Estas acciones generaron una ola de respuestas positivas a nivel nacional, entre las que se incluye la labor de la colectiva Bioreconstruye Chiapas (de ahora en adelante “la colectiva”) en la reconstrucción, con una mirada crítica y propositiva que ve en la bio-reconstrucción y en la rehabilitación de viviendas de adobe dañadas una postura política y moral. En este caso, la salud, la naturaleza, la vida social y cultural, se ven beneficiadas. Así mismo, se promueve la autonomía constructiva por parte de las comunidades.

El adobe no solo puede generar un sistema constructivo resistente a sismos para que la población viva segura, sino que ha sido, durante siglos, una forma cultural de habitar y vivir por miles de comunidades a lo largo del territorio mesoamericano. En la actualidad, este

conocimiento constructivo se está perdiendo por la falta de apoyo a su difusión y reglamentación (IMDEC, 2017).

Para la conservación de la identidad cultural campesina es primordial que se incluyan las formas vernáculas y tradicionales rurales como parte del patrimonio arquitectónico. Como dice Waisman (1994): las transformaciones sociales y culturales en todo el mundo han logrado que el patrimonio sea entendido como el testimonio de la vida pasada y presente de un pueblo, antes que un conjunto de objetos de elevado valor arquitectónico.

Caracterización del poblado de Nueva Urbina y las viviendas tradicionales de adobe de la costa de Chiapas

El proceso constructivo y comunitario se realizó durante dos meses con la participación de treinta y cinco personas. Entre ellas, se cuentan integrantes de las cuatro familias implicadas en las rehabilitaciones, facilitadoras de la colectiva y voluntarias. Dicho proceso se llevó a cabo en la localidad de Nueva Urbina, municipio de Pijijiapan, en el estado de Chiapas. La población se sitúa al sureste del Pacífico mexicano, entre las faldas de la Sierra Madre de Chiapas y la Llanura Costera del Pacífico. A su vez, se circunscribe en la cuenca hidrológica Río Pijijiapan (figura 1). Es un ecosistema de selva mediana perennifolia que se encuentra, en su mayoría, deteriorada por el uso extensivo de la ganadería. El clima es cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano y fuertes vientos la otra mitad del año. Es una región altamente sísmica y expuesta a diversos factores de riesgo que pueden desencadenar situaciones de desastre. Históricamente, es un territorio que ha sido damnificado por sismos, inundaciones e incendios.



Figura 1. Mapa de localización del poblado de Nueva Urbina del municipio de Pijijiapan, Chiapas, México (Google Maps y Colectiva Bioconstruye Chiapas, Tierra y Memoria. Manual para rehabilitación de viviendas de adobe, 2021)

La Nueva Urbina es un poblado pequeño, de poco más de 100 viviendas, fundado hace 70 años aproximadamente por familias provenientes de localidades cercanas. Se sostiene económicamente por la actividad ganadera, agrícola y gastronómica; produce quesos, dulces y tamales.

En cuanto a la organización comunitaria, se llevan a cabo asambleas ejidales y asambleas de pobladores donde se toman las decisiones y se elige a las autoridades de la comunidad. Por otro lado, algunas familias forman parte del Consejo Autónomo Regional de la Zona Costa de Chiapas y están en resistencia, desde 2006, contra las desproporcionadas tarifas de la electricidad, junto con familias de otras veintidós comunidades de los municipios de Tonalá, Pijijiapan y Mapastepec.

En la región se han desarrollado técnicas tradicionales de uso de la tierra como material constructivo, con antecedentes de construcción con bajareque (*embarrado*) y, posteriormente, adobe. En la localidad de Nueva Urbina, se han construido viviendas tradicionales con ambos sistemas constructivos: sencillas y funcionales, sin acabados o decorados, las cuales cuentan con un corredor frontal, que es acceso principal, comedor y espacio de convivencia a la vez, con puerta al único espacio interior iluminado por no más de dos ventanas pequeñas. El sistema estructural del tejado comparte características con las viviendas de la costa e istmos de Oaxaca. Se compone de tres elementos estructurales principales de madera –cumbreira (*zopiloto*), pendolón (*muñeco*) y tirante (*plancha*) - y una estructura secundaria, los cargadores, compuestos por viguetas (*morillos*) y reglillas (*alfajillas*) que sostienen la cubierta de tejas (figura 2). Las cuatro experiencias de rehabilitación que más adelante se describen se concentraron en viviendas hechas de adobe, debido a que éstas son las viviendas que más abundan en la zona en la actualidad².

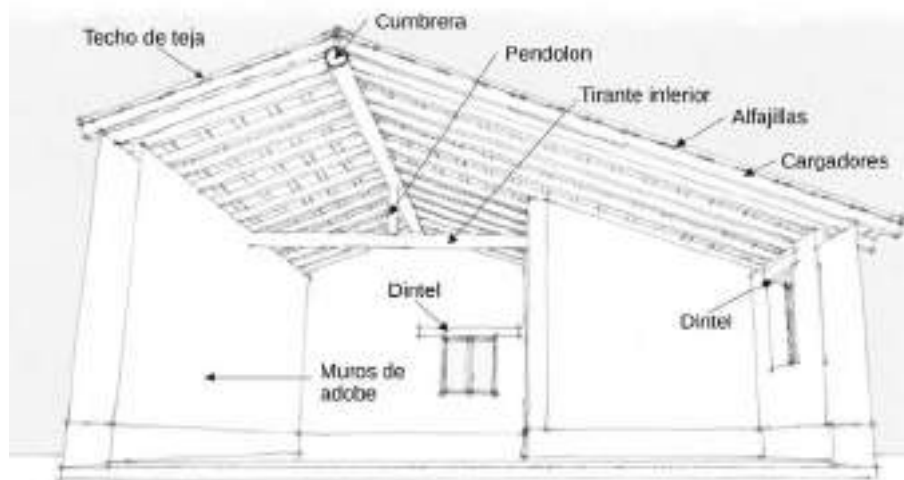


Figura 2. Componentes de la vivienda tradicional de adobe de la Costa de Chiapas (Colectiva Bioreconstruye Chiapas, Tierra y Memoria. Manual para rehabilitación de viviendas de adobe, 2021)

2 MEMORIA DESCRIPTIVA

En el presente proyecto se apela a la organización comunitaria para llevar a cabo las rehabilitaciones y disminuir el riesgo de derrumbe.

Así mismo, las mujeres son agentes fundamentales en la capacidad de gestión comunitaria, ya que su experiencia organizativa para sostener la vida es fundamental a la hora de reaccionar y prevenir un desastre. Para Molina (2013), las fortalezas y capacidades de las mujeres favorecen el cambio social y trascienden todas las fases de la gestión integral del riesgo de desastres. Según Cilento (2005), son lideresas y negociadoras durante todas las fases de dicha gestión; grandes administradoras de recursos en sus hogares y traen ingresos a sus familias; para el trabajo comunitario: poseen importantes conocimientos sobre su entorno y comunidad, lo que las forma y prepara para responder a emergencias y necesidades comunitarias. Tienen habilidades y conocimientos informales basados en su experiencia en salud física y mental, así como en la práctica en contención y desarrollo de inteligencia emocional; para la prevención, tienen habilidades comunicativas que favorecen las relaciones familiares y vecinales, así como la transmisión de valores y tradiciones culturales. Son resistentes física y anímicamente; tienen expectativas y esperanzas; experiencia acumulada; conocimiento del entorno y de las amenazas; percepción, tradiciones, solidaridad y otros valores transmitidos por generaciones.

² Términos entre paréntesis son los más conocidos en la región de la costa de Chiapas.

La organización femenina, encargada de la reproducción, manejo de recursos y cuidados se mantiene invisibilizada, por lo que se hace imprescindible que pase desde la periferia a un papel central en la toma de decisiones.

De la misma manera, la colectiva considera que esta organización invisible tiene sus bases en los vínculos comunitarios y es este tejido social uno de los factores protectores más importantes para asegurar la reducción del riesgo. Fordham y Ketteridge (citado por Molina 2013, p.32) proponen reconceptualizar la esfera comunitaria para que esté integrada por el tríptico: casa, trabajo y comunidad: de esta manera, se conectan mediante la intersección que mantienen entre ellas en lugar de quedar subordinadas a la jerarquía patriarcal.

Por lo indicado anteriormente, la participación de mínimo una mujer por familia en los talleres y actividades fue un requerimiento fundamental para el proceso. Para que dicha participación fuera posible, se necesitó cubrir las condiciones materiales que permiten a las mujeres estar presentes y enfocadas en las actividades, es decir, se realizaron talleres paralelos para niñas y, durante la etapa de obra, una coordinación rotativa para realizar la comida colectiva.

El desarrollo del proyecto de Tierra y Memoria, consistente en cuatro rehabilitaciones sismorresistentes de casas de adobe y la recuperación de la memoria histórica de las casas y la comunidad, se llevó a cabo en tres fases:

2.1 Fase A: Asignación de recursos, planeación, aprobación del proyecto, diagnóstico previo y selección de familias

El proyecto contó con el apoyo del fondo de emergencia recaudado por la Fundación Sertull A.C. tras el sismo de 2017. Para incrementar el fondo, se llevó a cabo una campaña de micromecenazgo (Goteo.org) en diciembre de 2019, impulsada por la colectiva Bioreconstruye Chiapas.

De junio a octubre de 2020, la colectiva realizó la planeación y propuso la metodología de trabajo, el contenido de los talleres a implementarse, el cronograma para las obras de rehabilitación y los compromisos necesarios a acordar entre todas las partes para poder llevar a cabo el proceso.

Una vez establecido lo anterior, el proyecto fue presentado ante el Consejo Autónomo Regional de la Zona Costa de Chiapas para su discusión. Posteriormente, se llevó a la asamblea de pobladores y ejidal de Nueva Urbina para darlo a conocer a los habitantes del poblado y cooptar a ocho familias interesadas en rehabilitar sus viviendas de adobe.

La colectiva ideó una metodología para la selección de casas y las fichas de diagnóstico técnico y social. Se visitaron las viviendas y se realizaron entrevistas a las familias para conocer sus motivaciones al respecto de:

- Aspectos sociales: ¿Cómo se sentían al habitar una casa afectada por el sismo del 2017? ¿Cuáles eran sus motivaciones para conservar su casa? ¿Qué disponibilidad había para colaborar con el resto de la comunidad en los procesos de rehabilitación?
- Aspectos técnico - constructivos: estado de las viviendas, nivel de riesgo y necesidades de intervención, si su sistema constructivo era original o había sido intervenido, materiales de construcción, espacios que conformaban las viviendas, forma de distribución y uso.

Se realizó una visita de devolución de información para las familias no seleccionadas y comunicación a las familias seleccionadas. Se sistematizó la información del estado de las viviendas y las condiciones sociales de cada caso en particular para incorporar esto a la forma de realizar los talleres.

2.2 Fase B: Aplicación de talleres para la recuperación de la memoria histórica y conocimientos prácticos y técnicos para rehabilitar una casa de adobe

Los talleres se realizaron en febrero del 2021. Se contó con una mayor participación de las mujeres, los abuelitos y niños de las familias y la comunidad, debido a que son quienes están en casa la mayor parte del tiempo, mientras que los hombres tienen que desarrollar más actividades fuera de sus hogares.

El primer taller, “Sensibilización y recuperación de la memoria histórica”, comenzó con el acompañamiento a cada una de las familias participantes en el reconocimiento y reencuentro con sus viviendas: los sentimientos y emociones que relacionan con su construcción, con los espacios que han habitado y con acontecimientos significativos que han ocurrido en éstas. Lo anterior fue plasmado en una línea del tiempo de la historia de cada vivienda y de las familias. Posteriormente, se pasó al acompañamiento general con las cuatro familias reunidas para identificar el origen de la comunidad, eventos relevantes y cambios que ha ido teniendo con el paso de los años, relacionando estas transformaciones del poblado y las formas de vida con la manera de construir, cuidar sus viviendas y habitar.

Para el segundo taller, “Conocimientos prácticos y técnicos para rehabilitar una casa de adobe”, se invitó tanto a los integrantes de las familias seleccionadas como a la comunidad en general, con el objetivo de ofrecer conocimientos técnicos y prácticos para poder construir con tierra y rehabilitar una casa de adobe dañada por sismos, otros fenómenos naturales o por el abandono o la falta de mantenimiento.

Se visibilizaron las diversas culturas que han construido con tierra y las regiones del mundo donde las hay, para así identificar los sistemas constructivos que existen en la comunidad. Quienes participaron vieron que existen formas de edificar muy parecidas entre sí y que pueden ubicarse en lugares geográficamente muy distantes.

Se dieron a conocer los principios básicos que provocan daños en las viviendas de adobe, así como las causas y agentes que las vuelven más vulnerables ante fenómenos naturales, con el objetivo de que las mismas familias realizaran el levantamiento de los daños en sus casas y las compartieran con los demás integrantes. De esta manera se logró realizar un diagnóstico participativo del estado de las viviendas.

Los daños, alteraciones y deterioros identificados en el diagnóstico participativo (tabla 1) de las viviendas comprendían:

- Daños leves a moderados: desprendimiento y fisuras en integraciones de recubrimientos de mortero de cemento, cal y arena; oquedades pequeñas de diferente profundidad debidas a la erosión, disgregación y existencia de insectos y roedores en los muros de adobe. También se identificaron huecos en las cubiertas de teja lo cual permitía filtraciones de agua a las viviendas.
- Daños moderados a graves: grietas diagonales que atraviesan los muros en extremos de dinteles, y grietas verticales pasantes y no pasantes, bajo vigas de madera de las cubiertas y en esquinas y encuentros de muros.
- Daños de emergencia: pandeo, apollamiento y pérdida de sección de elementos estructurales principales y secundarios de la madera de la cubierta.

Para cerrar la primera etapa de los dos talleres realizados, por medio del teatro y dinámicas lúdicas, se dieron a conocer las técnicas y procesos que se usarían para las rehabilitaciones de cada vivienda, haciendo énfasis en que se presentaban las técnicas de manera general, pero que cada caso debía tratarse de manera particular.

Con estas dinámicas también se visibilizaron las labores de cuidados dentro del proceso constructivo, tales como la alimentación, hidratación, contención afectiva, cuidado de niños, entre otras. Así mismo, se reflexionó sobre la importancia de que los integrantes de la familia y comunidad participen de todos los roles del proceso, permitiendo así aumentar la

participación de las mujeres tanto en la toma de decisiones como en las labores de rehabilitación de sus casas. Los talleres fueron acompañados con la entrega de un manual para la rehabilitación de viviendas de adobe diseñado por la Colectiva.

Tabla 1. Estado previo a la rehabilitación de las viviendas de adobe
(Crédito:Colectiva Bioreconstruye, noviembre 2020 y febrero 2021)

Vivienda 1. Familia de Isabel López			
			
Vista general de vivienda	Muros de adobe con oquedades	Grieta diagonal no pasante en muro de adobe	
Vivienda 2. Leopoldina Gómez			
			
Vista general de vivienda	Grieta diagonal pasante a partir del dintel de madera	Madera apolillada	Fisuras y oquedades en muros de adobe
Vivienda 3. Familia Molina			
			
Vista del patio y vivienda	Plancha de madera (pieza estructural) pandeada	Grietas verticales no pasantes bajo viga cumbrera	Grietas verticales pasantes en encuentro de muros
Vivienda 4. Familia Ruiz			
			
Vista de vivienda de adobe contigua a habitación de block de concreto	Estructura de madera de cubierta apolillada	Grieta diagonal pasante a partir de la esquina de dintel	

Después de haber realizado los talleres, se sistematizó y analizó la información recabada para hacer el cronograma de obra y la lista de materiales y herramientas necesarias para las ocho semanas del proceso de rehabilitación de las viviendas.

2.3 Fase C: Proceso de rehabilitación

El proceso de rehabilitación de las cuatro viviendas seleccionadas consistió en llevar a cabo actividades preliminares, de liberación, consolidación y reforzamiento, integraciones, reintegraciones, limpieza, celebración y monitoreo.

a) Preliminares

En las acciones preliminares, se retiraron y protegieron los muebles y otros elementos que pudieran ser dañados durante la obra. La mayor complicación para realizar estas acciones fue que las familias tenían la necesidad de seguir ocupando los espacios a rehabilitar, por lo que tuvieron que acondicionar en sus patios algunas cubiertas provisionales y en otros casos, vivir en casas ajenas durante la duración del proceso.

Se hizo también la limpieza de los muros de cada una de las viviendas, así como la eliminación y control de insectos y roedores que habitaban en estos. Posteriormente se procedió a realizar el retiro de los revoques³ de mezcla de cemento, cal y arena de los muros, para tener una mejor valoración de las grietas diagonales y verticales de estos, complementando así el diagnóstico participativo que se realizó en los talleres previos. Se identificaron y marcaron las áreas donde se realizarían acciones de liberación, consolidación y refuerzo. Posteriormente, se hicieron los apuntalamientos de muros y cubiertas.

b) Liberaciones

Consistieron en la retirada de tejas y aligeramiento de la estructura de cada cubierta. Se liberaron secciones de muros donde existían grietas pasantes diagonales y verticales. Éstas se hicieron de manera controlada, humedeciendo las áreas afectadas del muro y utilizando cincel y marro, dejando un dentado⁴ adecuado para asegurar la estabilidad estructural del muro durante la consolidación de la sección. En los casos donde las liberaciones se realizaron en secciones de vanos con dinteles, puertas y ventanas, estos elementos se retiraron.

c) Consolidaciones y reforzamientos

Las consolidaciones y reforzamientos de los muros de adobe de cada vivienda consistieron en el relleno de oquedades de poca profundidad, inyección de grietas y reintegración de secciones de muros en donde se realizaron liberaciones.

Para el relleno de oquedades y reintegración de secciones de muros se utilizó el cob conocido también como tierra modelada o amasada⁵ (de ahora en adelante “cob”), por ser una tecnología compatible y, en esencia, muy similar al construir con adobe⁶. En ambos sistemas, la tierra funciona como elemento estructural principal en una mezcla en estado plástico. La diferencia, en el caso del cob, es que dicha mezcla de tierra se coloca directamente en el elemento a construir, mientras que, en el caso del adobe, la mezcla pasa

³ Mezclas de morteros de tierra, cal o cemento para proteger muros. Estos pueden ser gruesos como base de protección y después finos en algunos casos.

⁴ El dentado hace referencia a que, al momento de retirar una parte de muro de adobe original, se dejan bloques originales de manera dentada o escalonada que permitan hacer una sujeción resistente de los nuevos elementos que se integran, ya sean éstos nuevos adobes, secciones de cob o tierra modelada.

⁵ La tierra modelada se ha empleado desde la antigüedad en países de África, Asia, América y Europa. En años recientes, se ha popularizado este sistema nombrándolo por su nombre en inglés *cob*. Se conoce también como *pared de mano*, *tierra apilada* o *tierra amasada* en España (Guerrero, 2020, p. 145 y 149), o como *bauge* en Francia (Joffroy et al, 2018, p. 225).

⁶ Este sistema constructivo ha sido utilizado en países de Asia, América del Norte, América del Sur y Europa. El adobe, como material, es un bloque de tierra hecho a mano con una mezcla en estado plástico, rellenando un molde de madera especial, sin apisonamiento y secándose naturalmente. Como sistema constructivo, se trata de muros conformados por bloques, tejidos o entramados a mano de tal manera que funcionan como una estructura.

primero por un proceso de moldeo y secado: la manufactura de los adobes que se integrarán a los muros. Integrando cob se logra optimizar y reducir los tiempos del proceso de obra, además supuso una técnica de mantenimiento y restauración apropiable para los integrantes de las familias que formaron parte del proceso de rehabilitación.

Para la producción de mezcla de tierra para el cob en consolidaciones se realizaron pruebas cualitativas⁷ a las tierras que cada familia consiguió: táctil – visuales (prueba de olor y textura), de sedimentación o del vidrio, de plasticidad, resistencia y contracción al secar. Se identificó que eran mayormente arcillosas y se estableció que las proporciones para compensar⁸ y estabilizar⁹, de acuerdo al tipo de mezclas requeridas, serían:

- Mezclas para consolidaciones y relleno de oquedades: tierra arcillosa y arena sin cernir 1:1 y 1:2 (tierra: arena), más la mitad del volumen de la mezcla de paja picada hasta 10 cm de longitud.
- Mezclas para revoque de base grueso: tierra arcillosa y arena sin cernir 1:1 y 1:2 (tierra: arena), más la mitad del volumen de la mezcla de paja picada hasta 10 cm de longitud.
- Mezcla de revoque fino (una porción de cal hidratada, la mitad de volumen de la mezcla de paja picada hasta 1 cm de longitud, ocho porciones de tierra compensada y una porción de cemento portland gris): tierra arcillosa y arena 1:2 y 1:1, de granulometría menor a 5 mm, cernida con malla sombra o malla mosquitera.

La tierra arcillosa se compensó en seco para, posteriormente, humedecer y batir con una revolvedora. En el momento de batido, se agregaron las porciones de paja picada. Al estar lista la mezcla se fueron preparando esferas de diversos tamaños, menores a 10 cm para los rellenos de huecos, y de 15 a 20 cm para las secciones de muro a integrar. Las esferas se colocaron en una superficie y recipientes limpios y se procuró mantener constante su humedad para evitar la pérdida de la consistencia plástica. Inevitablemente, hubo momentos en que el caluroso clima y los tiempos de obra hicieron que las bolas de cob llegaran a secarse, por lo que fue necesario humedecer nuevamente la mezcla para batir y rehacer las bolas.

Los rellenos de huecos en los muros se hacían humedeciendo primero éstos con agua y barbotina¹⁰ para asegurar la adecuada integración de las esferas de cob a la superficie original. Cada esfera se iba compactando en capas, de manera manual y/o con herramientas de madera, hasta llenar completamente la oquedad.

En huecos profundos, en grietas pasantes y no pasantes, y en las secciones de muro reintegradas, se realizaron inyecciones con un mortero de tierra arcillosa cernida con malla fina menor a 5 mm y estabilizada con menos del 5% de cal hidratada y agua.

Las integraciones de secciones de muro consistieron en humedecer la superficie de los muros preexistentes con agua y barbotina. Se integraron las esferas de más de 10 cm de diámetro, uniendo éstas con las manos. Se agregaron capas de cob de hasta 50 cm por día, repitiendo el proceso de consolidación hasta completar cada sección de muro en las cuatro

⁷Para conocer más sobre estas pruebas se recomienda leer el documento *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – Prácticas de campo* (Neves et al., 2009)

⁸ Compensar la tierra implica agregar más arena o más arcilla, según sea el caso. Cuando la tierra del lugar es arcillosa, se puede agregar arena, para dotar de una mejor estructura y controlar las reacciones por hinchamiento y cuarteamiento que tendrá al momento de secarse. Cuando el caso es contrario, y la tierra es arenosa se puede agregar arcilla para mejorar la adherencia y cohesión (Guerrero, 2020, p. 142).

⁹ Estabilizar la tierra consiste en agregar elementos naturales o artificiales compatibles a la mezcla que permitan mejorar las cualidades de trabajo de ésta para su consolidación y resistencia, menores efectos de hinchamiento y retracción, impermeabilidad adecuada, mejorar su capacidad de inercia térmica –absorber, almacenar y liberar calor de manera más estable-, etc.

¹⁰ Mezcla en estado líquido de tierra arcillosa y agua.

viviendas. Se integraron, en hiladas intercaladas, refuerzos de muros con reglillas de madera tratada¹¹ de 2.5 cm por 2.5 cm de sección y longitudes variables.



Figura 3. Consolidación de sección de muro de adobe de vivienda tradicional con cob y reglillas de madera como refuerzo horizontal para (Crédito:Colectiva Bioreconstruye, 2021)



Figura 4. Consolidación de sección de muro de adobe de vivienda tradicional con cob (Crédito:Colectiva Bioreconstruye, 2021)

Se integraron dalas de coronamiento de cob en las *coronas* - parte superior de los muros -, reforzadas con dos reglillas de madera tratada de 2.5 cm por 5 cm de sección por la longitud total del muro. Se colocaron de forma paralela, a modo de escalerillas, como reforzamientos para mejorar el trabajo de los muros de adobe al recibir los esfuerzos y cargas de la estructura de madera de las cubiertas.

d) Integraciones y Reintegraciones

Una vez consolidados y reforzados los muros de adobe, se reintegraron las piezas nuevas y originales que se pudieron rescatar a las estructuras de madera de cada una de las cubiertas. La madera fue obtenida, serrada, secada y tratada en el mismo poblado. Las familias decidieron integrar láminas galvanizadas para evitar filtraciones de agua, así como la caída de tejas en caso de suscitarse un nuevo fenómeno natural.

En la instalación eléctrica de cada casa se procuró mejorar las condiciones pre-existentes, evitando tener cableado expuesto y ampliando los elementos según las necesidades y requerimientos actuales de cada familia. También se reintegraron dinteles, puertas y ventanas originales y nuevas en las viviendas.

Como parte de las acciones finales, se integraron los revoques de protección de los muros de adobe en cada vivienda. Éstos consistieron en una primera capa o base de revoque grueso, hecho con una mezcla de tierra arcillosa, arena y paja, y una segunda capa de revoque fino hecha con una mezcla de dos porciones de cal hidratada, ocho porciones de tierra previamente compensada, una porción de cemento, la mitad del volumen de la mezcla de paja picada hasta 1 cm de longitud y agua.

e) Celebración

Las celebraciones siempre estuvieron presentes durante el proceso. Formaban parte de pequeños hitos, como la donación de algún material entre familias, la culminación de alguna actividad que implicaba más complejidad de lo habitual, la despedida de algunos de los participantes y, por supuesto, la culminación de los trabajos de rehabilitación de todas las viviendas.

f) Monitoreo

Se llevaron a cabo visitas a las casas durante los meses posteriores al término de las rehabilitaciones para constatar los avances de los detalles que quedaron pendientes y que,

¹¹ El tratamiento se hizo con una mezcla de una porción de diesel y 10 porciones de aceite quemado, procedimiento típico para proteger la madera de los insectos y otros agentes en el poblado de Nueva Urbina.

de a poco, se fueron concluyendo. Actualmente, las familias se sienten satisfechas con el resultado de su trabajo y animadas a seguir bio-reconstruyendo su comunidad.

2.4 Una mirada a la organización cotidiana en la comunidad

La comunidad ha tenido y tiene sus propias formas de organización para trabajar colectivamente. Esto contribuyó a mejorar aspectos del proceso de rehabilitación desde la experiencia en la toma de decisiones colaborativas, lo que hizo más fluido el trabajo. El parentesco de los habitantes del poblado propició la solidaridad y el trabajo entre las cuatro casas. Dicha solidaridad entre familias se vio reforzada gracias al tipo de economía comunitaria en la que no todo tiene un valor monetario, es decir, ciertos materiales - como la madera, tejas, paja, estiércol de burro¹², tierra, agua, etc.- no implican un intercambio de dinero lo cual permitió su trueque y donación.

2.5 Mujeres trabajando con tierra

La construcción ha sido por mucho tiempo, y en muchos lugares del mundo, exclusiva de los hombres. La participación de las mujeres, tanto en su ejecución como en la toma de decisiones en cuanto al diseño, composición y funcionalidad de sus casas y espacios de trabajo, se vuelve una herramienta para el empoderamiento y la autodeterminación. Durante el proceso de rehabilitación, dicha participación se convirtió en uno de los hitos, ya que ellas realizaron labores que usualmente están destinadas al género masculino, como por ejemplo el retiro de piezas muy pesadas de la estructura principal del techo, el uso de herramientas eléctricas, cargar cubetas con material, hacer mezcla, entre otras (ver figura 5). La Colectiva propició la organización de una cuadrilla de mujeres quienes pudieron vivenciar estas experiencias y enfrentar las dificultades juntas. En sus relatos muchas de ellas comentaron que en un principio se planteaban la imposibilidad de estas tareas pero que, al realizarlas, se dieron cuenta de que no se necesitaba tanta fuerza como creían en un principio. Este hito fue comentado y rápidamente se extendió por la comunidad.



Figura 5. Organización de las mujeres integrantes de las familias, la Colectiva y voluntarias para la liberación del tirante inferior de la estructura de madera de la cubierta de una vivienda tradicional de adobe (Crédito: Colectiva Bioreconstruye, 2021)

¹²Conocida de manera popular en la zona como *cagajón de burro*.

2.6 La valoración del conocimiento empírico y el legado generacional

El proyecto de rehabilitación de las viviendas contempló una etapa de resolución de temas técnicos, mismos que fueron estudiados y solucionados integrando el conocimiento académico, técnico y profesional, y el empírico y tradicional, dejando un espacio en blanco que sería completado al momento de realizar los talleres y el proceso de rehabilitación por los conocimientos que poseen los constructores locales, las mujeres, hombres, abuelitos y los vecinos mayores y jóvenes que han tenido acercamiento con la construcción tradicional y popular en la costa de Chiapas.

3 ANÁLISIS CRÍTICO

Durante todo el desarrollo del proyecto, tanto a nivel teórico-conceptual, de planeación como de trabajo en campo, los ejes que atravesaron la experiencia y las reflexiones fueron: el valor y conservación del patrimonio tradicional, el conocimiento técnico-constructivo, la vida comunitaria y la perspectiva de género.

En la actualidad, lo más importante para reconocer algo como patrimonio es la posibilidad de identificar todos “los valores que los pueblos han desarrollado a lo largo del tiempo” (Ordoñez, 2018), que otorgan el aprecio y, por lo mismo, la necesidad de cuidado, no importando su jerarquía, dimensión o si es algo totalmente propio o apropiado con el paso del tiempo: lo que sobresale es lo que significa y representa para estas comunidades.

Las viviendas tradicionales de adobe de la costa de Chiapas son parte del patrimonio de cada una de las familias que las construyeron y, a su vez, forman parte del patrimonio arquitectónico que se tiene a nivel mundial. Su valor radica en la historia que guarda su memoria, es decir, los recuerdos y los sentimientos de las familias que en ellas vivieron y viven; son ejemplo de la tecnología constructiva de la región, del contexto cultural y social del momento. Valen también por el sentido ecológico y sostenible que representan, que resuelve una necesidad primordial de resguardo y de habitar, afirmando la presencia de vida en el territorio.

El proceso de rehabilitación de las cuatro viviendas y la participación de las familias y la comunidad son muestra de lo anteriormente dicho. A través de mapas comunitarios e imagerías, las familias no sólo recordaron sus experiencias sino que tuvieron presentes sus sentires y sus emociones, que se anclaron al territorio/hogar al compartirse.

La experiencia de acompañamiento durante cuatro años a las comunidades afectadas y organizadas confirma que, después de haber vivido un desastre, las labores comunitarias de reconstrucción fomentan las relaciones colaborativas, lo que, a su vez, fortalece la identidad local, aumentando la confianza mutua, lo que fomenta el aumento de las capacidades y fortaleza a la hora de hacer frente a posibles futuros desastres. Trabajar en ello conscientemente puede contribuir a construir una cultura de la prevención del riesgo y devenir comunidades más resilientes.

Al inicio del proceso, las familias tuvieron que explicar y recordar cuando levantaron sus casas. Al avivar las técnicas de construcción con materiales locales, los procesos constructivos tradicionales y la autonomía constructiva volvieron a tener relevancia, se abrió el diálogo intergeneracional sobre si valía la pena proceder a las rehabilitaciones de sus viviendas de tierra. Las familias dijeron sí, sabiéndose preparadas y fortalecidas para cuando llegue el próximo sismo. Y así la resiliencia comunitaria adoptó el color del barro.

La metodología permitió además adaptar los talleres a la tercera edad, con lo que se visibilizó la importancia de la inclusión intergeneracional, enriqueciendo las memorias con las personas que vivieron muchos de los sucesos narrados.

El modelo de acompañamiento permitió también la participación activa de las mujeres, quienes se volvieron referentes unas de otras, tuvieron una mayor participación en la toma de decisiones sobre los trabajos; se demostraron a ellas mismas que estaban en total capacidad de realizar los trabajos de construcción, encontrando el modo, atendiendo sus

corporalidades, su fuerza y sus habilidades, así como generando colectivamente espacios inclusivos con las capacidades diferentes de cada ser.

Así mismo, se observó que, al rotar las actividades y sosteniendo el proceso colectivamente, se impide la cristalización de roles de género y las mujeres cuidadoras pueden participar de las actividades constructivas y recreativas.

El proceso no estuvo exento de dificultades: la gestión de voluntaries resultó dificultosa y generó algunos conflictos. Sobre todo al principio, se dieron situaciones de acoso a mujeres en obra, por parte de algunas personalidades, así como mansplaining (se explica algo a alguien, especialmente un hombre a una mujer, de una manera considerada como condescendiente o paternalista. Wikipedia.). Hubo agotamiento, deserciones y roces, variabilidad del número de participantes en la obra y resistencia a la autoridad de las mujeres. Afortunadamente, estas mismas situaciones han fortalecido el proceso y a la Colectiva, suponiendo un aprendizaje invaluable para co-crear soluciones a retos similares en futuros procesos.

4. CONSIDERACIONES FINALES

El proceso de rehabilitación de una casa requiere de un diagnóstico constante, transversal a todo el desarrollo del proceso, ya que las condiciones de ciertos materiales como el adobe o las piezas de madera de la estructura del techo sólo se pueden valorar en la medida en que se van retirando otros materiales, por lo que en la planificación y administración se debe considerar que los presupuestos y temporalidades deben tener cierto margen amplio de maniobra.

Al fomentar la observación crítica y desprendida de juicios de la propia casa se resalta la importancia que tiene aprender a identificar y observar los riesgos normalizados en las viviendas para disminuir la vulnerabilidad, haciendo énfasis en la prevención. Es importante, para la conservación de las viviendas de adobe, y la calidad de vida de sus habitantes, que haya un plan familiar y comunitario de monitoreo y mantenimiento, donde se consideren desde los resanes de revoques y pinturas, la reparación de goteras hasta el reemplazo de elementos estructurales dañados.

En los procesos comunitarios y colectivos es importante generar espacios exclusivos para y desde las mujeres, que sean seguros y libres de violencias machistas. Espacios donde se dé el intercambio de información y experiencias para que la red comunicacional - chisme - se convierta en una red de cuidado mutuo y se puedan evitar sucesos incómodos perpetrados por parte de compañeros hacia compañeras. De igual forma, es indispensable evitar silenciar o censurar tales incidentes, ya que, al visibilizar y evidenciar colectivamente dichas faltas, se impulsa la revisión del comportamiento que pueden llegar a tener los hombres y propiciar que se cuestionen formas relacionales sexistas preestablecidas en el interior de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, G. (2011). La construcción histórica y social de los desastres: un estado del arte. En Educación y gestión del riesgo de desastres. Procesos educativos en la Cuenca Alta del Grijalva. México: Tlapalabrería Ediciones. p. 16-20.

Cilento, S. A. (2005). Capacidad de resistencia, vulnerabilidad y cultura de riesgos, en Cuaderno venezolano de sociología, vol. 14, núm. 2, p. 265-278.

Guerrero, L. F. (2020). El uso de la tierra modelada en la intervención de componentes constructivos de adobe. *Intervención*, (22) pp. 133-160.

IMDEC - Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (2017). Pronunciamiento en respuesta sobre la reconstrucción en Oaxaca. Disponible en: <http://www.imdec.net>

Joffroy, T., LeTiec, J., Rakotomamonjy, B., Misse, A. (2018). Patrimonio arquitectónico en tapia de la Región Auvernia-Rodano Alpes: desde el (re)descubrimiento hasta la arquitectura contemporánea. *Analoes del IAA*, vol. 48 (523) pp. 223-238

Molina, E. (2013). Género y resiliencia en la gestión integral del riesgo de desastres. Modelo: revisión y análisis teórico. Trabajo de Fin de Grado en Trabajo Social. Universidad de Castilla-La Mancha. España.

Neves, C.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P.; Hoffmann, M. V. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – Prácticas de campo. Red Iberoamericana PROTERRA. Disponible: <http://www.redproterra.org>.

Ordóñez, M. (2018). Tipologías: Estado actual de la vivienda tradicional en México. Disponible en: <https://www.archdaily.mx/mx/900517/tipologias-estado-actual-de-la-vivienda-tradicional-en-mexico>

Red TDT – Red Nacional de Organismos Civiles de Derechos Humanos (2017). Costa de Chiapas: reconstruir en la adversidad natural y la indolencia institucional. Recuperado de: https://redtdt.org.mx/wp-content/uploads/2018/06/Informe_MOC-VF-AH-250618-1221.pdf

Waisman, M. (1994). El patrimonio en el tiempo. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2(6), p. 10 – 14

Zatarain, Karina (2017). Peña Nieto afirma erróneamente que 'la caída de viviendas [tras el sismo en Oaxaca] se debió a que están hechas de adobe. ArchDaily. Recuperado de: <https://www.archdaily.mx/mx/880216/pena-nieto-afirma-erroneamente-que-la-caida-de-viviendas-tras-el-sismo-en-oaxaca-se-debio-a-que-estan-hechas-de-adobe>

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las familias participantes del proceso de rehabilitación de sus viviendas de adobe por dar la oportunidad de aprender y compartir conocimientos y saberes sobre el construir. Se espera haber brindado herramientas útiles para cuidar y mantener seguro y en buen estado el hogar y lugar que habitan. Hay que inspirar y llenarse de esperanza con fuerza y alegría.

AUTORES

Virginia Domingo Fernández, geóloga especializada en el desarrollo de estrategias comunitarias para la prevención de riesgos y desastres socio-naturales con enfoque de cuenca y género, mediante la implementación de tecnologías apropiadas para el cuidado del agua y los suelos. Ha trabajado en proyectos de conservación de cuencas hidrográficas y análisis de calidad, así como en el diseño e instalación de sistemas hidráulicos comunitarios.

Martina Josefa Vega Francino, psicóloga educacional especialista en desarrollo de propuestas pedagógicas con metodologías participativas y colaborativas para el uso de ecotecnologías apropiadas como ambientes de aprendizaje, educadora popular con enfoque de género y comunitario.

María Fernanda Prado Flores, arquitecta especializada en construcción natural, diseño de paisaje y jardinería. Su trabajo principal está relacionado con la bioconstrucción con enfoque de género, trabaja en programas relacionados con la construcción de fogones ahorradores de leña, manejo de residuos, filtros de aguas jabonosas, experiencia en rehabilitación de viviendas de adobe y la recuperación de la memoria histórica, en colaboración con organizaciones de base en la costa de Chiapas.

Paola Lizette Cruz Garay, pasante de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, y arquitecta. Con diplomados en procedimientos y sistemas constructivos tradicionales (UNAM), y análisis de lenguas y cultura de los pueblos indígenas contemporáneos (UNAM y CIESAS). Se ha dedicado a la investigación, documentación, difusión, elaboración de proyectos ejecutivos y de restauración de patrimonio construido con tierra y arquitectura vernácula.

Mariana Decorme Bouchez. Maestra en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad UV, arquitecta especializada en diseño ecológico y permacultor, diez años de experiencia en construcción natural y tecnologías apropiadas. Cofundadora de la Colectiva Bioreconstruye Chiapas (2017), colaborando en elaboración de proyectos ejecutivos para la gestión y administración de fondos, acompañando procesos comunitarios para la reconstrucción y rehabilitación de sus viviendas.

Javier Iván Rodríguez García, arquitecto independiente, capacitado en diversos diplomados nacionales e internacionales en bioconstrucción, construcción con madera y preservación de patrimonio construido con tierra, ha colaborado en diferentes organizaciones y colectivos, experiencia

en trabajo comunitario y miembro de la organización “Barrios, identidades y convivencia”, coordinador de la casa comunitaria Xiadani y El cow espacio de trabajo colaborativo.

Nicola Di Giulio, doctor en ingeniería ambiental, ha trabajado desde 2009 en diferentes empresas, centros de investigación y universidades en el desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de energía con bajo impacto ambiental. Enfocando su trabajo en procesos bioenergéticos, hidrógeno y captura de CO₂, colabora a través de consultorías con varias start-up y organizaciones en el sector de la ingeniería industrial, ambiental y civil.

SUBSIDIOS ESTATALES PARA REPARACIÓN DE VIVIENDAS, REVALORIZANDO EL ADOBILLO EN VALPARAISO

Valentina Dávila Urrejola¹, Claudio Vega Vásquez²

¹VADU Arquitectura, Chile, vaduarquitectura@gmail.com

²La ruta de la tierra, Chile, contacto@larutadelatierra.com

Palabras clave: cultura constructiva, patrimonio, unesco, Chile, SERVIU

Resumen

En el año 2019 se creó en Chile un subsidio de reparación de viviendas antiguas o patrimoniales con aporte del estado que beneficia hoy siete regiones del país, entre ellas la de Valparaíso (donde un área del casco histórico de la ciudad fue declarada Patrimonio de la Humanidad, Unesco 2013), siendo una importante contribución frente al proceso de obsolescencia de las viviendas de la ciudad. Sin embargo, éste no considera las particularidades constructivas de una edificación de tierra y menos las de sistemas constructivos propios del territorio como el adobillo. Con este artículo se pretende dar a conocer los sistemas constructivos del territorio así como el origen y desarrollo del sistema adobillo, relatar el proceso de difusión, levantamiento y postulación a subsidios para la reparación de viviendas patrimoniales desde la experiencia, identificando daños y patologías comunes en viviendas patrimoniales y evidenciando la importancia de hacer uso de los recursos estatales para la conservación de viviendas patrimoniales como una oportunidad para evitar el abandono de éstas y la gentrificación de zonas de conservación histórica. Al postular los subsidios y realizar las obras de reparación, se pudo constatar problemáticas en cuanto a cuestiones operativas y técnicas, ya que existe un vacío en cuanto a la compatibilidad de las obras con los reglamentos estatales, puesto que las técnicas de construcción con tierra no estaban consideradas dentro del listado nacional de materiales reconocidos por el Ministerio. De cualquier manera, la realización y ejecución de estos proyectos marca un precedente en las políticas estatales de revalorización del patrimonio no monumental en tierra.

1 INTRODUCCIÓN

Valparaíso es una ciudad ubicada junto al mar, a 120 kilómetros al noroeste de la capital de Santiago de Chile. Fue el puerto más importante de la costa sudamericana del Pacífico y tuvo un importante auge económico a finales del siglo XIX que quedó reflejado en su arquitectura, lo que fue factor clave para la declaración de un sector de la zona histórica de la ciudad como Sitio Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO el 2 de julio del 2003¹. Sin embargo, esto sólo corresponde a una parte de la ciudad, quedando invisibilizadas y sin incentivos grandes áreas que están reconocidas como Zonas de Conservación Histórica por el Plan Regulador Municipal y que constituyen parte del patrimonio arquitectónico de Valparaíso. Lamentablemente, este patrimonio se encuentra altamente vulnerable hoy en día, debido a los múltiples terremotos que han azotado a Chile a lo largo del tiempo y debido a la falta de mantención, puesto que en la mayoría de los casos, estas viviendas fueron construidas para albergar a grandes familias y hoy son propiedad de sus herederos o habitadas por subarrendatarios, que no tienen los recursos o la capacidad para hacerse cargo de las mantenciones necesarias.

En el año 2019, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), a través de sus Servicios Regionales de Vivienda y Urbanización (SERVIU) implementó un subsidio estatal para la reparación, mejoramiento o ampliación de viviendas patrimoniales, llamado Decreto Supremo N°255 (DS255) que regula el Programa de Protección al Patrimonio Familiar

¹ <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/zonas-tipicas/area-historica-valparaiso>

(PPPF), el cual data del año 2006, con el objetivo de dar una solución al creciente proceso de obsolescencia de estas viviendas.

Si bien, la implementación de estos subsidios implica un significativo avance en políticas públicas para la conservación del patrimonio, desde su publicación hasta su implementación se han detectado falencias que entorpecen y dificultan el desarrollo de proyectos adecuados para la reparación y mejoramiento de viviendas hechas con sistemas constructivos propios del territorio, como lo es el adobillo en Valparaíso.

En el presente artículo se explican las características de las técnicas con tierra presentes en la ciudad y se realiza un análisis, desde la experiencia de haber trabajado con los subsidios estatales, de cómo las políticas públicas actuales demuestran un desconocimiento de las culturas constructivas con tierra presentes en las obras patrimoniales.

2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL TERRITORIO, EL ADOBILLO COMO CULTURA CONSTRUCTIVA DE VALPARAÍSO

En Chile, existe una larga tradición constructiva con el material tierra que se remonta a épocas precolombinas. Según Jorquera (2014), los indígenas que habitaban el área de Valparaíso construían principalmente con ramas y tierra, siendo la quincha la técnica principal, que por sus cualidades biodegradables y debido a la posterior colonización española de las áreas donde se encontraban, hoy no quedan registros salvo por documentación de cronistas.

Tras la invasión española (siglo XVI) se introdujo la técnica del adobe, con la cual se construyó durante la conquista y el período colonial. En estos años, los impactos de los terremotos generaron grandes catástrofes en las construcciones por lo que la técnica se fue adecuando según la experiencia, tanto en fundaciones, tamaño de los muros, alturas, tamaño de vanos, uso de escalerillas, etc. Principalmente se erigieron los edificios institucionales y las viviendas de la aristocracia en adobe (figura 1), en cuanto el resto de la población construía sus viviendas con madera y tierra, similar al modo indígena, las que por esos tiempos fueron llamadas “ranchos”. Es importante destacar la permanencia en el tiempo de ambas técnicas constructivas con tierra, adobe y quincha, ya que el dominio de los materiales tierra y madera, serían la base para luego incorporar la técnica del adobillo, cultura constructiva que más tarde sería tan representativa de este territorio.



Figura 1: Casa de adobe en Quebrada Elías, Valparaíso, dibujada por Conrad Martens, 1834.
www.memoriachilena.gob.cl

Luego de la independencia de España en 1810, en Valparaíso como puerto principal del Pacífico sur y lugar de bienvenida a los inmigrantes al país, ocurre un proceso de transculturización en el que se adquirieron nuevas técnicas, tipologías arquitectónicas y materiales en una mediación entre constructores y arquitectos, extranjeros y chilenos. Cabe mencionar aquí la llegada de principalmente inmigrantes ingleses y norteamericanos,

quienes introdujeron las técnicas de estructuras en madera (sistema de plataformas o platform frame), madera aserrada dimensionada, sumado al uso de nuevos productos como clavos y planchas de zinc.

Con esto, en la ciudad hubo un aumento poblacional explosivo de 5.000 habitantes en 1810 a 40.000 en 1840 y en aumento (Olivares, 2018), por lo que fue necesario construir de manera rápida y eficiente comenzando a habitar de manera intensiva los cerros de la compleja geografía de Valparaíso. De ese modo, las tradicionales fábricas de gruesos muros de adobe o ladrillo y pesadas techumbres de tejas, con sus importantes obras de cimentación, resultan complejas a ese objeto debiendo dar paso obligado a otros tipos de soluciones constructivas (Duarte; Zuñiga, 2007), siendo este contexto en el que se desarrolla la técnica del tabique-adobillo. Esta nueva técnica constructiva permitió construir edificaciones de dos y tres pisos (figura 2), con muros de mayor altura superando los 3,5 m por piso, con vanos más amplios logrando mayor iluminación y ventilación, con cualidades sismoresistentes debido a la madera de los tabiques, y confort térmico y acústico debido a la tierra de los adobillos.



Figura 2: Casas de adobillo en Quebrada Elías, Valparaíso, 1892, Revista Eure.
www.memoriachilena.gob.cl

Es entonces que, en la época republicana, de las técnicas constructivas con tierra, las más representativas fueron el adobe, la quincha (o trillaje²) y el tabique-adobillo, y hoy en las edificaciones de las Zonas de Conservación Histórica de la ciudad podemos fácilmente encontrarlas y reconocerlas, siendo la técnica del adobillo la más representativa. Según la investigación realizada por Cisternas (2014), puede encontrarse en la mayoría de las edificaciones del área de la ciudad declarada por la Unesco "Patrimonio de la Humanidad" la técnica del adobillo, a veces también combinada con adobe, quincha, albañilería de ladrillo cocido y mampostería en piedra.

El tabique-adobillo se caracteriza por ser una técnica mixta de madera y tierra que está compuesta por elementos de madera verticales (llamados pies derechos), horizontales (soleras), arriostrantes (diagonales) y un listón instalado al interior del tabique en el que se ensamblan los bloques de adobillo unidos entre ellos con mortero de tierra. Este ensamble impide el vaciamiento de los bloques del muro ante sismos y es el que lo hace tan particular y pertinente a uno de los países más sísmicos del mundo.

Los bloques de adobillo se confeccionan a partir de la mezcla de tierra, paja y agua vertida en moldes de madera para luego ser secados de manera natural. La dimensión del adobillo más común encontrada en Valparaíso es de 45 x 10 x 10 cm. Los tabiques son

² Con listones de madera aserrada de 1"x1" que dispuestos horizontalmente entre los pies derechos y separados entre 1cm y 3cm configuran un entramado que es recubierto con un acabado de tierra y paja que eventualmente fue pintado o revestido por otros materiales (Jiménez, 2014. p.162).

generalmente de madera de pino oregón o roble en dimensiones 10 x 10 cm y 15 x 15 cm, y el listón generalmente es de álamo en dimensión 1"x1".

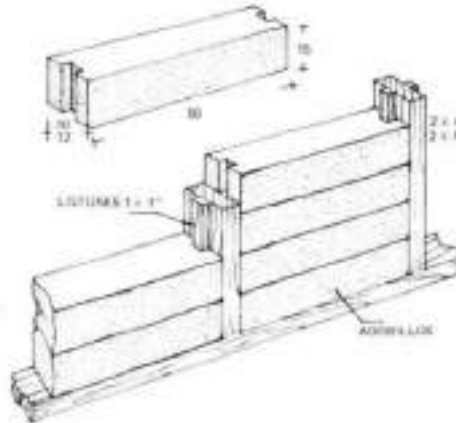


Figura 3: Ilustración de adobillos (Guzmán, 1980)

El adobillo configura un detalle constructivo poco conocido por los habitantes de Valparaíso, siendo la génesis de la arquitectura que ha definido gran parte del paisaje de la ciudad y su particularidad en el mundo, construida con tanta eficiencia y relevancia en los siglos XIX y XX, con distintos usos y tipologías arquitectónicas.

Hoy, los revestimientos exteriores (planchas de zinc, calamina, madera, cemento) e interiores (yeso, cal, papel mural) cubren una técnica constructiva que posee alta calidad sismorresistente, acústica y térmica, que además es muy pertinente como materialidad en respuesta a la actual crisis ambiental. La falta de valoración, poca mantención y el bajo conocimiento de la técnica resultan en un deterioro progresivo de inmuebles que la poseen y en una nula continuidad de la técnica en el ámbito de la construcción en nuestros días.



Figura 4: Casas en deterioro en la actual Quebrada Elías. Archivo propio

3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUBSIDIOS ESTATALES

El subsidio DS255 (2006) nace del reconocimiento por parte de las autoridades de un patrimonio familiar y cultural presente en las viviendas y barrios que componen el paisaje urbano y rural del país. Reconocen, además:

(...) la necesidad de detener el proceso de obsolescencia de barrios y viviendas con el fin de tender a la conservación de dicho patrimonio familiar y cultural, evitando que su pérdida de calidad termine por generar un deterioro total de éstas, y con ello provocar un segundo déficit habitacional con un impacto urbano y rural negativo, y una mayor demanda en los Sistemas de Subsidio Habitacional (Decreto 255, 2006, Considerando 2).

De esta manera el subsidio se subdivide en tres títulos que contemplan los siguientes tipos de intervenciones (Artículo 4º): Título I: Equipamiento comunitario y/o mejoramiento del entorno, Título II: Mejoramiento de la vivienda, Título III: Ampliación de la vivienda () .

El presente artículo se concentra en el Título II correspondiente a la reparación y mejoramiento de viviendas patrimoniales construidas en madera, madera-adobillo, quincha, pilar viga con envolvente de tapial, adobe, ladrillo, piedra, entre otros sistemas constructivos de similares características.

Se entienden como obras de reparación y mejoramiento de la vivienda, para este subsidio, aquellas que aborden temas de seguridad estructural de la vivienda, obras que mejoren la habitabilidad, obras de mantención general, proyectos de mejoramiento de bienes comunes edificados y obras de innovación para la eficiencia energética de la vivienda.

El reglamento que rige la aplicación de estos subsidios se basa en el “Decreto Supremo N°255 Viviendas Antiguas y/o Patrimoniales” que regula el PPPF del MINVI, pero cada año se efectúa un llamado único a través de Resoluciones Exentas que establecen las fechas de postulación y las condiciones especiales para el desarrollo de los proyectos y las obras.

Algunas condiciones que determinan la elegibilidad de las viviendas son las siguientes:

- Las viviendas deben ser catalogadas como inmuebles de conservación histórica (ICH), monumentos históricos (MH) o bien estar emplazadas en zonas típicas (ZT) o zonas de conservación histórica (ZCH). En el caso de los MH y ZT, la entidad encargada de designar estos títulos es el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), mientras que las categorías de ICH y ZCH son definidas por el Plan Regulador Comunal.
- En el caso de ICH y ZCH, los proyectos deben contar con la autorización de una tercera institución que figura en el proceso, la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo (SEREMI). Para el caso de MH y ZT, la autorización debe venir desde el CMN.
- Pueden postularse viviendas antiguas que no posean las características anteriores, siempre y cuando hayan sido “construidas con anterioridad a la Ley General de Construcciones y Urbanización DFL N°345, de 1931.
- Las viviendas deben tener uso habitacional, es decir, no se pueden postular viviendas que tengan uso comercial, tales como hoteles, tiendas, restaurantes, etc.

SERVIU exige que cada postulante sea capaz de acreditar un ahorro mínimo para las postulaciones, que pueden ser individuales o colectivas. En el caso de postulaciones colectivas, debe figurar un representante. El subsidio permite que las postulaciones sean hechas por los propietarios, arrendatarios o los tenedores legítimos de la propiedad.

Las carpetas técnicas para postular deben contener un informe de diagnóstico del deterioro que incluya planimetría, levantamiento fotográfico y de daños. Además se debe incluir el título de propiedad, una reseña histórica y planimetría (lo cual se debe ingresar en forma paralela a una tercera institución; la SEREMI). Por último, las carpetas deben contener un Plan de Habilitación Social, destinado a capacitar a las familias sobre el uso, cuidado y mantención de las obras, así como también para fortalecer la identidad de viviendas patrimoniales.

Para la clasificación de los proyectos, el decreto ha establecido un sistema de puntajes basado en 3 criterios:

1. La tipología de las obras a realizar: Mejoramiento del sistema eléctrico, reparación de la techumbre, reparación de cielos, reparación superficial de muros interiores o fachadas, estructura y revestimiento de pisos y entresijos, reparación de redes sanitarias y otras obras de mantención.
2. La antigüedad de la vivienda.
3. El número de habitantes.

Cada uno de estos criterios tiene una ponderación que se aprecia de mejor manera en la tabla 1.

Tabla 1: Tabla de puntaje en llamado del SERVIU

Variable	Categorías	Puntajes	Ponderador
Obras prioritarias	a) Obras de mejoramiento del sistema eléctrico	100	80%
	b) Obras de reparación de la techumbre	90	
	c) Obras de estructura y revestimiento de piso y entepiso	80	
	d) Obras de reparación de cielos	60	
	e) Obras de reparación superficial de muros interiores y/o de fachadas	40	
	f) Otras obras de mantenimiento	0	
Antigüedad de la vivienda	1 punto por cada año de antigüedad de la vivienda, considerando un máximo de 100 años	0-100	10%
Número de habitantes	Más de 10 personas	100	10%
	5 – 10 personas	50	
	1-4 personas	25	
Total			100%

Cada proyecto puede acceder a un monto base del subsidio el cual aumenta en proporción a la superficie total de la vivienda. De igual manera, el decreto otorga la posibilidad de solicitar incrementos para complementar los proyectos originales: para la regularización de la vivienda, para la reparación estructural de muros, para el control de plagas, para la accesibilidad universal y para el retiro de asbesto cemento.

De esta manera, los proyectos son concebidos a suma alzada, es decir, se deben ajustar las posibilidades de intervención al monto máximo permitido por la superficie y los incrementos solicitados.

El proceso de estudio y postulación tiene etapas, que vienen definidas por fechas establecidas en cada llamado regulado por la Resolución Exenta emitida por el MINVU de manera general para todas las regiones.

4 EXPERIENCIA DESDE LA DIFUSIÓN A LA EJECUCIÓN DE OBRA

En esta parte del artículo se relata la experiencia de los autores en levantar proyectos de mejoramiento y reparación de viviendas patrimoniales construidas con tierra para postulación del subsidio, explicado en el punto anterior, analizando tanto cuestiones operativas estatales, así como cuestiones técnicas del caso a presentar.

En primera instancia, es relevante contextualizar que la creación de estos subsidios ocurre en el año 2019, con posibilidad de postular sólo en tres regiones (Coquimbo, Santiago, Valparaíso) de las 16 del país, con poca difusión al público objetivo y poco tiempo de creación de proyectos para postulación.

Los autores de este artículo, de manera autogestionada, realizaron charlas en juntas de vecinos para dar a conocer a la comunidad el nuevo subsidio, donde se mostraron los beneficios y las limitaciones de este. Así, se realizaron visitas de inspección para descartar viviendas con daños menores o estéticos, ya que no lograrían calificar por puntaje. También se descartaron casas que poseían ampliaciones hechas de manera irregular, ya que era

imposible asumir la responsabilidad estructural por obras realizadas de manera precaria y sin asesoría técnica.

En un plazo de dos meses aproximadamente se confeccionaron planimetrías, cubicaciones, presupuestos y especificaciones técnicas para cuatro viviendas patrimoniales, las cuales debían ser ingresadas en cuatro carpetas para cada caso, correspondientes a los departamentos técnico, administrativo, jurídico y social.

Fue durante este periodo que en Chile se desató de manera súbita un proceso político y social llamado “estallido social”, que conmocionó tanto al país como a la comunidad internacional debido a las masivas movilizaciones donde millones de personas salieron a las calles para expresar el descontento generalizado hacia el modelo socioeconómico neoliberal. En este contexto muchos organismos estatales, tales como el Municipio de Valparaíso paralizaron sus actividades de manera indefinida, lo cual impidió que se obtuvieran algunos documentos y certificados necesarios para la postulación. Ante esta situación, se solicitó al SERVIU la extensión del plazo para postular, cuya respuesta fue negativa argumentando que desde el Ministerio no se autorizaba dicha solicitud. Fue así como la postulación en el año 2019 no pudo realizarse por los autores, debiéndose comunicar esto a los propietarios quienes entendieron la complejidad de trabajar dado el contexto social que se vivía en el país.

Al año siguiente, la pandemia mundial de Covid-19 obligó a modificar la entrega física de las carpetas por entregas digitales mediante un sistema informático incipiente con algunas deficiencias, como el no permitir el ingreso de los montos totales solicitados, por lo que se tuvo que ingresar un monto menor que aceptara el sistema, el cual sería corregido por el mismo SERVIU una vez aceptados y aprobados los proyectos.

Una vez publicados los resultados se constató que el monto aprobado no había sido corregido y se aprobó el monto menor ingresado debido al error del sistema informático. El reglamento establece que una vez aprobados los proyectos existe un plazo de 30 días para iniciar las obras, por lo tanto, fue necesario solicitar una prórroga para extender dicho plazo, ya que, sin contar con los presupuestos totales solicitados, no se podría llevar a cabo el proyecto completo que había sido ingresado.

En el subsidio existe una limitación establecida en el reglamento, la cual establece un tope máximo de 25% del total del presupuesto para la incorporación de partidas de obras que no se encuentren en el listado de materiales reconocidos por el SERVIU. Las partidas en base a tierra, como estucos gruesos y finos en tierra, rellenos de tierra alivianada, adobes, adobillos, entre otros, no forman parte de este listado, por lo tanto, las obras con tierra deben limitarse, cuestión incongruente con edificaciones construidas en adobe, adobillo y quincha, pero que debió ajustarse en los proyectos para su aprobación.

La primera vivienda, postulada por los autores de este artículo, en la cual se ejecutaron obras fue una vivienda de dos pisos, de 261,2 m² totales en la que viven dos adultos mayores. La casa fue construida en 1890 por su bisabuelo.

El inmueble es patrimonial, ubicado en el Cerro Larraín, en ZCH de Lotes Fundacionales de Valparaíso; posee tipología, volumetría y sistemas constructivos representativos de la arquitectura local: fundaciones en piedra, estructura principal en primer piso de muros de adobe y en segundo piso de tabique-adobillos con algunas divisiones internas en quincha, con revestimientos de muros exteriores en cemento (no originales, realizados 1960) e interiores en yeso, y revestimiento de pisos y cielos en madera.

Al momento de la evaluación para la postulación, la vivienda presentaba grietas graves en muros con revestimiento de cemento que colindan con escalera y acera peatonal (lo que podría ser un peligro de derrumbe ante terremoto) además de presentar otros daños importantes en su estructura de madera por presencia de plagas de termitas y en su sistema eléctrico al encontrarse fuera de normativa. Presentaba otros daños menores como grietas y fisuras en revestimientos, y daños en sus canaletas y bajadas de agua de hojalatería. La evaluación de la vivienda fue realizada en base a una visita técnica en la que se hizo un

levantamiento geométrico y levantamiento de daños según una evaluación visual, sin realizar prospecciones puesto que la casa estaba habitada y los recursos disponibles para el proceso de postulación hacían imposible intervenir la vivienda para una evaluación más específica.

En general, los daños y patologías presentados en las viviendas patrimoniales de Valparaíso tienen relación a lesiones físicas por humedad ya sea por capilaridad, filtración o condensación. Al poseer materiales biodegradables como tierra y madera, el agua se presenta como un factor de riesgo cuando no es evacuada y no se permite su fluidez fuera de la vivienda. Con esto, se producen lesiones mecánicas como deformaciones en maderas (flechas, pandeos, alabeos, desaplomes), grietas y fisuras, hasta desprendimientos en muros (soplado de estucos, desprendimiento de recubrimiento o vaciado de muros). También se producen lesiones químicas como eflorescencias, oxidación y corrosión en metales y presencia de algunos organismos (animales, vegetales). Daños importantes también se producen a causa de incendios, principalmente por cortes eléctricos cuando los antiguos sistemas no soportan la demanda eléctrica contemporánea. Es por esto que el subsidio otorga mayor puntaje justamente ante estos dos factores, a mejoramiento del sistema eléctrico y a obras de reparación de techumbre para evacuación de aguas lluvias.

Las obras que se realizaron en la vivienda fueron las siguientes, de acuerdo a la planimetría ejemplificada en la figura 5:

- Mejoramiento del sistema eléctrico
- Reparación de techumbre (Tapacan y canaletas)
- Reparación de estructura de madera-adobillos
- Reparación de muros interiores y de fachadas
- Consolidación estructural con malla electrosoldada en muro de adobes

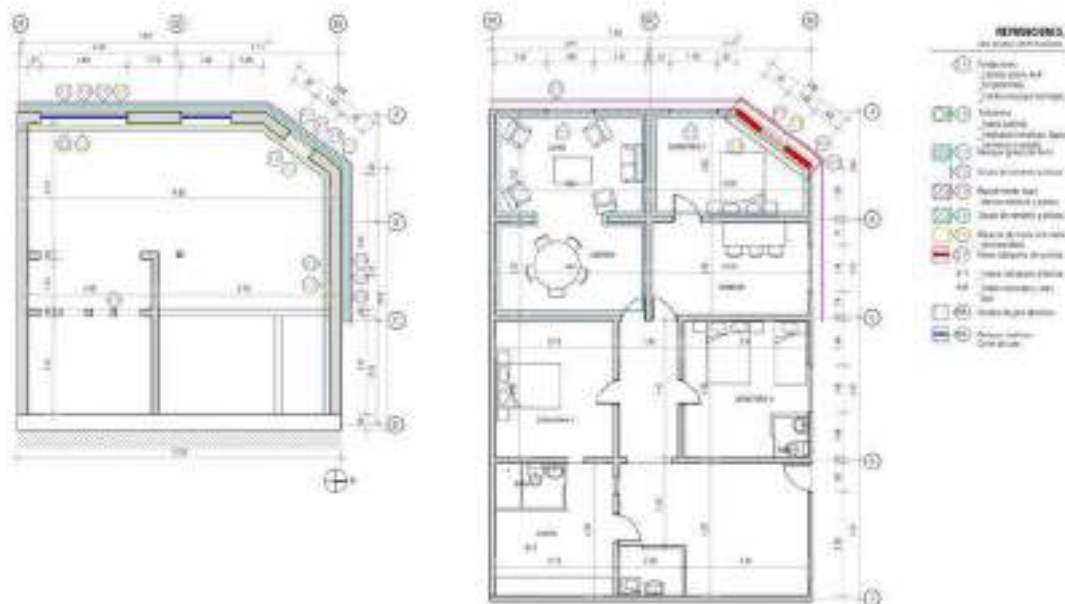


Figura 5: Planimetría de la vivienda y simbología de reparaciones.

La obra comenzó con el retiro de los estucos del primer piso para dar paso a la consolidación estructural del muro de adobe mediante la instalación de malla electrosoldada. Si bien este muro no presentaba grietas significativas, su índice de esbeltez bordeaba el límite que acepta la NCh 3332 (2013), por lo tanto su refuerzo estructural fue de carácter preventivo, según lo que indica CDT (2012).

Al momento de retirar los estucos del segundo piso se pudo constatar la existencia de una puerta original en el sector del ochavo, la cual fue restaurada y transformada en ventana,

devolviendo este atributo patrimonial y generando una imagen armónica con las construcciones de esquina históricas del sector.

Como revestimiento final se optó por realizarlo de la manera original como fueron construidas estas viviendas, con planchas de zinc microondulado las cuales van instaladas sobre un encintado de madera impregnada de 1x2", sobre estucos de tierra, lo cual genera un sistema de fachada ventilada al permitir el paso del aire entre la madera y las ondas de la plancha de zinc.

Fue durante la obra que se descubrieron daños no identificados en el proceso de levantamiento debido a la ausencia de prospecciones, que debieron ser comunicados al inspector de SERVIU, quien autorizó a una modificación del proyecto, la cual se realizó mediante un lento proceso que bajo ninguna circunstancia era compatible con el tiempo de una obra de construcción. De todas formas la obra continuó su curso y fue posible realizar modificaciones para priorizar el reforzamiento estructural, debiendo descartar obras de carácter estético como el cambio de cielos y algunas pinturas contempladas en el proyecto inicial, finalizando de buena manera.



Figura 6: Obras realizadas: a) retiro de estucos interiores; b) reforzamiento de muro de adobe con malla electrosoldada; c) retiro de estucos en segundo piso y colocación de estucos en primer piso. Abertura de vano en ochavo



Figura 7: Obra realizada: a) antes de la intervención donde se observan evidentes fisuras en los estucos de cemento; b) Después de la intervención con revestimiento de acuerdo al estilo original de las viviendas patrimoniales de Valparaíso

Es importante mencionar que la obra fue valorada por vecinos del sector quienes reconocen el impacto positivo que genera la reparación de la vivienda en el barrio. Así también, vecinos manifestaron su sorpresa al notar que bajo el revestimiento de cemento existía el adobe y el adobillo, llevándolos a un nuevo nivel de comprensión de viviendas patrimoniales que

históricamente esconden sus sistemas constructivos en tierra. Con este subsidio, otras viviendas del área serán reparadas entre 2021 y 2023 por los autores.

5 CONCLUSIONES FINALES

La creación de los subsidios habitacionales para la reparación y mejoramiento de viviendas patrimoniales marca un hito importante en la valoración del patrimonio doméstico por parte del estado, siendo una oportunidad para rehabilitar aquellos barrios de la ciudad que han quedado invisibilizados debido a su deterioro progresivo pero que siguen siendo parte importante de la configuración arquitectónica de sectores populares e históricamente emblemáticos.

En cuanto a cuestiones operativas del subsidio, según la experiencia relatada en el presente artículo, quedan manifestados los obstáculos propios del sistema que actúan como agentes detractores de este tipo de proyectos debido principalmente a su funcionamiento centralizado. Se han mencionado las instituciones; MINVU y SERVIU, los que en su accionar, en lugar de agilizar los procesos y prestar un mejor servicio para la resolución de imprevistos y apoyo hacia los proveedores técnicos, generan una mayor burocracia y obstaculización en la búsqueda de soluciones, ya que todas las solicitudes de soluciones, modificaciones y prórrogas deben ser aprobadas en la capital, Santiago de Chile, por parte del MINVU, muestra del sistema jerárquico y centralizado que se vive en Chile. Otras muestras de la centralización, se manifiestan con la falta de incrementos de recursos para obras complementarias de trabajos en altura o contención del terreno, característico de una ciudad con la topografía de Valparaíso, demostrando una desconexión con los territorios, así como la falta de reconocimiento de los sistemas constructivos con tierra, que no permite sobrepasar más del 25% del presupuesto total, lo que obliga a realizar proyectos acotados o deficientes. Es relevante además mencionar que tanto la remuneración para los prestadores de servicios de asistencia técnica como los precios unitarios pre-establecidos para la confección de los presupuestos de obras se encuentran muy por debajo de los precios del mercado, lo cual deja de ser un incentivo para los profesionales cuya vocación de servicio y motivación por realizar obras sociales se ve además mermada al tener que enfrentar obstáculos operativos y técnicos.

La inclusión de sistemas constructivos con tierra en obras de viviendas patrimoniales dentro de proyectos estatales se configura aún con variados obstáculos, demostrando fallos en un sistema que no da respuesta al cambio de conciencia que se viene manifestando en la sociedad en cuanto a la dignidad de las personas y al diálogo con el territorio. De cualquier manera, es importante destacar que la implementación de estos subsidios marca un precedente en cuanto a visibilizar y valorar el patrimonio doméstico en la ciudad, impactando no sólo a los propietarios de las viviendas, sino que también a los vecinos del sector, contribuyendo a evitar la gentrificación y a mantener el carácter patrimonial y socio-ambiental de barrios históricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CDT – Corporación de Desarrollo Tecnológico (2012). Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda. Manual de Terreno. Chile: Cámara Chilena de la Construcción.
- Cisternas, Rocío (2014). El adobillo de Valparaíso, su rol en la conformación del patrimonio. Seminario de investigación, Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.
- Decreto 255 (2006). Reglamenta programa de protección del patrimonio familiar. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=257828>
- Duarte, G; Zúñiga, L, (2007). Valparaíso cosmopolita: los efectos de la disposición de la técnica como parte de un espíritu progresista del siglo XIX. Revista de Urbanismo, 17, Universidad de Chile.
- Guzmán, E. (1980). Curso elemental de edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Editorial Universitaria.

Jorquera, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. Revista AUS 16.

NCh 3332 (2013). Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural. Chile: Instituto Nacional de Normalización.

Olivares, N. (2018). Estudio del proceso de poblamiento de sus quebradas y cerros 1536 – 1900. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso

AUTORES

Valentina Dávila Urrejola, Magíster en Arquitectura mención Sustentabilidad y Resiliencia PUC/RJ de Brasil, Arquitecta de la Universidad de Chile. Creadora de VADU Arquitectura, oficina de arquitectura especializada en proyectos socio-ambientales. Dirige la Entidad Patrocinante de su nombre, postulando y ejecutando proyectos sociales ante el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Currículo completo en <http://lattes.cnpq.br/4668250014418032>

Claudio Vega Vásquez, Diplomado en Construcción en Tierra: Tradición e Innovación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Ingeniero Constructor de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Creador de LA RUTA DE LA TIERRA, empresa constructora encargada de ejecutar proyectos de restauración patrimonial estatales y privados, construcción sustentable y organización de talleres teórico/práctico para la capacitación de la comunidad y maestros en obra.

INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO DE TIERRA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

Birmania Giles Castillo

Dirección de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Salta (DIPAUS)
Secretaría de Cultura de la Provincia de Salta – Argentina., bir58.giles@gmail.com

Palabras clave: restauración, casonas, adobes, sistemas de rehabilitación

Resumen

La Provincia de Salta, en el noroeste de Argentina, posee un vasto patrimonio arquitectónico histórico, construido con tierra, que aún perdura. Al respecto, el Gobierno Provincial, como uno de los ejes de sus políticas públicas, viene implementando un importante plan de inversión en la preservación y puesta en valor del patrimonio cultural, ligado al desarrollo turístico y productivo. El presente artículo, expone dos casos de intervención en monumentos históricos nacionales de los siglos XVIII y XIX, construidos con tierra, ubicados en el Centro Histórico de la Ciudad de Salta, zona catalogada de riesgo sísmico 3, y donde se actuó con criterios de mínima intervención posible, reversibles y de máxima eficacia. Para evaluar los beneficios y perjuicios antes de ejecutar cualquier acción en el patrimonio arquitectónico, se han cumplimentado los siguientes pasos como metodología de intervención: descripción e identificación, análisis y diagnóstico; evaluación, intervención y revisión. Los trabajos a exponer son la consolidación y reforzamiento de Casa de Leguizamón, donde se utilizaron nuevos materiales (geomalla) en su reforzamiento y la restauración y reconstrucción de Casa Güemes, para que funcione allí un museo; en esta obra se intervino con restauración en un sector y reconstrucción en otro, los muros fueron reforzados con sogas de nylon. Se mostrarán patologías recurrentes en este tipo de construcción; la experiencia en el uso de nuevos materiales y los problemas que surgen en la obra.

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Salta, en el Noroeste de Argentina, posee un vasto patrimonio histórico - arquitectónico construido con tierra, desde testimonios prehispánicos únicos, hasta pueblos y edificios que han perdurado hasta nuestros días. Se relatan en esta ponencia, dos experiencias de intervención en este patrimonio; dos casonas de los siglos XVIII y XIX con modificaciones en el S. XX, construidas con tierra y ubicadas en el Centro Histórico de la Ciudad de Salta, - zona catalogada por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica. INPRES- de riesgo sísmico 3.

Estas obras de intervención, Casa de Leguizamón y Casa Güemes, fueron realizadas por la Dirección de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Salta (DIPAUS), dependiente del Ministerio de Cultura y Turismo de la Provincia, con financiamiento del Banco Interamericano de desarrollo (BID), con fondos destinados al sector de turismo. Ante la carencia en el país de una normativa o recomendaciones para intervenir en edificios históricos construidos con tierra, en zonas de riesgos sísmicos, se tomó de referencia la norma peruana E.080 (2017), teniendo en cuenta además distintas cartas de conservación, como la de Zimbabwe (ICOMOS, 2003).

La DIPAUS, en esto trabajo, entre otros, y para poder evaluar los posibles beneficios y perjuicios antes de ejecutar cualquier acción en los mismos, ha establecido algunos pasos como metodología de intervención: descripción e identificación, análisis y diagnóstico, evaluación, intervención y revisión.

2. CONSOLIDACIÓN Y REFORZAMIENTO DE CASA DE LEGUIZAMÓN

Casa de Leguizamón, o Casa de Arias Velázquez, edificio de dos plantas construido con adobes, ubicado en el Centro Histórico de la ciudad de Salta, a una cuadra de la plaza de

fundación, se trata del proyecto y obra para la consolidación, reforzamiento y restauración integral de uno de los más valiosos testimonios de la arquitectura doméstica de comienzos del siglo XIX.

2.1 Antecedentes de gestión

Monumento Histórico Nacional por Decreto N° 1739 del 19/07/1979 del Estado Nacional, después de múltiples tasaciones y gestiones tras casi tres décadas de su nominación y en estado de abandono, este edificio, en 2007, es adquirido por el Estado Nacional, que, en el 2008, lo cede al Estado Provincial para su custodia y preservación. Dado el estado de deterioro en que se encontraba, este inmueble, luego de estar apuntalado durante mucho tiempo, fue prioritaria su consolidación y reforzamiento estructural, y en su momento hubo dos propuestas de intervención muy distintas.

Luego de una exhaustiva evaluación por distintos organismos y profesionales especialistas, se optó por la menos invasiva, elaborada por la DIPAUS con el asesoramiento de profesionales de la Pontificia Universidad Católica de Lima, que propusieron la consolidación de la casa, reforzando la estructura original con nuevos materiales, compatibles, durables y reversibles.

Este proyecto fue aprobado y supervisado, por la Comisión Nacional de Monumentos, Museos y Lugares Históricos (CndeMMMydeLH), por lo que la Provincia ejecutó esta última propuesta, a la vez la DIPAUS gestionó ante el revisor de la norma de prevención sísmica del Consejo de Ingenieros de la Provincia, para que la intervención, en este tipo de edificios, tenga consideración diferente a la obra pública común.

2.2 Datos históricos, tipológicos y tecnológicos

Esta vivienda se comenzó a construir alrededor de 1810 para la familia de Juan Galo Leguizamón, un próspero comerciante de la época, en el predio que integraba el solar original de una importante casona colonial, que se subdividió, dando lugar a esta edificación.

Es uno de los pocos ejemplos de arquitectura de transición al siglo XIX que quedan en Salta, construida sobre la línea municipal, su tipología es de casa en esquina de dos plantas, que se estructuran alrededor de dos patios a los que se accede desde las dos calles; tiene doble puerta con columna esquinera en planta baja y balcón corrido en todo el piso superior. Ha conservado en la planta alta su fisonomía original, con mobiliario de gran interés histórico costumbrista de la época.

La planta baja funcionaba como comercio y, la planta alta, como vivienda de la familia, donde estaban los dormitorios, el comedor y una elegante sala.

La estructura resistente de la casa es de gruesos muros de adobe; los sobrecimientos, de un encofrado de piedras con barro, estaban enchapados con ladrillos, asentados sobre un relleno de piedras y barro de 0.30 cm de profundidad. Los muros de adobes de planta baja posiblemente correspondientes a distintas épocas, tienen espesores que van desde 45 a 90 cm, la altura de 4.74 m; y la esbeltez que varía entre 5,4 a 10 en los de menor espesor (presumiblemente más nuevos).

En planta alta los muros, también de adobes, estaban empapelados o entelados; en algunos, había restos de pintura mural bajo varias capas de papel. Los entrepisos y el balcón corrido, de vigas o ménsulas de madera, alfajías, tejuelas y baldosas cerámicas. El techo oculto por cielorrasos de lienzos pintados a mano es de cabriadas de madera, alfajías, tejuelas y tejas, y desaguan por gárgolas metálicas hacia las calles.

2.3 Estado de la construcción antes de la intervención

La casona estuvo abandonada durante años y presentaba un serio estado de deterioro, por lo que fue necesario proceder a su apuntalamiento interior y exterior, y realizar tareas de mantenimiento preventivo en la cubierta, mucho tiempo antes del inicio de las obras de consolidación y restauración.

A nivel general, en los muros, se identificaron sectores donde existían grietas importantes –7 a 10 cm de ancho- de vieja data y fisuras de distinta índole, hundimientos del piso por asentamientos diferenciales y desplomes de muros.

En la planta baja, los muros enchapados con ladrillos hasta 1 m de altura presentaban deterioros en la base, eflorescencia, disgregación y erosión del material, tornando inestable la estructura portante.

En la planta alta, grietas diagonales en la zona de dinteles y distintas fisuras en la parte media del plano se visualizaban a través del empapelado. Los muros presentaban descohesión respecto de los revoques de cemento y cal, las superficies del revestimiento -papel y tela- con humedad residual. En muchos sectores, el muro estaba pandeado, con grietas longitudinales en el interior del mismo, que lo fragmentaban - laminación-. Las habitaciones que rodean el segundo patio, se encontraban en ruinas, con muros colapsados.



Figura 1. Vista de fachadas antes de la intervención



Figura 2. Estado de los muro en planta baja

2.4 Causas del deterioro

Las principales causas de los daños producidos en el edificio se deben, principalmente, a defectos de construcción, a las desacertadas intervenciones posteriores, usos inadecuados, el desconocimiento de las técnicas y, sobre todo, a la falta de mantenimiento.

- La edificación presentaba problemas de origen: prácticamente sin cimientos, los muros con adobes de distintos tamaños carecían de trabas en los encuentros, muchos de ellos solo estaban adosados uno al otro, por lo que se presume que fueron construidos en distintas etapas y épocas
- La humedad por capilaridad causó deterioros de magnitud, tanto en los sobrecimientos como en los muros de adobe, poniendo en peligro la estabilidad del edificio

Se ocultó el problema de humedad en la base de los muros, con revoques cementicios y enchapados de ladrillos, lo que acentuó más el problema, disgregando el material confinado

- En la planta baja, la eliminación de algunos muros, con el fin de generar espacios más amplios para el uso comercial, provocó graves daños estructurales, dejando sólo vigas que soportaban la carga de los muros de planta alta, provocando hundimientos en la estructura del entrepiso por exceso de cargas permanentes. Se dejó, a la vez, sin arriostres perpendiculares los muros, alterando la geometría estructural.

La ampliación de vanos y la abertura de otros, colaboraron al deterioro y aparición de grietas que se concentraban en el sector donde se realizaron estas intervenciones

- No se deja de lado considerar que algunas de estas fallas – grietas-, se hayan magnificado durante algún evento sísmico, especialmente en los muros de la planta alta

2.5 Propuesta de intervención y ejecución de la obra

Se trataba de la intervención en un edificio monumento histórico nacional de dos plantas, construido con tierra, con graves problemas estructurales y su refuncionalización para usos compatibles con los valores esenciales a preservar, adaptando los espacios a las nuevas funciones de “Complejo de Museos”, integrado al existente Museo “Casa de Arias Rengel” ubicado en el predio colindante

Para la elaboración de la propuesta de intervención, se recopiló toda la información posible, se realizó un relevamiento exhaustivo, completado con un mapeo de daños de todo el edificio. Se hicieron estudios de suelo y sondeos en los cimientos y ensayos básicos para caracterización de los adobes. En esta etapa no fue posible retirar todo el revoque ni el empapelado de las salas de la planta alta.

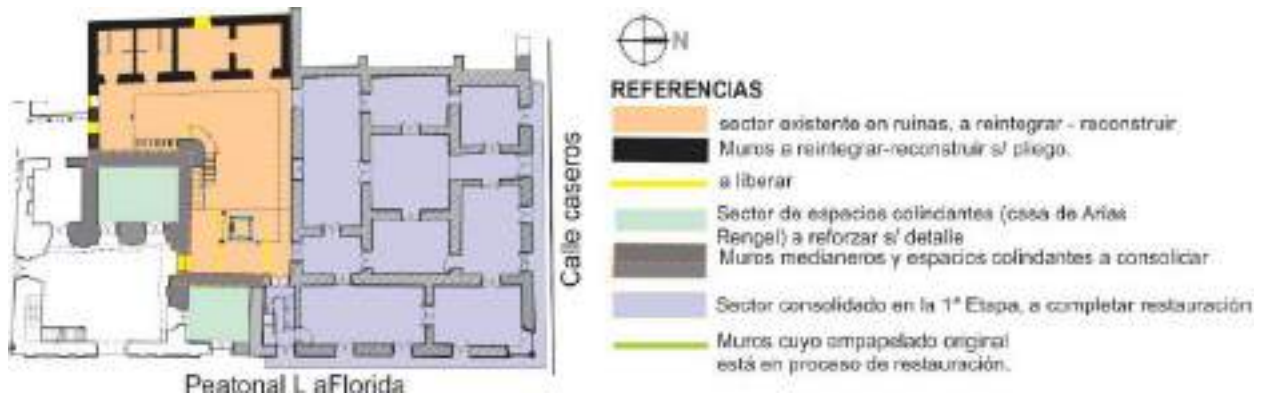


Figura 3. Plano planta baja y esquema de intervención

Por razones de presupuesto, se propuso trabajar por etapas, ejecutando, en la primera (año 2011-2013), la consolidación y el reforzamiento de todas las habitaciones que rodean el primer patio (el patio más pequeño), que es el sector más representativo de la vivienda, y que está destinado a exposiciones libres en planta baja y a recrear la vida del siglo XIX. La planta alta, para lo cual se contó con documentación histórica escrita, fotográfica y todo el mobiliario original de la casa, está en proceso de restauración. En esta etapa se planteó consolidar el sistema estructural existente, mejorar las conexiones entre los elementos constitutivos e incluir un sistema de refuerzo adicional compatible.

En la segunda etapa, se realizaron la restauración integral de todo el edificio, intervino en el sector del segundo patio, donde se reconstruyeron los muros de la parte que se encontraba en estado de ruinas, respetando la técnica y los espacios originales; se rescató el patio, liberándolo de las construcciones agregadas, recuperando sus proporciones y jerarquía.

En este patio, se instaló un ascensor de vidrio con estructura metálica, de lenguaje contemporáneo, que facilita el acceso a la planta alta

En la intervención de cimientos y sobrecimientos, se realizó la “cimentación”, conforme las recomendaciones vertidas en los informes de los estudios de suelo, ampliando la superficie de los cimientos y llevando el nivel de fundación, donde se encuentra un suelo más firme.

Debido a fallas en el sobrecimientos y laminación en la base del muro, que causó el desmoronamiento de algunos tramos, se tomó la decisión, de manera distinta al reemplazamiento de los sobrecimientos de piedra y barro previsto en el proyecto ejecutados con hormigón ciclópeo por tramos alternados, se optó por consolidarlos y confinarlos con un zuncho de hormigón armado (malla con hierro del 8 con 20), dejando rejillas de ventilación en el mismo.

Una vez que se concluyó con el confinamiento de los sobrecimientos, se inició la ejecución de los cimientos, de forma alternada y de a mitades.



Figura 4. Refuerzos de sobrecimientos



Figura 5. Atando los conectores de la malla

Para los muros, además del retiro previo del revoque, se realizaron tres tipos de acciones: recalces y reintegración de muros, resane de grietas, y refuerzos.

- En varios sectores de la planta baja, los muros se encontraban laminados (grieta en el interior del muro), de manera que no trabajaban de forma monolítica, tendiendo a abrirse hacia los lados, por lo tanto hubo que reconstruir por sectores, restituyendo las piezas dañadas. Este delicado trabajo demandó tiempo, dedicación y un adecuado apuntalamiento, pues hubo que “sostener” el piso superior para “rehacer” los muros de la planta baja
- Los muros que fueron eliminados en algún momento de su historia, a los efectos de recuperar la proporción de los espacios y devolver la geometría estructural original, generando arriostres verticales entre largos de muros, a menor distancia, fueran reconstruidos.
- Para los muros de la planta alta, sin unión en los encuentros, y con grietas severas, se aptó por colocar trabas de madera, a la vez de restituir la unión con nuevos adobes, y también reparar muros agrietados, con inyecciones de barro.
- Se decidió colocar refuerzos como el enmallado con material sintético, para controlar a los efectos de los desplazamientos ante eventuales movimientos sísmicos, sin perjudicar localmente los elementos estructurales de tierra

El sistema de refuerzos con geomalla, fue propuesto por el asesor del proyecto quién, junto con un equipo de profesionales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, ha realizado investigaciones que corroboran que estas mallas, aplicadas en la forma descrita, tienen un comportamiento superior a otros refuerzos conocidos

Estos refuerzos consisten en la inclusión de mallas de polímeros entre el revoque de barro y el muro de adobe; colocadas en ambas caras de la pared, que se vinculan entre sí, por medio de amarres con cordones de rafia reforzada ó polímero que atraviesan el muro cada 30 a 40 cm en ambos sentidos (vertical y horizontal). Este material, es durable y compatible con la tierra.

Estas mallas que se colocaron en ambas caras de todos los muros de planta baja y alta, se vinculan a las vigas y alfajías perimetrales del entrepiso y también a la estructura del techo. Esta conexión es importante para el trabajo conjunto de todos los elementos estructurales. En la planta alta, además, se colocan, en todo el perímetro de la parte superior de los muros, tensores de nylon de 3/4" de espesor con resistencia de 2700 kgf/m a la tracción, vinculados a la geomalla.

Para la intervención en entresijos y techos, se retiró el piso, la carga de asiento –capa de tierra- y las tejas; dejando solo los elementos de madera en buen estado. Al rearmar los entresijos, sobre las tejas, se colocó una capa de compresión armada, un contrapiso con hormigón alivianado; antes de recolocar las baldosas cerámicas originales de planta alta.

En el techo, se desmontaron las tejas, tejuelas y la estructura de madera en mal estado (cabriadas y alfajías), se adicionó una alfajía en todo el perímetro del muro a modo de viga corona, donde se fijó la geomalla.

El pilar esquinero de quebracho colorado, que estaba revestido con revoque cementicio y malla de alambre, fue restaurado: se cortó la parte baja del fuste y parte de la raíz que hacía de cimient, por el pésimo estado en este sector, colocando un perfil anclado a una base de hormigón armado y un capuchón metálico de contención que luego se revistió con un zócalo de madera.

Por motivos estéticos, solo una parte de la instalación eléctrica quedó embutida. La instalación sanitaria se concentró en un sector con el fin de alejar el agua de los muros de adobes.



Figura 6. Vista de la sala. Mobiliario de época



Figura 7. Fachadas, después de la intervención

2.6. Reflexión

Esta es una intervención que sentará precedentes en la restauración del patrimonio arquitectónico en Salta, en cuanto a la consolidación y el reforzamiento estructural de la edificación de tierra, dado que es la primera vez que se utilizan estos materiales. Conlleva también una actuación conjunta con el Consejo de Ingenieros de la Provincia-Ente Revisor de la norma sismoresistente, y el poder político a los efectos de lograr las recomendaciones necesarias para la intervención en este tipo de técnica, posibilitar el destino de fondos públicos a la construcción con tierra. Aportando a la capacitación de la mano de obra y empresas. Como asimismo en una necesaria adaptación de los sistemas de contratación para la ejecución de las obras, que no se adaptan a la realidad, estas se licitaron por sistema de Ajuste Alzado, cuyo monto fijo no admite imprevistos; los plazos estipulados, a veces no son redituables para la Empresas Contratistas y los trabajos requieren la presencia permanente en obra de profesionales con experiencia.

3. RESTAURACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN EN CASA GÜEMES

Esta típica casona de la arquitectura del dominio español es un valioso y único testimonio inmueble en el centro histórico de Salta, referido al General Güemes, héroe de la Independencia. Esta singularidad hace a la importancia de su rescate y puesta en valor.

La casa, muy deteriorada y con gran parte de la construcción en ruinas, fue expropiada por el Gobierno Provincial, con la decisión de su restauración y reconstrucción, para que funcione allí un Centro de Interpretación y el Museo Güemes.

3.1. Datos históricos y tipológicos

Esta vivienda de gran valor histórico - arquitectónico (Monumento Histórico Nacional – Decreto N° 4114 – 22/09/71 del Estado Nacional) fue construida a fines del siglo XVIII, durante el período del dominio español; está ubicada muy cerca de la plaza de fundación; es de una sola planta, construida con adobes, sobre línea municipal.

En esta casa vivió muchos años de su infancia Don Martín Miguel de Güemes, quién luego sería un general en las guerras de la independencia y de allí salió el 7 de Junio de 1821, en su retirada, cuando los realistas lo hirieron, lo que provocó su muerte diez días después.

La casa original estaba organizada en base a patios, tenía tres entradas principales, la del medio comunicaba con el patio central, alrededor del cual estaban las habitaciones más importantes de la vivienda. En el segundo patio estaba la zona de servicios y en el tercer había una huerta que llegaba hasta la otra calle, El Tagarete de Tineo, hoy Avenida Belgrano.

El frente, con predominio de muros y carpintería de madera, tenía un portal de acceso enmarcado en simples pilastras, y tres pequeñas torres terminadas en cruces.

Esta casona, subdividida y con modificaciones en los siglos XIX y XX, funcionaba como vivienda y luego de un tiempo de abandono fue usada con actividades comerciales. Ha llegado a los días de hoy sin el acceso de la derecha, ni las habitaciones del lado Este, tampoco la huerta del fondo (figura 8 – planta izquierda zona pintada de gris); con la fachada modificada y con agregados del siglo XIX (muro de parapeto y balaustres).

Tiene cimientos de piedra de 50 cm de profundidad y la estructura resistente de la casa es de gruesos muros de adobe -70 cm de espesor y casi 5 m de alto en las salas que rodean el primer patio. El techo está hecho con vigas y cabriadas de madera, tejuelas, con cubierta de teja, carpintería y dinteles de madera.



Figura 8. Evolución histórica plano de planta de Casa Güemes

3.2. Estado de la construcción antes de la intervención

Cuando el Gobierno Provincial la expropió, la casona se encontraba en estado de gran deterioro, las habitaciones que rodean el primer patio presentaban los muros con humedad basal, con revoque cementicio sobre malla de alambre que ocultaban grietas y adobes disgregados; por el uso comercial, se abrieron vanos y se cegaron otros, había chorreaduras en distintos sectores y, del lado Oeste, los espacios fueron modificados y subdivididos. Muros medianeros con importante desplome. El patio, estaba techado con una cubierta de chapas metálicas.

En el sector del segundo patio, el estado era de completo abandono, con muros colapsados y en ruinas, cubierto de vegetación. Las causas del deterioro fueron sobre todo el abandono durante mucho tiempo, luego el uso inadecuado (comercio – restaurante), y las desacertadas intervenciones.

3.3. Propuesta de intervención y ejecución de la obra

Luego de la expropiación del inmueble, la DIP AUS se encargó de realizar el relevamiento y todos los estudios pertinentes para su restauración y su refuncionalización para que funcione allí un Centro de Interpretación y Museo del General Güemes, adaptando los espacios a los nuevos usos.

En el sector del primer patio se liberaron los espacios de los agregados y subdivisiones (muros de ladrillos), y la intervención se enfocó en la restauración y consolidación de todos los elementos constructivos: se retiraron todos los revoques, recalzaron muros y cimientos existentes donde fue necesario, se desarmó la totalidad de la cubierta de los techos verificando el estado de la estructura reemplazando la madera deteriorada. Se resanaron las grietas de los muros, colocando trabas de madera donde fuera necesario y en la de unión de muros nuevos y con los existentes, se colocó viga corona en la cabeza de todos los muros, reforzando los mismos -según cálculo estructural- con una red de sogas, en ambas caras; previo al revoque de barro.



Figura 9. Piso y cimiento original



Figura 10. Restitución de muro



Figura 11. Traba de madera y refuerzos de sogas

Dada la experiencia en obras anteriores, y la importancia de la adherencia de los revoques al soporte reforzado con otros materiales, -en este caso red de sogas-, se realizaron numerosas pruebas de los revoques, también de las pinturas de cal y pigmentos minerales.

En el sector del segundo patio, que estaba en ruinas, la intervención fue de reconstrucción, rescatando los espacios de salas y el patio rodeado de galerías, así mismo la tecnología original.

Se ejecutaron los cimientos y sobrecimientos de hormigón ciclópeo, muros de adobes, viga corona, enmallado de sogas, revoque de barro, techos de estructura de madera, tejuelas, aislamiento hidrófugo y cubierta de tejas. Vinculando los muros existentes con los nuevos, mediante trabas de madera y restituyendo las piezas de adobes para trabar.

Se sectorizaron las instalaciones –sanitarias, eléctricas, climatización, etc. por un pasillo técnico.

3.4. Reflexiones

Es indispensable realizar, antes del inicio de las obras, un exhaustivo relevamiento gráfico, fotográfico, con mapeo de manifestaciones patológicas, y ensayos de laboratorio, incluyendo en el mismo los muros medianeros y las habitaciones colindantes, a los efectos de poder negociar con los vecinos cuando se interviene en los mismos y tener en cuenta a la hora de hacer los presupuestos.

Contar con documentación histórica permitió, en obra, rectificar algunos detalles del diseño.

El monitoreo constante durante las intervenciones ha permitido corregir algunas falencias y revisar y discutir soluciones alternativas al problema.

Los daños y fallas recurrentes en las obras, dan certeza y pautas de corrección para futuras intervenciones.

El uso de materiales compatibles, durables, accesibles y reversibles –cordones de nylon, geomalla- en el reforzamiento de estos monumentos arquitectónicos, los hace más seguro, reduce su vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

En la asignación de recursos, debería prevalecer el mantenimiento periódico de los edificios patrimoniales evitando deterioros de magnitud en los mismos, incrementando los costos y dificultad de las intervenciones.

Se necesita la participación de distintas disciplinas y, sobre todo, conocer el material con que se trabaja.

Es preciso dejar un buen registro de las obras realizadas y de todo lo actuado, a los fines de futuras intervenciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICOMOS (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Zimbabwe: ICOMOS

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

NOTAS

Personal de la DIPPAUS en 2018: Arquitectos Elena Martínez, Birmania Giles, Orlando Vilariño, Juan Spinnato, Ingeniero Emanuel Casso y Dibujante Pedro Hoyos.

Además del asesoramiento del Ing. Daniel Torrealva (Pontificia Universidad Católica del Perú) el trabajo contó con: la verificación y cálculo estructural del Ing. Jorge Scarponi para la Casa Leguizamón y del Ing. Fernando Galíndez para la Casa Güemes.

AUTORA

Birmania Giles Castillo, Arquitecta; Directora de la DIPPAUS. Cursos de Arquitectura de Tierra y Patrimonio Urbano - Arquitectónico. Publicaciones de la Temática. Intervenciones en proyectos y obras de restauración en la Provincia de Salta, Argentina.

LA UNIVERSIDAD COMO GARANTE DE LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DE UNA SOCIEDAD

Mónica Pesántes Rivera¹, Dora Arroyo Aguirre², Diego Paguay García³, Daniel Orellana Castro⁴

Universidad de Cuenca, Ecuador, ¹monica.pesantesr@ucuenca.edu.ec; ²dora.arroyo@ucuenca.edu.ec;

³ricardo.paguay@ucuenca.edu.ec; ⁴daniel.orellanac@ucuenca.edu.ec

Palabras clave: territorio patrimonial, protección, normas, comunidad, patrimonio inmueble, desarrollo

Resumen

En una sociedad el centro de conocimiento es la universidad, mismo que debería estar dirigido a la consecución de un desarrollo económico, social y cultural de su territorio¹ y sus habitantes. El patrimonio cultural inmueble construido en tierra, en Ecuador aporta de manera considerable a la solución de la necesidad de vivienda, sin embargo hoy en día enfrenta problemas derivados de la falta de conocimiento de sus sistemas constructivos y principalmente a la falta de entendimiento de su vinculación con el desarrollo de su territorio y sus sistemas productivos. La ponencia se dirige a evidenciar la necesidad de formación de profesionales por parte de la universidad, que aborden el problema de la vivienda de carácter patrimonial a través del entendimiento de su valor como recurso y de su vinculación en los procesos productivos en el desarrollo de un territorio; y al ser un deber de la universidad el responder de manera pertinente a las necesidades de sus territorios, su compromiso y responsabilidad social es ineludible con esta visión y necesidad del territorio. Como ejemplo de aplicación se expone el caso de un Plan de Conservación del patrimonio edificado de un sitio declarado patrimonio nacional en Ecuador, la parroquia de San Bartolomé del cantón Sigsig, trabajo desarrollado por los estudiantes del último año de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca. El Plan derivó en un conjunto de propuestas en el orden legal, administrativo y técnico, todas ellas encaminadas a responder a las necesidades de desarrollo de su territorio.

1. EL HABITAR Y EL PATRIMONIO CULTURAL

La forma de habitar y poseer un territorio por parte de una sociedad se refleja en su patrimonio cultural; ese habitar hace que el espacio refleje las formas cotidianas de manifestarse y de marcar su territorio con valores y expresiones singulares; allí es donde las expresiones van cargándose de valores culturales y simbólicos que van decantando y levantándose como los más representativos que identifican a ese territorio y a sus habitantes.

El ser humano no habita un espacio sino hasta que lo construye afectivamente y eso se refleja en cómo actúa frente a éste; es un espacio que se carga de percepciones, significados y sentimientos, "...un territorio es un espacio delimitado por significados" (Sánchez, 2015), pero es el tiempo y la cotidianidad que significa y resignifica al espacio con esas prácticas cotidianas, que construyen memoria y evocaciones, ya no solo hacia el territorio como soporte, sino también a su vivienda donde se cobija y se refleja. Para los ajenos, estas expresiones son reconocidas como particulares y singulares, tanto materiales como inmateriales, son formas cotidianas de vida y de habitar un territorio de los propios.

¹ Es necesario interpretar el territorio en su doble papel: como soporte material y básico del desarrollo social y como producción social derivada de la actividad humana que transforma ese territorio que le sirve de base. El territorio (...) se define desde los procesos y grupos sociales que lo han transformado e intervenido haciéndolo parte de su devenir (...). Mientras los hombres marcan habitan, transforman y se apropian del territorio, lo van configurando y reorganizando, de acuerdo con la forma como ellos se relacionan entre sí dentro del mismo y a su vez, dicho territorio afecta y transforma a los seres que lo habitan y se constituye en parte vital del hombre. De esa manera trasciende sus características físicas, hasta convertirse en ese lugar donde se gestan las identidades y pertenencias y se realiza la personalidad (Echeverría et al., 2009).

De esta manera, el hábitat se estructura entre la memoria, el presente y el futuro propio y adecuado de una colectividad, cuya vivienda, de carácter patrimonial, no solo es una estructura física dotada de significado sino que representa una parte intrínseca del territorio, como construcción social; y donde la presencia de esos valores singulares reconocidos por los otros, le otorgan la calidad de recurso para el buen desarrollo de esa colectividad ya no solo por la vivienda, por su territorio.

Es en este entorno especial que las dinámicas económicas y sociales contemporáneas pueden llegar a generar impactos en la integridad de esos valores y atributos singulares, afectando directamente a las estructuras edificadas, haciendo eco en el territorio porque se refleja en sus dimensiones sociales, económicas y hasta ambientales. Pero en países denominados de economías emergentes, también afectan a sus oportunidades de desarrollo, porque es donde se aprovecha el potencial que poseen esos valores patrimoniales. (Bello Caballero et al., 2018)

Entendiendo esta realidad, la necesidad de conservación no se sustenta en la visión de singularidad, de nostalgia o de valor simbólico de la vivienda, su conservación se sostiene por la utilidad y la necesidad propia de quienes habitan ese territorio para desarrollar la vida individual, colectiva, económica, social, cultural y afectiva que requiere todo ser humano que vive en sociedad y busca su auténtico desarrollo; es un recurso propio que constituye un camino para solventar sus necesidades básicas de cobijo y hasta de sustento para su alimento, así de básica e imperiosa es la necesidad de su conservación; por lo tanto, la conservación debe ser abordada a través de la visión de hábitat, donde el patrimonio inmueble es la ventana que abre la visión hacia oportunidades incluso laborales, que da la singularidad de un territorio y sus formas de habitar (Lemoine et al., 2020).

En esto se sustenta la necesidad no solo de procesos de restauración, es imprescindible la implementación de procesos integrales de conservación que aborde esas estructuras arquitectónicas como partes constitutivas e indisolubles de sus territorios, cuyos valores, atributos y características patrimoniales requieren ser manejados como recursos fundamentales en el desarrollo de esos territorios. Por lo tanto la recuperación de tecnologías constructivas tradicionales ya no responde solo a necesidades de conservar un patrimonio por su valor estético o simbólico, son necesidades del territorio para un desarrollo apropiado que exigen ser protegidos y gestionados de manera responsable.

2. LA VIVIENDA EN EL ECUADOR

Conforme los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador, a diciembre del 2020, la población ecuatoriana presenta una población de 17.510.643 habitantes; 11.201.131 (64%) en la zona urbana y 6.309.512 (36%) en la zona rural. Adicionalmente, en junio del año 2021, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador, mediante su sitio web² da a conocer que existen 4.781.922 viviendas en todo el territorio nacional. De esa cantidad, 2.744.125 están ubicadas en lo que se denomina déficit cualitativo y cuantitativo, entendiéndose por

Déficit habitacional cuantitativo de la vivienda al número de viviendas cuyas condiciones habitacionales se consideran irrecuperables a partir de la combinación materiales predominantes y el estado de los mismos, expresado como porcentaje del total de viviendas, Déficit habitacional cualitativo, no es la necesidad de construir más viviendas sino de mejorar las condiciones habitacionales de las mismas

Se debe tener presente que este déficit se ubica tanto en la zona urbana como en la rural y se encuentra distribuido en el territorio. Es decir, en el Ecuador (tabla 1), el 43% de las viviendas se encuentran en buenas condiciones de habitabilidad. Pero el interés del estudio tiene como objeto el patrimonio cultural, concretamente el inmueble y de manera especial las viviendas construidas con tierra en el país, un sistema constructivo tradicional muy

² <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/deficit-habitacional-nacional/>

vinculado con la arquitectura vernácula, que sí es patrimonial; lamentablemente, las estadísticas recogidas en ese estudio no establecen cuál es el número de viviendas.

Tabla 1³. Déficit habitacional en el Ecuador

Zona	Déficit cualitativo	
	recuperable	no recuperable
Urbana	1.374.960	286.753
Rural	703.553	378.859
Total	2.078.513	665.612
Viviendas en el territorio nacional (2010): 4.781.922		

De acuerdo a la información proporcionada por el INEC, para el 2010 en el Ecuador, se tenía 15.012.228 habitantes y 4.654.309 viviendas distribuidos conforme el siguiente registro:

Tabla 2. Vivienda en el Ecuador

Zona	Viviendas existentes	Viviendas construidas en adobe, tapial o bahareque	
		cantidad	porcentaje (%)
Urbana	2.812.772	142.438	4%
Rural	1.841.537	203.669	3%
Total	4.654.309 ⁴	346.107	7%
Viviendas en el territorio nacional (2010): 4.654.309			

Si se considera que el promedio de personas por vivienda es de 3,8 en las zonas urbanas y de 4,0 para las zonas rurales. Conforme el INEC, se tiene que, para el 2010 en el Ecuador, vivían alrededor de 1.355.940 personas en viviendas construidas con tierra.

Con esta información, es necesario conocer el estado de conservación de las mismas, información que también proporciona el mismo censo que se refleja a continuación

Tabla 3. Estado de conservación de la vivienda de tierra en Ecuador

Zona	Buena (B)	Regular (R)	Mal (M)	R + M
Urbana	30.945	80.206	31.287	111.493
Rural	27.795	108.507	67.367	175.874
Total	58.740	188.713	98.654	287.367
Viviendas construidas con tierra que se encuentran en estado regular y mal (2010): 287.367 = 87% del total de viviendas con tierra a nivel nacional				

Las 287.367 viviendas en condiciones de conservación regular y mala representan el 87% del total de viviendas de tierra a nivel nacional; esto permite llegar a la conclusión que 1.127.179 ecuatorianos viven en edificaciones de tierra en condiciones no adecuadas para habitar que requieren intervención.

3. EL PATRIMONIO CULTURAL, EL HÁBITAT Y LA UNIVERSIDAD

En este punto, cuando se ha identificado la necesidad de conservar la vivienda construida con tierra y su territorio, es evidente la importancia que tiene el definir cómo debería abordarse esos procesos, porque no se trata solo de recuperar saberes constructivos

³ INEC: Encuesta Nacional de Desempleo y subempleo -ENEMDU, corte a XII 2020

⁴ <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censos/>

tradicionales para aplicarlos, son saberes que permitieron la construcción de un habitar vinculado con los procesos de desarrollo social y económico; por lo tanto se vuelve imprescindible el conocimiento de esa vinculación para una gestión adecuada. Esto exige preparación de mano de obra y profesionales calificados debido a que en muchos casos esos sistemas constructivos tradicionales y sus bondades vinculadas no necesariamente se han mantenido en la memoria constructiva de sus habitantes; son conocimientos que al no estar incorporados en la formación académica se fueron alterando o incluso perdiendo. Son esos sistemas y formas constructivas que sustentan el patrimonio inmueble existente del Ecuador y también de Latinoamérica; son técnicas constructivas que deben ser recuperadas y manejadas dentro de una integridad territorial, no solo por una necesidad social, por un asunto de identidad y principalmente por su calidad de recurso frente al desarrollo de sus territorios, al que se une el reconocimiento de la construcción con tierra como uno de los caminos hacia la sostenibilidad ambiental, sociocultural y económica.

Son grandes características externas de la construcción con tierra que deben dirigir acciones vinculadas con la recuperación de la vivienda patrimonial que se concretan en:

- Ser parte importante de la solución existente a la necesidad de vivienda del país
- Contribuye al desarrollo social y económico del territorio
- Constituye una alternativa constructiva sostenible
- Dar sustento y autenticidad al patrimonio cultural del país

Esto permite identificar la importancia y la trascendencia que tiene su estudio y aplicación, en tanto son tecnologías milenarias, en la solución de los problemas contemporáneos de la vivienda ocupacional.

La necesidad de una vivienda, la sostenibilidad de un territorio y la conservación del patrimonio cultural se inscriben dentro de los deberes fundamentales que un Estado debe cumplir. En el caso de Ecuador se consagran en su propia Constitución, y la forma de operativizar que estos deberes se cumplan es garantizando la formación de los profesionales arquitectos. Esto se hace a través de la institución llamada a formar a los profesionales e investigadores capacitados y comprometidos para construir una sociedad regida por el bien común, la universidad.

La universidad tiene como deber y función social el preparar y formar profesionales que respondan y actúen coherentemente con estas necesidades sociales y hasta ambientales del territorio. En el Ecuador, la educación universitaria conforme lo prescribe el artículo 350 de su Constitución, debe responder, entre otros fines, al «*desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo*», lo que constituye asumir un compromiso y responsabilidad social con su territorio.

Tabla 4. Población a septiembre del 2021

Cantón	Población	% con respecto al Nacional
Quito	2.781.641	16%
Cuenca	639.996	4%
Loja	274.112	2%
Riobamba	264.048	2%
Total	3.959.797	22%
Población Nacional: 17.725719 habitantes		

Ecuador posee 38 centros históricos declarados como Patrimonio Nacional, teniendo que los de las ciudades de Quito y Cuenca son Patrimonio Mundial (Pesantes, 2018, p. 301); de estos, 27 centros históricos se ubican en la Sierra Ecuatoriana, lo que demuestra que su

arquitectura vernácula es principalmente de tierra. Solo, entre las cuatro principales ciudades de la sierra con centros históricos, se agrupa una población alrededor de 3.959.797 habitantes

Teniendo presente que el Ecuador posee un territorio donde el patrimonio inmueble es parte de la construcción de su hábitat y que su conservación debe darse a través de la visión de territorio es indudable que la forma de abordar el desarrollo de esos territorios debe responder a visiones integrales donde el patrimonio cultural no pueda estar exento de ser parte constitutiva de su planificación, puesto que las formas propias de vivir en esos territorios están marcadas por esas singularidades físicas e inmateriales que aún interactúan y delinear los procesos continuos de vida que, a su vez, marcan el territorio y éste a sus habitantes.

En este contexto es que el problema de la vivienda, y específicamente la de carácter patrimonial, debe ser solventado a través del entendimiento de su valor como respuesta coherente e integrante de las condiciones propias del territorio; además, debe ser entendido en medio de sus propias dinámicas y eso exige un manejo sistémico donde las normas y determinantes no se anclen en formas de restaurar sino en cómo esa vivienda va a ir adaptándose a las nuevas necesidades sociales. La conservación de la arquitectura vernácula, que es la arquitectura en tierra, debe ser entendida como parte de la solución a la necesidad de un hábitat digno y necesario; por lo tanto, su conservación, ya sea como formas y sistemas constructivos tradicionales o como oficios y técnicas tradicionales debe ser considerada dentro de principios rectores por parte del Estado; es decir, dentro de las políticas públicas para la vivienda, para el patrimonio, a fin de llegar incluso a las políticas públicas para la sostenibilidad.

En tal perspectiva se infiere que hay un deber de la Universidad para formar profesionales en este campo, los cuales puedan integrar en su formación el reconocimiento al valor del patrimonio cultural como recurso para el desarrollo del territorio, donde la conservación de su patrimonio inmueble debe articularse a esas formas de desarrollo y las formas de vida de sus habitantes, soluciones que incluso se ubican en la planificación de esos territorios. Ese deber de preparación tiene que ser asumido por los centros de enseñanza superior que tienen como misión fundamental responder de manera pertinente a las necesidades y problemas de sus territorios y con mayor razón en una universidad pública, debido al compromiso social que le pueda impregnar en la formación de los futuros profesionales.

4. LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO INMUEBLE Y SU TERRITORIO EN LA UNIVERSIDAD

Ese compromiso de responder a la realidad del territorio es asumido por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, cuya ciudad, en 1999, fue declarada «Patrimonio de la Humanidad»; esa declaratoria traía una necesidad de formar profesionales que respondan a tal reconocimiento; profesionales que aborden la conservación del patrimonio inmueble. Así es como en el 2003 se crea, en el último año de la carrera, lo que se conoce como Opción de Restauración Urbano-Arquitectónico, que inicialmente arranca con la visión de ser el trabajo del último año y que aborda proyectos de restauración arquitectónica, pero posteriormente y, frente al cambio de paradigmas en el manejo del espacio patrimonial de manera integrada, esa opción se convierte en Opción de Conservación del Patrimonio Edificado.

Durante todos estos 18 años, dentro del Taller de la Opción de Conservación (noveno y décimo ciclo), se han desarrollado proyectos de intervención a varios inmuebles de valor patrimonial, ya sean de valor emergente (monumentales), o a tramos de inmuebles patrimoniales de arquitectura vernácula. Asimismo, se han firmado convenios con comunidades rurales y Gobiernos Autónomos Descentralizados para llevar adelante proyectos en territorio a cargo de los alumnos del último año de la carrera de arquitectura, inicialmente de Restauración y luego de la Opción de Conservación. Sin embargo, es a partir de marzo del 2020 que se concreta el inicio del primer trabajo en un centro histórico

declarado Patrimonio Nacional que tuviese como meta la realización de un Plan de Conservación de su patrimonio edificado, en este caso concreto de la cabecera parroquial de San Bartolomé, perteneciente al cantón Sígsg.

El Plan surge como necesidad de generar un instrumento que permita frenar los riesgos y amenazas que estaban afectando a un recurso de un territorio, a su patrimonio edificado construido en tierra, que en unión con su entorno, su paisaje y el patrimonio cultural inmaterial existente en ese territorio, conformaban una unidad dotada de un conjunto de valores que debían ser protegidos y gestionados para asegurar no solo su permanencia sino permitir el desarrollo de su comunidad. El trabajo pretendía abordar su conservación mediante acciones ubicadas en el campo: legal, técnico y social; enfocándose en entender el patrimonio edificado a través de la comprensión de los componentes de ese territorio: el arquitectónico, el urbano, su comunidad y donde el paisaje circundante era un determinante.



Figura 1. Parroquia de San Bartolomé, octubre 2020

Así, un grupo de 14 estudiantes, junto con 5 docentes, ingresan con la decisión de poner en marcha el desarrollo de las actividades para la elaboración del Plan de Conservación del Patrimonio Edificado de San Bartolomé, en un marco de cooperación interinstitucional entre la Universidad de Cuenca, a través de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, el GAD Municipal del Cantón Sígsg y la Junta Parroquial de San Bartolomé.

Teniendo claro que la afección al patrimonio inmueble redunda de manera directa en la calidad ambiental de su espacio, y que además afecta y disminuye oportunidades de desarrollo de su territorio, el Plan va dirigido a:

- Conservar el patrimonio edificado como parte integrante de su paisaje.
- Recuperar y reforzar las funciones en las instancias locales encargadas de regular y manejar el territorio, dirigidas a la conservación del patrimonio edificado y su entorno.
- Plantear programas y proyectos de conservación de bienes inmuebles a través de actividades que aseguren la recuperación de la memoria constructiva, aprovechando los recursos endógenos de la parroquia San Bartolomé.

Acciones todas que deberían contribuir a mejorar la calidad de vida y las condiciones de habitabilidad de los habitantes de dicha parroquia.



Figuras 2. Ingreso del equipo de estudiantes al territorio , octubre 2020

5. LA UNIVERSIDAD EN RESPUESTA A LAS NECESIDAD PROPIAS DE UN TERRITORIO

El trabajo a realizar se establece en base al seguimiento y coordinación de las autoridades locales y el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, como ente rector del patrimonio en el país.

5.1.El patrimonio edificado requiere ser protegido para contribuir al desarrollo de su territorio

La parroquia de San Bartolomé es declarada como bien perteneciente al patrimonio cultural del Estado el 6 de septiembre del 2005, su centro histórico según el Plan de Ordenamiento posee un 78% de construcciones en tierra, y el 63% de inmuebles (124) son de valor patrimonial al momento de la declaratoria, inmuebles ubicados como patrimonio vernáculo construido en tierra. En base al diagnóstico realizado para el Plan de Conservación, a diciembre del 2020, ese patrimonio representa el 56% (117 inmuebles).

Siendo una parroquia poseedora de un paisaje natural que condicionó su arquitectura construida en tierra a través de formas y tipos, también lo hizo con sus espacios públicos y semipúblicos como portales, pretilos y accesos peatonales construidos no solo con sistemas tradicionales, sino con materiales del entorno; posibilitando la generación de espacios que responden a las necesidades de habitar, de producción y trabajo por parte de sus habitantes. La producción de manzanas en sus huertos familiares, la construcción de guitarras en talleres son dinámicas productivas que se desarrollan en el interior de esa arquitectura y que identifica a ese territorio. Son particularidades que se han construido a partir de los propios condicionamientos territoriales, productivos, festivos, y culturales que han logrado sobrevivir al paso del tiempo, a las presiones de la modernidad y que hoy están abriendo nuevas oportunidades económicas para sus habitantes en otros campos.

Por lo tanto la conservación de esa arquitectura vernácula en tierra pasa por entender la vinculación entre los materiales constructivos, el territorio y formas de producción de esa comunidad; existiendo por lo tanto una relación directa entre lugar-sociedad-recursos-productividad (Tello, 2012). No se busca proteger solo un valor simbólico, y sí proteger y conservar un recurso para una comunidad cuyo desarrollo y formas de vida depende de cómo se conserve y gestione esa arquitectura en ese territorio.



Figura 3. Ubicación de San Bartolomé y vista de la parroquia, octubre 2020

5.2.Condiciones existentes previo al ingreso a territorio:

El trabajo se desarrolló durante la época más fuerte de la emergencia sanitaria a nivel mundial, por lo tanto surgieron condicionantes que definieron incluso el alcance del trabajo definido inicialmente para el Plan. Entre los principales condicionantes están:

- Pandemia: generó limitantes para la obtención de información de manera directa; esto obligó a que se realizaran algunas actividades mediante vía telefónica o mediante el apoyo de sus autoridades; también afectó la validación de la información que se tuvo que realizar; se limitó a realizar con las autoridades y técnicos institucionales.
- Apoyo de la comunidad: San Bartolomé es una parroquia rural cuya autoridad tenía disposición para contribuir en la elaboración del Plan, pero el limitante del aislamiento detuvo los mecanismos de recolección de información de manera directa y de acercamiento con la comunidad, e incluso de Talleres prácticos de construcción en tierra, de Años Viejos y de Navidad programados no solo como capacitación, sino como caminos para la cohesión social y empoderamiento de su cultura.
- Disposición y apoyo de estudiantes: la aplicación de normas de distanciamiento se trató de cubrir al 100%; sin embargo, el aislamiento que vivía la comunidad (propia por su ubicación geográfica) ayudó a disminuir temores.
- Limitaciones: propias por la pandemia como el tomar distancia de personas vulnerables como es el caso de personas de la tercera edad.

5.3. Tiempo de ejecución

Se generó una programación para la formulación del Plan, para que sea desarrollado a lo largo de 12 meses, que es el tiempo académico de los ciclos de noveno y décimo de la Opción.

5.4. Control, apoyo y seguimiento

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Sigsig, el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, la Junta Parroquial de San Bartolomé, como actores principales. La pandemia fue un limitante directo para el acceso a la comunidad, apoyándose para ese fin con sus autoridades locales, dirigentes y profesores como actores proveedores de información

5.5. Fases de trabajo

El trabajo se estructuró en base a los períodos académicos tanto en tiempo como en fases:

1. Diagnóstico, se desarrolla en noveno ciclo
2. Propuesta, se desarrolla en décimo ciclo

Por la presencia de la pandemia ya en el país, la fase inicial que debería corresponder a la etapa de recolección de información en territorio, no se pudo realizar y se trabajó con información secundaria recogida en las instituciones del Estado. Luego de seis meses se ingresó a la segunda fase, para validar la información obtenida y recopilar la información necesaria que no se pudo obtener en la primera fase por las limitaciones de la pandemia.

- a. Diagnóstico constituye la etapa de recolección de insumos que establece la situación del patrimonio inmueble en vinculación con su territorio. Este diagnóstico se estructura mediante el estudio de:
 - Contexto geográfico e histórico
 - Marco conceptual y legal
 - Marco Institucional
 - Demografía y actividades productivas
 - El patrimonio cultural Inmaterial y su componente social
 - Patrimonio arquitectónico, urbanístico y paisajístico

a.1. Metodología

La recopilación de la información social se realizó en territorio, con encuestas, entrevistas vía telefónica, videollamadas y con el apoyo de las autoridades de la Junta Parroquial que tenían mayor acercamiento a la misma, en medio del aislamiento, limitante por la pandemia. El ingreso al territorio se realizó con el apoyo adicional de un equipo aproximado de 15 estudiantes, unido a los 14 estudiantes que se ubicaron en San Bartolomé por 15 días para realizar el levantamiento de la información en territorio y el levantamiento arquitectónico de 31 viviendas patrimoniales construidas con tierra y ubicadas dentro del área de protección definido en la declaratoria de Patrimonio Nacional como de Valor A y B.

Como mecanismo de acercamiento a la comunidad se había planteado y programado inicialmente el desarrollo de tres talleres: construcción con tierra, elaboración de cometas, lámparas y faroles, elaboración de monigotes para años viejos. Sin embargo, por la pandemia se pudo concretar solo uno, la elaboración de lámparas y faroles con carrizo.

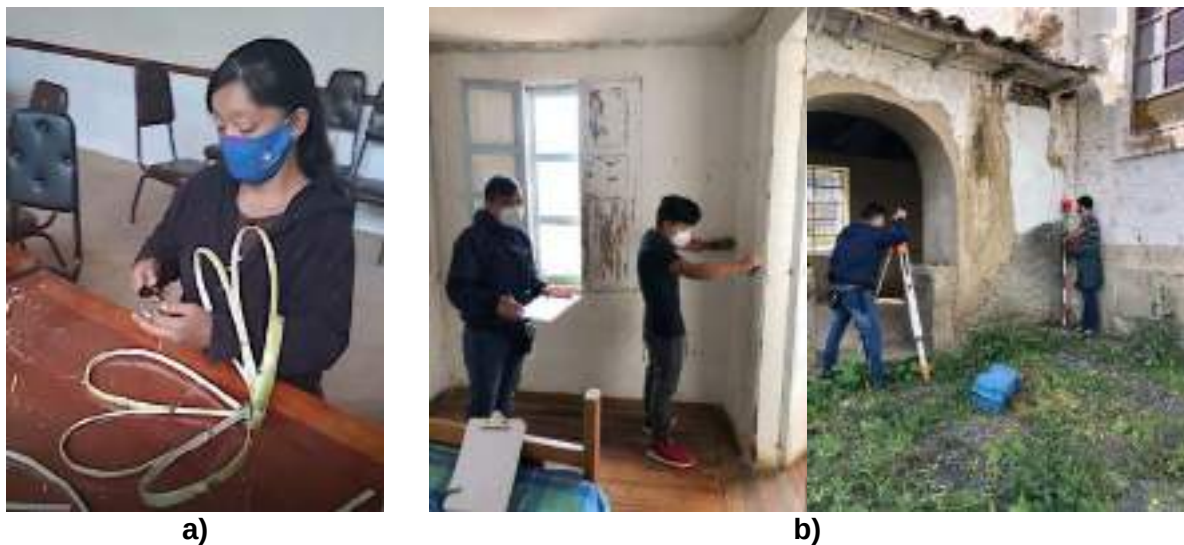


Figura 4. a) Taller para elaboración de faroles en carrizo; b) Levantamiento arquitectónico vivienda y levantamiento arquitectónico Convento

a.2. Análisis y conclusiones

Partiendo de la identificación y valoración de la arquitectura con tierra existente, se identificaron las cualidades ambientales, urbanas, sociales, históricas económicas, culturales que conforman los valores que construyen la calidad patrimonial del lugar, pero que principalmente construyen su valor como recurso para el desarrollo de ese territorio.

Adicional, se definió cómo se encuentra estructurado el sistema de gestión y manejo, tanto en el campo administrativo como legal a nivel parroquial, provincial y nacional que serían los mecanismos legales para asegurar su conservación, para esto:

- Se identificó la aplicación de instrumentos conceptuales y operativos de carácter internacional encaminados y establecidos como principios rectores de la conservación del patrimonio existente, siempre dentro de la conservación de su hábitat y encaminados al desarrollo de su comunidad. Se definieron problemas que surgen de las relaciones con el territorio y en vacíos tanto administrativos como legales, cuyas soluciones se plantearon en la etapa de Propuesta.
- Se analizaron los aspectos urbanos, arquitectónicos y paisajísticos presentes, para luego identificar los problemas y las necesidades existentes en la parroquia y finalmente entender cómo se encuentra estructurada la arquitectura con el paisaje cultural a través de sus aspectos sociales y culturales (Patrimonio Cultural Inmaterial), en base a la información recolectada en territorio.

- Se estableció el estado de conservación de los 32 inmuebles levantados, definiendo problemas generales en torno a su situación física. La recolección, el procesamiento, análisis e interpretación de la información se desarrolló en base al estudio sobre la conservación y el valor del patrimonio como recurso que puede contribuir al desarrollo de su territorio.
- b. Propuesta que derivó en la generación del Plan de Conservación del Patrimonio edificado de San Bartolomé; a través de la visión de que el patrimonio vernáculo debe ser conservado dentro de las dinámicas propias de su hábitat; se abordó la propuesta a través del marco de la conservación activa. Se establecieron líneas de actuación que derivan en normativas y recomendaciones para garantizar la protección y conservación del patrimonio edificado de la parroquia de San Bartolomé, como parte de la conservación del paisaje y enlazadas con el desarrollo económico, social y cultural de su comunidad. La autenticidad e integridad es abordada en base a lo establecido en la Carta del Patrimonio Vernáculo (1999): *«El Patrimonio Vernáculo construido constituye el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat. Forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales».*



Figura 5. Toma de la parroquia de San Bartolomé

b.1. Objetivos general del Plan:

Objetivo General: Garantizar la sostenibilidad del patrimonio edificado de la cabecera parroquial de San Bartolomé a través de su control técnico, legal y acciones dirigidas hacia su conservación y puesta en valor, dentro del ámbito del desarrollo económico, cultural, social y sostenible del territorio.

b.2. Objetivos específicos:

I. Conservación del Patrimonio Edificado

- Proteger los bienes patrimoniales inmuebles a través de un marco de regulación efectivo, vinculando con alternativas sociales y financieras para su conservación.
- Fortalecer la identidad y potenciar la imagen urbano patrimonial de la cabecera parroquial de San Bartolomé.
- Revalorizar el patrimonio edificado, materialidad, tipología y técnica constructiva.

II. Gestión: Fortalecimiento Administrativo y Legal

- Crear o reforzar instancias locales que articulen y coordinen la gestión y conservación del patrimonio inmueble de San Bartolomé para proteger los valores patrimoniales y conservarlos en el tiempo.

III. Comunidad: Sensibilización y Empoderamiento

- Contribuir a través de la conservación del patrimonio inmueble a mejorar las condiciones sociales, culturales, económicas y ambientales.
- Generar programas y proyectos que apoyen el desarrollo de actividades tradicionales y el aprovechamiento de los recursos endógenos con carácter patrimonial (huertos familiares, elaboración de guitarras y artesanías, construcción en tierra) como factores de innovación y sostenimiento de las actividades económicas propias del lugar.
- Contribuir a revalorizar las tradiciones, costumbres y saberes culturales, para que se transmitan a las nuevas generaciones y puedan ser conservadas.
- Reforzar la imagen patrimonial de la parroquia, visibilizando su riqueza arquitectónica y artesanal como recurso y donde su comunidad sienta orgullo de los valores que conforman su identidad.
- Fomentar la construcción de una imagen de la parroquia como un sitio de riqueza cultural, tradicional que concentra actividades culturales, generando un atractivo turístico.
- Implementar mecanismos de empoderamiento y posesión del patrimonio inmueble en los habitantes de la ciudad para garantizar su conservación.

Como estrategias para operativizar y cumplir los objetivos se estableció la generación de instrumentos técnicos y legales consolidados en:

- o Ordenanza borrador de protección al patrimonio edificado con visión de territorio y que fortalezca la identidad e imagen urbano patrimonial de San Bartolomé.
- o Ordenanza borrador para la aplicación del Plan que contiene propuestas encaminadas a poner en valor ese patrimonio dentro del marco del desarrollo económico, cultural y sostenible del territorio.

Las normas de actuación sobre el territorio surgen a partir de la visión de paisaje, porque es allí donde nace parte de los valores singulares que le otorga el potencial y carácter de sitio patrimonial. Por ejemplo: la vinculación de los valores paisajísticos con las edificaciones patrimoniales de la cabecera parroquial de San Bartolomé se mantiene en base al diálogo entre las edificaciones y el paisaje urbano existente, de tal manera que su emplazamiento se adapta a la topografía del lugar; es precisamente su presencia la que posibilita construir paisajes singulares y característicos del sitio; por lo que el respeto a esa topografía y la búsqueda de integración entre edificaciones y topografía es fundamental.

Adicional se plantearon estrategias y propuestas de acciones que se vinculen o propendan al desarrollo económico y social.

5.6. Productos generados

- El diagnóstico general que constituye el estudio de la situación y el estado de conservación, gestión y manejo del patrimonio edificado y su territorio.
- Propuesta que se concentra en el Plan de Conservación del Patrimonio edificado de la cabecera parroquial de San Bartolomé, instrumento que define mecanismos e instrumentos que viabilicen la conservación y el manejo del patrimonio edificado con una visión de territorio dentro de procesos de desarrollo social y económico.

Establece lineamientos de actuación para la conservación de la singularidad de su arquitectura vernácula y del territorio, vinculados con una propuesta para mejorar la capacidad de gestión y administración eficiente del territorio, como recurso, por parte de los gobiernos seccionales correspondientes; se definen determinantes para su aplicación concentrados en dos proyectos de ordenanzas.

- Propuestas urbano-arquitectónicas de recuperación de inmuebles patrimoniales vinculadas con emprendimientos económicos y culturales para la comunidad.

6. CONCLUSIONES

6.1. La universidad y las necesidades territoriales, una responsabilidad social

No es necesario establecer en esta sección lo importante y vital que constituye la conservación del patrimonio cultural para su pueblo; sin embargo, a lo largo de esta ponencia se ha demostrado de la necesidad e importancia de abordar la conservación del patrimonio edificado con tierra dentro de las dinámicas propias del desarrollo del territorio y como parte constituyente del hábitat de ese pueblo. Por lo tanto, si se pretende su conservación resulta básico entender que ese patrimonio edificado para conservarse exige dos requisitos:

- Las soluciones y planteamientos deben ser establecidos en base a la consideración de los efectos que puedan derivar de su aplicación a todo el conjunto de condicionantes sociales, económicos, productivos, culturales, arquitectónicos, urbanos, ambientales; es decir, las soluciones deben ser entendidas como acciones o elementos que ingresan a una estructura sistémica cuyo efecto va a incidir en la calidad de vida de los habitantes de ese patrimonio inmueble en ese territorio.
- Lo importante en la defensa y conservación del patrimonio no se sustenta únicamente en la restauración del edificio; lo fundamental y estructural para la conservación es la protección, defensa jurídica y el entendimiento de ese patrimonio dentro del territorio.

Por lo tanto, la conservación de un hábitat, de un territorio donde el patrimonio cultural es el constructor de ese territorio, exige un compromiso de conocimiento, entendimiento, reflexión y hasta de ética; y ese es el deber de la Universidad, porque esa es su función social establecida claramente en la propia Constitución de la República.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello Caballero, L.; Muñoz Castillo, M.; Soto Suárez, M.; Morcate Labrada, F. (2018). Actualidad del patrimonio en Cuba, reflexiones sobre desarrollo sostenible y conservación preventiva. *Estoa*, 7(12), 61-69. <https://doi.org/10.18537/est.v007.n012.a05>

Echeverría, M. C.; Yori, C.; Sanchez, J.; Gutierrez, F.; Zuleta, F.; Muñoz, E. (2009). ¿Qué es el hábitat? Las preguntas por el hábitat. *Investigaciones* 30, 181. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/51627/Que_es_el_habitat.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lemoine, F.; Chica, C.; Villacis, L.; Meneses, W. (2020). Las viviendas de interés patrimonial como instrumento para el fortalecimiento de la actividad turística de la Bahía de Caraquez (Ecuador). *Revista Internacional De Turismo, Empresa Y Territorio*, 4(2), 194-211. <https://doi.org/10.21071/riturem.v4i2.12926>

Tello F, M. I. (2012). El reto de una conservación patrimonial en el contexto del desarrollo territorial: un ejercicio de prospectiva valorando la memoria. *Revista Cap&Cua*, 08, 1-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4762980>

Pesantes, M. (2018). El patrimonio cultural en la planificación y desarrollo del territorio. In C. C. del S. N. de D. U. y P. Territorial (Ed.), *X Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial. Desequilibrios territoriales y gestión local* (pp. 295–309). Universidad de Cuenca.

Sánchez, L. (2015). De territorios, límites, bordes y fronteras: una conceptualización para abordar conflictos sociales. *Debate*, 175–179. <https://doi.org/doi.org/10.7440/res53.2015.14>

AUTORES

Mónica Pesántes Rivera, Maestría en Conservación de Monumentos y Sitios (2008), arquitecta ecuatoriana; docente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, trabaja con temas del patrimonio desde el 2004, tanto en ejecución de obra como en estudios, gestión de proyectos de conservación del Patrimonio Cultural Inmueble e investigaciones en temas vinculados con la cultura y tecnologías constructivas tradicionales.

Dora Arroyo Aguirre, Diego Paguay García, Daniel Orellana Castro; estudiantes egresados que trabajaron el Plan de Conservación de San Bartolomé en el último año de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS
INFORMES TÉCNICOS

Tema 3

Arquitectura contemporánea

Reflexiones sobre la producción arquitectónica contemporánea con tierra;
inventario de la producción; soluciones para desafíos actuales;
productividad, detalles constructivos, levantamiento de técnicas
constructivas, costos, interface entre materiales y
adecuación de la tierra al contexto ambiental actual



BAJAREQUE CONTEMPORÁNEO PARA CLIMAS SEMIÁRIDOS. SISTEMA ALTERNATIVO PARA LA VIVIENDA RURAL DE TORREÓN, MÉXICO

Alleck J. González Calderón¹, Luis Fernando Guerrero Baca²

¹Universidad Autónoma de Coahuila – Unidad Torreón, México, alleck@hotmail.com

²Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco, Ciudad de México, luisfg1960@yahoo.es

Palabras clave: técnicas mixtas, cambio climático, construcción sostenible, energía embebida, emisiones de CO₂

Resumen

Desde hace décadas, sistemas constructivos como la mampostería de adobe y la estructura de entramado mixto como el bajareque son sustituidos por sistemas industrializados que repercuten sobre el paisaje cultural y generan impactos ecológicos por elevados consumos de energía durante procesos de fabricación, que ocasionan emisiones de CO₂ y contribuyen con el cambio climático. En el territorio rural de Torreón, México, la vivienda experimenta transformaciones constructivas que la vuelven ecológicamente insostenible. Por ello, es importante la innovación de sistemas constructivos que incorporen la tierra como material de construcción. El objetivo de este trabajo es exponer los resultados de un análisis comparativo de energía incorporada y de emisiones de CO₂ entre un sistema constructivo convencional, de uso extensivo en la región, que incorpora materiales industrializados, y la propuesta de un sistema alternativo, que en mayor medida emplea materiales como madera y tierra, para la vivienda rural de Torreón. La metodología se fundamenta en un análisis comparativo de energía embebida y de emisiones de CO₂ entre los dos sistemas constructivos, de 10 m² cada uno, incluye la cuantificación de materiales y su asignación de coeficientes de consumo energético (MJ/kg) y de emisiones de dióxido de carbono (g CO₂/kg), provenientes de fuentes especializadas en el tema energético de los materiales para edificación. Los resultados indican que la propuesta constructiva, que emplea madera y tierra como materiales de construcción, representa menores impactos ambientales ya que el consumo energético es 28.7% menor y las emisiones de CO₂ son 160% menores que las del sistema constructivo convencional, que emplea únicamente materiales como concreto y acero.

1 INTRODUCCIÓN

Aunque el último siglo se ha caracterizado por una incesante búsqueda de crecimiento económico y desarrollo tecnológico, de manera simultánea se ha ido generando una profunda crisis ecológica, principalmente motivada por procesos de industrialización que consumen grandes cantidades de energía proveniente de fuentes fósiles y que emiten enormes volúmenes de CO₂. La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono, intensifican el calentamiento global y contribuyen con el cambio climático.

Desde mediados del siglo pasado, algunos cálculos predecían que la concentración de CO₂ llegaría a la condición crítica de 380 ppm para el año 2000 (Meadows et al., 1972). Sin embargo, en 2019 la Organización Meteorológica Mundial informó que la concentración mundial de CO₂ en la atmósfera superó el umbral de 410 ppm (WMO, 2019).

Si continúa la tendencia de aumento de GEI, cada vez serán más intensos los impactos sociales, económicos y ecológicos, causados por el cambio climático. Inundaciones, tormentas, incendios, sequías, así como olas de calor y de frío, entre otros impactos observados en la actualidad, solo son un anticipo de las crisis que puede generar el cambio climático (GIZ, 2016).

Por su parte, la industria de la construcción es de los mayores consumidores de energía; esto incluye las fases de producción, operación y demolición de los edificios, y asciende a

no menos del 40% del total de la energía utilizada por toda la sociedad. Por lo cual, lograr que las prácticas de edificación sean sostenibles se convierte en uno de los retos más importantes de la actualidad (Berge, 2009).

A pesar de que existen sistemas de edificación que emplean tierra como material de construcción y que pueden considerarse sostenibles por que han demostrado poseer diversas cualidades, en la actualidad los sistemas industrializados con menores o nulas propiedades ecológicas, podrían sustituir a los de tierra, que durante siglos se han implementado para la construcción del hábitat urbano y rural. Algunas de sus cualidades son las siguientes: socioculturales, por ser parte de una tradición constructiva de distintos pueblos del mundo; económicas, por su bajo costo al emplear materiales y mano de obra locales; ecológicas, por su reducido consumo energético y de emisiones de dióxido de carbono.

Aunque las transformaciones de las edificaciones de tierra se han documentado ampliamente en América Latina, este fenómeno acontece por todo el mundo (Guerrero, 2007). En Argelia, país de Medio Oriente con una antigua tradición constructiva con tierra, caracterizado por climas áridos y semiáridos, se desarrolló una arquitectura tradicional adaptada al clima y al estilo de vida de cada región. No obstante, tras la occidentalización del país las prácticas de construcción tradicionales comenzaron a abandonarse, de tal manera que, en la actualidad el entorno construido depende en mayor medida del uso de concreto, que no corresponde con la diversidad regional del país y que ignora la naturaleza, el clima y el estilo de vida de los habitantes (Aydeniz; Fellahi, 2019). México también posee un amplio territorio caracterizado por climas áridos y semiáridos, que van desde el centro hasta el norte del país, donde se han desarrollado sistemas constructivos de tierra adaptados a estas condicionantes climáticas. En el norte de país aún persiste la tradición constructiva del adobe, que emplea la tierra como material de construcción. Sin embargo, esta y otras técnicas de construcción se encuentran en proceso de deterioro y de sustitución, por considerarse edificaciones de baja calidad y en otras ocasiones por el olvido de las técnicas de construcción.

Lo mismo acontece en contexto rural de Torreón en Coahuila. Aunque en un inicio gran parte de los asentamientos rurales fueron construidos con la técnica de mampostería de adobe, en la actualidad este tipo de edificaciones se encuentran en estado de deterioro, de abandono y en muchas ocasiones han sido demolidas y sustituidas por sistemas constructivos que implementan materiales industrializados como el concreto armado. En la figura 1 se observa una edificación deteriorada y abandonada. Sin embargo, con estas transformaciones no solo se olvidarán las técnicas de construcción, también se perderán las cualidades socioculturales, económicas y ecológicas, teniendo como resultado la insostenibilidad de la vivienda.



Figura 1. Deterioro y abandono de la vivienda construida con adobe en el contexto rural de Torreón, Coahuila (crédito: A. J. González)

En cuanto a pérdida de cualidades ecológicas, la sustitución de materiales y componentes de tierra, en conjunto con otros de origen natural, ha tenido como consecuencia que las nuevas edificaciones con materiales industrializados tengan un mayor consumo energético y con ello mayores emisiones de CO₂. De esta manera, no solo se impacta sobre el paisaje cultural, también se contribuye con el cambio climático.

Por ello, es preciso evaluar la posibilidad de innovar técnicas tradicionales de construcción con tierra para su posible aplicación en viviendas sostenibles. Entre los principales aspectos a considerar están las variables de energía embebida y de emisiones de CO₂, con la finalidad de mostrar sus cualidades al compararse frente a sistemas constructivos industrializados. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos a partir de la comparación entre un modelo edificado con técnicas mixtas, denominado Bajareque Tecnificado, situado desde 2020 en la UAdeC-Torreón, frente a un modelo de iguales dimensiones, realizado con un sistema convencional, ampliamente difundido en el contexto rural de la región, que incluye materiales industrializados como concreto y acero.

2 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

El desarrollo y la innovación tecnológica del sector de la edificación ha dado lugar a la disponibilidad de diferentes materiales de construcción. Sin embargo, de manera paralela, estos materiales consumen una gran cantidad de energía desde su producción hasta su puesta en obra. El gasto energético por la fabricación de materiales es directamente proporcional a las emisiones de CO₂. Los edificios generan casi el 40% de las emisiones totales de CO₂, eso los convierte en uno de los principales contribuyentes del cambio climático (Sabnis et al., 2015).

Debido a los impactos ambientales generados por las prácticas de edificación, se han desarrollado marcos teóricos y metodológicos para retroalimentar las prácticas contemporáneas y con ello aminorar sus impactos ecológicos. De esta manera, el concepto de construcción sostenible conlleva un proceso integral que busca restaurar y conservar la armonía entre los ambientes naturales y construidos. Implica un pensamiento holístico en lo que respecta a la construcción y gestión del entorno, a partir de la perspectiva del ciclo de vida (CIB, 2002).

Los principios de la construcción sostenible buscan entre otros aspectos, reducir el consumo de insumos, reutilizar recursos, emplear materiales reciclables, proteger la naturaleza, eliminar sustancias tóxicas, aplicar el análisis de ciclo de vida y elevar la calidad ambiental y confort de los espacios edificados. Estos principios han de aplicarse durante las fases de planificación, desarrollo, diseño, construcción, uso y operación, mantenimiento, modificación y deconstrucción, tomando en consideración recursos como el suelo, materiales, agua, energía y ecosistemas (Kibert, 2013).

Algunos impactos ecológicos relacionados con la producción de materiales se vinculan estrechamente con el consumo energético durante los procesos de fabricación. Un ejemplo importante es la calcinación de la cal y las arcillas durante la producción de cemento, donde, además de muchos otros gases contaminantes, se liberan grandes cantidades de CO₂ (Berge, 2009). Reducir el consumo de energía del entorno construido y de las emisiones de gases de efecto invernadero son objetivos nodales de la construcción sostenible.

Es evidente que existen materiales con distintos coeficientes energéticos y de emisiones de dióxido de carbono. Entre los materiales industrializados que presentan mayores cargas energéticas y de emisiones de dióxido de carbono, se encuentran el aluminio virgen con 194 MJ/kg y 14200 g CO₂/kg, el acero de refuerzo con 8,6 MJ/kg y 575 g CO₂/kg, el concreto con 1,2 MJ/kg y 164 g CO₂/kg (Alcorn, 2010). Sin embargo, algunos productos tienen una energía incorporada menor cuando su transformación se realizan mediante procedimientos poco mecanizados, o bien, cuando son reciclados. Por ejemplo, el aluminio reciclado tiene el 10% de la energía incorporada con respecto al que se fabrica a partir de la extracción de mineral de bauxita. De manera similar, el acero reciclado tiene el 20% de la energía incorporada del acero hecho con minerales naturales (Kibert, 2013).

Por otra parte, se puede considerar que un material es sostenible cuando genera menos impactos sobre el medioambiente. Generalmente, son de origen natural, elaborados a partir de recursos renovables, reutilizados o reciclados y son durables. Además, tienen baja energía embebida, así como, bajas emisiones de gases tóxicos y contaminantes durante todo su ciclo de vida (DEGREN, 2020). Entre los materiales de origen natural, empleados en la construcción, con bajos coeficientes de energía incorporada y de dióxido de carbono embebido están la madera con 2,7 MJ/kg y -1670 g CO₂/kg, la tierra con 0,15 MJ/kg y -12 g CO₂/kg, la paja 0,24 MJ/kg y -1660 g CO₂/kg (Alcorn, 2010).

Cabe resaltar que, la tierra como material de construcción tiene diversas cualidades para considerarse sostenible. En los sistemas constructivos de tierra, los procesos de extracción, transportación y transformación del material se hacen in situ, lo cual representa una reducción de consumos de materia y energía (Guerrero, 2014). Durante el proceso de construcción con tierra se utilizan pequeñas cantidades de agua y energía, ya que el trabajo es manual, y se generan muy pocos residuos, cumpliendo así varios principios de lo que puede considerarse como construcción sostenible (Henneberg, 2014).

Por su parte, la madera es un recurso natural renovable que producida de forma legal y sostenible es la más respetuosa con el medio ambiente. En comparación con materiales de construcción industrializados, como el acero, el concreto, así como, algunos paneles prefabricados de madera, no emite gases de efecto invernadero, requiere poca cantidad de energía durante sus procesos de producción y se considera un sumidero de carbono (UN-Habitat, 2012).

Sin embargo, el aumento de precios, así como, la escasez de los recursos maderables, han convertido al acero reciclado en una alternativa viable para la construcción. Debido a que es altamente resistente a esfuerzos mecánicos, se necesitan menos componentes estructurales para soportar la misma carga. Aunque el acero tiene un contenido energético incorporado muy alto, se puede reutilizar y reciclar fácilmente (Kim; Rigdon, 1998).

Esto abre la posibilidad de plantear sistemas constructivos mixtos que incorporen materiales como el acero en sus componentes estructurales, combinados con otros de origen natural como la madera, la tierra y la paja. En climas áridos y semiáridos la madera es un recurso escaso y poco durable por la radiación solar y la baja humedad ambiental, mientras que el acero puede ser de fabricación local y soportar de mejor manera las condiciones climáticas. No obstante, edificaciones milenarias han demostrado que en climas extremos la madera y la paja pueden conservar su integridad si se recubren con tierra. De este modo se podría aprovechar el potencial de cada componente en una interacción compatible.

3 METODOLOGÍA

A partir de un análisis comparativo, que contempla las variables de energía embebida y de emisiones de CO₂, entre dos sistemas constructivos de 10 m² cada uno, se pretende demostrar de manera cuantitativa la sostenibilidad de un sistema alternativo denominado bajareque tecnificado (SBT), emplazado en la Universidad Autónoma de Coahuila en Torreón. La propuesta se basa en la reinterpretación de la tradición constructiva del bajareque con madera, tierra y paja, incorporando algunos componentes de acero en su enmarcamiento estructural y de concreto armado en la cimentación. Mientras, el piso, los muros y la cubierta están constituidos por entramados de madera que reciben mezclas de concreto y de tierra-paja (figura 2).

Los parámetros de sostenibilidad del SBT se compararon con los de un local realizado con un sistema constructivo convencional (SCC), de amplio uso en la región, que emplea concreto armado en la cimentación, así como, bloques de concreto unidos con mortero de pega para muros confinados por cerramientos de concreto armado. En tanto, la cubierta está constituida por una losa reticular de concreto armado (figura 3).

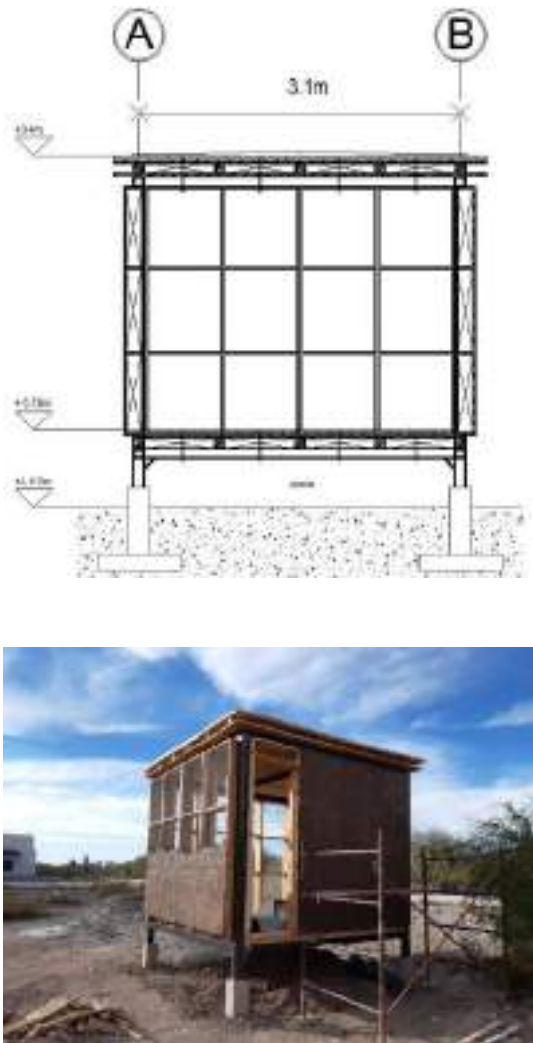
Características del sistema bajareque tecnificado (10 m ²) – SBT	
	Cimientos aislados: cuatro zapatas de concreto armado con resistencia de 200 kgf/cm² y acero de refuerzo de varillas corrugadas de 0.0095 m de diámetro. Con base de 0.8 m x 0.8 m x 0.15 m y dado de 0.2 m x 0.2 m x 0.65 m.
	Columnas: cuatro perfiles de acero tipo PTR, de 3 m de longitud, con sección de 0.1 m x 0.1 m y calibre de 0.0019 m.
	Vigas: ocho perfiles de acero tipo PTR, de 3 m de longitud, con sección de 0.1 m x 0.1 m y calibre de 0.0019 m. Así como, dos perfiles de acero tipo PTR, de 3 m de longitud, con sección de 0.1 m x 0.05 m y calibre de 0.0019 m, colocados como apoyo intermedio para soportar los entramados del piso y de la cubierta.
	Piso: entramado de madera, con cinco polines de sección de 0.1 m x 0.1 m y 3.2 m de longitud, que conforman un envigado que recibe un entablado de diez piezas de madera con secciones de 0.3 m x 0.025 m y 3.2 m de longitud, que sirve de soporte para una placa concreto armado de 100 kgf/cm², de 0.025 m de espesor, con refuerzo de una malla electrosoldada con retícula de 6" x 6".
	Muros: dieciséis paneles de madera, con modulación de 2.4 m de alto x 0.75 m de ancho x 0.2 m de largo, armados con tablas de 0.2 m x 0.025, con aplicación de malla de acero, para corral de aves, en cara interior y exterior, para recibir revoques de tierra-paja con 0.05 m de espesor. La disposición de los revoques genera una cámara ventilada de 0.1 m al interior de los muros.
	Cubierta: de entramado de madera conformado por cinco polines, con sección de 0.1 m x 0.1 m x 3.2 m de longitud para envigado que recibe un doble entablado de veinte piezas de madera con secciones de 0.3 m x 0.025 m y 3.2 m de longitud, colocadas en la parte inferior y superior del envigado. Finalmente, el entramado soporta una placa de concreto armado de 100 kgf/cm², de 0.025 m de espesor, con refuerzo de una malla electrosoldada con retícula de 6" x 6". La disposición de una doble cara de madera genera una cámara ventilada de 0.1 m al interior de la cubierta.

Figura 2. Sección y edificación del sistema bajareque tecnificado

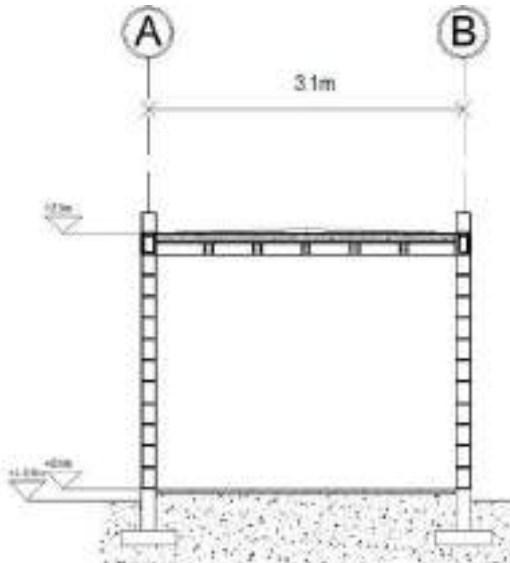
Características del Sistema Constructivo Convencional (10 m ²) – SCC	
	Cimientos continuos: zapatas de concreto armado, con resistencia de 200 kgf/cm ² y acero de refuerzo de varillas corrugadas de 0.0095 m de diámetro. Con base de 0.55 m x 0.15 m y contratrabe de 0.55 m x 0.15 m.
	Columnas: cuatro elementos de concreto armado de 200 kgf/cm ² y acero de refuerzo de varillas corrugadas de 0.0095 m de diámetro. Con sección de 0.15 m x 0.15 m.
	Vigas: cuatro elementos de concreto armado de 200 kgf/cm ² y acero de refuerzo de varillas corrugadas de 0.0095 m de diámetro. Con sección de 0.2 m x 0.15 m.
	Piso: placa de concreto armado de 100 kgf/cm ² , de 0.05 de espesor, reforzada con una malla electrosoldada con retícula de 6" x 6".
	Muros: de block hueco de concreto, con dimensiones de 0.4 m x 0.2 m x 0.15 m, con juntas de mortero de cemento-arena con 0.01 m de espesor.
	Cubierta: losa reticular de concreto armado, con resistencia de 200 kgf/cm ² , con viguetas de 0.12 m x 0.08 m y capa de compresión de 0.05 m de espesor. Con implementación de placas de poliestireno de 0.4 m x 0.4 m por cada lado y 0.1 m de espesor.

Figura 3. Sección del módulo de sistema constructivo convencional

El análisis se basa en la cuantificación de materiales de los dos sistemas constructivos, para determinar la energía embebida en MJ/kg y las emisiones de dióxido de carbono en gramos, por cada kilogramo de material constructivo (gCO₂/kg).

Etapas del proceso metodológico:

- Inventario de materiales
- Cuantificación de materiales y peso volumétrico
- Cuantificación de energía incorporada
- Cuantificación de emisiones de CO₂
- Comparación de sistemas constructivos

Con base en la elaboración de planos se registran todos los componentes y materiales que constituyen los sistemas constructivos. La cuantificación de los materiales en m³ se realizó con base en las características y dimensiones de cada componente empleado para cimentación, columnas, vigas, piso, muros y cubierta. Esta información se obtuvo por medio de la revisión de fichas técnicas de materiales emitidas por los fabricantes.

A partir de la cuantificación de los materiales empleados para cada componente constructivo, se asignó su peso volumétrico expresado en kg/m³. Esto se obtuvo multiplicando el peso volumétrico de cada material en m³ por el peso asignado en kg/m³, con base en datos de CEMEX (2005).

Una vez que se obtuvo el peso volumétrico de los materiales empleados en los componentes de cada sistema constructivo, se multiplicó por los coeficientes de MJ/ g, para determinar la energía incorporada, así como, por los coeficientes de g CO₂/kg, para

determinar las emisiones de dióxido de carbono. La información fue obtenida del Centre of Building Performance Research, de la Universidad Victoria de Wellington, Nueva Zelanda, (Alcorn, 2003).

Finalmente, con base en la elaboración de gráficas se compararon los resultados de la energía embebida y las emisiones de dióxido de carbono, de los materiales consumidos en los componentes de cada sistema constructivo analizado.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

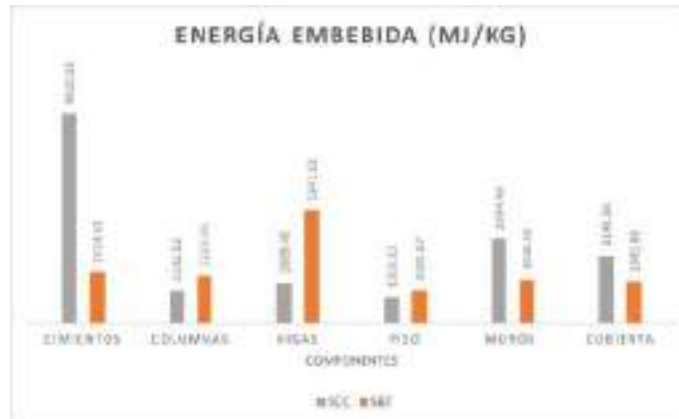


Figura 4. Energía embebida (MJ/kg) de componentes por cada sistema constructivo

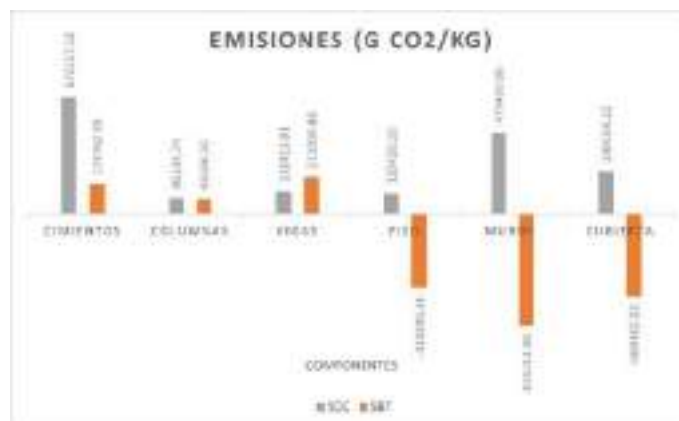


Figura 5. Emisiones de dióxido de carbono (g CO₂/kg) de componentes por cada sistema constructivo

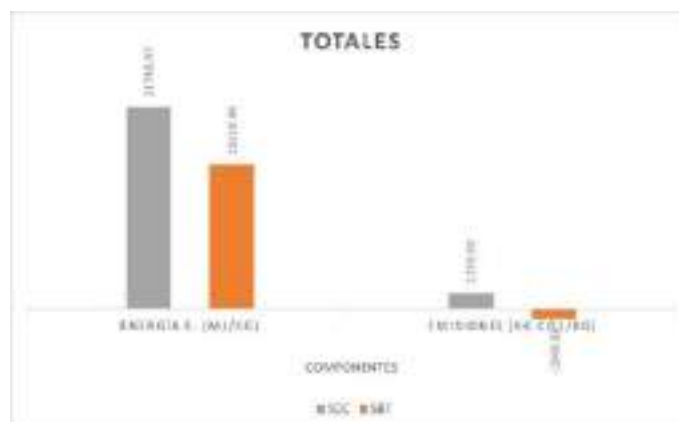


Figura 6. Energía embebida (MJ/kg) y emisiones de dióxido de carbono (g CO₂/kg) totales de cada sistema constructivo

Con base en los resultados mostrados en las figuras 4, 5 y 6 se establecen comparaciones entre el sistema constructivo convencional (SCC) y el sistema de bajareque tecnificado (SBT). Se analizan las variables de energía embebida (figura 4) y de emisiones de dióxido de carbono (figura 5), por cada componente. Por último, en la figura 6 se muestran los resultados totales de energía embebida y de emisiones de CO₂ de cada sistema constructivo.

4.1 Cimientos

La energía embebida de la cimentación del SBT es menor que la del SCC, con una diferencia de 7506.31 MJ, que representa 75.7 %. Así mismo, las emisiones de dióxido de carbono de la cimentación del SBT son menores que la del SCC, con una diferencia de 498395.17 g CO₂, equivalentes a 0.49 t CO₂, que representan 74.2 %.

Aunque la cimentación de los dos sistemas constructivos es de concreto armado, la del SBT tiene menor consumo energético porque su volumen representa una cuarta parte de la cimentación continua de concreto armado del SCC. El peso total del SCC es de 8630 kg, mientras que el peso del SBT es de 5783 kg, existe una diferencia de 2847 kg que se traduce en un menor peso transmitido hacia la cimentación. En consecuencia, de la reducción en el consumo de concreto armado, las emisiones de CO₂ de la cimentación del SBT también son menores frente a las del SCC.

4.2 Columnas

La energía incorporada de las columnas del SCC es menor que la del SBT, con una diferencia de 682.91 MJ, que representa 30.7 %. En tanto, las emisiones de dióxido de carbono de las columnas del SBT son menores que las del SCC, con una diferencia de 7028.54 g CO₂, equivalentes a 0.007 t CO₂, que representan 7.4 %.

Ya que el acero concentra más MJ por kilogramo de material en comparación con el concreto, su mayor uso incrementa el consumo energético. Debido a que en las columnas del SCC se usa la mitad del acero empleado en las columnas del SBT, se tiene como resultado un menor consumo energético. Sin embargo, las emisiones de CO₂ de las columnas del SCC son ligeramente mayores que las del SBT por la incorporación de mezcla de concreto en el armado de acero.

4.3 Vigas

La energía embebida de las vigas del SCC es menor que las del SBT, con una diferencia de 3451.55 MJ, que representa 64.7 %. Así mismo, las emisiones de dióxido de carbono de las vigas del SCC son menores que las del SBT, con una diferencia de 79521.07 g CO₂, equivalentes a 0.079 t CO₂, que representan 37.5 %.

Debido a que en las vigas de concreto armado del SCC se usa una cuarta parte del volumen de acero empleado en las vigas del SBT, se tiene como resultado un menor consumo energético aun sumando la energía embebida de la mezcla de concreto añadida al armado de acero. Si bien, el volumen total de las vigas del SBT es menor que el del SCC, las emisiones de CO₂ de las vigas del SBT se incrementan por la mayor incorporación de acero, ya que los g CO₂/kg de concreto son hasta diez veces menores que los del acero.

4.4 Pisos

La energía embebida del piso del SCC es menor que la del SBT, con una diferencia de 349.45 MJ, que representa 22.5 %. Sin embargo, las emisiones de dióxido de carbono del piso del SBT son menores que las del SCC, con una diferencia de 539722.5 g CO₂, equivalentes a 0.53 t CO₂, que representan 448 % menos.

Ya que la energía embebida por kg de madera es mayor que la energía incorporada por kg de concreto, el piso del SCC por no emplear madera tiene un menor consumo energético que el del SBT. En contraste, las emisiones de CO₂ del piso del SBT son mucho menores

que las del SCC, porque la madera usada para el entramado tiene la cualidad de absorber dióxido de carbono durante su proceso de crecimiento. En otras palabras, mientras el concreto tiene coeficientes de emisiones positivos, la madera tiene coeficientes negativos.

4.5 Muros

La energía embebida de los muros del SBT es menor que la del SCC, con una diferencia de 1957.90 MJ, que representa 49 %. De la misma manera, las emisiones de dióxido de carbono de los muros del SBT son menores que las del SCC, con una diferencia de 1105674.92 g CO₂, equivalentes a 1.1 t CO₂, que representan 235% menos.

La energía consumida en los muros del SBT es notablemente menor que la consumida en el SCC porque este último emplea únicamente bloques y juntas de concreto, mientras en el SBT se emplea madera y una mezcla de tierra-paja con coeficientes en MJ/kg que son hasta seis veces menores que los del concreto. En tanto que, las emisiones de CO₂ de los muros del SBT también son notablemente menores que las del SCC, porque la madera usada para los paneles tiene coeficientes negativos. Aunque en el proceso de industrialización de la madera se tienen coeficientes positivos, estos se reducen negativamente por la cualidad que tienen las especies maderables de absorber dióxido de carbono durante su crecimiento.

4.6 Cubiertas

La energía embebida de la cubierta del SBT es menor que la del SCC, con una diferencia de 1249.18 MJ, que representa 39.1 %. Así mismo, las emisiones de dióxido de carbono de la cubierta del SBT son menores que las del SCC, con una diferencia de 718586.25 g CO₂, equivalentes a 0.71 t CO₂, que representan 288 % menos.

La cubierta del SBT tiene una menor carga energética que la del SCC, debido a que se reduce a la mitad el uso de concreto en la capa de compresión, y porque los coeficientes de energía embebida del poliestireno son hasta veinte veces mayores que los de la madera. Por tal motivo, la carga energética de los sistemas constructivos que incorporan casetones de poliestireno puede verse muy incrementada.

Las emisiones de CO₂ de la cubierta del SBT son marcadamente menores que las del SCC, porque incorpora materiales naturales como la madera que tiene coeficientes negativos. Mientras, la cubierta del SCC resulta con elevadas emisiones de gases de efecto invernadero por el uso extensivo de materiales industrializados como el concreto armado y casetones de poliestireno. Aunque el uso de casetones de poliestireno puede aligerar el peso de las cubiertas, de manera paralela se pueden incrementar las emisiones de CO₂, debido a que los coeficientes de emisiones de dióxido de carbono del poliestireno incluso duplican a los del acero.

4.7 Totales

En general, la energía incorporada del SBT es menor que la del SCC, con una diferencia de 6229.48 MJ, que representan 28.7 %. Por último, las emisiones de dióxido de carbono del SBT son menores que las del sistema constructivo convencional, con una diferencia de 2789886.32 g CO₂, equivalente a 2.7 t CO₂, que representan 160 % menos.

5 CONCLUSIONES

La información analizada en este trabajo permite reconocer, mediante datos duros, la diferencia de dos variables cruciales para las mediciones de impacto ambiental: la energía embebida y las emisiones de dióxido de carbono durante los procesos de fabricación de materiales para edificar.

El sistema SBT para el cual se emplearon tanto materiales de origen natural como industrializados, arroja datos energéticos alentadores al evaluarse comparativamente frente a un sistema constructivo convencional que emplea únicamente materiales industrializados. La reducción de casi una tercera parte (28.7 %) de la energía necesaria para fabricar sus

insumos se vincula con ahorros en las fuentes de energía que en general provienen de la quema de combustibles o de la electricidad.

Pero el dato más impresionante que se deriva del análisis desarrollado deviene de la reducción del 160% en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta reducción se explica en parte por el empleo de tierra para el relleno de los muros, la cual se extrae del propio terreno y se manipula sin complejos procedimientos tecnológicos. Pero, sobre todo, el diferencial mayor está asociado al manejo de material vegetal en su construcción. Como se mencionó antes, los datos derivados de la captura de carbono de la madera y la paja permiten plantear una ecuación en la que el balance final se ve favorecido gracias a los valores con signo negativo de sus emisiones a la atmósfera. En futuros trabajos se prevé usar la madera como elemento estructural en sustitución del acero empleado en el SBT, con ello se reducirá en mayor medida el consumo energético y las emisiones de CO₂.

Con base en los datos generados para un área de 10m², se deduce que el SBT tiene una energía incorporada de 1566,7 MJ/m², y genera -147,6 kg CO₂/m². De esta manera, se puede establecer que por cada 60 m² de construcción, tomando como referencia el área mínima de una vivienda social, se tendría una energía embebida de 94002 MJ, y generaría -8856 kg CO₂.

Hoy que se han hecho cada vez más evidentes los estragos provocados por las alteraciones atmosféricas, el planteamiento de sistemas constructivos que reduzcan de manera destacable los indicadores de impacto ambiental genera expectativas promisorias. El desarrollo de sistemas constructivos alternativos como SBT puede apoyar de manera sustantiva en este esfuerzo global. Además, se trata de un sistema que puede ser fácilmente adaptado a procesos de autoconstrucción asistida y que es viable para su empleo tanto en medios rurales como urbanos, consiguiendo en ambos casos los beneficios aquí documentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcorn, A. (2003). Embodied energy and CO₂ coefficients for NZ building materials. Wellington, New Zealand: Victoria University.

Alcorn, A. (2010). Global sustainability and the New Zealand house (doctoral thesis). Victoria University, Wellington, New Zealand.

Aydeniz, N.; Fellahi, N. (2019). Mzab algerian vernacular architecture: a connection between the architecture and the environment. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334263768_MZAB_ALGERIAN_VERNACULAR_ARCHITECTURE_A_CONNECTION_BETWEEN_THE_ARCHITECTURE_AND_THE_ENVIRONMENT

Berge, B. (2009). The ecology of building materials. Oxford, United Kingdom: Elsevier.

CEMEX (2005). Manual del constructor. Ciudad de México, México: Talleres de proceso gráfico.

CIB (2002). Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. Disponible en: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB3150.pdf>

DEGREN – Design and Green Engineering (2020). Guía para la selección de materiales de construcción sostenible. Disponible en: <http://www.degren.eu/wp-content/uploads/2020/05/DEGREN-SMCS.pdf>

GIZ (2016). El libro de la vulnerabilidad. Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Disponible en: https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/giz_sbv_ES_SOURCEBOOK_screen_v171019.pdf

Guerrero, L. (2014). La arquitectura de tierra. En M. Rodríguez (Ed.), Introducción a la arquitectura bioclimática. Ciudad de México: LIMUSA. p. 79-100

Guerrero, L. (2007). La pérdida de la arquitectura de adobe en México. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306375677_Mexico_La_perdida_de_la_arquitectura_de_adobe_en_Mexico

Henneberg, A. (2014). Tres pasos para la recuperación de la arquitectura de tierra en el estado de Zulia, Venezuela. Disponible en: <https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2015/024henneberg.pdf>

Kibert, C. J. (2013). Sustainable construction: Green building design and delivery. New Jersey, USA: Wiley

Kim, J.; Rigdon, B. (1998). Qualities, use and examples of sustainable building materials. Disponible en: <http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/ARCHpdfs/ARCHsbmlIntro.pdf>

Meadows, D. H; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens, W. (1972). The limits to growth: A report for the of Rome's project on the predicament of mankind. New York, USA: Universe Books.

Sabnis, A.; Mysore, P.; Anant, S. (2015). Construction materials-embodied energy footprint-global warming; interaction. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/310022790_Construction_Materials-Embodied_Energy_Footprint-Global_Warming_Interaction

UN-Habitat (2012). Going green: A handbook of sustainable housing practices in developing countries. Disponible en: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Going%20Green.pdf>

WMO – World Meteorological Organization (2019). Greenhouse gas bulletin. The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2019. Disponible en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10437

AUTORES

Alleck J. González Calderón, arquitecto, con maestría y doctorado en Ciencias y Artes para el Diseño, profesor investigador de tiempo completo en la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, de la Universidad Autónoma de Coahuila. Integrante del Cuerpo Académico: Territorio, Asentamientos Humanos y Resiliencia.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco, jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRATERre.

COMPORTAMIENTO TÉRMICO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA PROMEVI EN AMAICHA DEL VALLE, TUCUMÁN

Matías Ortega¹, Beatriz Garzón²

Red PROTIERRA, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT – Universidad Nacional de Tucumán y CONICET,

¹mateduortega@gmail.com; ²bgarzon06@gmail.com

Palabras clave: vivienda social, eficiencia térmico-energética, etiquetado de vivienda, monitoreo, simulación

Resumen

El Programa de Mejoramiento de Viviendas, o Programa “Mejor Vivir” (PROMEVI), recurrió a las tecnologías locales no predominantes, como el adobe y la torta de barro, para paliar el déficit habitacional en el Valle Calchaquí tucumano, Argentina, cuyo clima es templado cálido (IRAM 11.603). Se analiza aquí el comportamiento térmico-energético, tanto en invierno como en verano, de la “Casa Mamaní”, ubicada en la localidad de Los Zazos. Los objetivos de este trabajo son: a) caracterizar el sitio de implantación, observando las particularidades climáticas del valle y la cultura constructiva tradicional; b) caracterizar las disposiciones arquitectónicas y tecnológicas del caso de estudio; c) evaluar mediante monitoreo higrotérmico y simulación térmica su comportamiento respecto a las zonas de confort según la estación considerada; d) generar etiqueta de eficiencia energética (EE), mediante aplicativo web. Se utilizó el método descriptivo para la caracterización del entorno y de la vivienda. Seguidamente, se aplicó el método analítico para determinar el cumplimiento de la vivienda respecto a las recomendaciones de la serie 11600 de las Normas IRAM. Se realizaron mediciones de temperatura y humedad internas y externas en reales condiciones de uso y se validó el modelo en régimen dinámico mediante la simulación térmica en SIMEDIF. Por último, se generó la EE para identificar el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), que se obtiene mediante el aplicativo web desarrollado por el Ministerio de Energía de la Nación. Los resultados alcanzados muestran que si bien la aplicación de las tecnologías locales, por parte del PROMEVI, resulta apropiada, no se observa un buen comportamiento térmico energético, por lo que se propone realizar mejoras para su rehabilitación.

1 INTRODUCCIÓN

El último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021), presentado sobre las bases físicas del cambio climático, expuso de manera contundente la influencia humana inequívoca en el fenómeno global, calentando el clima a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos 2000 años. A su vez, la Agencia Internacional de la Energía (AIE), organización que lleva cuatro décadas trabajando para asegurar el suministro de petróleo a los países industrializados, ha dado un giro radical a sus planteamientos y llamó a hacer una rápida transición hacia las energías renovables para conseguir que las emisiones de carbono sean nulas en 2050, con lo cual, “el aumento anual de la eficiencia energética debe ser tres veces más rápido durante la próxima década” (CincoDías, 2021).

En este contexto, transitar hacia arquitecturas eficientes energéticamente es casi un imperativo moral. Argentina viene avanzando desde hace años en marcos normativos para el acondicionamiento térmico de edificios, aunque este no es, todavía, de aplicación obligatoria. La serie de normas 11600 del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), sirve a este propósito, y la norma IRAM 11900 (2019) es, junto al aplicativo elaborado por la Secretaría de Energía de la provincia de Santa Fe (y cedido a la Secretaría de Energía de la Nación para que fuera aplicado en todas las provincias que firmaron los correspondientes convenios), el último avance en la materia para el desarrollo de la eficiencia energética en el país.

A su vez, la Secretaría de Vivienda de la Nación, perteneciente al Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, publicó en 2019 sus “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social”, constituido en marco para la promoción de viviendas inclusivas, asequibles y sostenibles. Este documento incorpora y unifica la totalidad de la normativa argentina que regula la construcción, además de nuevos lineamientos acordes a la Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable, que busca la eficiencia energética, el diseño bioclimático y la incorporación de energías renovables. Se considera aquí que lo sistematizado en este documento ilustra y sintetiza las políticas públicas en relación con la materia, y que la producción de vivienda social influye en la dinámica de la industria de la construcción en general. Es así como en los “estándares” se detallan las condiciones mínimas que deben cumplir los cerramientos exteriores de las viviendas para lograr la eficiencia energética y garantizar un nivel aceptable de confort térmico. Para ello, los valores de transmitancia térmica K de muros y techo deben ser iguales o menores a los máximos establecidos en la Norma IRAM 11605 (1996), para el Nivel B. Deben controlarse también los puentes térmicos (IRAM 11630, 2000), y los riesgos de condensación superficial e intersticial (IRAM 11625, 2000). Además, se exige la presentación del informe de certificación de eficiencia energética mediante la carga y procesamiento de datos en el aplicativo informático Etiquetado de Viviendas, conforme al método de cálculo de prestaciones energéticas establecido a nivel nacional siguiendo la Norma IRAM 11900 (2019).

1.1 EL PRO.ME.VI y la construcción en tierra

Este trabajo se inscribe en un proyecto de investigación referido a la eficiencia energética en la vivienda social ejecutada en tierra, por lo que el marco de trabajo está circunscripto a los casos que, mediante el financiamiento de distintos programas de fomento a la vivienda social, pudieron ser materializados utilizando alguna técnica constructiva en tierra. Es así que el Programa de Mejoramiento de Viviendas (PROMEVI), resultó ineludible, ya que, en su implementación en el territorio del Valle Calchaquí tucumano, y articulando con cooperativas de construcción locales, se permitió la conformación de viviendas en adobe, adecuándose técnica y culturalmente a las tradiciones de la región (Ortega; Garzón, 2019).

2 OBJETIVOS

Este trabajo propone el análisis de las estrategias de diseño bioclimático adoptadas y la verificación del comportamiento térmico de una vivienda rural ejecutada con el PROMEVI. Los objetivos planteados son: a) mostrar la aplicación de estrategias y pautas de diseño bioclimático-energético en una vivienda PROMEVI ejecutada en tierra; b) simular su comportamiento térmico; c) verificar el comportamiento térmico-energético a través de mediciones; y d) confrontar las curvas resultantes productos del monitoreo y la simulación.

3 METODOLOGÍA ADOPTADA

En este trabajo se ha seguido una combinación metodológica, descriptiva y analítica. Siguiendo una metodología descriptiva, se caracterizó la geolocalización de la casa en estudio, puntualizando en el clima y en la determinación de las pautas de diseño bioclimático para la zona de ubicación. La observación directa de la vivienda se complementó con el análisis de su implantación en el terreno y su relación con las orientaciones. Se utilizó la metodología analítica para el monitoreo y la simulación térmica. Para el monitoreo higrotérmico de la vivienda se emplearon tres termohigrómetros con función *datalogger* marca HOBO para el almacenamiento de datos de temperatura y humedad relativa. Con ellos se monitorearon las temperaturas del exterior, de la cocina comedor y del dormitorio. La simulación del comportamiento térmico de la vivienda se realizó con el programa SIMEDIF para Windows, versión actualizada (Flores Larsen, 2019).

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Localización geocultural y caracterización climática

La casa Mamaní está ubicada en el sector La Fronterita, en la localidad de Los Zazos, a unos 2 km de Amaicha del Valle. La familia que la habita se compone por una mujer mayor y dos de sus hijos, adultos ellos. Si bien la casa es el centro del funcionamiento de la vida doméstica, el dormitorio de la mujer se ubica en una casa pequeña de adobe (casa de la familia que precedió al caso de estudio), por lo que los hijos son quienes duermen aquí.

La casa en estudio se halla emplazada en Los Zazos, muy próxima a Amaicha del Valle, localidad icónica de los Valles Calchaquíes tucumanos, en el departamento Tafí del Valle. Se encuentra a una latitud de $-26^{\circ}36'13.39''$ S ($-26,6$), una longitud de $-65^{\circ}53'8.74''$ O ($65,88$), y a una altitud de 2100 msnm (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la vivienda

La Norma IRAM 11603 (2011) establece que el departamento Tafí del Valle se ubica en la zona bioambiental III, templada cálida, donde los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20°C y 26°C . El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C , y valores mínimos que rara vez son menores que 0°C . Al corresponderse con la subzona a, las amplitudes térmicas superan los 14°C .

El clima aquí es "desértico". No hay virtualmente ninguna lluvia durante todo el año en Amaicha del Valle. El clima aquí se clasifica como BWk por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Amaicha del Valle se encuentra a $14,9^{\circ}\text{C}$. Hay alrededor de 222 mm de precipitaciones anuales. El mes más seco es julio, con 0 mm de lluvia. La mayor parte de la precipitación aquí cae en enero, promediando 55 mm. Hay una diferencia de 55 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Diciembre es el mes más cálido del año. La temperatura promedio en diciembre es $20,3^{\circ}\text{C}$. Junio es el mes más frío, con temperaturas promediando $8,5^{\circ}\text{C}$. A lo largo del año, las temperaturas varían en $11,8^{\circ}\text{C}$.

El Anexo C de la IRAM 11603 (2011) caracteriza a la zona IIIa por sus grandes amplitudes térmicas, por lo que recomienda el uso de viviendas agrupadas y de todos los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica. Tanto en la faz de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores. Aconseja prever de protecciones solares adecuadas en las edificaciones orientadas al oeste (así como todas las aberturas), y señala que los colores claros exteriores son altamente recomendables.

Según el diagrama de Givoni, las estrategias para un diseño bioclimático se corresponden con la calefacción solar pasiva para invierno, y con la ventilación natural, la incorporación de masa térmica y el enfriamiento evaporativo directo e indirecto para verano.

4.2 Parámetros edilicios: descripción de la vivienda

El partido arquitectónico corresponde al de vivienda compacta de planta cuadrada. El programa de arquitectura es simple: integra espacial y funcionalmente a la cocina y al estar-comedor (39 m^2), dispuestos hacia el acceso SO, mientras que el baño ($3,8 \text{ m}^2$), y el único dormitorio (18 m^2), se disponen hacia el contrafrente, de orientación NE, sobre el que se proyecta el crecimiento de la casa. La casa tiene una superficie habitable de $60,8 \text{ m}^2$ y un volumen de $173,28 \text{ m}^3$. Dispone de energía eléctrica, red de agua potable y desagüe cloacal independiente, y carece de provisión de gas natural debido a que a la localidad no llega el suministro.

Respecto al sistema constructivo empleado para la materialización de la envolvente, los muros perimetrales exteriores son de mampostería de adobe, revocadas con cemento a la cal. La cubierta se resuelve a dos aguas y en torta de barro sobre un envigado de madera, siguiendo la tradición constructiva local. Las carpinterías son de madera. Las ventanas no cuentan con celosía y los vidriados son simples (de 4 mm de espesor). Dispone de estructura sismo-resistente. La terminación correspondiente al piso es la del contrapiso de hormigón simple (figura 2).

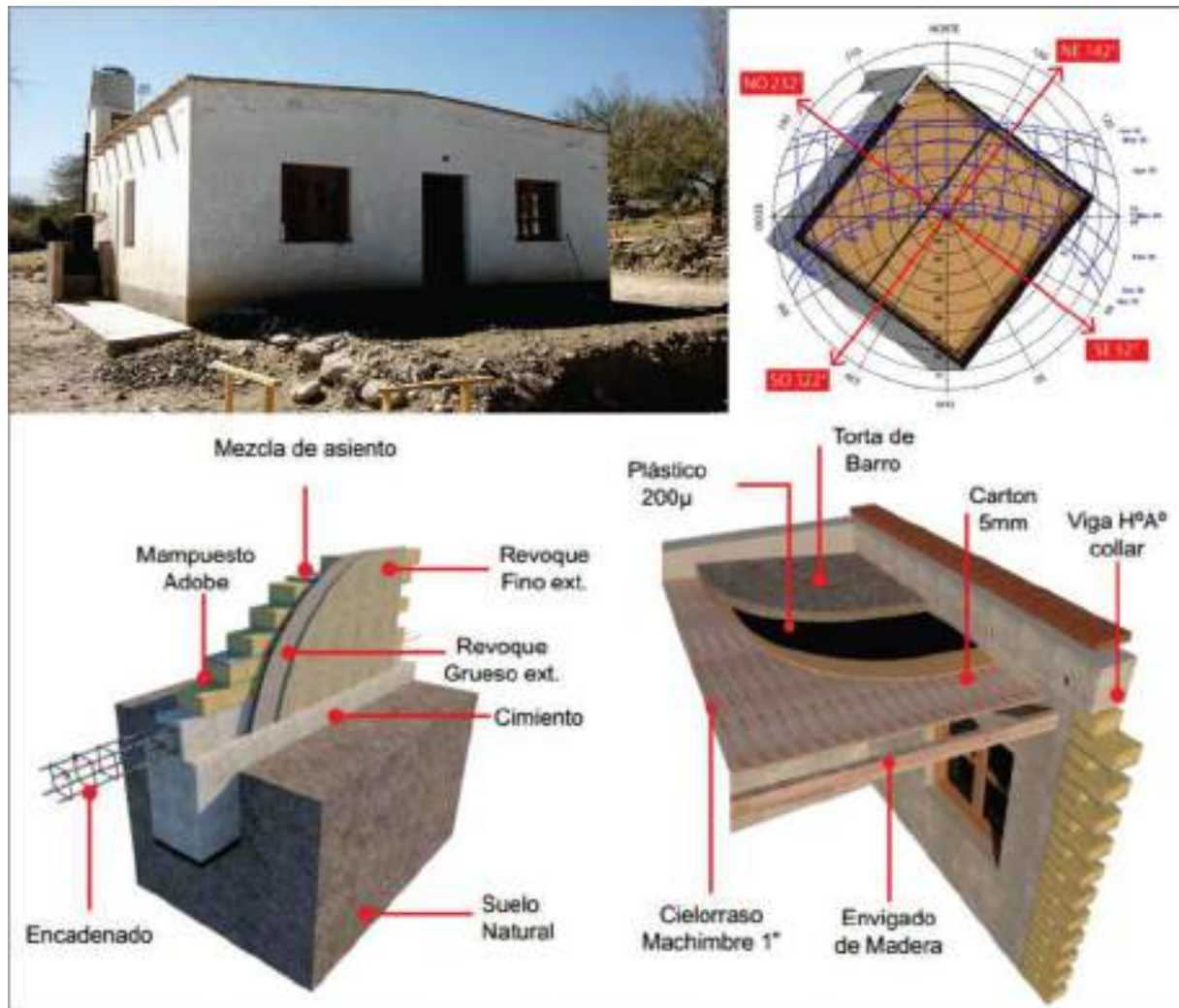


Figura 2. Imagen de la casa en estudio, su posición en el lote y detalles constructivos

4.3 Verificación de normativa IRAM (serie 11600), según su comportamiento térmico en régimen estacionario

Para caracterizar el comportamiento térmico de la vivienda en régimen estacionario se recurre al análisis según el paquete normativo 11600 de IRAM. En este apartado que sigue se definen las superficies y volúmenes habitables, la ubicación y tamaños de los

cerramientos opacos y transparentes, las resistencias y conductividades térmicas, el riesgo de condensación superficial e intersticial, y los coeficientes volumétricos de pérdidas y ganancias térmicas.

Se determinaron los valores de transmitancia térmica (K), de los elementos que definen la envolvente, según las características de los muros, del techo y de las carpinterías, siguiendo las metodologías de cálculo establecidas en la IRAM 11601 (2002). También se recurrió a esta norma para identificar las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. La IRAM 11603 (2011) para determinar la temperatura de diseño mínima de invierno (TDMN), como la temperatura de diseño máxima de verano (TDMX), y la IRAM 11605 (1996) para identificar los valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Para determinar el K de muro, se consideró un coeficiente de conductividad de $0,46 \text{ W/mK}$ (Moscoso-Cordero, 2016); se recurrió a una fuente bibliográfica para obtener este valor de referencia ya que en las tablas de propiedades térmicas de los materiales de construcción incorporadas en la IRAM 11601 no figura el material adobe. Se obtuvo un valor de transmitancia de $1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$, por lo que el muro del caso estudiado verifica el nivel mínimo C establecido para las viviendas sociales. Respecto al techo, para la condición de invierno, presenta una transmitancia de $1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$, mientras que en verano el K es de $1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$. Siendo que en invierno el máximo admisible es de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ para corresponderse con el Nivel C, y en verano es de $0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$, el techo de la casa Mamaní no verifica el nivel mínimo establecido para las viviendas sociales. En relación a las carpinterías, el coeficiente K determinado por la norma IRAM 11601 (2002), y usando el aplicativo web (Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación, 2021a), para este tipo de ventanas es de $5,95 \text{ W/m}^2\text{K}$. Al mismo tiempo, se calculó la transmitancia térmica de la puerta obteniéndose un K de $5,88 \text{ W/m}^2\text{K}$. Las carpinterías distan mucho de ser aptas para un buen comportamiento térmico energético de la vivienda.

La verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales del muro de adobe y del techo, se realizó con la norma IRAM 11625 (2000). Para el caso del muro, cuyo espesor es de 25 cm , se verifica que presenta condensación intersticial, por lo que no verifica. En el caso del techo, por el contrario, no se registra ningún tipo de condensación.

La Norma IRAM 11604 (2004) señala que “el control de los efectos del clima en los locales de una vivienda está influenciado principalmente por una adecuada selección de los materiales empleados en la construcción, por su combinación según los criterios de máxima funcionalidad y por el óptimo diseño de espacios, vanos y orientaciones”, por lo que el cumplimiento de los valores de transmitancias térmicas máximas admisibles de la envolvente de la edificación, puede no resultar suficiente para controlar las pérdidas de calor totales del conjunto. Es por esto que la Norma establece un parámetro global que pondere todos los elementos: el coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G_{cal}), definido como el flujo de calor que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen y por unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario (IRAM 11549, 2002), y que permite evaluar el ahorro de energía en calefacción de una vivienda. El mismo, tiene en cuenta las pérdidas de calor a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos y en contacto con el terreno), más las pérdidas por renovación de aire de los locales de la vivienda. En función del volumen (m^3), y los grados días de calefacción ($^{\circ}\text{C}$), para el caso de estudio, se determina el G_{adm} , siendo el mismo $2.355 \text{ W/m}^3\text{K}$. Las pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda dan como resultado un G_{cal} de $2.534 \text{ W/m}^3\text{K}$, valor que no verifica la norma al incumplir con la condición de que G_{cal} sea igual o menor a G_{adm} .

La norma IRAM 11659-2 (2007), a su vez, se aplica para el control de las ganancias de calor totales del conjunto. El parámetro global aquí definido que pondera todos los elementos que intervienen en el proceso, es la carga térmica admisible en refrigeración (Q_{radm}), y el coeficiente volumétrico de refrigeración admisible (Gr_{adm}). Además, esta norma pone de manifiesto que el concepto de aislamiento térmico, desde el punto de vista de condiciones de habitabilidad y consumo de energía, no solo incluye una mejor calidad de aislamiento de la envolvente, sino además una adecuada selección de la orientación y de las protecciones

solares. Para la edificación en estudio, el coeficiente Gr_{adm} es $17,6 \text{ W/m}^3$. La vivienda da como resultado un Gr $13,93 \text{ W/m}^3$, valor que verifica la norma al cumplir con la condición de que Gr sea igual o menor a Gr_{adm} .

Los resultados del caso analizado dan cuenta de que la mayoría de los valores de cálculo superan los valores admisibles, lo que significa que no se alcanza el estándar mínimo de calidad de construcción sugerido. En el caso de las transmitancias térmicas, los valores de cálculo de todos los elementos de la envolvente, superan los admisibles dispuestos en la norma IRAM 11605 (2000), siendo negativas las diferencias porcentuales y donde las carpinterías presentan los valores más desfavorables, en un orden del 370 % y 760 %. Con respecto a las cargas térmicas de refrigeración, resultó una diferencia entre QR de cálculo y el admisible, verificando para el caso, con un margen positivo del 49,8%. Así mismo, los coeficientes volumétricos "G" de refrigeración y calefacción, al ser contrastados con los valores de referencia según normas, resultaron de 39% verificando en el caso de refrigeración y sin hacerlo en calefacción, con una diferencia negativa del 84%.

4.4 Comportamiento térmico según modelo cuasi estacionario

Respecto a la etiqueta generada para determinar la eficiencia energética de la vivienda, se utilizó el procedimiento de cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), de tipo cuasiestacionario de base mensual; así, cada mes se considera con todos sus días iguales con temperatura constante asumida como la media del mes, y lo mismo se hace para la radiación solar (Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación, 2021b). Para calcular el IPE se recurrió al aplicativo web *Etiquetado de Viviendas*, y que constituye un valor característico del inmueble, expresado en $\text{kWh/m}^2\text{año}$, representando el requerimiento teórico de energía primaria para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano, calentamiento de agua sanitaria e iluminación, durante un año y por metro cuadrado de superficie, bajo condiciones normalizadas de uso. Dado que en el aplicativo web desarrollado por el Ministerio de Energía de la Nación no existe la técnica del *adobe* para la conformación de los muros, se recurre al bloque de suelo cemento macizo, que tiene una conductividad de $0,62 \text{ W/mK}$ (IRAM 11601, 2002). Es por esto que en el aplicativo se utilizaron muros de $0,27 \text{ m}$ para que el coeficiente K de transmitancia térmica se asemeje al $1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ determinado. El resultado es de $416 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ para esta vivienda, correspondiente a la escala "G" en la etiqueta de eficiencia energética (EE). La figura 3 ilustra el resultado obtenido según la escala de valores.

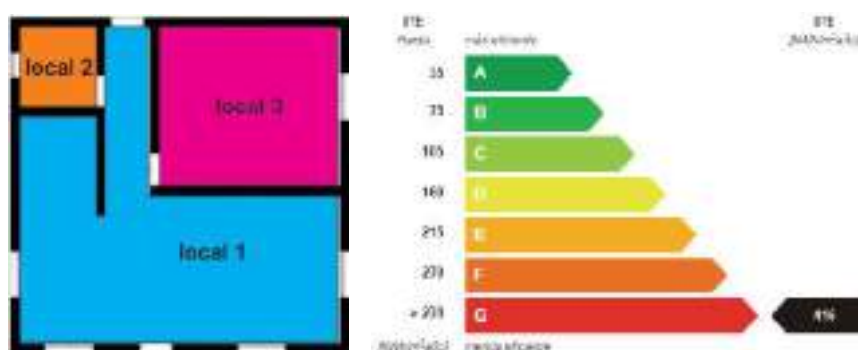


Figura 3: Zonificación térmica y etiqueta de eficiencia energética en función del IPE.

4.5 Comportamiento térmico según modelo dinámico

Para la evaluación de la vivienda en régimen dinámico, se procedió a su monitoreo y simulación térmica. Respecto al monitoreo, hubo una primera fase donde se realizó el relevamiento de las condiciones de funcionamiento y uso de la vivienda según sus usuarios; se capacitó a sus habitantes sobre los pasos del monitoreo y su registro. Se realizaron dos monitoreos higrotérmicos de la vivienda, uno en invierno y otro en verano. El monitoreo de invierno se llevó adelante entre los días 10 y 23 de agosto de 2018, mientras que el de

verano se hizo entre los días 8 y 21 de febrero de 2019. Se realizó un registro de temperatura y humedad relativa interior y exterior, mediante termohigrómetros *dataloggers* marca HOBO, ubicando los sensores en el centro del estar-comedor y del dormitorio; el hobo exterior se colocó en la galería de una casa cercana. En ambos casos, se sistematizan los registros de horarios de apertura y cierre de carpinterías hechos por los usuarios mediante planillas aportadas por los autores, con el objetivo de tener una mejor interpretación del comportamiento térmico de la casa durante los días medidos. Los resultados de ambos monitoreos se muestran en la figura 4, junto a los rangos de confort de invierno (18 a 25 °C), y de verano (20 a 27 °C).

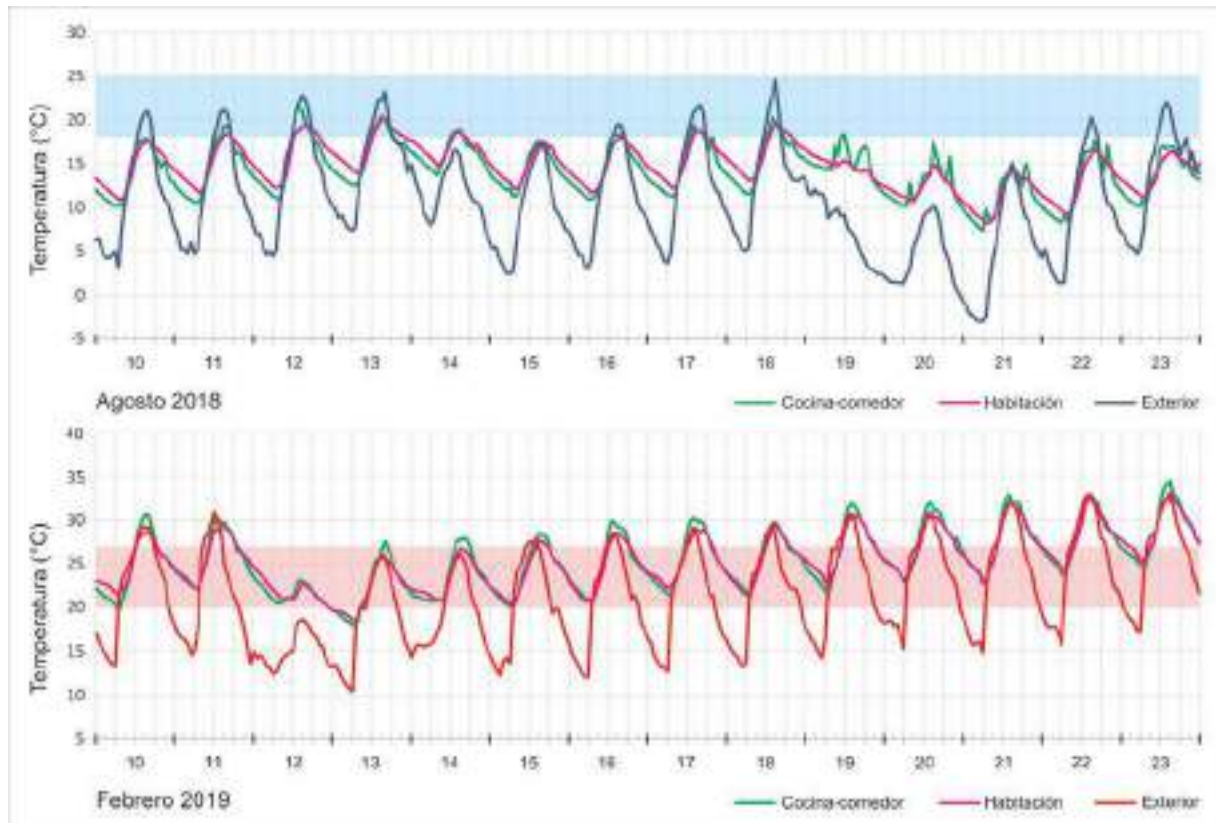


Figura 4. Curvas resultantes de las temperaturas medidas en los períodos de invierno (arriba), y de verano (abajo)

En invierno se observa que la temperatura exterior del período oscila entre una máxima de 24,51 °C el día 18 y una mínima de - 2,93 °C el día 21 de agosto, con una media de 10,79 °C. Los primeros cuatro días de la serie tuvieron niveles de radiación crecientes que se tradujeron en un suave pero progresivo aumento de las temperaturas; el día 14 de agosto la temperatura descendió de manera significativa para empezar a incrementarse progresivamente desde día 15 y por los siguientes cuatro días. El 19, nuevamente, hubo un fuerte descenso hasta llegar a la mínima de la serie, para finalmente empezar a estabilizarse los últimos cuatro días medidos.

Para el caso de verano, el período mostró una situación bastante regular. A los dos primeros días, siguió uno en el que los niveles de radiación y las temperaturas bajaron sensiblemente, para luego, a partir del día 13 de febrero, empezar a subir de manera progresiva. En este período hubo una temperatura media de 21,69 °C, entre la mínima de 10,42 °C durante las primeras horas del día 13, y la máxima de 32,96 °C el último día de la serie.

Conforme a lo establecido en la Norma 11603 (2011), se observaron amplitudes térmicas superiores a los 14 °C. Si bien las amplitudes internas son menores (de unos 8 °C y 10 °C para invierno y verano respectivamente), dando cuenta de la acumulación térmica en la masa de la envolvente, no se observa el retardo térmico que podría esperarse de una construcción con estas características, una vivienda con muros de adobe y torta de barro.

Tampoco se observa el retardo térmico esperado; por el contrario, la evolución de las curvas internas se corresponde mucho con las observadas en el exterior. Se observa aquí un comportamiento similar al que puede advertirse analizando el caso en régimen estacionario y cuasiestacionario: una envolvente que no resulta lo suficientemente aislada como la situación de gran exposición que esta vivienda exige para alcanzar las condiciones de confort.

Para la simulación de la vivienda en SIMEDIFV2.0 se realizó una zonificación del edificio, definiendo los locales o isothermas observados en la figura 3, junto a los ángulos azimutales correspondientes a cada uno de los frentes conforme a la implantación de la vivienda en el terreno. Los tres locales establecidos son la cocina-comedor (con un volumen de aire de $111,08 \text{ m}^3$), el baño ($6,84 \text{ m}^3$), y el dormitorio ($51,30 \text{ m}^3$). Respecto a los elementos de la vivienda, se los sistematizó conforme a los parámetros edilicios de SIMEDIF. Se incorporaron las dimensiones de cada uno, los ángulos azimutales, los coeficientes convectivo-radiativos (h), aplicando la ley de Hellman según las velocidades de viento del período monitoreado, las áreas asoleadas, y en el caso de los elementos macizos, sus coeficientes conductivos y valores de densidad y calor específico, más muchos otros parámetros que el software requiere. Se incorporó además un archivo de clima generado a partir de los datos de radiación, temperatura y humedad relativa del aire obtenido.

La figura 5 muestra la simulación de la cocina comedor y del dormitorio durante el período de invierno, mientras que la figura 6 lo hace con ambos locales, pero para la situación de verano. Se observa un comportamiento muy similar entre los ambientes monitoreados respecto a las curvas logradas con el programa de simulación térmica, validándose el modelo geométrico para futuras propuestas de mejoramiento térmico-energético. Para ambos casos, se buscará que las curvas simuladas se mantengan dentro del rango de confort propio de cada período.

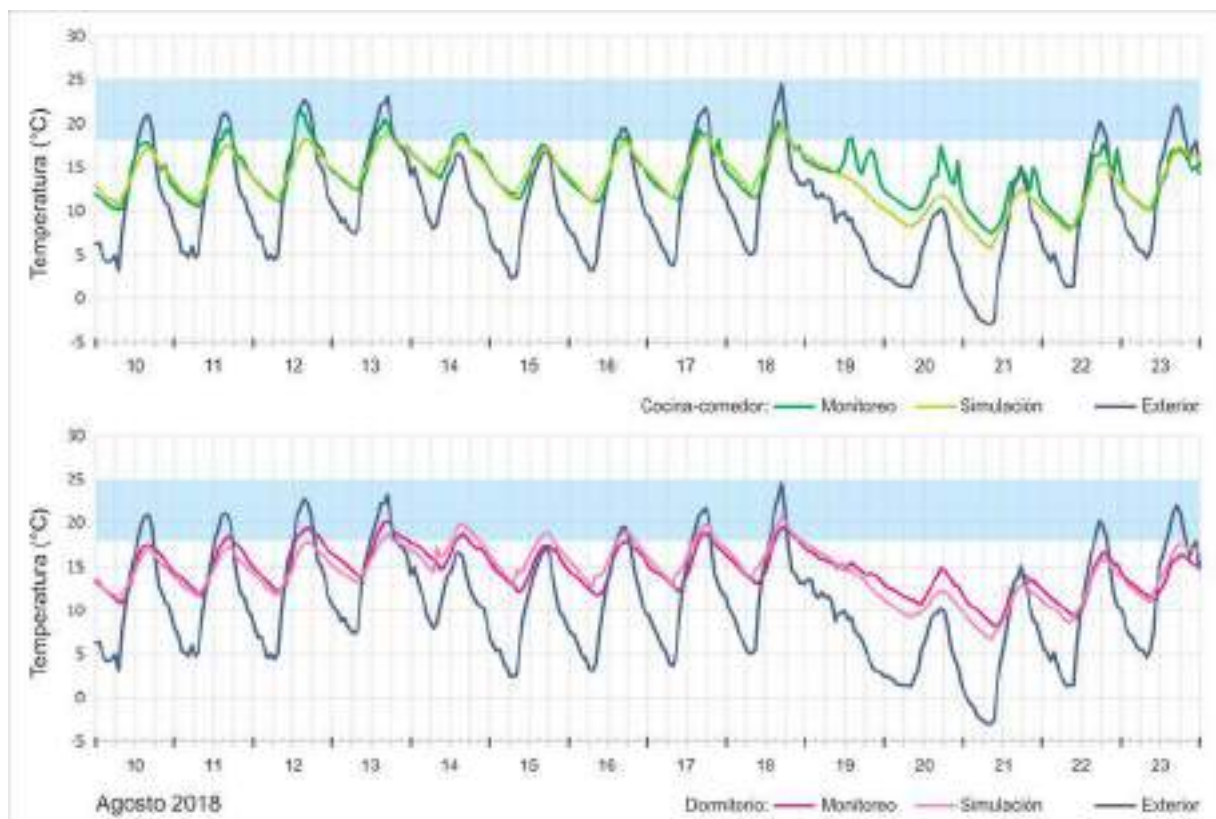


Figura 5. Evolución temporal de temperaturas medidas y simuladas de la cocina-comedor (imagen superior), y del dormitorio (imagen inferior), junto a las exteriores para el período de invierno

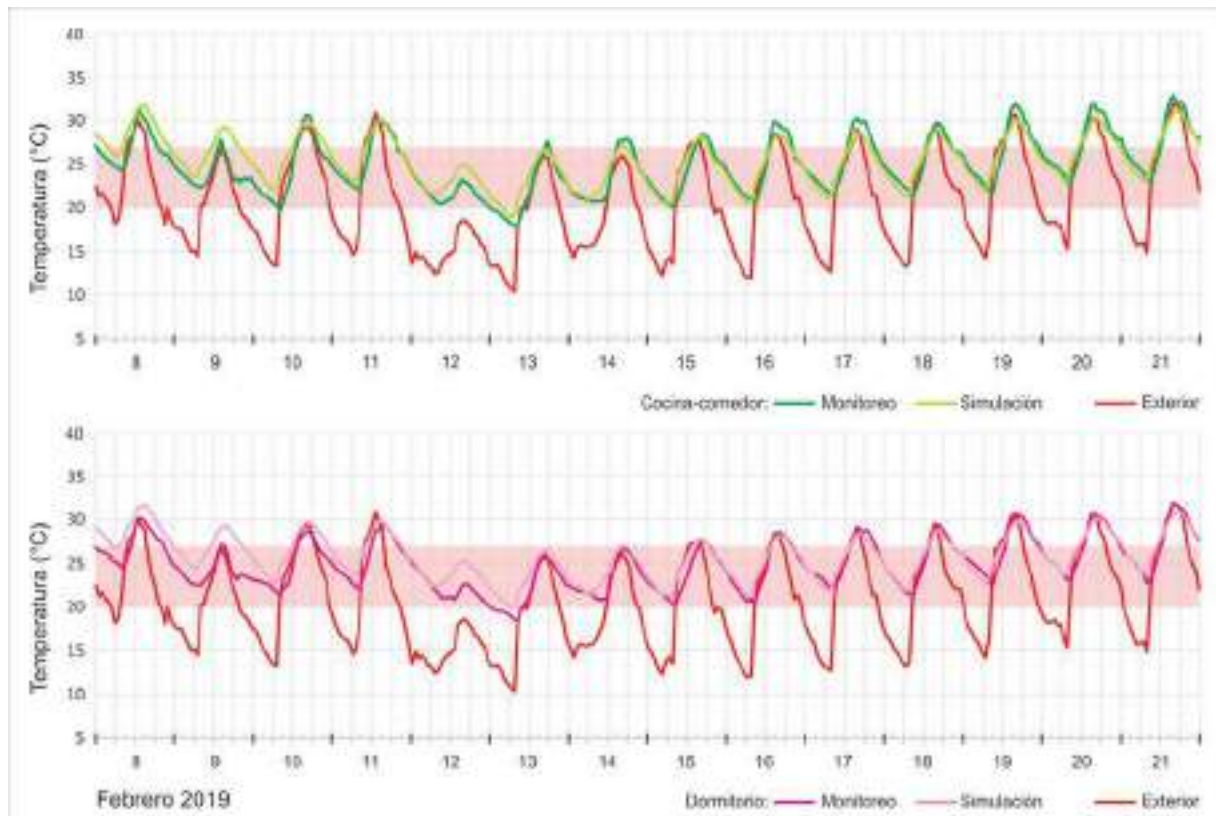


Figura 6. Evolución temporal de temperaturas medidas y simuladas de la cocina-comedor (imagen superior), y del dormitorio (imagen inferior), junto a las exteriores para el período de verano.

5 CONSIDERACIONES FINALES

La “Casa Mamaní” fue analizada para conocer su comportamiento en régimen estacionario, utilizando el paquete normativo de IRAM 11600; según el modelo cuasi estacionario de IRAM 11900, para el que se recurrió al aplicativo web “Etiquetado de Viviendas”; y según las condiciones dinámicas durante dos períodos medidos (invierno y verano). Los resultados muestran que la vivienda no cumple con los estándares mínimos respecto a la calidad térmico-energética. A los valores de cálculo que superan los valores admisibles de IRAM 11600, lo que impide la verificación de las normas, le sigue un desempeño muy magro respecto al Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), lo que da un valor en la etiqueta muy por debajo de los 270 KWh/m²año del nivel G. Respecto a esto, se entiende que en el aplicativo “las estrategias pasivas no influyen sustancialmente de manera numérica en el IPE” (Fernández et al., 2020), el cual determina el valor de la etiqueta, por lo que se entiende que el valor resultante esté tan por debajo de la mínima en la escala. Finalmente, los espacios interiores analizados no alcanzan las condiciones térmicas de confort en invierno debido a la poca ganancia de radiación solar como estrategia para la calefacción pasiva, y a la insuficiente aislación térmica de la envolvente. Si bien resultan apropiadas las tecnologías constructivas incorporadas, considerando las tradiciones e identidades constructivas en este territorio, se considera que aumentando la masa térmica e incorporando aislaciones de tipo resistivas, el desempeño térmico-energético podría mejorar sustancialmente. En verano, las temperaturas interiores estuvieron en gran medida dentro del rango de confort, pero muy vinculadas a las máximas exteriores; se observa la necesidad no solo de lograr menores amplitudes térmicas, sino también que las temperaturas medias internas y externas sean las que se correspondan. Hasta aquí, se logró validar el caso con el modelo geométrico generado en el programa SIMEDIF, por lo que en futuras publicaciones se podrá evaluar el comportamiento de la vivienda incorporando propuestas para su rehabilitación térmico-energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CincoDías. (2021, May 18). La Agencia Internacional de la Energía pide que se dejen de explorar nuevos yacimientos de petróleo y gas. El País Economía. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/05/18/companias/1621323424_264049.html
- Fernández, A.; Garzón, B.; Elsinger, D. (2020). Incidencias de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la etiqueta de eficiencia energética en Argentina. *Habitat Sustentable*, 10(1), 56–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.05>
- Flores Larsen, S. (2019). SIMEDIF. Manual de usuario. INENCO - UNSa. 67p.
- IPCC (2021). Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- IRAM 11549 (2002). Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 28 p.
- IRAM 11601 (2002). Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 52p.
- IRAM 11603 (2011). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 43p.
- IRAM 11604 (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 36p.
- IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 27p.
- IRAM 11625 (2000). Aislamiento térmico de edificios. Aislamiento térmico de edificios Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techo (p. 40). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11630 (2000). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general (p. 44). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11659 (2007). Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 52p.
- IRAM 11900 (2019). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 92p.
- Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación. (2021a). Calificación y etiquetado de carpintería de obra. <https://etiquetadoventanas.energia.gob.ar/>
- Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación. (2021b). Etiquetado de Viviendas. <https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/>
- Moscoso-Cordero, M. S. (2016). El adobe, sus características y el confort térmico. Congreso Internacional online Filosofía de la Sustentabilidad de Vivienda Tradicional “Transformando comunidades hacia el desarrollo local”, 1, p. 71–75. <https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/El-adobe-Moscoso.pdf>
- Ortega, M.; Garzón, B. (2019). Adecuación tecnológica y cultural del Programa de Mejoramiento de Viviendas en el Valle Calchaquí, Argentina. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL /PROTERRA. p. 693–701.
- Secretaría de Vivienda de la Nación (2019). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. 154p.

AUTORES

Matías Ortega, arquitecto, especialista en Arquitectura Sustentable y becario doctoral CONICET; docente auxiliar en la FAU UNT (PPA “Desarrollo, evaluación y transferencia de estrategias y disposiciones arquitectónicas y tecnológicas no convencionales con uso racional y renovable de la energía para la sustentabilidad y salubridad del hábitat”; cátedra de Cultura y Producción Arquitectónica; cátedra Instalaciones 2 y Acondicionamiento Ambiental 2). Miembro de PROTIERRA, APT.

Beatriz Garzón, arquitecta y doctora en Ciencias, Área Energías Renovables; especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; investigadora independiente CONICET; profesora Adjunta Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, FAU, UNT; autora y responsable de la PPA. Miembro de PROTERRA, ICOMOS, APT, AMBTENC, ASADES; autora y coautora de numerosos proyectos, conferencias, publicaciones e instancias de formación y capacitación para el Hábitat y el Desarrollo Sustentable.

DESEMPEÑO TÉRMICO SIMULADO DE UN EDIFICIO CONSTRUIDO CON TIERRA ALIVIANADA ENCOFRADA EN TUCUMÁN

Maria Laura Giovino¹, Gonzalo García Villar², Pablo Dorado³ Guillermo Rolón⁴

¹Instituto de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Cuyo. Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas - CONICET, Argentina, mlgiovino@gmail.com

²Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda. Facultad de arquitectura y urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán. Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas CONICET, Argentina, arqgonzalogv@gmail.com

Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán. Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas CONICET, Argentina, ³pablodoradotca@gmail.com; ⁴guillerolon02@gmail.com

Palabras clave: arquitectura bioclimática, Energy Plus, simulación térmica, análisis térmico

Resumen

La técnica constructiva tierra alivianada encofrada (TAE) posee un desempeño térmico diferente a otras técnicas constructivas en tierra como la mampostería de adobe, y la tapia. Si bien emplea fibras vegetales como la quinchá, la TAE incorpora aún mayor cantidad de esta. En el caso de estudio se utiliza el residuo agrícola de cosecha de la caña de azúcar denominado malhoja, abundante en Tucumán. El presente trabajo es exploratorio y simula el desempeño térmico de un edificio de la Asociación Campesina de Tucumán, proyectado con TAE, el cual se encuentra en construcción. La simulación se realiza para determinar el desempeño térmico del proyecto arquitectónico y evaluar si requiere o no, estrategias proyectuales de diseño bioclimático que puedan implementarse sobre el prototipo. El edificio se sitúa en el departamento Leales, Tucumán, ecorregión del Chaco semiárido y en la zona bioclimática II b, cálida con amplitud térmica menor a 14°C, donde las temperaturas críticas suceden en verano con una media de 24°C y máximas superiores a los 40°C. La metodología se basó en la simulación con el software Energy Plus y Open Studio, de dos alternativas proyectuales del mismo edificio y se compararon con las exigencias de acondicionamiento según la región bioclimática. Los resultados mostraron que el sistema constructivo verifica parcialmente para el mes de enero (mes cálido con temperaturas extremas) por lo que requiere de estrategias bioclimáticas para poder alcanzar niveles de confort permanentes.

1 INTRODUCCIÓN

El desempeño térmico de las edificaciones adquiere relevancia principalmente en lugares con climas hostiles o extremos, como es el caso del verano en algunos sitios de la provincia de Tucumán, Argentina (figura 1). Además, el uso final de los espacios proyectados determina ciertas características de diseño asociadas a necesidades de confort térmico y acondicionamiento. Esta provincia posee una gran diversidad de microclimas debido, principalmente, a la variación de altitud que se produce desde el Sureste, donde se ubican extensas llanuras, hacia el Noroeste donde se alcanzan altitudes superiores a los 3.500 m, donde se encuentra una zona de puna y valles intermedios. El departamento Leales, lugar donde se encuentra en construcción el depósito de alimentos de la sede de la Asociación Campesina de Tucumán (ACT), presenta un clima subtropical con estación seca y temperaturas que superan los 40°C en verano; durante los meses de octubre a marzo predominan las lluvias, que sobrepasan los 1.000 mm anuales¹. Esto plantea la necesidad de generar en el edificio proyectado un diseño bioclimático adecuado en donde, a priori, se considere la necesidad de favorecer la aislación de muros y techos, para resguardar el interior de los espacios de la extrema temperatura y humedad exterior. Por este motivo, para la construcción del depósito de la ACT se optó por utilizar la técnica tierra alivianada encofrada (TAE) como cerramiento de muros y techos, con el objetivo de alcanzar un confort

¹ Servicio Meteorológico Nacional: <https://www.argentina.gob.ar/smn>

térmico para las personas que lo habitarán y una adecuada temperatura y humedad para los alimentos que se depositarán.

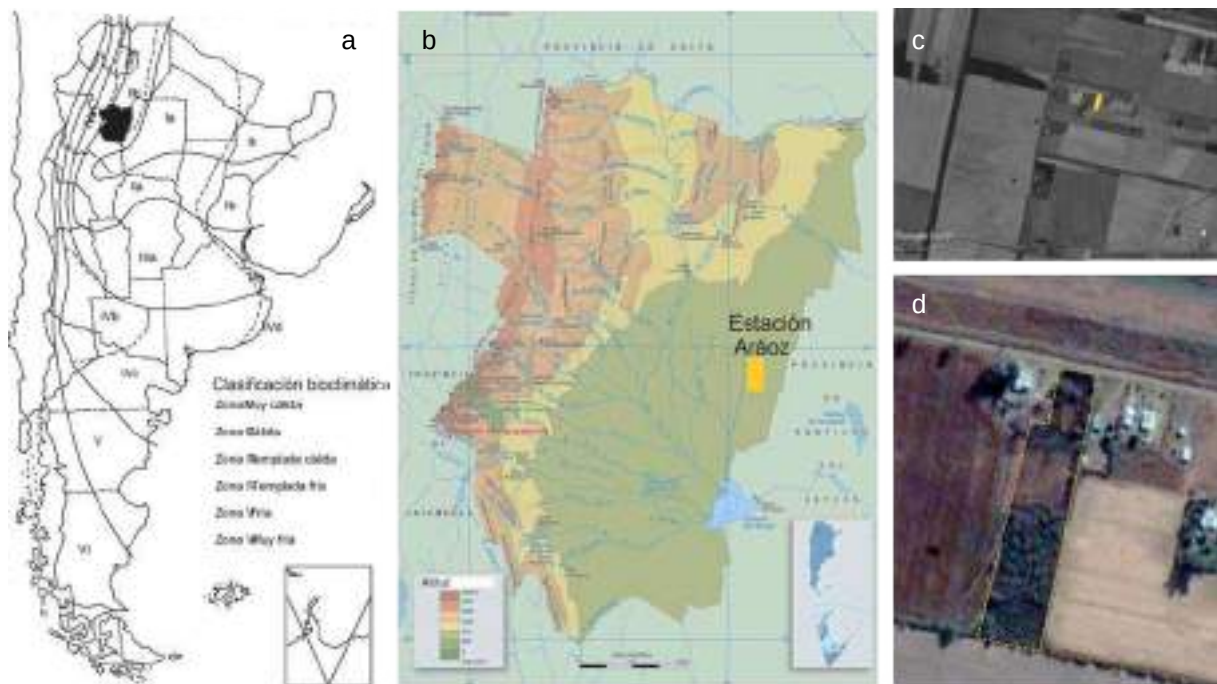


Figura 1. 1a. Mapa de zonas bioambientales R. Argentina; 1b. Localización de la localidad; 1c. Localización terreno sede ACT; 1d. Polígono del terreno. (mapa según Norma IRAM 11.603; mapa de Tucumán de variación de altitud; Red de Información para el Desarrollo Productivo (RIDES); Imágenes satelitales Google Earth²)

Las técnicas constructivas de paredes que emplean la tierra como material principal poseen un eficiente desempeño térmico debido a sus propiedades de inercia térmica y de acumulación de calor. La tierra también puede ser combinada con otros materiales de procedencia vegetal, mineral, e industrializados; justamente la incorporación de material vegetal, pastos y gramíneas, es una de las combinaciones que más se utilizan variando su cantidad. Las técnicas de construcción con tierra se clasifican principalmente en tres grandes grupos: técnicas de entramado (mixtas), monolíticas y mamposterías (Aranda Jiménez; Suárez Domínguez, 2020). La técnica TAE podría incluirse dentro del grupo de técnicas de entramado, debido al alto contenido de material vegetal que se utiliza, al marco de madera propio de los paneles, y la necesidad de contar en el edificio con una estructura resistente (madera, hormigón o metal). Esta técnica, que además de tierra utiliza gran cantidad de material vegetal, se caracteriza por aportar una considerable aislación térmica, lo que la posiciona como una opción para climas tanto fríos como cálidos. Cabe destacar que posee cierta similitud con la técnica constructiva denominada quinchá, técnica conocida en la zona de Leales, que también emplea madera y fibra en su composición, motivo por el cual se pensó pertinente y potencialmente aceptable para la construcción de éste espacio. Por otro lado, esta región se caracteriza por la presencia de una densa y heterogénea vegetación y por posibilitar el desarrollo de diversas actividades agrícolas como el cultivo de caña de azúcar. A raíz de esta condición, la disponibilidad de pastos y residuos agrícolas de cosecha (RAC), que pueden emplearse como componentes constructivos, es amplia y diversa. En Tucumán el cultivo de la caña de azúcar es la base agrícola de la actividad económica regional. El RAC, denominado localmente malhoja, presenta un alto potencial energético que actualmente no está totalmente explotado por la dificultad que implica su recolección y la falta de diversificación en las aplicaciones para aprovecharlo. El material vegetal que se utiliza para ejecutar la TAE es variable, pero requiere de disponibilidad en grandes volúmenes; esa es la razón por la que la malhoja se torna atractiva y conveniente

² www.google.com.ar/maps/preview.

como material vegetal a emplearse. A su vez, no se han encontrado registros publicados del uso de este RAC en otros edificios para la región, por lo que resulta novedoso e importante iniciar estudios de las potenciales posibilidades de uso de este material vegetal de amplia difusión en Tucumán.

Para la construcción con TAE (*Leichtlembau* en su término de origen y *light earth*, en inglés) se mezcla una proporción alta de agregados ligeros -generalmente fibras de gramíneas- y tierra en estado líquido. Después de escurrir el agua, esta mezcla se acomoda y apisona manualmente dentro de un encofrado para conformar los muros de los edificios (Wieser et al. 2020). A diferencia del tradicional muro de mampostería de adobe, que posee una densidad aproximada de 1.500 kg/m^3 , el muro de TAE presenta una densidad de entre 500 y 800 kg/m^3 debido a la gran cantidad de material vegetal empleado (Pereira, 2003). Además, al incorporar un alto porcentaje de material vegetal y estos poseen una baja conductividad térmica, proporcionan un buen desempeño térmico (Ortega et al., 2020); asociado a esto Yuste (2014, p.37) menciona que “cuanto más ligero es el material, mayor es el aislamiento térmico, y cuanto mayor es su nivel de humedad, menor es el efecto de aislamiento”. En este sentido, Volhard (2016) considera una conductividad térmica de $0,17 \text{ W/m.K}$ para una densidad 600 kg/m^3 . En el caso de TAE, al realizarse mediante apisonado manual, el producto final posee una baja densidad y por tanto mayor capacidad aislante debido al contenido de aire remanente en el interior de la masa del muro.

Por otro lado, su uso proporciona ventajas económicas al utilizar un recurso de desecho como la malhoja y otros materiales de bajo costo; además brinda la posibilidad de ejecutar los muros sin la necesidad de herramientas o maquinaria especializada (Minke, 2008). En el caso del edificio de la ACT se suma el uso de un RAC abundante en la zona de Leales, y permite el ahorro en materiales industrializados incorporados en el edificio como aislación térmica. Es importante tener en cuenta que un edificio aislado térmicamente reduce los consumos energéticos durante su uso y vida útil para acondicionamiento térmico de refrigeración y calefacción. De esta manera el nivel de aislamiento térmico que proporciona este tipo de muros permitiría sostener la premisa del ahorro energético mencionado.

Una de las metodologías utilizadas en la actualidad con frecuencia para predecir el desempeño térmico y el consumo energético de un edificio (y aplicada en este trabajo) es la simulación de modelos edilicios mediante softwares, constituida en una herramienta de diseño y verificación cada vez más usual a nivel internacional. Si bien el análisis se realiza sobre el edificio en sí y no específicamente sobre el comportamiento detallado del muro, se puede realizar el análisis de un edificio con una envolvente con la técnica TAE. Los resultados permitirán plantear estrategias de diseño bioclimático y generar las modificaciones necesarias en el diseño de las futuras construcciones que incluye el proyecto integral de toda la sede.

1.1 Objetivo

Analizar el desempeño térmico del edificio de la Sede de la Asociación Campesina de Tucumán resuelto con la técnica constructiva TAE mediante una simulación por modelización. Se espera que los resultados permitan corroborar la hipótesis acerca de las ventajas térmicas de los sistemas constructivos livianos (a partir de recursos naturales como la tierra y las fibras vegetales como la malhoja) frente a condiciones de extremo calor.

1.2 Contextualización social del proyecto

La ACT está conformada por campesinos del sector Este de la provincia de Tucumán, ubicados en los departamentos Leales y Burruyacú. Se constituyeron en comitentes del proyecto en desarrollo y en su dinámica de posicionamiento político de defensa de los pequeños productores agropecuarios también toman en cuenta el uso de recursos locales como lógica de desarrollo. En octubre de 2019 solicitaron asesoramiento al grupo Mejora del Hábitat Participativo (MHaPa) para realizar el proyecto arquitectónico de este edificio. Alcanzado este diseño, se consiguió financiamiento para comenzar la construcción de la primera parte del conjunto la cual consiste en una garita de seguridad y un depósito de

alimentos. Para definir el proyecto y ajustar aspectos constructivos el equipo de MHaPa planteó la necesidad de definir el sistema constructivo. En su momento se propusieron sistemas con distintos materiales como ladrillos cerámicos macizos, huecos y bloques de hormigón; sin embargo, debido al recuerdo y valoración sobre el uso de la quincha que, a raíz de distintos procesos sociales y económicos más amplios, ya no se emplea regularmente, se propuso la TAE como un sistema constructivo posible. Luego de un debate sobre las posibilidades reales de implementación entre integrantes del MHaPa y la ACT se resolvió su implementación con un sistema estructural de hormigón armado.



Figura 2. A) modelo 3d del edificio destinado al depósito de alimentos; B) estado de avance de la obra a marzo de 2021

1.3 Caracterización climática de la implantación del edificio y aspectos arquitectónicos del edificio

El edificio se sitúa en el departamento Leales, Tucumán (-27.11830 S, -64.92061 O) a 350 msnm. Corresponde a la ecorregión del Chaco semiárido y en la zona bioclimática II b, cálida, la cual se caracteriza por presentar una amplitud térmica menor a 14°C, y las temperaturas críticas suceden en verano (diciembre a marzo) con una media de 24°C y máximas superiores a los 40°C (IRAM 11603, 2011). El edificio que se analiza forma parte de un conjunto más amplio que es la sede social de la ACT. Este sector incluye un depósito de alimentos y un espacio de garita de seguridad con oficina y baño (figura 2).

Constructivamente el edificio se resolvió de la siguiente manera: Los muros exteriores e interiores se construyeron con el mismo sistema constructivo, cuentan con un bastidor de pino obra de 1" x 6" cada 0,80 m aproximadamente en horizontal y vertical, y se colocaron cañas tacuara (*Guadua chacoensis*) perpendiculares en el sector interno de cada panel de malloja para rigidizar. Estos bastidores se rellenaron con malloja y tierra alcanzando un espesor de 16 cm, cubierto de 1,5 cm de revoque de tierra, interior y exterior; por lo que el espesor final del muro fue de 19 cm. El techo es de chapa sinusoidal calibre n°25 (e=0.5mm); debajo de la chapa se colocó una aislación térmica de bloques de malloja encofrada de 13 cm de espesor, colocados sobre un entablado de madera de 2,5 cm. El piso se conforma con un contrapiso (e=10cm), una carpeta cementicia (e=3 cm) y finalmente un piso cerámico (e=2 cm). La estructura de todo el edificio es de vigas, columnas y bases de hormigón armado, como se observa en la figura 2a. La estructura del techo se compone por vigas principales de doble perfil "C" de 12 cm de altura y vigas secundarias de madera (e=6"). Sobre estas se colocaron clavaderas de madera (e=2"). Los aventanamientos aún no están colocados, para la simulación se consideró una carpintería con DVH, relleno de aire con 0,013 para un vidrio de 6.

2 METODOLOGÍA

Este trabajo pretende brindar los aportes de un modelo de simulación para un edificio que está en proceso de construcción de manera de verificar su desempeño térmico a priori. Posteriormente y con el presente análisis se busca proponer estrategias de mejoras. Una

vez que esté construido el edificio se monitoreará tanto para evaluar el desempeño real de los muros como el del edificio. Por lo tanto, para la primera parte que corresponde a este trabajo se realizó una simulación del desempeño térmico a partir del uso del programa EnergyPlus 9.2, el cual es elaborado por el departamento de energía de EE. UU. El modelado de la caracterización geométrica del edificio se realizó en SketchUp 2019 y la extensión con el plugin Openstudio 2.9.

En primer lugar, para definir aspectos cualitativos y para caracterizar el proyecto, se lo ubicó geográficamente, describiendo las características climáticas de la zona y las características constructivas del proyecto arquitectónico. Luego se elaboró la planimetría y se realizaron renders en. Además, se elaboraron mapas y gráficos para la descripción de su localización. La segunda fase se enfocó en los aspectos cuantitativos; se realizó una evaluación mediante simulación del desempeño térmico del proyecto del edificio. Los datos de las propiedades térmicas de los materiales se obtuvieron de la bibliografía específica (Wieser et al., 2020). Finalmente, se ensayó el desempeño del edificio sin ocupantes, por lo que no se consideraron sistemas de enfriamiento en verano. Los resultados obtenidos se visualizaron en el graficador “DViewer”.

2.1 Simulación higrotérmica

Se realizó la simulación del edificio para un período anual, considerando las características de los muros descriptas anteriormente. Para poder realizar la simulación es necesario contar con siguientes datos: las características geométricas para modelar el 3D en SketchUp, las características de sus componentes constructivos respecto de las propiedades térmicas y dimensiones, las condiciones meteorológicas y las cargas internas de acuerdo con horarios, uso, ocupación e infiltraciones. De acuerdo con las características constructivas del edificio se realizó el modelo y la caracterización geométrica. Se asignaron tres zonas térmicas de acuerdo con la geometría del edificio y a su uso: el depósito, la oficina y el baño.

Para la simulación se situó el edificio en Tucumán con los datos climáticos del aeropuerto “Tucumán Matienzo Intl AP” cuya Latitud es -26.841 S, Longitud igual a -65.105 O, a una elevación de 455.7 m (Time Zone: -4).



Figura 3. A) modelado 3D del edificio y asignación de las características de los cerramientos;
B) planta

Las propiedades térmicas de los materiales, especialmente de la TAE, se obtuvieron de antecedentes de trabajos anteriores como se mencionó anteriormente. En la tabla 1 se observan los valores adoptados. Las propiedades térmicas de los demás materiales constructivos se obtuvieron de bibliografía específica (IRAM 11601, 2002). Con esta información fueron establecidos en el software los parámetros y características de los materiales. Se asignó a cada superficie del modelo el material de construcción establecido (figura 3A). El techo, al igual que los muros externos e internos, emplearon la TAE, pero en este caso como elemento de aislación térmica y moldeados como bloques que luego se fueron colocando manualmente en su posición durante el armado del cielorraso. Para el cálculo se le asignaron las características de la tabla correspondiente al muro TAE, pero con el espesor correspondiente.

Los datos empleados para la simulación de los muros de tierra alivianada son los que corresponden a la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de los materiales del muro (Volhard, 2016)

Características	TAE	Revoque de tierra
Espesor	16 cm	15 cm
Conductividad	0,17 W/m.K	0.5 W/m.K
Densidad	600 kg/m ³	1500 kg/m ³
Calor específico	1050 J/kg.K	900 J/kg.K

De acuerdo con el uso y ocupación del edificio, al tratarse de un depósito de alimentos se consideró la simulación sin ocupación, por lo cual se desprecia la ganancia por persona, por iluminación, y el uso de calefacción y refrigeración, de manera de evaluar solo el desempeño térmico de la tierra alivianada encofrada. Sin embargo, se considera un número de renovaciones de aire: se adoptó 1 por hora para verano y 0,2 para invierno. La infiltración se mantuvo constante de un cambio de aire por hora.

Para verano se consideró una ventilación nocturna en el periodo desde el primero de diciembre al 28 de febrero. Para el resto del año no se consideró la ventilación nocturna. Estos parámetros se establecieron mediante un *Schedule*. Las ventanas exteriores se consideraron completamente abiertas (multiplier fraction=1) durante las noches de verano, y la ventilación se permite cuando la temperatura interior supera los 25°C y la diferencia entre la temperatura interior y exterior es superior a 2°C (Mercado et al., 2015).

3 RESULTADOS

3.1 Análisis del desempeño higrotérmico

A partir de los resultados obtenidos (figuras 4 al 9), se analiza el desempeño higrotérmico en verano. Se consideró el mes de enero por presentar la situación más extrema y desfavorable. En verano se observa que las temperaturas exteriores durante el mes de enero llegan a una máxima de 38°C el día 31 y una mínima de 17°C el día 24 (figura 5); mientras que la temperatura media mensual es de 25,5°C. Las temperaturas máximas se detectan a partir del mediodía entre las 14:00 y las 16:00 h mientras que las temperaturas mínimas suceden en la madrugada entre las 5:00 y 7:00 h. La amplitud térmica diaria varía entre 13°C, la máxima detectada el día 27, y 3°C la menor observada en el día 1; siendo 8°C la amplitud térmica habitual en toda la serie.

Las temperaturas interiores son diferentes según el local considerado, resultando el baño con las temperaturas más altas durante toda la serie y el depósito con temperaturas menores. La diferencia en la orientación entre locales, sus dimensiones y el volumen de aire, inciden sobre las condiciones que definen la temperatura interior de cada local. El baño tiene un volumen de 21,4 m³ y capta la radiación solar del Oeste, el depósito tiene un volumen de 108 m³ ubicado al Norte y la oficina orientada al Este tiene un volumen de 42,8 m³. En la figura 4 se muestra la incidencia de la radiación solar sobre la superficie de los muros de cada local. Se observa que las orientaciones al Este y al Oeste captan mayor radiación solar que la fachada norte y la sur, siendo la fachada sur la de menor captación. Este desempeño se relaciona a la latitud por lo cual, al estar más cerca del ecuador, menor es la incidencia sobre las fachadas norte y mayor será para las fachadas este y oeste.

De esta manera resultan temperaturas interiores que llegan hasta 10°C de diferencia respecto al exterior en ciertos momentos, mientras que en otros son coincidentes. Por lo tanto, en relación de las temperaturas interiores con las exteriores se pueden detectar

distintos desempeños. Durante el período del mes de enero se pueden identificar tres situaciones:

- 1- Las temperaturas interiores son menores que las temperaturas exteriores, coinciden con los momentos de lluvia;
- 2- Las temperaturas interiores superan las temperaturas exteriores;
- 3- Las temperaturas interiores son menores o coinciden con las exteriores.

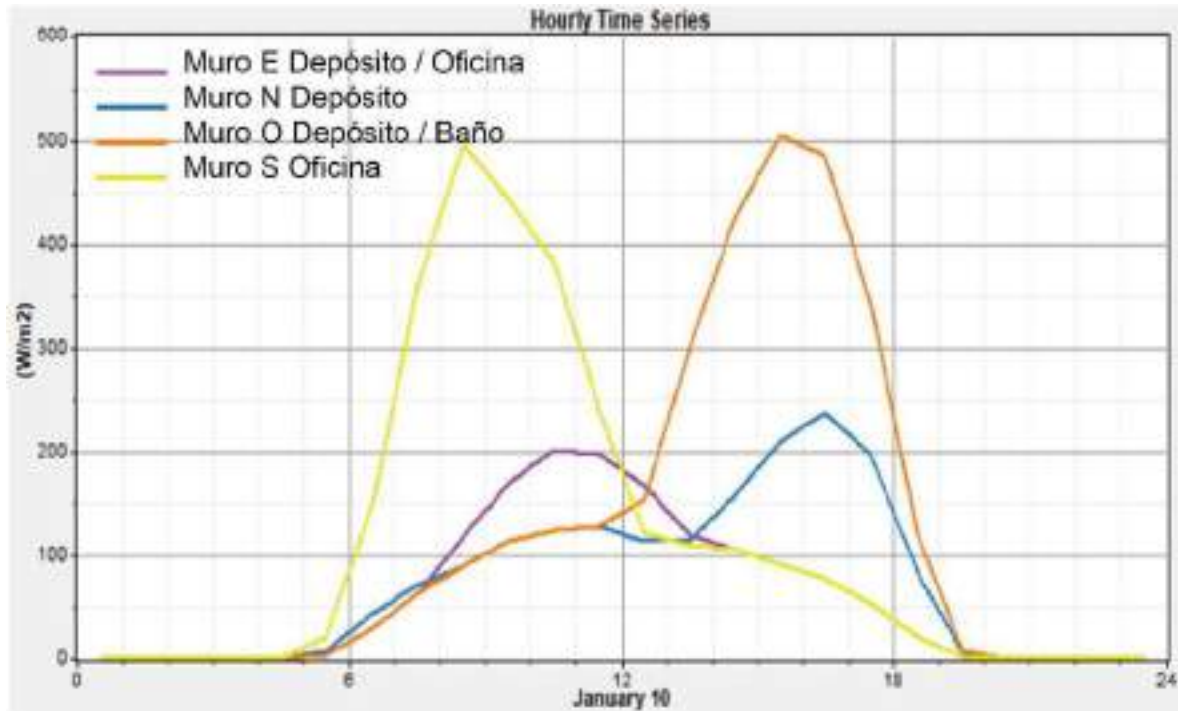


Figura 4. Influencia de la radiación solar sobre cada muro

- *Las temperaturas interiores son menores que las temperaturas exteriores, coincide con los momentos de lluvia*

En este caso se observa que las temperaturas interiores además de ser menores respecto de la temperatura exterior, disminuye su oscilación diaria a 2°C en promedio, es decir que mantiene una temperatura interior casi constante, con muy poca variabilidad. Por lo cual es despreciable el valor de temperaturas máximas y mínimas, las cuales llegan a 22°C y 19°C. Estos valores están dentro de los valores aceptables de confort térmico. En esta situación no es necesario agregar sistemas de refrigeración. Al analizar la humedad relativa interior se detecta que coincide la disminución de la oscilación de las temperaturas interiores siendo menor a las temperaturas exteriores, cuando los valores de humedad relativa son altos, entre 80% y 100%. Este desempeño se observa entre los días 1 a 6, 11 y 12, 18, 19, 21, 23 y 24, lo cual representa 42% (13 días) del período estudiado (figura 5). Esta situación supone que los valores altos de humedad relativa coinciden con los momentos de lluvia. Es decir, en la situación de alta humedad relativa la temperatura interior se mantiene en los rangos de confort.

En el día 6 se ejemplifica esta situación y se observa en la figura 6 que el depósito reduce 11°C respecto de la temperatura exterior, siendo 20°C en el interior y 31°C en el exterior. Así mismo el depósito presenta 2°C menos que la oficina y el baño, las cuales ambas se comportan de la misma manera con iguales valores de temperaturas interior.

- *Las temperaturas interiores superan las temperaturas exteriores*

Durante este período se observa una situación desfavorable en la cual las temperaturas interiores son mayores que las temperaturas altas en el exterior. Se detecta para los días

desde el 7 al 10, del 13 al 17, del 24 al 28, lo cual representa el 45% del total de la serie (14 días). En esta situación la diferencia de temperatura interior alcanza 6°C más que el exterior. En los días más desfavorables de la serie, días 9 y 14, se observa 33°C en el exterior y 39°C en el interior, particularmente en el baño (figura 7), el cual tiene la situación más desfavorable para verano siendo el ambiente con mayor acumulación de calor. En el depósito se registra una temperatura máxima de 35,5°C, es decir 2,5°C mayor que el exterior. Mientras que la oficina registra 36,5°C de temperatura máxima. Al disminuir la temperatura exterior, también disminuye de forma proporcional la temperatura interior manteniéndose aún con valores más altos durante todas las horas del día.

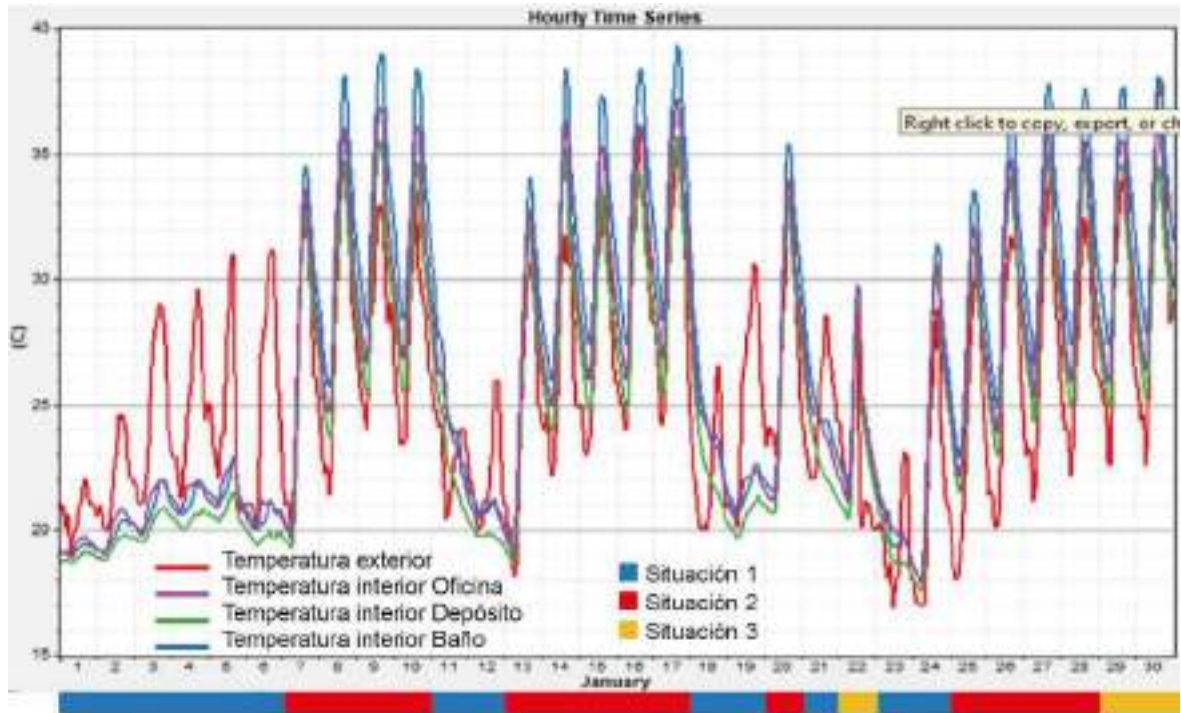


Figura 5. Curvas resultantes de las temperaturas simuladas del edificio en el mes de enero

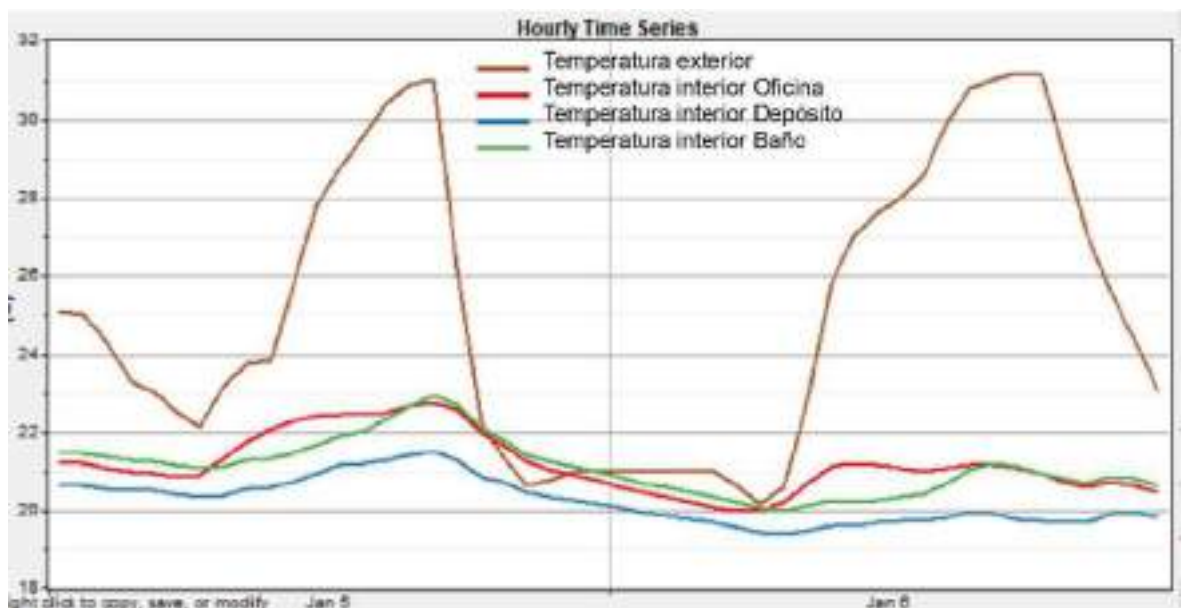


Figura 6. Curvas resultantes de las temperaturas simuladas del edificio para los días 5 y 6 de enero

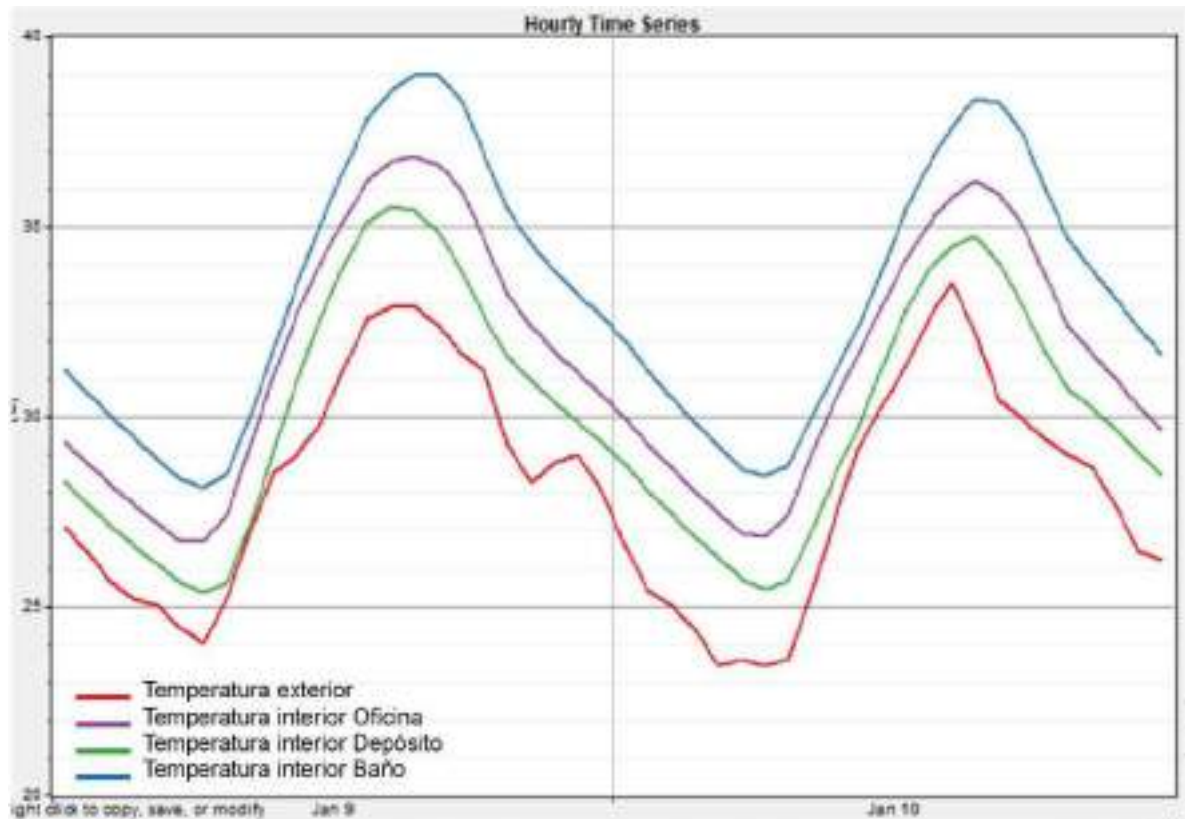


Figura 7. Curvas resultantes de las temperaturas simuladas del edificio para los días 9 10 de enero

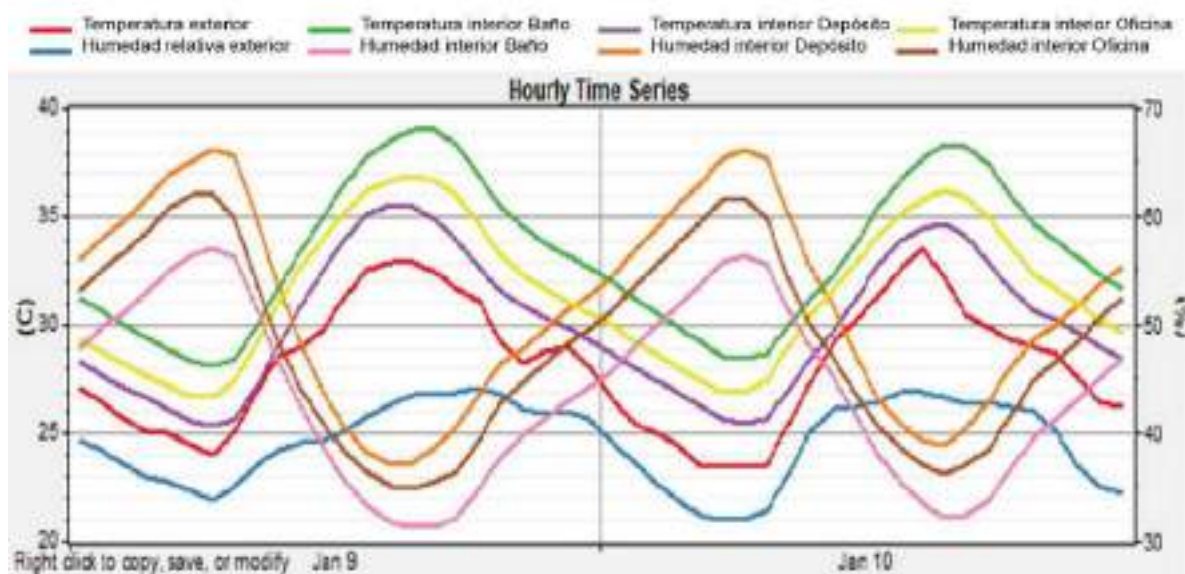


Figura 8. Curvas de humedad relativa y temperatura

- *Las temperaturas interiores son menores o coincidentes con las exteriores*

En la tercera situación se logra verificar una amortiguación de la temperatura exterior en el interior. En este caso se observa que las curvas interiores están por debajo de las exteriores con una diferencia de 3,5°C para el depósito (figura 9), 2°C para la oficina mientras que el baño alcanza la misma temperatura que en el ambiente exterior cuando estas son máximas. Sin embargo, esta situación sucede solo en el 13% respecto del total de la serie, a saber, los días 22, 29, 30 y 31. Así mismo, la temperatura interior máxima del depósito es 34,5°C, de la oficina 36°C y del baño 38°C con lo cual los valores interiores no alcanzan los valores de confort térmico requeridos. En este sentido habría que complementar con otras estrategias de acondicionamiento pasivo o refrigerar el ambiente.

No se observa un retardo entre las temperaturas interiores respecto de las exteriores. La oscilación entre la temperatura máxima y mínima es de 6°C, siendo la mínima un valor por encima de la máxima requerida para una situación de confort como se observa en el depósito con una temperatura mínima de 26°C. Las temperaturas máximas en el interior suceden al igual que en la situación 2, entre las 14:00 h y 16:00 h y las mínimas entre las 5:00 h y 7:00 h.

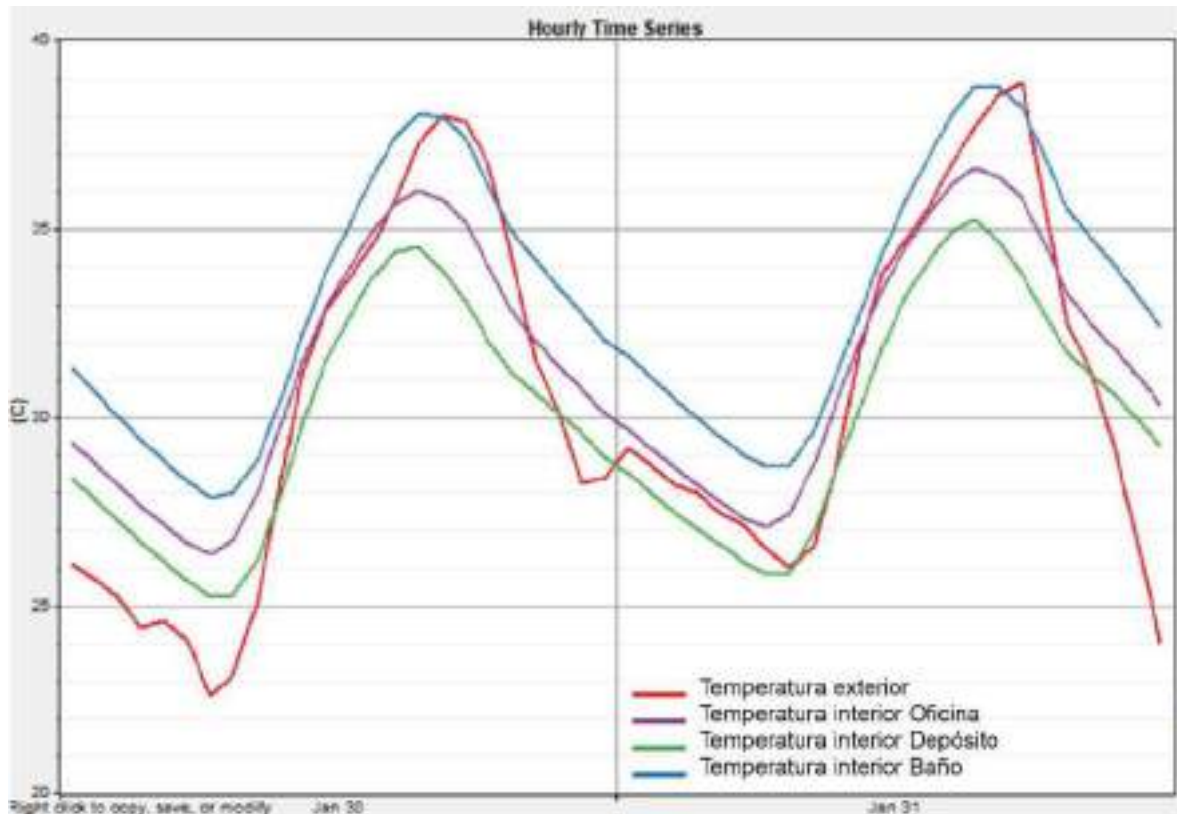


Figura 9. Curvas resultantes de las temperaturas simuladas del edificio para los días 30 y 31 de enero

En este caso se observa que, en verano, la simulación se muestra como una “caja estanca” por lo cual los espacios acumulan calor siendo en el interior con 6 °C más que en el exterior para los ambientes que dan al Oeste. De este modo se presenta una situación fuera de los rangos de confort. La mayor acumulación de calor se observa en el espacio al oeste, el baño.

4 CONSIDERACIONES FINALES

La utilización de herramientas de simulación permite realizar un análisis a priori de desempeño higrotérmico del edificio y testear si se verifican con las condiciones de confort. En caso de no verificarlo, habilita a proponer estrategias complementarias de mejora bioclimática como sería para este caso presentado con la técnica tierra alivianada encofrada.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las simulaciones higrotérmicas realizadas para el periodo más desfavorable (verano) se puede señalar que en los casos de días de lluvia las temperaturas interiores se acercan a los rangos de confort. Sin embargo, para los días típicos soleados en Tucumán, las temperaturas interiores son iguales a las exteriores o mayores. La diferencia de las dimensiones de los locales, volumen de aire y orientación por local influye en las temperaturas interiores. Con lo cual el local con menor volumen de aire y orientado al Oeste, el baño, es el que presenta la situación más desfavorable, mientras que el depósito si bien no logra llegar a los rangos confort térmico en el ambiente interior logra reducir su temperatura respecto del exterior en 17 de los 31 días considerados para enero.

Por lo tanto, el empleo de la técnica TAE para el acondicionamiento térmico pasivo considerado para muros y techos en las condiciones climáticas extremas del verano tucumano requiere sistemas complementarios para finalmente alcanzar las condiciones de confort debido a que no es suficiente para alcanzar el nivel de confort higrotérmico interior. Si bien la envolvente tiene gran influencia en el desempeño térmico del edificio, no determina *per se* una mejora global. Para el caso de clima subtropical con lluvias, se deben complementar las estrategias que permitan que el edificio disipe el calor acumulado mediante, por ejemplo, ventilación cruzada, protecciones solares que restrinjan la ganancia solar, aumentar el número de renovaciones de aire, favorecer la ventilación nocturna, forestación lateral del edificio, entre otras posibles estrategias. Incluso, se podría introducir un extractor para lograr mayor movimiento de aire que permita bajar la temperatura interior de los espacios.

Respecto de la construcción tradicional, la TAE, aun cuando el acondicionamiento térmico interior supera los niveles de confort requeridos, si aporta un margen importante de cobertura que redundaría en un empleo más acotado de sistemas de refrigeración mecánica en caso de emplearse, y sigue presentando ventajas debido al uso de un desecho, un recurso local disponible, de bajo costo y sin emisiones de contaminación a la atmósfera. Además de permitir la autogestión por parte de la Asociación Campesina de Tucumán que han proyectado y construido con esta técnica el edificio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda Jiménez, Y.; Suárez Domínguez, E. J. (2020). Tierra vertida. Una técnica olvidada. Ciudad de México: Colofón; Universidad Autónoma de Tamaulipas.

IRAM 11601 (2002). Acondicionamiento térmico de edificios Clasificación bioambiental de la República Argentina. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 11603 (2011). Acondicionamiento térmico de edificios Clasificación bioambiental de la República Argentina. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Mercado M. V., Barea G., Esteves A. (2015). Auditoría y simulación energética en la ciudad de Mendoza, Argentina: análisis del comportamiento térmico de una vivienda unifamiliar de diseño pasivo y consumo energético anual. Asociación Argentina de Energía Solar; Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; 3; 11-2015; 147-158. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/42643>

Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra (3ª edición en castellano). Editorial Fin de Siglo. 222 p.

Ortega, M.; Garzón, B.; Fernández, A. (2020). Monitoreo y simulación térmica de una vivienda PRO.CRE.AR en tierra en el Gran San Miguel de Tucumán. Acta de la XLII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), Vol. 7, pp. 01.267-01.275, 2019. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-1-2

Pereira Gigogne, H. (2003). Uso de la técnica mixta tierra aligerada (*Leichtlembau*) en Chile. En: Técnicas mixtas de construcción con tierra. Proyecto XIV.6 PROTERRA/HABYTED/ CYTED. p.51-64.

Volhard (2016). Construire en terre allégée. Francia: Actes Sud/Craterre.

Wieser, M.; Onnis, S.; Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22(1), 164-174. <https://doi.org/10.14718/ReArq.2020.2633>

Yuste, B. (2014). Arquitectura en tierra. Caracterización de los tipos edificatorios (Tesis de Máster de Arquitectura, Energía y Medio Ambiente). Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de: https://www.aie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/07/26-BeatrizYuste-Miguel-Arquitectura-de-tierra_COMPLETO.pdf

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Asociación Campesina de Tucumán por brindar el espacio para el desarrollo del proyecto.

AUTORES

Maria Laura Giovino, Arquitecta (FADU-UBA- 2012), doctoranda en Ciencias, área Energías Renovables (UNSa), Becaria doctoral de CONICET. Magíster en energía, ecología y sociedad (Université Paris-Diderot, 2015-2016), con formación en la licenciatura en Artes Visuales (UNA). Se especializó en arquitectura sustentable en Bordeaux (ENSAPBx, 2011-2012). Se desempeñó para trabajos ambientales en la selva Amazónica, en trabajos de arquitectura en tierra y análisis energético en París (LIED), Marruecos y Argentina. En Indonesia (ISISurakarta) ha desarrollado proyectos artísticos de arte y sustentabilidad.

Gonzalo García Villar, Arquitecto, doctorando en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Becario doctoral de CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador en permacultura por el Instituto Argentino de Permacultura. Diseñador, director y constructor de diversas obras de arquitectura de tierra y bioclimáticas. Miembro de la red argentina PROTIERRA.

Pablo Dorado, arquitecto recibido en 2015 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Arquitectura de la misma Universidad con el apoyo de una beca doctoral CONICET (2017-2022).

Guillermo Rolón, Doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, Master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, Arquitecto, Investigador Adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC; Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la red argentina PROTIERRA.

USO DE LA TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN VIVIENDA DE PROMOCIÓN PÚBLICA EN ARGENTINA

Paula Anahí Jerez Lazo¹ Pablo Dorado², Guillermo Rolón³

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán / becaria doctoral CONICET, Argentina,

¹paulis763@gmail.com; ²pablodoradoctca@gmail.com

³INTEPH / CONICET – CRIATIC / FAU-UNT, San Miguel de Tucumán, Argentina, guillerolon02@gmail.com

Palabras clave: Política pública, modelos de gestión, autoconstrucción, cooperativas, asistencia técnica

Resumen

En las últimas décadas se llevaron adelante políticas públicas en Argentina para la construcción de viviendas para atender el déficit habitacional imperante y como mecanismo de reactivación de la economía. En algunos programas se consideró el empleo de materiales alternativos a los actualmente convencionales (tierra) y se incorporaron cambios en las modalidades de ejecución (autoconstrucción, por cooperativas), pero la legislación vigente no favorece su mayor desarrollo. El empleo de la construcción con tierra por parte del estado, si bien es marginal, ocurre desde fines del siglo XIX. El objetivo de este trabajo es sistematizar los casos de uso de la construcción con tierra en la producción de vivienda social de promoción pública, indagando el contexto de uso de la tecnología, los modelos de gestión a través de los cuales se resolvió la construcción y la distribución espacial y temporal en el territorio de los casos construidos. Se realizó una recopilación documental mediante viajes de campo para identificar los casos de análisis. Los datos espaciales asociados a los casos identificados son registrados y analizados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Con la información recopilada se describieron y analizaron los diversos modelos de gestión utilizados. Se identificaron 15 casos de operatorias de construcción de vivienda con promoción pública en Argentina. Estos casos permitieron caracterizar a los actores, la implicación de los usuarios en los procesos y definir al menos tres modalidades de gestión implementados.

1 INTRODUCCIÓN

El déficit de la vivienda urbana y rural se reconoció como problema estructural en América Latina y el Caribe en los años sesenta, en el marco de los procesos de urbanización acelerada. Desde entonces los países han implementado, principalmente en el ámbito urbano, un vasto conjunto de políticas y programas habitacionales como no había sucedido hasta entonces, a través de los cuales los gobiernos construyeron, financiaron y distribuyeron vivienda a los hogares de medianos y bajos ingresos (Bouillon, 2012). En Argentina, la institucionalización de una política permanente vinculada a la producción de vivienda pública se estableció recién al comienzo de la década de 1970 con una modalidad de gestión centralizada, en la que la creación del Fondo Nacional de la vivienda (FONAVI) fue el instrumento de acción y donde la Subsecretaría de Desarrollo y Vivienda constituyó formalmente el organismo responsable de la formulación de tal política. Esta modalidad se basaba principalmente en programas de financiamiento de la oferta denominada “llave en mano”, es decir vivienda terminada, realizados por empresas constructoras (Fernández Wagner; Varela, 2003). Hasta entonces, la política de vivienda era fragmentada. Sin embargo, en función de transformaciones políticas y económicas sucesivas, la modalidad de producción habitacional aplicada fue cambiando entre estructuras de gestión con centralización nacional y procesos de descentralización de recursos y decisiones a escala provincial (Cuenin; Moya, 2010; Rodulfo; Boselli, 2015); al mismo tiempo, se gestaron entre los distintos gobiernos sucesivos procesos alternados de mercantilización y desmercantilización de la oferta de viviendas (Barreto, 2018). En particular, durante la década de 1990, los organismos internacionales de crédito como el Fondo Monetario Internacional, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial lograron imponer al Estado Nacional medidas estructurales que implican un desplazamiento de la producción

directa y centralizada de vivienda hacia una posición facilitadora para la participación del sector privado en la atención de la demanda de vivienda (Barreto, 2011, 2018). Eso mismo significó, como indica Lentini (2005), un proceso simultáneo de descentralización de las decisiones en la producción de vivienda a favor de las provincias -en algunos casos también municipios- propiciados primero por el decreto 690 de 1992 y ratificado por la Ley Nacional 24.464 en 1995; esta última exigiendo la creación de los Institutos Provinciales de Vivienda para canalizar los fondos públicos y créditos internacionales. En el marco de estas acciones cobró importancia no solo el estímulo a la participación del sector privado, sino también la inclusión de ONG, organismos de base y beneficiarios en la formulación de políticas de vivienda.

En las últimas dos décadas, luego de la conflictiva transición acaecida entre los años 2001 y 2003, el nuevo gobierno de perfil neo-desarrollista priorizó la construcción de viviendas. Para ello continuó profundizando el proceso de descentralización y se llevaron adelante políticas públicas heterodoxas para la construcción de viviendas de interés social que atendieron el déficit habitacional imperante y que buscaban al mismo tiempo ser un mecanismo de reactivación de la economía (Palero; Lentini, 2015; Barreto, 2018). En algunos programas se consideró el empleo de materiales alternativos (tierra) a los convencionales y se incorporaron cambios en las modalidades de ejecución (autoconstrucción, por cooperativas, mediante ONG).

Si bien algunos autores difieren sobre la efectividad en esta descentralización (Barreto; Zavala, 2004), lo cierto es que tal proceso y el interés de facilitar la participación del sector privado se vieron materializados en la diversificación de las operatorias por fuera de la producción convencional que establecía el FONAVI (Barreto, 2018). Estas nuevas operatorias se formularon con modalidad no convencional tomándose en cuenta las características de los distintos estratos sociales y la focalización de las soluciones habitacionales en grupos específicos y necesidades particulares, incluso formulando programas específicos para áreas rurales (Roitman, 2001). Barreto (2011, p. 5) señala que, en este nuevo período, la diversificación se operó bajo el "...paradigma del desarrollo social, con una concepción más multidimensional y heterogénea de la pobreza, que fomentaba la participación de los destinatarios y la focalización de acciones específicas sobre grupos identificados". Sin embargo, un importante aspecto negativo derivado de la aplicación de esta política radicó en una gran fragmentación en la distribución de las acciones en el territorio (Barreto et al., 2007).

Bajo el esquema de descentralización de la política de vivienda aparecieron programas que, considerando materiales y sistemas constructivos no convencionales, sistemas constructivos vinculados al ahorro energético y la construcción de vivienda pasiva y otras problemáticas de los contextos sociales y culturales de los grupos sociales carenciados (trabajo, calidad de vida, infraestructura, salud). Entre otros sistemas constructivos, principalmente basados en el uso de materiales alternativos, se incluyeron modalidades de producción que consideraron las tecnologías de construcción con tierra en las resoluciones técnicas o bien no imposibilitaron su aplicación.

Esta última cuestión debe ser contextualizada en el proceso de estigmatización del uso en Argentina de la tierra como material de construcción. Esto se basa principalmente en dos cuestiones. Por un lado, la problemática de la enfermedad de Chagas y a los problemas sanitarios a los que esta tecnología se asoció. Si bien la problemática del Chagas en muchos sectores de este país se ha resuelto, en los últimos años continúan proyectos de "erradicación de ranchos" en los que se propone reemplazar las viviendas rurales materializadas con tierra por viviendas construidas con materiales convencionales (Rolón et al., 2016; Viñuales, 2008). Por otro lado, los fuertes sismos en la década del 1970 en la Provincia de San Juan y el alto número de víctimas, fue relacionado a la debilidad del adobe para resistir cargas sísmicas; y a su vez llevó a la implementación de reglamentos de construcción sismorresistente de alcance nacional en donde se desalentó el uso del adobe para las mamposterías. La creación del Instituto Nacional de Previsión Sísmica desaconsejó su empleo a nivel nacional, aun cuando la mitad del territorio nacional se encuentra en

zonas denominadas como de riesgo 0. Actualmente existen numerosos estudios que demuestran las posibilidades de uso de este material y aportan diversas recomendaciones a tener en cuenta en el diseño arquitectónico y constructivo de las obras construidas con tierra.

Como se observa hasta aquí el empleo de la construcción con tierra por parte del estado, si bien ha sido marginal y esporádica, ocurre desde fines del siglo XIX con distintas modalidades. De este modo, el objetivo de este trabajo es identificar y sistematizar los casos de uso de la construcción con tierra en la producción de vivienda social de promoción pública, indagando el contexto de uso de la tecnología, los modelos de gestión a través de los cuales se ejecutaron los programas y la distribución espacial y temporal en el territorio de los casos construidos.

2 METODOLOGÍA

Se realizó una recopilación documental de diferentes fuentes bibliográficas en la que se registraron intervenciones estatales de vivienda de promoción pública en Argentina. Además, se realizaron registros *in situ* de algunos casos de análisis. A través de consultas y entrevistas se identificaron programas y proyectos que intervinieron en la producción de las viviendas.

Con esta información se elaboró una base de datos en la que se incluyó información sobre el nombre del programa, la fecha de ejecución, número de viviendas construidas y fundamentalmente el sistema constructivo utilizado. Asimismo se incluyeron datos espaciales asociados a los casos identificados. Estos datos, posteriormente fueron analizados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. En esta etapa del estudio se tuvieron en cuenta variables como la geolocalización de la intervención, técnicas utilizadas, actores involucrados, modalidad de producción, entre otros. Finalmente, con la información recopilada se describieron y analizaron los modelos de gestión utilizados. Otras variables de estudio aun no fueron consideradas dado que estamos en una etapa inicial de estudio pero que serán tomadas en cuenta en la siguiente etapa. Es por ello que la comparación con otras modalidades de producción estatal de viviendas, escalas de financiamiento, niveles de demanda, posibilidades de estandarización y grado de satisfacción de los usuarios, entre otras aún restan ser abordadas.

3 RESULTADOS

Se identificaron 16 programas de vivienda de promoción pública (25 proyectos de vivienda individual se construyeron mediante crédito Pro.Cre.Ar.¹). Estos son los programas identificados hasta la fecha que emplearon alguna técnica de construcción con tierra. Con la información recolectada se elaboró una base de datos (tabla 1), se clasificó la información en categorías, cada una incluye distintas variables de análisis.

- **Categoría 1 -Aspectos generales**

- o Denominación del programa o proyecto
- o Ubicación (geolocalizado)
- o Año de construcción o entrega de las viviendas
- o Otra información de interés

- **Categoría 2- Aspectos productivos**

- o Actores involucrados

¹ Es un Fondo Fiduciario Público denominado "Programa Crédito Argentino del Bicentenario para la Vivienda Única Familiar", que fue creado por el Decreto 902/2012 del Poder Ejecutivo Nacional con el objetivo de otorgar créditos hipotecarios e individuales para acceder a la primera vivienda y con una gestión federal en su organización. Estuvo interrumpido entre 2018 y 2020.

- o Cantidad de viviendas producidas
- o Otros roles asignados al usuario (Mano de obra pagada, mano de obra gratuita, participante en el diseño, comitente, conformación de Coop., elaborador de elementos constructivos para la obra, comitente, etc.)
- o Origen del financiamiento (fondos públicos nacionales, fondos públicos provinciales, fondos internacionales, fondos privados, fondos Municipales)
- **Categoría 3- Aspectos tecnológicos y técnicos**
 - o Técnica constructiva empleada
 - o Modalidad de producción: Gestión estatal centralizada (llave en mano), gestión estatal descentralizada (PROCREAR, construcción por cooperativas) y autoconstrucción asistida.
 - o Uso de materiales del lugar

Número	Código	Denominación	Ubicación	año	Cantidad de viviendas	Actores involucrados	Origen del usuario	Modalidad de producción	Origen del financiamiento	Técnica constructiva empleada en y fuera	Material lugar	Otra información de interés
1	SI-1	Ley de integración y colonización	Colonia de Olvera-Buenos Aires	1878	70	Gob. Nac y Prov., Comisión colonizadora, intendencia, Comandante de Colonia	Estado y M de O	aut-construcción	Prov. y Nac	CHAMFA, CHORRO, ADOBE	no	Daguito y Rolón, (2012); Reg en campo
2	ADOB-1	PCNAVI	Geste-Salta	1984	15	PI, INECO-UNICASA, CONICET	SI	descentralizado	Prov. y Nac	ADOBE, HFA*	si	-
3	ADOB-2	Barrio Independencia	Humahuaca, Jujuy	1988	18	Ins de planeamiento, vivienda y desarrollo urbano, Jujuy	M de O, pagu, Coop	descentralizado	Prov. y Nac	ADOBE, HFA*	si	Rolondano, (2015)
4	ADOB-3	Programa de Hábitat Rural	Ticora, Jujuy	1994	48	ONG PERCA, constructores locales contratados	SI	descentralizado	Nac y Mun	ADOBE, HFA*	si	Rolondano, (2018)
5	ETC-1	El Programa de Hábitat Rural	El Escorial, Rosario de Lerma, Salta	2001	60	Gob. Nac, PV, UCA Sal, Man de Rosario de Lerma	Elaboración de BTC	aut-construcción	Nac	BTC	si	Lama, (2010)
6	ETC-2	Prog PCNAVI, puntos de Diseño Bioclimático	Puerto Viejo, Jujuy	2001	37	UCA Sal, Fundación Mendi, PV de Jujuy	Mano de obra	aut-construcción	Nac y Mun	BTC	si	-
7	ADOB-4	Barrio en Susques	Susques, Jujuy	2001	5	Instituto de la Vivienda de Jujuy	SI	descentralizado	Prov. y Nac	ADOBE	si	Tamari, (2006)
8	ADOB-5	Barrio en Jujuy 2	Maimará, Jujuy	2011		Subsecretaría de desarrollo urb y viv, INU, Municipio de	Coop	descentralizado	Nac - Prov	ADOBE, HFA*	si	Sosa y Lathia, (2015)
9	ETC-3	PROBAT - Monteros	Barrio suscipio- Monteros- Tuc	2003	8	FPV, UJ, Técnicos de Promot, Municipalidad de Monteros	Diseño y M de O	descentralizado	prov.	BTC	no	Jerez, Lazo et al., (2013); Reg en campo
10	ADOB-6	Barrio Surma, Rocha	Ticora, Jujuy	2003	40	Programa Federal de Emergencia habitacional	M de O, pagu, Coop	descentralizado	Prov. y Nac	ADOBE, TORTA	no	Sosa y Lathia, (2015)
11	ETC-4	Vivienda rural Comunal, Masapich, Tucumán	Puerto Medyn- Chubut	2004	7	Gob. Nac, PV, usuarios, Universidad	diseño y Coop	descentralizado	Prov. y Nac	BTC	no	Catalán P, Cienega, (2010); entrevista a Catalán
12	ETC-5	Vivienda rural Chubut 2	El de Julio - Chubut	2004	8	Programa de Hábitat Rural PV, emp. empujadora - Ovren	SI	descentralizado	Prov. y Nac	BTC	no	Catalán P, Cienega, (2010); entrevista a Catalán
13	ADOB-7	Programa Federal de Emergencia Habitacional	Antofagasta- Colorado	2006	35	Gob. Nac, PV	SI	centralizado	Nac	ADOBE, HFA*, TORTA	no	Prensa local y entrevista a Lathia en el prog
14	ADOB-8	Programa Federal de Emergencia Habitacional	El Palpal- Colorado	2006	5	Gob. Nac, PV	SI	centralizado	Nac	ADOBE, HFA*, TORTA	no	Prensa local y entrevista a Lathia en el prog
15	ADOB-9	Viviendas en Salta	Talar Grande, Salta	2010	10	PV, Prog Provincial de Fomento de la Actividad Minera y Turística	SI	centralizado	Prov.	ADOBE, HFA*	si	Lama, (2010)
16	ADOB-10	Barrio Abra Pampa	Abra Pampa, Jujuy	2011	105	Coop, Mun PV, Gob. Nac	SI	centralizado	Nac - Prov	ADOBE	no	Sosa y Lathia, (2015)
17	ADOB-11	PROCREAR	Villa La Reina- Córdoba	2013	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
18	ADOB-12	PROCREAR	Arrecife- Córdoba	2013	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE, QUINCHA	si	registro PROTERRA
19	ADOB-13	PROCREAR	Tafel del Valle- Tucumán	2013	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	SUELO, CEMENTO	si	registro PROTERRA
20	ADOB-14	PROCREAR	Cabana- Córdoba	2014	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
21	ADOB-15	PROCREAR	Villa Gracina- Córdoba	2014	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
22	ADOB-16	PROCREAR	San Juan del Rincón- Santa Fe	2014	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE	si	registro PROTERRA
23	ADOB-17	PROCREAR	Arroyo Leyes- Santa Fe	2014	1	Gob. Nac - Banco Hipot - Mun - Arg	comitente	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE	si	registro PROTERRA

Número	Código	Denominación	Ubicación	año	Cantidad de vivienda	Autorías involucradas	Otro rol del usuario	Modalidad de producción	Origen del financiamiento	Técnicas constructivas empleadas	Material lugar	Otra información de interés
24	RI-2	PROCREAR	Oliveros-Santa Fe	2014	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE QUINCHA	si	registro PROTERRA
25	QUIN-4	PROCREAR	Theobald-Santa Fe	2014	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
26	QUIN-5	PROCREAR	La Serranía-Córdoba	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
27	ADOB-3	PROCREAR	San José del Rincón-Santa Fe	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE	si	registro PROTERRA
28	ADOB-4	PROCREAR	San José del Rincón-Santa Fe	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE BALDERA	si	registro PROTERRA
29	QUIN-6	PROCREAR	Sauce Viejo-Santa Fe	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
30	TAE-1	PROCREAR	Los Tallados-Tucumán	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	TAE	si	registro PROTERRA
31	RI-6	PROCREAR	Río Ceballos-Córdoba	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA TAE	si	registro PROTERRA
32	QUIN-7	PROCREAR	Antiochillo-Córdoba	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
33	RI-8	PROCREAR	Villa General Belgrano-CBA	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE QUINCHA	si	registro PROTERRA
34	SC-2	PROCREAR	Tafel del Valle-Tucumán	2015	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	SUELO CEMENTO	si	registro PROTERRA
35	ADOB-6	PROCREAR	Almoyá Lajas-Santa Fe	2016	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	ADOBE	si	registro PROTERRA
36	QUIN-8	PROCREAR	Desvío Arjona-Santa Fe	2016	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
37	QUIN-9	PROCREAR	Tafel Viejo-Tucumán	2016	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
38	QUIN-10	PROCREAR	Indiaco-Córdoba	2016	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	QUINCHA	si	registro PROTERRA
39	SC-3	PROCREAR	Calayote-Salta	2017	1	Gob. Nac - Banc Hipot - Mun - Arg	contenida	descentralizado	Nac - Priv	SUELO CEMENTO	si	registro PROTERRA

Tabla 1. Registro de operatorias de construcción de viviendas construidas con tierra en Argentina

3.1 Distribución espacial y temporal

Se identificaron 39 intervenciones hasta el momento algunas con mayor información disponible que otras, tanto de conjuntos de viviendas como de modificaciones o completamientos de vivienda individual. En total se trata de al menos 564 viviendas. Estas intervenciones se distribuyen en 8 de las 23 provincias, se destaca especialmente la concentración de intervenciones en la Región Noroeste (presentando casos en Tucumán, Catamarca, Salta y Jujuy, región con una fuerte tradición constructiva con tierra) y en las provincias de Córdoba y Santa Fe. En términos temporales, la intervención más antigua con apoyo institucional identificada se remonta al siglo XIX, en el año 1878. Luego se produce un salto temporal muy grande, hasta las últimas décadas del siglo XX, 1980-1990. En el siglo XXI se observa una distribución temporal más homogénea, especialmente en la segunda década donde prácticamente en todos los años se registra alguna intervención vinculada casi exclusivamente al programa Pro.Cre.Ar.

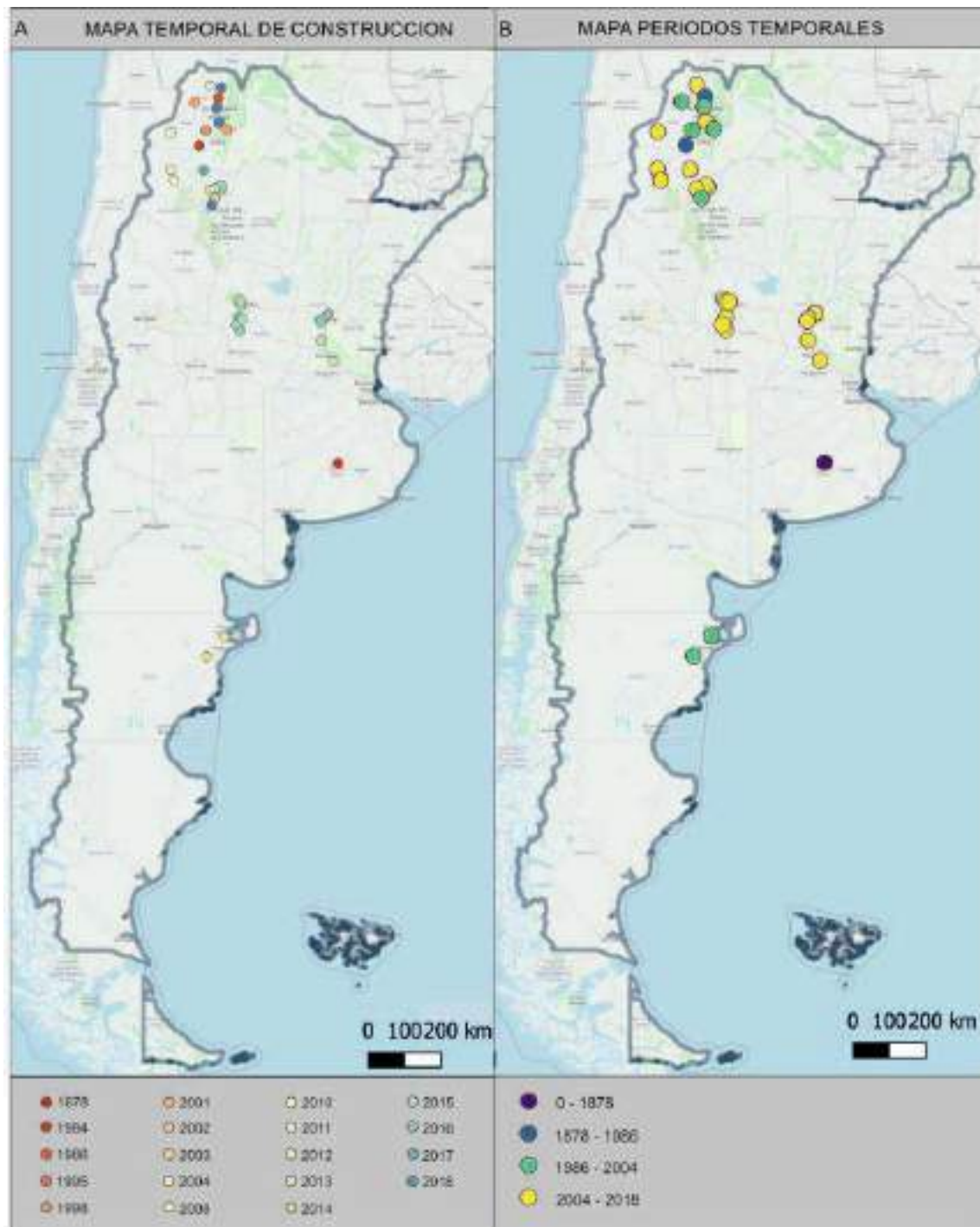


Figura 1 Izquierda: mapa de distribución temporal de las intervenciones realizadas con tierra; derecha: clasificación en los cuatro periodos temporales en los que se distribuyen las obras registradas. Fuente: elaborado con soporte de QGIS.

3.2 Los modelos de gestión implicados

Se identificaron tres principales modelos de gestión aplicados en la producción de las viviendas: aquellos por autoconstrucción asistida, los de gestión estatal centralizada y los de gestión estatal descentralizada (figura 2 izquierda). Cada modelo presenta, a su vez, particularidades que en este trabajo no se llegaron a abordar por ser una investigación aún en proceso y no disponer de información similar para todos los casos.

El modelo por autoconstrucción asistida ejemplo (figura 3-A) implica que un técnico del Estado o entidad gubernamental gestione recursos, materiales y mano de obra de apoyo, para que el usuario construya su vivienda. En este modelo de gestión los usuarios finales de

la vivienda cumplen un rol importante durante el proceso de producción aportando mano de obra o participando en el diseño de las viviendas (Rotondaro et al., 2011). Ejemplos de ello son el Barrio Construido en Rosario de Lerma en Salta, denominado Ecosol- (5-BTC-1). Este se construyó en el año 2001 en el marco del Programa de Hábitat Rural o bien el caso de las colonias agrícolas en Olavarría en Buenos Aires promovidas a partir de la Ley de Inmigración y Colonización, a fines del siglo XIX (Duguine; Rolón, 2012). Este esquema estuvo orientado a atender necesidades de vivienda de población de bajos y medios ingresos.

En el modelo centralizado (figura 3-B) es el estado el que resuelve el diseño y la ejecución de las viviendas bajo un esquema donde predomina la llave en mano y el usuario queda excluido de la toma de decisiones proyectuales y constructivas. La construcción de las viviendas sigue el proceso convencional de la obra pública y financiamiento similar al sistema FONAVI (Fondo Nacional de Vivienda): Diseño del prototipo, ejecución de pliegos de licitación, concurso, certificación de las obras y finalmente la contratación de una empresa constructora. En este caso se trata de pequeños núcleos urbanos o barrios constituidos por conjuntos de viviendas seriadas. En algunas intervenciones en particular se construyeron únicamente mejoras de núcleos sanitarios. En estas operatorias toman un rol central los organismos públicos y técnicos que coordinan las actividades. La presencia de este modelo de gestión se destaca en el Noroeste argentino implementado bajo esquemas de articulación con los Institutos Provinciales de Vivienda y el apoyo de municipios, ONGs y organizaciones de la sociedad (Rotondaro et al., 2011). Estos esquemas fueron desarrollados para atender familias de bajos recursos en poblados rurales o zonas urbanas pequeñas.

En los casos de modelos descentralizados (figura 3-C-D), el estado deja en mano del propietario o un gobierno local la contratación o intervención de los técnicos para resolver la construcción de las viviendas y el financiamiento es a través del banco o de fondos públicos locales y no de los organismos centrales. Este esquema convierte a los usuarios en comitentes y facilita la elección del sistema constructivo por parte de los técnicos o incluso de los usuarios mismos. Esquemas como el implementado por el PRO.MAT. en Tucumán y el Programa Federal Pro.Cre.Ar. son ejemplos característicos de este esquema. El primero destinado a resolver la mejora de vivienda de poblaciones de bajos recursos y el segundo destinado a la construcción, refacción, ampliación, terminación y compra de terreno y de viviendas a estrenar. El Pro.Cre.Ar. ha contribuido a que sectores de ingresos medios construyan su vivienda nueva o a mejorar la existente, aunque se presentan restricciones que limitan la participación de los sectores de menores ingresos. (Bosio et al., 2015). Se observa una diversificación de los métodos de construcción de las viviendas, conformación de cooperativas, empleados estatales del municipio, y mixtos con la participación de los usuarios.

En las intervenciones de producción de vivienda pública se identificaron una diversidad amplia de actores institucionales involucrados como organismos y programas de nivel Nacional (Ministerio de desarrollo Social, Ministerio de Vivienda), organismos y programas de nivel provincial (Institutos Provinciales de Vivienda, PRO.MAT.), Universidades Nacionales y Provinciales, Municipios, Bancos, ONG, Cooperativas, etc. Por su parte los usuarios también presentaron diversidad en los roles asignados en estas modalidades, participando en el diseño del proyecto, como fabricante de elementos constructivos para la obra (adobes y BTC), mano de obra en procesos autoconstrucción asistida, como comitante en el caso de contratación de servicios de arquitectura, como integrante de cooperativas de trabajo creadas para llevar adelante las operatorias, y finalmente, remitiéndose a ser solo usuario de las viviendas construidas. Es importante destacar, en las experiencias relevadas que incorporan al usuario como mano de obra, en algunos casos este trabajo se encontraba remunerado a través de un subsidio estatal, considerándose el trabajo realizado como contraprestación en el mismo programa.

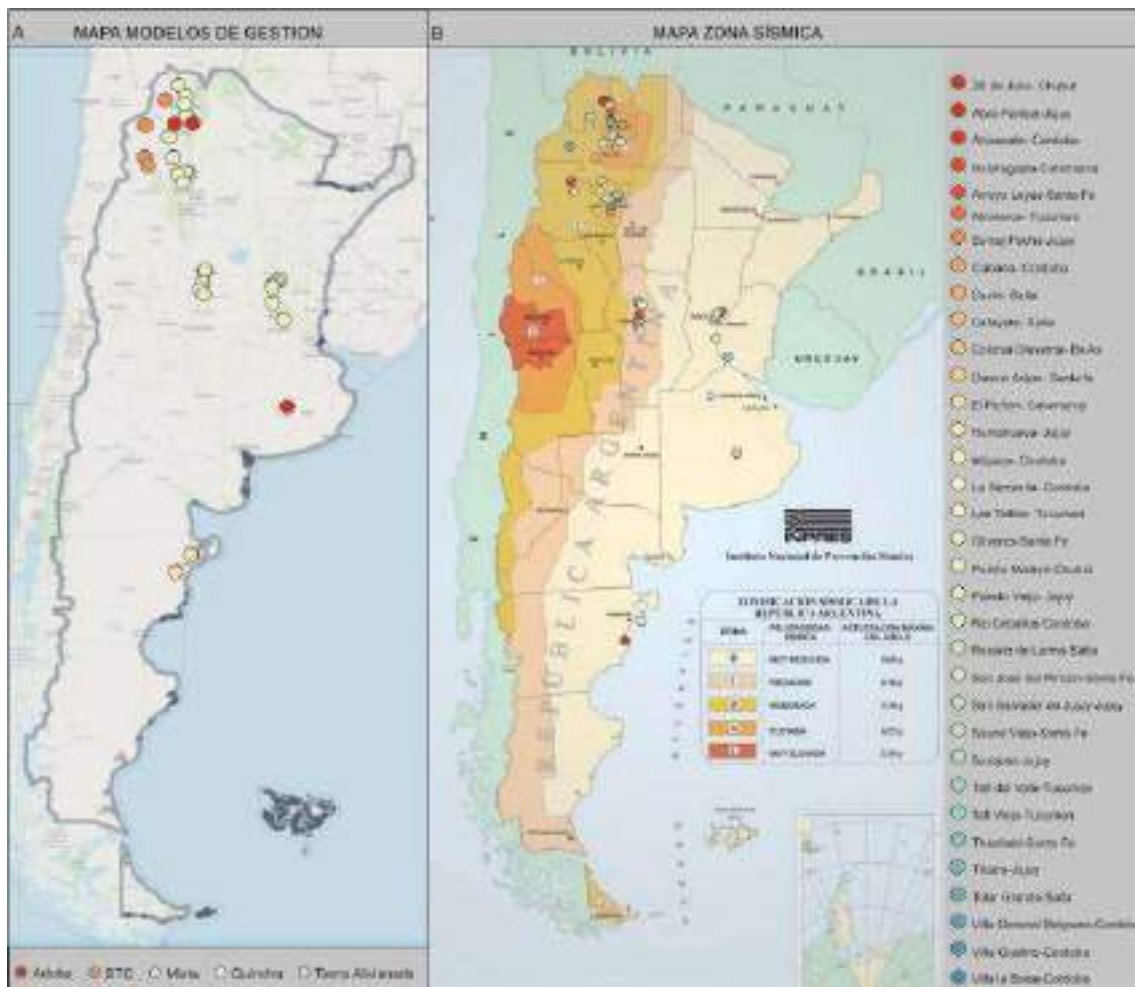


Figura 2. Derecha: mapa de clasificación de los modelos de gestión; izquierda: ubicación de cada intervención vinculada a la clasificación de zonas sísmicas del INPRES. Fuente: Mapa de Zonificación sísmica de la República Argentina (INPRES).

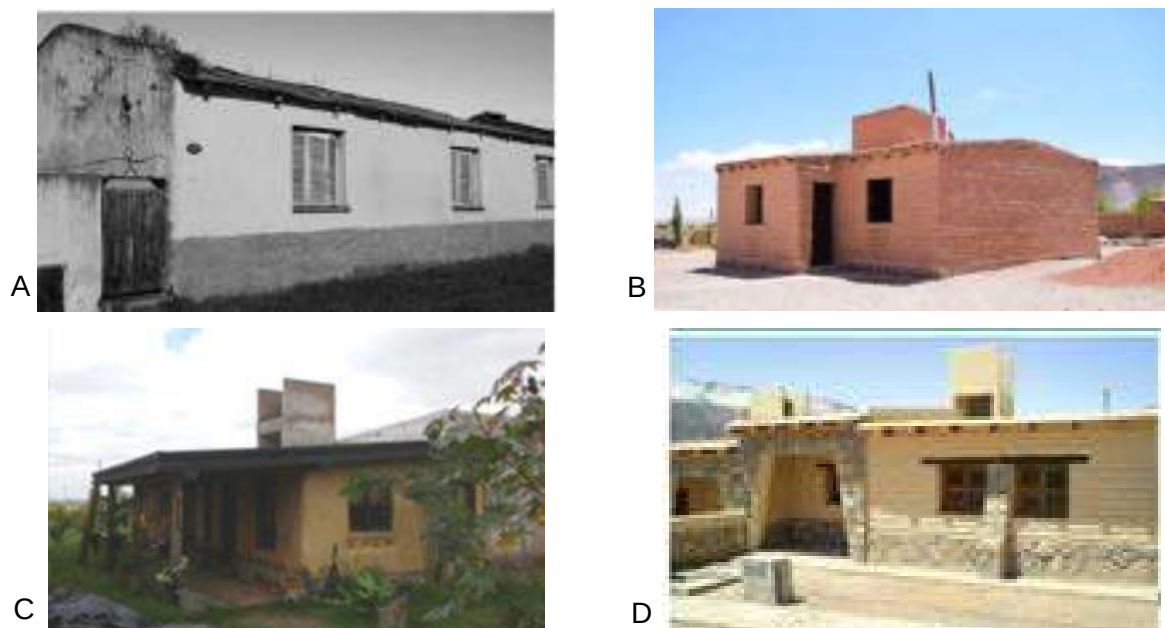


Figura 3- A – Modelo por autoconstrucción asistida. B- Modelo centralizado. C- Modelo descentralizado Pro.Cre. Ar por autoconstrucción. D- Modelo descentralizado. (Créditos: Guillermo Rolón y Mayra Ovejero)

3.3 Uso de las técnicas de construcción con tierra

En las intervenciones relevadas se observaron distintas técnicas constructivas implementadas: champa o tepe, mampostería de adobe, tierra alivianada encofrada (TAE), quincha, bloques de tierra comprimida, suelo cemento y techo de torta de barro. Sin embargo, dos técnicas constructivas se destacan en su empleo: las mamposterías de adobe (15 casos) y la quincha (10 casos). En relación a la distribución espacial, se observa cierta homogeneidad de las técnicas; en el Noroeste predomina el uso del adobe y la quincha, en el centro, Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires, el uso del BTC y la quincha; y en el sur, en Chubut el BTC (figura 3).

En varios casos identificados de programas que se aplican y prosperan corresponden a ubicaciones de mayor dificultad de acceso o muy alejados de los centros urbanos principales en donde la construcción con tierra presenta, además, una larga tradición de empleo. Este es el caso de los conjuntos en las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy. En tanto que en aquellos casos en los que prosperan técnicas constructivas más recientes como el BTC y la TAE se dan próximas a centros urbanos o más próximos a ellos.

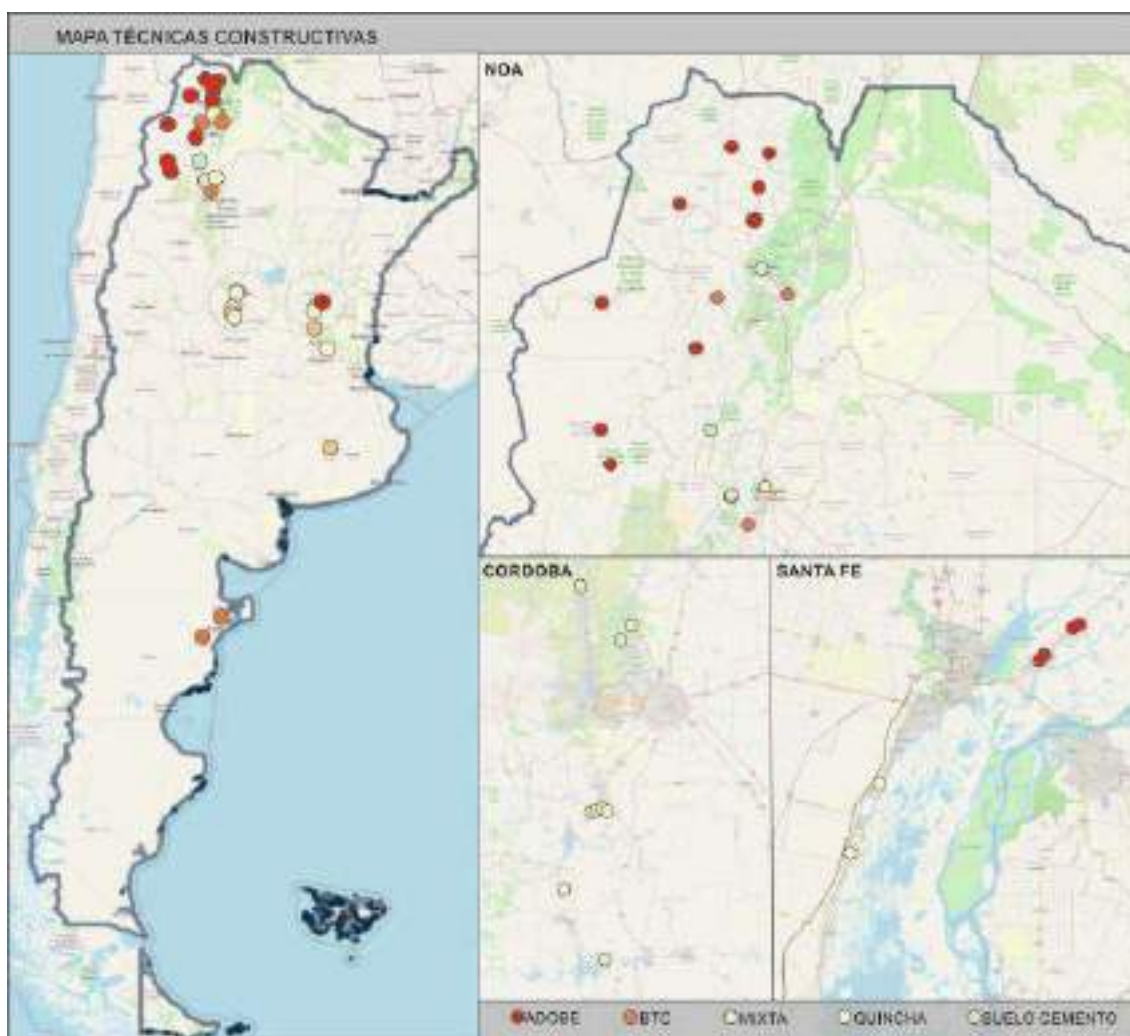


Figura 4. Mapa de técnicas constructivas. Fuente: elaborado con soporte del programa QGIS

3.4 Ubicación de las intervenciones en relación a las zonas sísmicas

Una de las mayores dificultades en la ejecución de obra pública con técnicas de construcción con tierra es la falta de reglamentación específica sobre el uso de este material y, al mismo tiempo, la vigencia de las normas INPRES CIRSOC 103, donde se desaconseja el uso del “adobe” en las construcciones sismorresistentes. En Argentina nunca existió reglamentación que regule la construcción con tierra; recién a partir de 2020, desde la Red

Protierra se comenzó a elaborar documentos técnicos en tal sentido para ser aplicados a nivel local o provincial, lo cual limita su rango de acción hasta que se elabore y entre en vigencia una reglamentación de alcance nacional (Red Protierra, 2020a; 2020b). Por el contrario, las normas que restringen el uso de la tecnología datan de mitad de siglo XX luego de las experiencias traumáticas que implicaron los sismos en las provincias cuyanas de San Juan y Mendoza en 1944 y 1977.

La INPRES CIRSOC 103 clasifica al territorio argentino en cinco zonas que van desde un nivel de riesgo cero o “muy reducido” a un nivel de riesgo cuatro o “muy elevado” (figura 2 izquierda). En relación a ello, este mapa muestra la distribución de las viviendas construidas y las zonas antes mencionadas. Estas se ubican en cuatro de las zonas caracterizadas por INPRES, solo la región más elevada no se incluyeron casos hasta el momento. Se pudo constatar que la realización de obra pública construida con tierra en las áreas de mayor riesgo sísmico complejiza el desarrollo en la medida que implica considerar mayores refuerzos estructurales de los edificios. También se registró la incorporación de estructuras de hormigón armado para adaptarse a la exigencia de la normativa vigente.

4 CONSIDERACIONES FINALES

En relación a la distribución espacial de la promoción pública de vivienda construida con tierra se observa que hay concentraciones bien claras en tres áreas del país: el Noroeste argentino, y en el área central principalmente en las provincias de Córdoba y Santa Fe.

En el Noroeste, esta promoción podría estar vinculada a la presencia de poblaciones vulnerables de las grandes extensiones de área rural que presenta la región; a la necesidad de adaptar los programas a las condiciones locales de desarrollo (materiales y mano de obra) y a la dificultad de acceso a esos territorios, principalmente para abastecerlos de materiales convencionales; a una continuidad cultural vinculada al empleo de esta tecnología en sus diversas expresiones materiales, que suele incidir en el criterio de los técnicos estatales de tomarla en consideración. Sin embargo, las decisiones finales dependen de las estructuras burocráticas, del nivel de aceptación de la tierra como material de construcción en estos ámbitos institucionales y del grado de rigurosidad con el que se aplican los reglamentos nacionales vigentes.

En el área central del país, se pudo registrar que el empleo de la tecnología de construcción con tierra estaría más vinculado con una mayor conciencia de la problemática ambiental, los sectores de clase media y la búsqueda de sistemas constructivos más eficientes, alternativos y económicos. Asimismo, no es azaroso que las técnicas constructivas modernas (BTC, TAE, quinchas mejoradas) se implementen principalmente en esta región y estén asociadas a ámbitos más urbanos que rurales. Por lo tanto, en las técnicas registradas prevalece el uso del adobe en programas destinados a sectores vulnerables y mediante modelos de gestión centralizada con viviendas seriadas. Por otra parte, la introducción de gestiones descentralizadas en la política de vivienda de las últimas décadas habría favorecido que las innovaciones en las técnicas constructivas y en los modelos de gestión como PRO.MAT. y Pro.Cre.Ar.

Temporalmente, si bien hay registros del empleo de la tecnología de construcción con tierra desde fines del siglo XIX, el auge se presenta principalmente en las últimas cuatro décadas bastante vinculado a dos cuestiones: a) el peso que actualmente tiene la idea de desarrollo local para la mejora de las condiciones de vida asociada a las múltiples problemáticas del hábitat, b) la irrupción del paradigma ecológico y el cuidado del medio ambiente que favoreció el desarrollo de tecnologías verdes en las políticas públicas.

En relación al aspecto normativo, como se mencionó es un problema persistente que no ha impedido el empleo de esta tecnología de construcción con tierra pero que la ha limitado. Las recomendaciones del INPRES que serían pertinente para las regiones más comprometidas con el riesgo sísmico, sin embargo, afectan a todo el país, incluso donde este problema no es realmente serio y no constituye un inconveniente.

Finalmente, lo que se pudo observar en relación al rol de los usuarios en los modelos de gestión es la nula participación en los modelos de gestión centralizados, una participación relativa en los modelos descentralizados aprovechando parcialmente su capacidad y una participación concreta (mano de obra) en los modelos de autoconstrucción asistida. Sin embargo, ninguno de los esquemas considerados toma de manera central al usuario en la toma de decisiones del modelo de gestión mismo ni del uso de los materiales.

Estas cuestiones mencionadas muestran que, en la medida en que no se reglamente la construcción con tierra y que las políticas públicas se direccionen hacia modelos centralizados, el empleo de esta tecnología continuará siendo marginal en la producción estatal de vivienda social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, M. (2011). Cambios y continuidades en la política de vivienda argentina (2003-2007). Cuaderno de Vivienda y Urbanismo; Bogotá, Vol. 5:12-30
- Barreto, M. (2018). La política habitacional de Cambiemos: el retorno de la mercantilización de la vivienda social en Argentina. Estudios Demográficos y Urbanos Vol. 33, (2): 401-436.
- Barreto, M.; Benítez, A.; Fernández, M.; Giró, M.; Zavala, J. (2007). Aislamiento territorial de la pobreza urbana: política habitacional social de los '90 en la Argentina: el caso "Ciudad de los Milagros" (AMGR, Chaco). Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales N° 154: 727-749
- Barreto, M.; Zavala J. (2004). Articulación vertical de la inversión urbana en el nordeste argentino. Reflexiones sobre la experiencia del Banco Mundial durante la década del '90. Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales. Vol. XXX: 103-119
- Bouillon, C. P. (2012). Un espacio para el desarrollo: los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bosio, G.; Scardino, L.; Baima, M.; Buthet, C.; Rodríguez, M. (2015). Estrategias populares de acceso al hábitat y políticas públicas para favorecerlas. En Centro de Estudios Legales y Sociales (CELS) Derecho a la tierra y a la vivienda, aportes al consenso nacional para un hábitat digno. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CELS. P. 93-113; ISBN 9789872908027
- Cuenin F.; Moya R. (2010). Cambios en las políticas de vivienda social en la Argentina (1976-2007): ¿Cambiaron también los resultados habitacionales? Banco Interamericano de Desarrollo, Sector de Capacidad Institucional y Finanzas. IDB-TN-190: 3-36.
- Duguine, L.; Rolón, G. (2021). Territorio, vivienda y trabajo en el establecimiento de colonias agrícolas en Olavarría (Buenos Aires, siglo XIX). Primeros ensayos de política social en la producción del hábitat rural. Revista Registros Vol 17 (2), en prensa
- Fernández Wagner, R.; Varela, O. (2003). Mercantilización de los servicios habitacionales y privatización de la ciudad. Un cambio histórico en los patrones de expansión residencial de Buenos Aires a partir de los noventa en "La cuestión urbana en los noventa en la RMBA" en Catenazzi, A. y Lombardo, J. (Comp). Instituto del Conurbano. Ediciones Al Margen, UNGS, 2003.
- Lentini, M. (2005). Política habitacional de Argentina y Chile durante los noventa. Un estudio de política comparada. Boletín INVI N°55 (20): 139-153
- Palero, D.; Lentini, M. (2015). Política habitacional argentina al comienzo del nuevo siglo: perspectivas emergentes y cuentas pendientes. En: Barreto, M., Lentini M. (comp.). Hacia una política integral de Hábitat. Aportes para un observatorio de política habitacional en Argentina: 313-388. Buenos Aires. Editorial Café de las Ciudades.
- Red Protierra. (2020a). Proyecto de ordenanza de arquitectura y construcción con tierra. Propuesta de creación colectiva. Documento para discusión pública.
- Red Protierra. (2020b). Relevamiento y análisis de normas jurídicas y técnicas referidas a la construcción con tierra vigentes en la República Argentina. <http://redprotierra.com.ar/2020/12/22/informacion-para-solicitar-creditos-procrear/>
- Rodulfo, M.; Boselli, T. (2015). Política habitacional en Argentina y desigualdades territoriales. Vivienda & Ciudad Vol. 2: 30-41.

Roitman, S. (2001). Las políticas habitacionales destinadas a los habitantes de villas inestables durante la década de los 90: el caso del municipio de Guaymallén, Mendoza, Argentina. Boletín INVI N°42 (16): 95-103.

Rolón, G.; Olivarez, J.; Dorado, P.; Varela Freire, G. (2016). Los factores de riesgo del mal de Chagas y su relación con la construcción con tierra. Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, 16. Memorias... Asunción: A PROTERRA/ FADA-UNA/ CEDES/ hábitat. p. 435-445.

Rotondaro, R.; Cacopardo, F.; Rolón, G.; Cusán, M.; Mañá, C. (2011). Vivienda con tecnología de tierra en Argentina: autogestión, gestión estatal, gestión privada. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 11. Tampico: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas

Viñuales, G. (2008). Adobe y chagas. Verdades y mitos de la construcción con tierra. En: Neves, C. (ed.). Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra, 7; Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2, Memorias... São Luís: UEMA/PROTERRA/ TerraBrasil. p.653-660

AUTORES

Paula Anahí Jerez Lazo, arquitecta recibida en 2017 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Arquitectura de la misma Universidad con el apoyo de una beca doctoral CONICET (2019-2024). Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo).

Pablo Dorado, arquitecto recibido en 2015 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Arquitectura de la misma Universidad con el apoyo de una beca doctoral CONICET (2017-2022). Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo).

Guillermo Rolón, Doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, Master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, Arquitecto, Investigador Adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATiC; Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejoramiento del Hábitat participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la red argentina PROTIERRA.

ANÁLISIS SOCIOESPACIAL DE LA PRODUCCIÓN DE ARQUITECTURA DE TIERRA EN AMAICHA DEL VALLE, ARGENTINA

Pablo Dorado¹, Guillermo Rolón²

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán / becario doctoral CONICET, Argentina,

¹pablodoradoctca@gmail.com; ²guillerolon02@gmail.com

Palabras clave: redes sociales, albañiles, innovación

Resumen

En Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina, la tierra es uno de los materiales utilizados habitualmente para la producción de arquitectura. La construcción de estos edificios pone en funcionamiento un proceso productivo que involucra diversos actores que constituyen una red de relaciones e intercambios. Esta red productiva, sustentada en aspectos sociales y tecnológicos, adquiere una configuración espacial y territorial que define la producción local. Con el abordaje de los componentes sociales y espaciales se busca ampliar la caracterización del sistema productivo y sus patrones de distribución. Por ello, este trabajo se propone caracterizar la configuración socioespacial de la producción contemporánea de arquitectura de tierra en Amaicha del Valle. Se realizó observación participante y entrevistas en profundidad a informantes clave y una encuesta a los albañiles vinculados a las construcciones. Para el análisis de los aspectos sociales y productivos se utilizó estadística descriptiva y análisis de redes sociales con software UCINET 6 y NetDraw, para el tratamiento de los datos espaciales se utilizó sistemas de información geográfica. Se realizó una representación y descripción socioespacial de la dinámica productiva, esquema de redes y relaciones entre actores y recursos. Estos análisis permitieron identificar una red robusta y heterogénea de constructores y proveedores de servicios y materiales. Si bien la red tiene una fuerte presencia endógena de actores, los componentes foráneos indican que el proceso de territorialización de la dinámica productiva no se restringe a la comuna de Amaicha del Valle.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 La construcción con tierra en el noroeste de Argentina

Actualmente en el Noroeste argentino (NOA), la tecnología de arquitectura y construcción con tierra cumple un rol importante en la producción del hábitat, principalmente rural; el rol preponderante de esta tecnología es resultado de una construcción histórica y continua en la cual las comunidades locales han logrado sostener, integrar y articular sus conocimientos y prácticas frente al impacto y segregación que significó la irrupción de la cultura occidental (Sosa, 2011; Viñuales, 2007). La importancia de esta tecnología se explica en la interacción de distintos procesos sociales, económicos y productivos que entran en juego e involucra distintos conocimientos tácitos, técnicos, consuetudinarios, así como actores muy distintos vinculados de diversas maneras.

Las tecnologías aplicadas a la producción del hábitat son la expresión resultante de sistemas sociotécnicos, es decir, de un complejo entramado de relaciones sociales y tecnológicas basado en la acumulación de saberes, prácticas y técnicas generadas en dinámicas en las que se combinan regulaciones sociales y legislaciones, hábitos culturales e identitarios, formas de obtención de lucro y criterios estéticos (Thomas, 2009). De esta manera las tecnologías son los instrumentos (artefactuales, procesos y organizacionales) a través de los cuales los seres humanos modifican su hábitat (Thomas; Santos, 2015). En particular, la tecnología de arquitectura y construcción con tierra involucra procesos, saberes y conocimientos, actores, materiales y procedimientos histórico y espacialmente constituidos para trabajar el suelo como materia prima, transformándolo en un material de construcción. Las dinámicas productivas a través de las cuales se construyen los edificios de tierra se

sustentan en una diversidad de prácticas constructivas, que involucra principalmente a las personas que intervienen y moviliza una serie de recursos que tienen que ver, no solo con lo material, sino también con lo simbólico (Tomasí; Rivet, 2011). Estos procesos son dinámicos, se modifican a partir de distintas incorporaciones y también rechazos, asociados a operaciones técnico-constructivas (Barada, 2014).

Amaicha del Valle es una comuna rural que se ubica en el departamento Tafí del Valle, dentro de la provincia de Tucumán, e integra la región de Valles Calchaquíes (figura 1). Estos valles constituyen una importante unidad geográfica del NOA, pero con desarrollos humanos y económicos muy heterogéneos (Collado, 2013). Los Valles Calchaquíes se extienden desde el centro de la provincia de Salta, atraviesa el oeste de la provincia de Tucumán y culminan al norte de Catamarca, en Santa María, desarrollándose a la par de un importante sistema montañoso precordillerano, con una extensión aproximada de 500 km. En la población que habita este sector se replica, en menor escala, la heterogeneidad social y económica propia de la región. Socialmente se compone de población originaria (Arenas, Ataliva, 2017), a la que se suman grupos que no se reconocen como indígena -pero sí como habitantes históricos de estas tierras-, población migrante -vinculada a las distintas actividades productivas- y grupos que habitan el sector durante ciertos periodos como un lugar de segunda residencia o vacaciones. Esta heterogeneidad manifiesta en el proceso prehispánico e histórico de conformación del territorio y una diversidad de aspectos sociopolíticos y económicos actuales que ha sentado las bases de un espacio cultural, social y económico complejo (Bolsi; Paolasso, 2009).



Figura 1. Ubicación de Amaicha del Valle en la provincia de Tucumán Argentina. En amarillo, extensión del Valle Calchaquí. (Fuente: elaboración en base a shape Bing Satellite, URL http://ecn.t3.tiles.virtualearth.net/tiles/a{q}.jpeg?g=0&dir=dir_n)

En relación a la tecnología de arquitectura y construcción con tierra, en Amaicha del Valle se destaca el uso de la técnica de adobe, los techos de torta de barro y, en menor medida, las quinchas; muchas de las viviendas existentes fueron construidas con mampostería de adobe y algunos sectores con sistemas mixtos, especialmente aquellos de mayor antigüedad o que se encuentran en las zonas más al interior del área rural. En todos los casos, las construcciones involucran además el empleo de materiales locales como la piedra, la madera, y especies vegetales no maderables (principalmente gramíneas y arbustivas). Actualmente, las técnicas mencionadas han experimentado en este sector transformaciones que responden a la introducción de pequeñas innovaciones derivadas de la incorporación de nuevos materiales, de modificaciones de los procesos constructivos y de los tipos de organización que intervienen en la construcción de los edificios. Entre estas últimas se destacan la incorporación de las estructuras de hormigón, de materiales industrializados en la torta de barro –o el remplazo de estas últimas por láminas de chapa– y sistemas productivos con financiamiento público o por contratación de servicios de arquitectura (Dorado; Rotondaro, 2019).

1.2 Los procesos productivos

Los procesos productivos son consecuencia de la integración de acciones encadenadas y simultáneas en la que intervienen varios actores (individuales y colectivos, locales y foráneos) que participan sistémicamente en la producción de bienes y servicios (Becattini; Rullani, 1996). Todo ciclo de producción-circulación-cambio-consumo tiene un carácter eminentemente económico y social, pero además se espacializa territorialmente a medida que los vínculos entre agentes se consolidan (Saquet, 2007). Es por ello que cuando la aglomeración de un determinado número de actores dedicados a cierta actividad productiva muestra una especialización sectorial en un territorio y se produce una distribución espacial heterogénea en un área geográficamente próxima, es posible hacer hincapié en analizar las organizaciones productivas como aglomeraciones industriales (Porter, 2003). Justamente, el territorio, en sentido productivo, es conceptualizado como la trama que resulta del comportamiento localizado de actores y organizaciones en un determinado espacio, que se encuentran principalmente vinculados por actividades productivas o de consumo en forma regular y continua en el tiempo y el espacio (Manzanal, 2014). Este último aspecto da lugar al abordaje de los territorios como red, es decir, analizar de manera detallada la estructura interna de la aglomeración de estos actores y organizaciones coexistentes en un determinado espacio y de sus distintos grados de vinculación; donde toma importancia el rol, su ubicación espacial y la distancia entre ellos (Brito; Da Motta, 2002).

De este modo, abordar territorialmente los procesos productivos permite considerar, las relaciones de complementariedad que ocurren entre los espacios que configuran el territorio, sus conflictos, las redes, los vínculos, las relaciones de poder; en definitiva, comprender las tramas territoriales en las que sustentan la actividad productiva en estudio (Saquet, 2007; 2015). Es por ello que resulta importante considerar una perspectiva social en los análisis, donde no solo se haga foco en las relaciones comerciales o del intercambio de mercancías, sino, en los vínculos sociales y culturales que se construyen, los cuales fundamentalmente aportan en la consolidación de las relaciones productivas.

1.3 Análisis socioespacial

Buzai y Baxendale (2015) describen al análisis socioespacial como una técnica en la que se entremezclan la estadística y la matemática aplicadas al estudio de datos distribuidos sobre los espacios geográficos. Este tipo de análisis busca construir categorías analíticas que vinculen variables sociales, ambientales, espaciales, territoriales y aquellas que resulten de la interacción de esas variables; como la división territorial del trabajo o la distribución espacial de la producción. De esta manera el espacio se constituye en una variable fundamental en donde se producen, reproducen y transforman los modos de producción; la interacción entre sociedad-espacio-producción se vuelve concreta y sobre una base territorial históricamente situada. Desde esta lógica, a la caracterización de los actores sociales intervinientes en la producción de esta arquitectura (distribución etaria, sexo, nivel socioeconómico, educación, entre otros), se suma la consideración de lo espacial con la localización de los fenómenos (límites físicos, distribución ambiental, etc.). Una cuestión más que se debe tener en cuenta es que este tipo de análisis se convierte en un instrumento de planificación.

El trabajo que aquí se presenta va en tal camino. En esta primera etapa, se presenta un ejercicio que intenta identificar y modelizar otras variables relacionadas a la producción de arquitectura de tierra en Amaicha del Valle; de esta manera se buscó generar un primer acercamiento a su descripción. Es importante destacar que, al ser un primer acercamiento, no están agotadas las posibilidades de los múltiples análisis socioespaciales que pueden derivar de esta actividad productiva en este sector.

2 OBJETIVO

Analizar la configuración socio-espacial de la producción contemporánea de arquitectura de tierra en Amaicha del Valle, en especial la naturaleza de los vínculos en la red de relaciones entre actores.

3 METODOLOGÍA

El estudio de campo se realizó en Amaicha del Valle. Este sector fue seleccionado luego de una etapa previa de reconocimiento de la región y consulta de fuentes bibliográficas referida al desarrollo productivo de la tecnología de construcción con tierra en los Valles Calchaquies. Tanto la vigencia de la construcción con tierra como la asequibilidad de su escala para desarrollar este estudio fueron factores decisivos para su selección. Sin embargo, su territorio presenta una extensión aproximada 120.000 ha, razón por la cual se tomó como área de estudio específica la “Villa de Amaicha” donde se ubica la mayor parte de la población e involucra a localidades aledañas (Los Zazos, Ampimpa, Encalilla, La Banda, y parajes a no más de 10 km de la plaza principal). La producción de la arquitectura de tierra en los sectores más alejados de estas localidades no fue alcanzada.

En la recolección de los datos se aplicó una metodología mixta, considerando aspectos cualitativos, cuantitativos y datos georreferenciados. En una primera etapa se realizó la identificación y registro de obras en construcción en las que se estuviera utilizando la tierra como material principal. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los constructores y demás actores vinculados en tales obras; e incluyó la observación participante en distintas etapas del proceso constructivo, con la intención de registrar algunas dinámicas cotidianas de la organización de la obra.

En una segunda etapa se elaboró y aplicó, en base a la primera información recabada, una encuesta a los constructores involucrados en las obras. Para ello se construyó una base de datos. Para su confección se aplicó la técnica de “bola de nieve”, consultando a los entrevistados en la primera etapa por otros constructores que pudiesen contactarse. En esta se incluyó a personas que fueron mencionadas como “albañil, contratista o arquitecto” es decir a los encargados de las obras o sobre quienes recae la dirección técnica de la misma. Se consideró a los constructores dado el lugar central que ocupan en el proceso productivo, en la medida que tiene vinculación con la mayoría de los otros actores involucrados. Como en Amaicha del Valle no existen registros oficiales de las personas involucradas en el trabajo de la construcción, la población de estudio lo constituyó el propio registro de los constructores que se elaboró. De este modo se llegó a registrar a 38 personas dedicadas a esta actividad que reunían las características señaladas. Con esta información se procedió a realizar las encuestas, hasta alcanzar, al menos, una muestra que supere al 40% de la población considerada como muestra representativa.

La encuesta aplicada se organizó en cinco apartados; el primero apuntó a recabar información personal y del trabajo que realiza el constructor; el segundo, al registro y la geolocalización de las obras realizadas con tierra en los últimos 20 años; el tercero, a registrar la provisión de recursos (materiales y materias primas) a través de su geolocalización. El cuarto, a caracterizar la interacción con otros actores vinculados a las obras, los modos, frecuencia y grado de interacción; y finalmente, el quinto considera los procesos de innovación tecnológica y compromiso de calidad.

La caracterización del conjunto de personas constructoras que integraron la muestra se realizó mediante análisis multivariante empleado el programa estadístico R (R Development Core Team, 2009) con el paquete FactoMiner (Lê et al., 2008) considerando las siguientes variables: Edad, sexo, trayectoria, capacitación en cursos, capacitación familiar, capacitación en obra, capacitación autodidacta, superficie construida, intermediación y lugar de trabajo. Estas variables representan tres grupos: Variables de caracterización de las personas, variables de trabajo y variables de formación. Finalmente, para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva; la red de vinculaciones sociales que existen entre los actores encuestados y los actores mencionados se estableció mediante el soporte del

software UCINET 6 y NetDraw (Borgatti et al., 2002). El tratamiento de los datos espaciales se realizó mediante el software QGIS de código abierto y gratuito.

4 RESULTADOS

1.4 Caracterización de la muestra

Se encuestaron 16 personas de entre 24 y 80 años identificadas de manera general como constructores (figura 2), integrada por 15 varones y una mujer. Esta última presenta la trayectoria de trabajo más prolongada, con 58 años en actividad y cumple el rol de dirección técnica, gestión de obra y oficina de albañil. Del conjunto, dos personas son foráneas, tratándose de un arquitecto que vive en San Miguel de Tucumán (116km) y un constructor de Santa María (11km), ambos se trasladan periódicamente para gestionar las obras. El segundo lo hace diariamente. En relación a los desplazamientos y la distribución de las obras, el 63% respondió que trabajó en otras localidades cercanas a Amaicha del Valle, las más nombradas son Los Zazos, Santa María y Colalao del Valle, todas a una distancia de entre 4 a 16 km (figura 3). Sin embargo, el 60% manifestó que solo se limita a trabajar en Amaicha debido a las dificultades que implica los traslados en vehículo particular (moto o camioneta), debido al gasto en combustible y tiempo de desplazamiento, que inciden en el rendimiento económico.

La trayectoria de trabajo en construcción con tierra de los encuestados tiene un rango de entre los 2 a 58 años, pero la mayor frecuencia se ubica entre los siete a doce años. En total se registraron 85 obras realizadas por las personas encuestadas, con rangos de superficie total construida por cada encuestado entre 70 (A6) y 1.067 m² (A2). Cabe destacar que sólo se consideraron para el cómputo las obras construidas con tierra, pero prácticamente todos los encuestados manifestaron trabajar con otras tecnologías constructivas que involucran el ladrillo hueco o ladrillo macizo común. Aquellos con menores registros de superficie construida se debe a que su trabajo emplea principalmente las otras tecnologías. Por el contrario, se han registrado constructores que solo trabajan con tierra y tienden a disminuir cada vez más el uso de materiales industrializados en sus obras (cemento, hierro, la cal y ladrillo hueco). De las entrevistas en profundidad, se detectaron dos categorías productivas bien definidas entre los constructores, lo que corresponden a “albañil independiente” en relación a quienes poseen menor capacidad productiva porque trabajan en grupos pequeños y “contratistas” vinculados a quienes trabajan simultáneamente en varias obras y con mayor cantidad de personas.

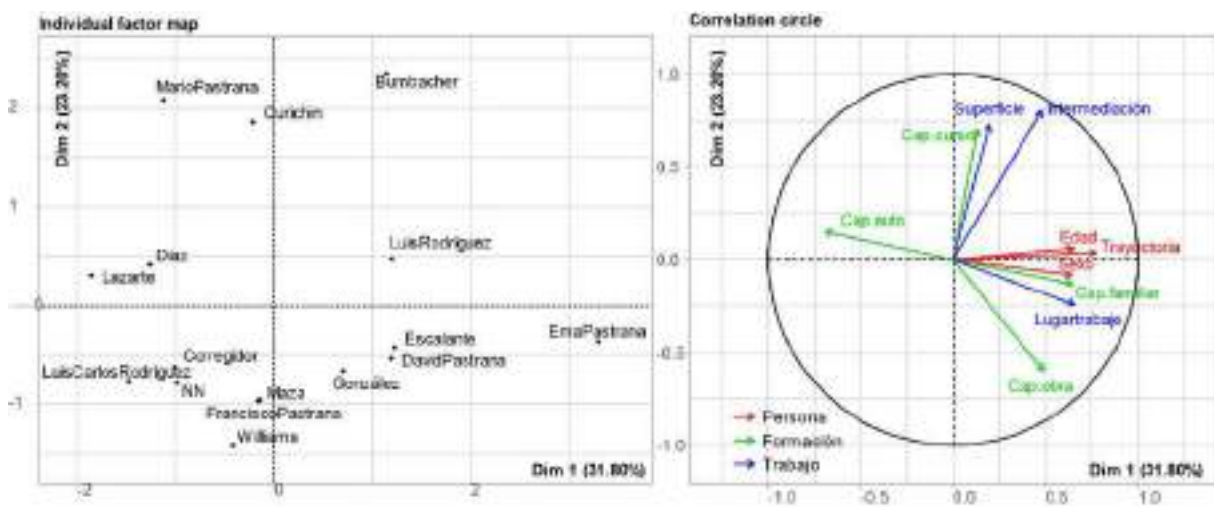


Figura 2. Esquemas de análisis de actores encuestados. Izquierda dispersión de constructores encuestados; Derecha: análisis de componente principales de las variables consideradas. (Fuente: elaboración con soporte de R, paquete FactoMiner)

En relación a la demanda y continuidad laboral, algunas personas entrevistadas y encuestadas comentaron que existe muy poco margen de ganancia en construcción, debido

principalmente a la discontinuidad de la actividad y/o la variabilidad de escala de las obras; la mayoría de los constructores posee una superficie media de obra construido de entre 20 y 50 m². Incluso hacen referencia a que una obra completa es la condición más favorable para tener trabajo continuo todo el año, pero esta no es la situación más frecuente; en tal sentido, realizan otras actividades laborales para aumentar los ingresos mensuales (69%) (figura 3). Estos trabajos se hacen de forma simultánea en la mayoría de los casos, es decir, algunos se dedican a la albañilería durante la mañana y, durante la tarde, complementan con tareas de plomería o “cortado” de adobes. El resto (31%) sólo se dedican a la construcción, más allá de otras actividades domésticas que generalmente se realizan en el ámbito rural. En el caso de aquellos que realizan tareas diversas, las más nombradas son: artesanías (29%) y comercialización de adobes (19%). Además, se mencionó otros oficios de la construcción como plomería, electricidad, herrería, etc. (14%), agricultura en fincas familiares o peón rural contratado (14%), en actividades comerciales (10%), como empleado público (10%) y ganadería de pequeña escala (5%).

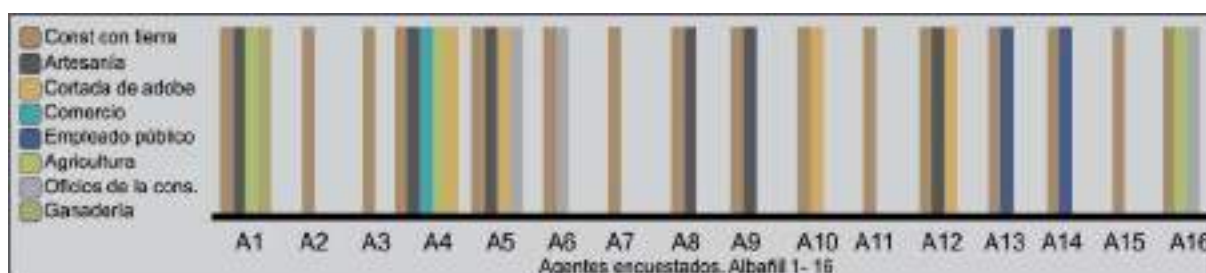


Figura 3. Diversificación del trabajo de los constructores encuestados

1.5 Reconstrucción y caracterización de la red productiva analizada

Mediante la observación participante en las obras, las entrevistas en profundidad y las encuestas se pudo identificar 62 actores, directos e indirectos¹, que integran la red reconstruida y analizada. Estos actores fueron agrupados en tres categorías construidas a partir de la actividad o el rol que cumplen en la obra (tabla 1). Algunos actores se presentan colectivamente son desagregados, el criterio de aplicación de uno u otro responde a intereses de la instancia de investigación.

A partir de la clasificación de los actores intervinientes se reconstruyó la red de vinculaciones existente. Con la información recolectada se elaboró una matriz y posteriormente un análisis de redes sociales con el software UCINET y NetDraw. Se realizaron cálculos para caracterizar la red, determinar el grado de cohesión, caracterizar a los actores involucrados e identificar a aquellos que son principales de acuerdo al lugar que ocupan en la red (centralidad/periferia). Para ello se procedió al cálculo de tres parámetros, grado de centralización de toda la red, grado de centralidad cada actor y la Intermediación. En la figura 4 se observa el resultado de los datos relevados, aquellos con mayor densidad de vínculos se ubican hacia el centro del esquema.

La red está conformada por un solo componente, es decir no existen subgrupos aislados, pero se presentan algunos de los actores integrados a partir de un solo vínculo. En tal sentido, el grado de centralización de la red² es media, con un valor de 0,41 por la mayor presencia de vínculos individuales; Este valor medio señala que la red seguiría vinculada aún con la falta de algunos actores considerados como principales. Esto se debe a que la cohesión de la red depende de varios actores centrales presentes (aquellos que poseen un

¹ Se consideran actores directos a los entrevistados (16) e indirectos a aquellos que son mencionados o referenciados por los encuestados.

² Este indicador mide la cohesión global de la red e identifica qué tan dependientes son las relaciones entre los actores principales. Se calcula a partir de considerar la probabilidad de que la red esté conectada únicamente por un nodo central. Los resultados varían entre 0 y 1, cuanto más cerca de cero la cohesión de la red es más dependiente de pocos actores.

grado de centralidad de actor mayor a 15³), los cuales además están diversificados entre los constructores y sus ayudantes.

Tabla 1. Actores involucrados en la red productiva de la arquitectura de tierra de Amaicha del Valle

	Actor identificado	Información de los actores incluidos en este grupo	ID	ref
1	Comitente	Individuos, familias, organizaciones sociales y el Estado	COM	
	Encargado de obra	Rol asumido por el comitente, un albañil experimentado, arquitecto maestro mayor de obra. También denominado contratista	A-1...16	M V
	Otros albañiles	Otros albañiles incluidos en la misma cuadrilla de trabajo	A-1...16	M V
	Ayudantes/capachero	Entre 1 y 3 por albañil, suelen ser jóvenes o miembros de la familia	AYU	
	Otros ayudantes temporales	Incluidos temporalmente para tareas laboriosas o trabajos pesados	AYU-T	
	Arquitecto	Se registró aquellas cuadrillas que incluyan un arquitecto	ARQ	
7	Servicios de la construcción	Electricista, plomero, pocero, herrero y fierro.	SERV	
	Materiales Indust (corralones)	6 corralones, tres de Amaicha, Santa María, Tafi del Valle y SM de T	CORR- 1-6	
	Caña	6 proveedores, cuatro de Amaicha, tres de localidades cercanas.	CaÑ- 1-6	
	Paja o pasto	7 sectores de recolección de pastos (6 cercanos y Tafi del Valle)	PAJ- 1-7	
	Madera	5 proveedores, 2 Amaicha, 1 Tafi del Valle, 1 Santa María y 1 SM de T	MAD- 1-5.	
	Tierra	5 sectores de extracción de suelos, todos cercanos a Amaicha	TIE- 1-5	
	Áridos	1 proveedor de Áridos	ARI-A-1	
13	Ádobs	9 proveedores de adobe	ADOB-1-9	
15	Capacitación en albañilería o temas vinculantes	Muy pocas, brindadas en la Comuna Rural (albañilería, seguridad en la obra). Además se mencionan capacitaciones virtuales	CAP	
	Facultad de Arquitectura Universidad Nacional de Tucumán	Proyectos de investigación y extensión (PUEDES, CRIATIC, Cátedras)	FAU - UNT	
	Gobierno local	Programas de mejora de vivienda, aporte con mano de obra o materiales	GOB LOC	
	Financiamiento fondos públicos	Mejoras habitacionales de Argentina trabaja por Coop (2004)	F-PUB	
	Financiamiento fondos privados	Préstamos personales para parte de las obras	F-PRIB	

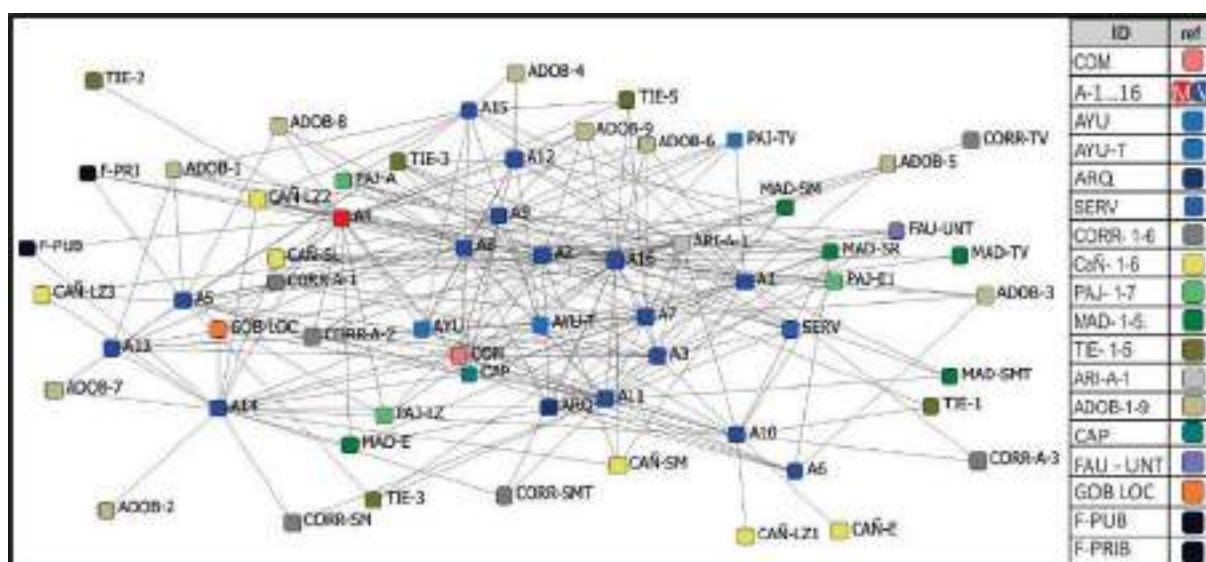


Figura 4. Reconstrucción de la red de relaciones entre actores. Fuente: elaboración con soporte software NETDRAW)

Para caracterizar la centralidad de los actores se realiza un análisis individual que responde a dos interrogantes ¿Cuál es la posición de cada actor? y ¿cuáles son los actores más centrales? Interesa saber estos aspectos para identificar los más “relevantes” o más

³ Este valor se toma como punto de corte entre aquellos que poseen un valor menor y mayor a 15, de esta manera se dividen en dos grupos a los actores integrantes de la red.

centrales. Esto último se encuentra dado, no por la actividad que realizan ni por alguna característica intrínseca del actor (sexo, edad, nivel educativo alcanzado, etc.), sino por sus relaciones y la posición que ocupa en la red productiva que se analiza. Para ello se calcularon dos indicadores, grado de centralidad del actor e intermediación, ordenando los actores en orden decreciente según valor de intermediación (tabla 2).

Tabla 2. Resultados de centralidad de grado e intermediación de cada actor (Fuente: elaboración con soporte software NETDRAW)

N°	ID	gra°	int***	N°	ID	gra°	int°	N°	ID	gra°	int°	N°	ID	gra°	int°
1	A16	33	301,606	17	CAP	11	30,318	33	ADOB-1	6	6,611	49	F-PRI	3	1.12
2	A8	28	196,017	18	AYU-T	10	29,081	34	MAD-E	4	5,621	50	TIE-3	9	1.06
3	A4	22	185,079	19	ARI-A-1	12	28,771	35	ADOB-9	7	5,025	51	ADOB-7	2	0.92
4	A2	27	178,456	20	ARQ	10	27,802	36	A6	6	4,525	52	PAJ-TV	5	0.89
5	A14	19	177,357	21	MAD-SR	8	20,555	37	CAN-SM	4	4,176	53	CORR-SM	2	0.78
6	A10	15	167,895	22	PAJ-LZ	6	17,726	38	ADOB-6	6	3,669	54	ADOB-5	3	0.25
7	A11	20	140,071	23	TIE-3	3	15,877	39	TIE-5	4	3,349	55	MAD-SMT	3	0.21
8	A1	23	137,518	24	A13	8	15,803	40	ADOB-3	4	3,018	56	ADOB-4	2	0.20
9	A5	15	70,455	25	CORR-A-2	9	11,070	41	MAD-SM	6	2,836	57	CORR-TV	1	0
10	AYU	15	68,189	26	SERV	8	10,860	42	CORR-SMT	3	2,076	58	CAN-LZ1	1	0
11	COM	15	67,635	27	PAJ-A	7	10,466	43	CAN-LZ3	3	1,609	59	CAN-E	1	0
12	A9	20	58,524	28	PAJ-E1	6	10,009	44	ADOB-8	4	1,603	60	MAD-TV	2	0
13	A7	17	53,296	29	CAN-SL	7	9,900	45	TIE-1	2	1,298	61	TIE-2	1	0
14	A12	12	52,812	30	CAN-LZ2	6	9,323	46	F-PUB	2	1,266	62	ADOB-2	1	0
15	A15	11	38,033	31	GOB-LOC	6	8,942	47	CORR-A-3	2	1,239	* grado o degree			
16	A3	15	36,026	32	CORR-A-1	8	8,503	48	FAU-UNT	5	1,202	** intermediación			

El grado de centralidad del actor contabiliza el número de lazos directos que llegan o salen de cada integrante de la red. Se denomina “centralidad local” porque no analiza cuestiones vinculadas a su posición en la red, sino solo el número de relaciones.

Calcular Intermediación sirve para terminar de definir la posición de los actores de la red y poder identificar actores clave. Se refiere a la cantidad de intermediarios que se encuentran en el camino entre un actor y otro. Estos actores son denominados “puentes”. Este aspecto es el que define la importancia de ese actor en el sostenimiento de la red. En este caso es importante mencionar que se consideran las relaciones de nodos que no están conectados directamente o “actores que no se conocen”, justamente su vinculación es indirecta a través de otro actor (Borgatti, Everett, Freeman, 2002).

En promedio se producen 8,64 conexiones por actor. El actor con mayor cantidad de conexiones es A16 (33) y es, a su vez, el que posee el número de intermediaciones más alto de todos (301,61); además tiene vínculo con actores presentes en las tres categorías mencionadas en la tabla 2. Este aspecto es importante porque otorgaría a este actor la mayor capacidad para influir con cambios en la red y capitalizar la mayor cantidad de información sobre la red productiva. Este actor (A2) es un arquitecto con una trayectoria de por lo menos 6 años de trabajo en Amaicha del Valle que, sin embargo, no presenta la mayor superficie construida durante esos años (1.067 m²). Luego, acompañan en centralidad los constructores A8, A4, A2, A14, A10 y A11 con valores decrecientes de intermediación entre 196,02 y 137,52; los demás constructores rondan en valores entre 70,45 y 4,56. Esto último demuestra la diversidad en el rango de influencia que poseen las distintas personas constructoras de esta red local. Esta cuestión está ciertamente relacionada con las categorías locales mencionadas de “albañil independiente” (menores valores de intermediación) y “contratistas” (mayores valores de intermediación). Es decir, los valores de centralidad de los actores y su intermediación tienen una correlación con la construcción local de las categorías productivas.

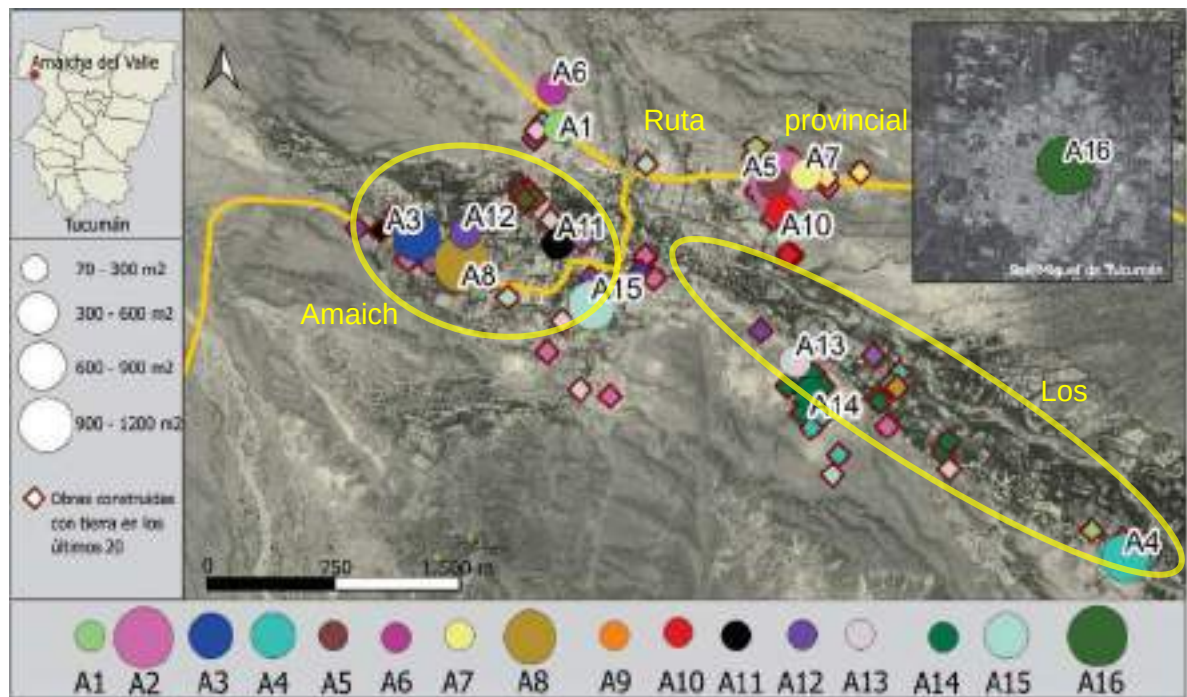


Figura 3. Mapa de ubicación de los constructores encuestados y sus obras registradas (Fuente: elaboración en base a shape Bing Satellite, URL http://ecn.t3.tiles.virtualearth.net/tiles/a{q}.jpeg?g=0&dir=dir_n).

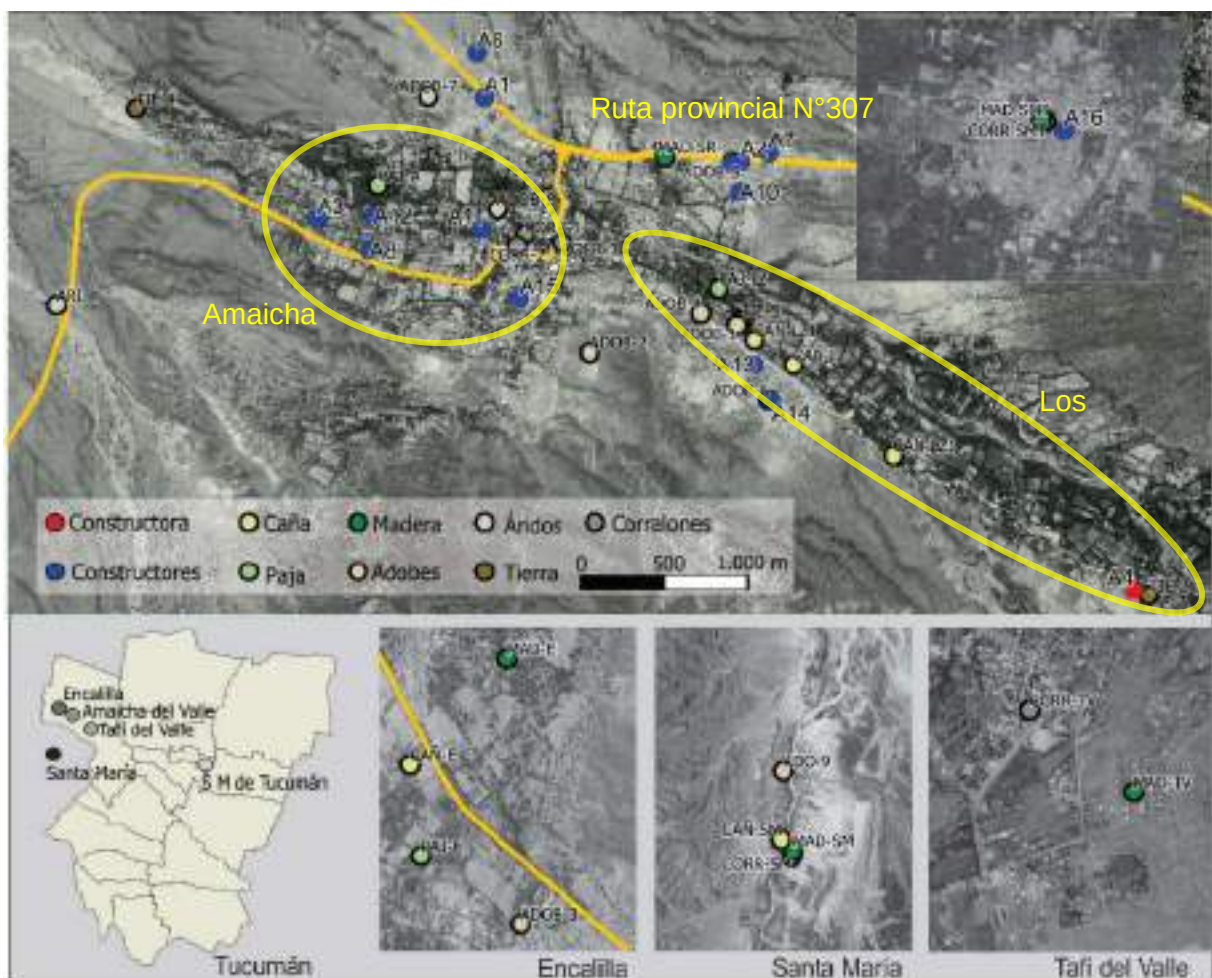


Figura 4. Mapa de ubicación de los constructores y proveedores (Fuente: elaboración en base a shape Bing Satellite, URL http://ecn.t3.tiles.virtualearth.net/tiles/a{q}.jpeg?g=0&dir=dir_n).

En cuanto a la ubicación espacial de obras es posible notar, dentro de una distribución relativamente homogénea, una cierta atomización en tres sectores, el sector central y antiguo del poblado de Amaicha, el sector oeste de Los Zazos que constituye un área de expansión nueva paralela a las áreas de cultivo y a lo largo de la ruta provincial 307 que comenzó a densificarse con obras nuevas (Figura 3). La ubicación de los constructores y de los proveedores sigue ese mismo patrón de distribución (Figura 4) pero se agregan numerosos casos por fuera de estas áreas. Aún si se es del todo preciso, se nota cierta cercanía de las obras construidas y los constructores correspondientes.

Respecto a los proveedores, los dos corralones más grandes de Amaicha del Valle (COOR-A-1 y CORR-A-2) son los que mayor grado poseen en el número de vinculaciones (8 y 9). Igual situación con la caña provista desde Santa Lucía (CAÑ-SL) y desde la ubicación 2 en Los Zazos (CAÑ-LZ2). Los lugares de provisión de paja y pastos presentan una distribución más homogénea. En el caso de la madera se destaca la provisión desde la maderera local. Por el contrario, algunos proveedores muy específicos de caña, madera o adobe, poseen un grado de centralidad muy bajo (1-), se trata de producciones asociadas a autoconstrucción y autoprovisión desde sus propias fincas, en donde se utilizan materiales (pastos, tierra, álamos y algarrobo) ubicados en propiedades privadas. Es importante destacar la diversidad de proveedores que existen en cada rubro, excepto en la provisión de áridos donde hay una posición monopolizada. Además, si bien el abastecimiento no es solo local o interno, se destaca la posibilidad de contar con abastecimiento local de todos los recursos y cierto grado de independencia del stock interno disponible. Retomando la cuestión de aprovisionamiento de áridos, se pudo registrar que esta posición monopolizada puede estar relacionada a las dificultades de esta actividad, implica una alta inversión en maquinaria para extracción, selección, acopio y traslado (gran porte) y además se trata de una actividad que debe ser autorizada por el Cacique y Consejo de Ancianos de la Comunidad Indígena, en tanto se utilizan recursos comunitarios, y por la Secretaría de Minería de la Provincia, entidad provincial que regula la actividad extractiva.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Este primer acercamiento al estudio socio espacial de la producción contemporánea de arquitectura de tierra en Amaicha del Valle forma parte de un estudio más amplio de los Valles Calchaquies. En este caso se intentó comprender la configuración territorial de algunos de sus componentes como son las obras, los constructores y los proveedores en la zona en cuestión.

En primera instancia se observó una relativa complejidad en la red productiva sostenida y dinamizada por distintos actores, en particular por constructores con características muy diversas; diversidad que se observa tanto desde el aspecto social, de formación, como el nivel de vinculación que poseen en la red de esta actividad productiva que van desde algunas posiciones periféricas hasta la mayor parte que resultan ser centrales. Esta diferenciación posiblemente esté asociada a los modelos de producción identificados por Dorado y Rotondaro (2019) donde se identificaron organizaciones más complejas en la que participan actores de diversa procedencia (organismos públicos, académicos, gobierno local, entidades financieras, etc.) y otras más sencillas que se encuentran centralizadas en pocas personas; aspecto que también se ve reflejado por la construcción de categorías productivas locales ya señaladas.

Otro aspecto importante observado es la conformación relativamente robusta de la red productiva, la cual permitiría sostenerse aún si dejaran de participar algunos de sus actores. Esta robustez se cimienta por un lado en la mayor presencia de constructores de procedencia local y que aporta una base fuerte a su desarrollo, condición que difiere y se complementa al considerar a los proveedores, donde la participación foránea está más representada. En igual sentido ocurre con la disponibilidad de materiales y otros recursos humanos locales que se pudo detectar. De igual manera, pone en relieve un grado de autoabastecimiento interno importante que se fue consolidando en la última década (9 adoberos, 4 sectores de provisión de madera, 4 sectores de extracción de tierra, tres

corralones, etc.). A este proceso se suma la participación de un sector externo representado tanto en otros proveedores de materiales como en recursos humanos, acciones de organismos estatales y financiamientos público y privado para obras que aportan a la dinámica actual de la construcción. En tal sentido, es posible interpretar que el proceso productivo analizado si bien tiene una base endógena importante para su desarrollo no está exento de la participación foránea y, con ello, de una integración territorial más amplia.

Finalmente, en términos espaciales se observó una amplia distribución de los constructores y de las obras construidas con tierra, pero no del todo homogénea por las atomizaciones ya señaladas, que se torna más dispersa al considerar a los proveedores de recursos. Es posible que la atomización esté siendo impulsada por la ocupación de los nuevos sectores de crecimiento edilicio. Este aspecto de desarrollo y expansión edilicia, sumada a una clara tendencia de incorporación al proceso productivo de numerosos constructores jóvenes con cortas pero prolíferas trayectorias (medida en superficies construidas acumuladas) son factores que apoyan la idea de la vigencia de la construcción con tierra y, al mismo tiempo, avizora su sostenimiento y desarrollo en el tiempo. El nivel de vinculación en la estructura de la red de actores, su nivel de centralidad e intermediación también aseguran la sostenibilidad mencionada anteriormente; incluso, trabajar sobre este aspecto con políticas de desarrollo local puede favorecer su incremento. El fortalecimiento de los vínculos productivos y la exploración de modelos de producción más adecuados, la mayor circulación de información y conocimiento sobre esta rama de actividad mediante el incremento en actividades de formación se pueden asociar con mayor productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas, P.; Ataliva, V. (2017). Las comunidades indígenas: etnoterritorios, prácticas y saberes ancestrales. Tucumán, Buenos Aires: Ente Provincial Bicentenario.
- Barada, J. (2014). Transformaciones vernáculas: cambios y continuidades en las arquitecturas locales de la Puna Argentina. *Arquitecturas Del Sur*, 32 (46), p. 6-17.
- Becattini, G.; Rullani, E. (1996). Sistemas productivos locales y mercado global. *Información Comercial Española. ICE: Revista de Economía*, 754, p. 11-24.
- Bolsi, A.; Paolasso, P. (2009). Geografía de la pobreza en el Norte Grande Argentino. Tucumán: CONICET, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Universidad Nacional de Tucumán.
- Borgatti, S. P.; Everett, M. G.; Freeman, L.C. (2002). *Ucinet para Windows: Software para análisis de redes sociales*. Harvard: Tecnologías analíticas.
- Brito, J.; Da Motta, E. (2002). Clusters industriais na economia brasileira: uma análise exploratória a partir de dados da RAIS. *Estudos Econômicos*, 32(1), p. 71-102.
- Buzai, G. D.; Baxendale, C. A. (2015). Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la geografía. *Ciencias espaciales*, 8(2), p. 391-408.
- Collado, M. (2013). La ancestría diaguita, una filiación restituída. *UturunkuAchachi, Revista de Pueblo y Culturas Originarios* Núm. 2: pp. 22-39.
- Dorado, P., Rotondaro, R. (2019). Producción del hábitat construido con tierra en los Valles Calchaquies, Tucumán. Estudio de caso de PROMEVI por cooperativas. En: *Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles*, 3. Actas...Santa Fe, Argentina. p. 966-977
- Lê, S.; Josse, J.; Husson, F. (2008). FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software.*, 25 (1), p. 1-18.
- Manzanal, M. A. (2014). Desarrollo: una perspectiva crítica desde el análisis del poder y del territorio. *Realidad Económica* 283, p. 17-48.
- Porter, M. (2003). The economic performance of regions. *Regional studies*, 37(6-7), pp. 549-578.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.

Saquet, M. A. (2007). As diferentes abordagens do território e a apreensão do movimento e da materialidade. *Geosul*, 22 (43), p. 55-76.

Saquet, M. A. (2015). Por una geografía de las territorialidades y las temporalidades: una concepción multidimensional orientada a la cooperación y el desarrollo territorial. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. (Biblioteca Humanidades; 36) Disponible en: <http://www.libros.fahce.unlp.edu.ar/index.php/libros/catalog/book/5>.

Sosa, M. (2011). Los pueblos del Tucumán y su cultura constructiva en tierra. Historia, tradición y modernidad. Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra Tucumán, 3. Memorias... p. 190-201°

Thomas, H. (2009). En búsqueda de una metodología para investigar tecnologías sociales. En: Dagnino, R. (Org.). *Tecnología social. Ferramenta para construir outra sociedade*. Campinas: Editora Kaco, p. 113-137.

Thomas, H.; Santos, G. (2015). *Actos, actores y artefactos: sociología de la tecnología*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.

Tomasi, J.; Rivet, C. (2011). *Puna y arquitectura: las formas locales de construcción*. Buenos Aires: Centro de Documentación de Arte y Arquitectura Latinoamericana. Buenos Aires: CEDODAL

Viñuales, G. (2007). Tecnología y construcción con tierra. *Revista Apuntes* vol. 20 (2): p. 369-383.

AUTORES

Pablo Dorado es arquitecto recibido en 2015 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Arquitectura de la misma Universidad con el apoyo de una beca doctoral CONICET (2017-2022).

Guillermo Rolón es Doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, Master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, Arquitecto, Investigador Adjunto del CONICET e investigador adscripto del CRIATIC; Integrante del programa de extensión universitaria MHaPa (Mejora del Hábitat Participativo), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de la Red Argentina PROTIERRA.

ADOBEIROS, UNI-VOS!

Thiago Lopes Ferreira¹, João Marcos de Almeida Lopes²

Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil,

¹thi.lopes.ferreira@gmail.com; ²jmalopes@sc.usp.br

Palavras-chave: adobe, arranjos produtivos, tecnologia, semi-mecanização

Resumo

O artigo propõe uma abordagem técnica e política em torno da produção do adobe em larga escala, tendo em vista a recente publicação da norma brasileira ABNT NBR 16814 *Adobe: requisitos e métodos de ensaio*. O objetivo consiste em aprofundar os conhecimentos científicos e tecnológicos dos arranjos produtivos em torno da fabricação do adobe, de modo a contribuir com as reflexões acerca da estruturação desta cadeia produtiva no país. Através da análise de quatro diferentes linhas de produção, no Brasil e EUA, são expostos um conjunto de elementos e contextos que compõem e influenciam seus modos de funcionamento. A investigação ampliada destas composições produtivas expõe realidades díspares, imperceptíveis nos ensaios visuais e mecânicos, permitindo entender o adobe não só como elemento construtivo, mas como objeto técnico e político, cuja centralidade se fundamenta no trabalho, influenciada e sobre determinada por interesses e condições exógenas ao canteiro produtivo. A continuidade da produção da arquitetura e das construções com adobe, e de terra de modo geral, depende da capacidade de se assegurar aos produtores as condições adequadas de montagem e manutenção de suas linhas produtivas, inseridas nos territórios, assim como da valorização de seu trabalho, essência do ofício e do conjunto do patrimônio arquitetônico e cultural construído com terra.

1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento e reconhecimento coletivo o emprego do adobe na produção da arquitetura e das construções, desde tempos imemoráveis até os dias atuais, tendo sido aplicado em uma ampla diversidade de tipos e usos possíveis, como: casas, prédios, fortificações, igrejas, mesquitas, entre outros. O texto propõe uma leitura do adobe a partir do processo de sua produção, abordando os fatores que incidem, caracterizam e, em última instância, viabilizam ou não, a existência do adobe.

Para isso, essa abordagem inicia-se destacando que a essência da técnica de produção do adobe não é o adobe, mas o adobeiro, ou melhor, o trabalho do adobeiro. O adobe é o produto desta técnica, um produto de elevada qualidade, que é feito, refeito e utilizado há milhares de anos, de maneira extremamente difundida e consistente, nas mais variadas regiões do planeta (Fathy, 1970; Guillaud; Houben, 1989; Cornestones Community Partnerships, 2006; Rotondaro, 2011).

O adobeiro consiste no produtor do adobe, aquele que reflete e entende como fazê-lo, que possui os acúmulos dos conhecimentos e das práticas a respeito das terras possíveis de serem utilizadas, de como prepará-las e transformá-las em material de construção – no caso, elementos pré-fabricados produzidos, normalmente, no próprio canteiro de obras ou em suas proximidades. São os adobeiros que sabem dos tempos da produção, da preparação do local de trabalho, dos espaços necessários para a moldagem dos adobes, das ferramentas requisitadas, da confecção e manutenção dos moldes, dos materiais e equipamentos de apoio, do uso da água, dos processos de secagem e armazenamento, enfim do *savoir-faire* de seu ciclo produtivo integral. Possuem também o conhecimento sobre o produto de seu trabalho, seu peso, cheiro, cor, resistência, qualidades e limites, seu *modus operandi*. Os adobeiros sabem bem de seu significado, entendem o que o adobe representa, conhecem de sua tradição construtiva e compreendem profundamente o potencial da terra para os seres humanos: dela se produz o alimento e a moradia, moradia dos vivos e dos mortos.

Assim, não há adobe sem o trabalho consciente de seu produtor e, para que isso ocorra, é fundamental que estejam asseguradas uma série de condições e fatores, de ordem técnica, sociocultural, econômica e política, determinantes para o êxito da produção. Isso é central para uma melhor compreensão em torno da realização desta técnica construtiva.

Neste sentido, o texto apresenta uma abordagem técnica e política em torno da produção de adobe em larga escala e dos arranjos produtivos necessários para sua viabilidade prática. A fundamentação decorre, em parte, da recente publicação da recente norma de adobe (NBR 16814, 2020), que amplia o ainda restrito mercado da construção com terra no país, na medida em que torna possível a constituição de novos cenários e arranjos para a produção do adobe em escala. Contudo, esta nova realidade expõe a necessidade de organização de uma cadeia produtiva em torno desta técnica, um contexto de inovação tecnológica que necessita ser adequadamente investigado e praticado.

2 OBJETIVO

O artigo possui como objetivo o aprofundamento dos conhecimentos científicos e tecnológicos em torno dos arranjos produtivos para a fabricação do adobe em escala, de modo a contribuir com as reflexões acerca da estruturação de uma cadeia produtiva do adobe no Brasil. As análises ampliadas da composição e funcionamento dos arranjos produtivos favorecem uma melhor compreensão de como o conjunto dos fatores próprios e externos à produção, permitem ou não, a adequada montagem e manutenção das linhas produtivas. E assim, no limite, das próprias condições de reprodução social do adobeiro e de seu trabalho.

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Por meio de visitas técnicas e entrevistas semi-estruturadas com adobeiros de quatro diferentes linhas de produção, no Brasil e EUA, são realizadas análises comparativas acerca das composições de suas plantas produtivas, de maneira a expor as relações e forças de produção em seus diferentes contextos e modos de funcionamento. Ademais, neste setor, incidem, de maneira sobredeterminada, políticas públicas, normas técnicas, sistemas de impostos e créditos financeiros, preços do mercado e formas de concorrência, além das particularidades culturais e sociotécnicas dos grupos produtores.

Ao analisar a produção do adobe a partir de seus arranjos produtivos são expostas realidades díspares, imperceptíveis nos exames visuais e ensaios mecânicos, que permitem entender o adobe não somente como elemento construtivo, mas como objeto técnico e político cuja centralidade se funda no trabalho, e aponta para a complexidade de sua viabilidade produtiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Linhas de produção analisadas

Linha de produção A – localizada nos limites da cidade de Albuquerque, região mais populosa do estado do Novo México, sudoeste dos EUA, contando com cerca de 550 mil habitantes, tendo sido fundada oficialmente em 1706 por colonizadores espanhóis;

Linha de produção B – localizada na região da fronteira entre o estado do Texas, sul dos EUA, e o Estado de Chihuahua, norte do México, abrangendo as cidades de Marfa (EUA), com cerca de 1,9 mil habitantes, e a cidade de Ojinaga (MX), com cerca de 23 mil habitantes;

Linha de produção C – localizada na cidade de Fortaleza, capital e maior cidade do Estado do Ceará, nordeste do Brasil, contando com cerca de 2,7 milhões de habitantes, fundada oficialmente em 1726;

Linha de produção D – localizada no distrito de Olhos d'Água, município de Alexânia, Estado de Goiás, região centro-oeste do Brasil, contando com cerca de 1 mil habitantes.

4.2 Considerações iniciais sobre as linhas de produção



Figura 1 - Linhas de produção de adobe
(créditos: T. Lopes, S. Canovas, M.Holanda, Cobi)

Em primeira análise, a partir da figura 1, pode-se observar determinadas características presentes nas quatro linhas estudadas, dentre elas: 1) os adobes são feitos a partir de diferentes terras, implicando composições diferenciadas de mistura para cada produção; 2) apresentam tamanhos e formatos distintos, e assim, densidades desiguais e quantidades variadas por m²; 3) apresentam cores diversas, em função das composições e concentrações dos minerais presentes nas terras; 4) mesmo com as particularidades de cada linha produtiva, todas possuem as condições técnicas necessárias para que ao final da produção, obtenham o adobe como resultado do trabalho, com suas qualidades atendidas.

Além das observações visuais é possível cogitar outras questões pertinentes, embora não sejam conclusivas, somente através das análises fotográficas, como, por exemplo: se todas as quatro produções utilizam unicamente a mistura de terra com água ou se existem adobes feitos de misturas corrigidas com areia, ou ainda, estabilizadas com cimento, betume, cal, esterco ou outros materiais. É possível, também, cogitar sobre o uso de máquinas em certas etapas da produção e o que essa mecanização implica como consequência. A partir daí, as observações ficam cada vez mais superficiais, necessitando de análises mais detalhadas a respeito das características e condições de cada linha produtiva.

4.3 Descrição e análise dos arranjos produtivos

Ao analisar a organização da produção nestas quatro linhas estudadas, percebem-se aspectos bastante diferentes entre si, derivados, por um lado, do próprio processo histórico de formação de cada adobeiro e de suas práticas ao longo do tempo, e por outro lado, das influências e condicionamentos externos a que cada linha produtiva está sujeita, necessitando adaptar-se para assegurar seu funcionamento.

a) Linha de produção A – Novo México, EUA

Para melhor compreensão do adobe produzido pela linha A, é necessário entender que ele é resultado de quase 50 anos de acúmulos técnicos e tecnológicos, no exercício prático deste ofício, um *savoir faire* que conhece o uso correto da terra, o trabalho de realização das misturas, as condições da produção em grande escala, o uso e manutenção dos maquinários e equipamentos, entre outros. Com mais de 15 milhões de adobes vendidos desde o seu início, em 1972, esta empresa familiar, localizada no Estado do Novo México (EUA), empregava, na década de 1980, 12 trabalhadores com uma produção diária de cerca de 10 mil adobes. Atualmente, a produção é administrada e realizada unicamente pelo casal de filhos do fundador adobeiro, com cerca de 1 mil adobes por dia.

Sua composição produtiva intercala a força de trabalho manual com a força mecanizada, estabelecendo uma produção em grande escala, embora realizada por duas pessoas. Dos exemplos estudados, essa é a linha que mais se aproxima de uma produção manufatureira, do ponto de vista da força produtiva mecanizada instalada e da capacidade de fabricação de adobe, ainda que permaneça essencialmente artesanal como organização produtiva. A mecanização possibilita o aumento da produção através da aceleração de seu ciclo produtivo, mantendo, neste caso, os trabalhadores no comando das ações, embora ainda como um trabalho pesado. Dos equipamentos existentes são utilizados: o destorreador, com esteira e peneira; o misturador de argamassas para a terra, água e estabilizante; o trator pá carregadeira utilizado no transporte da mistura até os moldes; uma máquina empilhadeira para transportar os paletes com os adobes para venda; e quinhentos moldes de madeira para oito adobes cada. A figura 2 expõe parte destes equipamentos.



Figura 2. Linha A de produção semi-mecanizada

A produção começa pelo destorroamento e peneiramento da terra, seguido por sua mistura com água e, para a maioria dos adobes, com uma emulsão asfáltica como estabilizante. Uma das características consiste na realização dos adobes a partir de uma mistura contendo mais água do que a quantidade utilizada para a produção de modo tradicional, no estado hídrico plástico¹. Essa consistência mais líquida facilita a homogeneização da mistura, que uma vez preparada é despejada por cima dos moldes com o uso de uma pá carregadeira, e espalhada dentro dos mesmos com o auxílio de um rodo de madeira, facilitando seu adensamento. Devido ao estado hídrico da mistura, os moldes são retirados no dia seguinte à produção.

Os adobes possuem dois tamanhos usuais: 14" x 10" x 4" (35,56 cm x 25,4 cm x 10,16 cm) e 14" x 5" x 4" (35,56 cm x 12,7 cm x 10,16 cm), e são vendidos com cerca de três semanas após sua fabricação, em diferentes variações possíveis: adobe estabilizado² com emulsão asfáltica (US\$ 2,75), adobe semi-estabilizado com emulsão asfáltica (US\$ 2,25), adobe não estabilizado (US\$ 2,35)³, adobes com dimensões menores (US\$ 1,25), além da mistura de terra pronta para autoprodutores e do estabilizante de emulsão asfáltica.

Vale ressaltar que o estado do Novo México possui em seu código geral de obras, um capítulo referente aos materiais de construção em terra⁴ e um outro capítulo referente às construções históricas de terra⁵, emitida pela Divisão das Indústrias da Construção do Departamento de Licenciamento e Regulação, em 2015. Esses documentos normatizam, desta maneira, tanto as ações orientadas para o patrimônio histórico quanto para a nova produção arquitetônica, que embora sofra com a concorrência contínua e sistêmica dos materiais industrializados, continua ocorrendo e reproduzindo o estilo arquitetônico conhecido como estilo Santa Fé⁶.

b) Linha de produção B – Texas, EUA

Bisneto de um grande produtor de ladrilhos que nas décadas de 1940 e 1950 chegou a ter três fábricas em atividade na Cidade do México, o adobeiro da linha B de produção, reside atualmente no estado do Texas, EUA. Sua escolha pelo trabalho com adobe ocorreu por volta de 2005, durante uma viagem pelo Novo México, quando se aproximou da arquitetura local de adobe e da tradição dos adobeiros familiares da região. Com o passar dos anos tornou-se um reconhecido ativista pela produção e construção com adobe, militando contra o imposto existente em seu Estado direcionado às casas de adobe, e trabalhando com a organização dos adobeiros tradicionais da região de Ojinaga, México.

Localizada próxima à fronteira do estado do Texas (EUA) com o estado de Chihuahua (México), a linha B de produção de adobe ocorre em condições diferenciadas da linha A. Nesta região, o acesso à máquinas e equipamentos, como misturadores, é incomum e excepcional, e as produções são plenamente artesanais, baseadas na força dos pés e das

¹ Em função da quantidade de água presente no solo, este é considerado a partir de quatro estados hídricos, a saber: seco, úmido, plástico ou líquido. O laboratório CRAterre/ENSAG desenvolveu um gráfico das técnicas construtivas de terra em função do teor hídrico do solo.

² Os parâmetros para a estabilização dos adobes no Novo México estão definidos no código local para produção de adobes, no item 14.7.4.10 *Classes of Adobe*.

³ Não foi verificada a razão pela qual o adobe não estabilizado é mais caro do que o adobe semi-estabilizado. Cogita-se que isso ocorra por conta do adobe não estabilizado ser produzido em menor quantidade, o que demanda mudança no processo produtivo, visto as diferenças de teor de água existentes entre as duas possibilidades, e provavelmente, devido à necessidade de maiores cuidados com relação à secagem e retração.

⁴ <https://casetext.com/regulation/new-mexico-administrative-code/title-14-housing-and-construction/chapter-7-building-codes-general/part-4-2015-new-mexico-earthen-building-materials-code>

⁵ <https://casetext.com/regulation/new-mexico-administrative-code/title-14-housing-and-construction/chapter-7-building-codes-general/part-8-2015-new-mexico-historic-earthen-buildings>

⁶ O estilo arquitetônico Santa Fé caracteriza-se por combinar a herança construtiva dos povos indígenas da região com a influência de elementos dos colonizadores espanhóis. Sua arquitetura apresenta estruturas retas, sem adornos, paredes largas e sólidas, cantos arredondados, cobertura protegida por platibandas, cuja estrutura em madeira roliça atravessa a fachada frontal, compondo com sua linguagem. As nuances das cores das terras locais fortalecem a integração da arquitetura com a paisagem árida da região.

mãos dos adobeiros. Geralmente, a produção diária é de 150 adobes por produtor, a partir do uso de moldes de madeira para dois adobes cada.

No caso deste arranjo produtivo, vale ressaltar algumas questões que demonstram como certas condições exógenas ao trabalho da fabricação do adobe, propriamente dito, exercem influência incisiva sobre sua viabilidade. Por ser uma região de fronteira, existe um grande deslocamento entre os dois países em busca de materiais e equipamentos de construção por preços mais reduzidos, incluindo o adobe. Nesta região, do lado mexicano, os adobes medem 16" x 8" x 4", 16" x 10" x 4" ou 16" x 12" x 4" (40,64 cm x 20,32 cm / 25,4 cm / 30,48 cm x 10,16 cm), comercializados em função da sua largura, uma vez que todos medem 16" de comprimento ($\cong$ 40 cm). Assim, os adobes de largura 8" custam 8 pesos mexicanos, os de 10" custam 10 pesos e os de 12" custam 12 pesos⁷. Neste sentido, existem grupos que atravessam a fronteira em busca dos adobes mexicanos, fomentando a concorrência entre os adobeiros locais, e revendem no Texas por um preço até quatro vezes maior.

Ademais, o Estado do Texas implementou um imposto de propriedade, ainda vigente, que taxa as casas e as obras de construção e reforma com adobe. A existência deste imposto incide diretamente nas possibilidades de manutenção e viabilidade do arranjo produtivo já estruturado e em funcionamento. Construir com adobe torna-se mais caro, as pessoas diminuem a procura por esta técnica construtiva, os adobeiros regionais vendem menos e pouco a pouco vão diminuindo seu trabalho. Assim, os jovens perdem, gradativamente, o interesse pelo ofício e os novos materiais industriais reforçam sua substituição em novas obras.



Figura 3. Linha B de produção manual de adobe. (Crédito: S. Canovas)

A estratégia de adaptação às condições existentes na tentativa de manutenção dos trabalhos de produção do adobe e de seu patrimônio arquitetônico na região implica a opção por uma atuação diversificada de atividades. Neste sentido, o construtor adobeiro trabalha com a execução de obras de reforma e ampliação de edificações existentes, junto a outros

⁷ Relação dólar americano x peso mexicano => 1U\$ = 20,21 pesos mexicanos (visto em 27/08/2021).

três trabalhadores, além de realizar oficinas práticas de sensibilização e formação de profissionais e do público em geral. Também atua como ativista militante pelo fim do imposto estadual sobre as casas de adobe, além de contribuir com a organização dos adobeiros tradicionais de Ojinaga, nas estratégias de enfrentamento à concorrência causada pelos dólares que cruzam a fronteira, estabelecendo, por exemplo, um preço comum entre todos os produtores. Através de filmes documentários e participação em programas de rádio, ele expõe e denuncia as realidades produtivas desta macro região de fronteira, caracterizada pelo uso histórico do adobe na produção arquitetônica do território.

A acentuada e permanente concorrência oferecida pelos tijolos de solo-cimento e pelos blocos de concreto sufocam ainda mais a viabilidade e manutenção das produções regionais de adobe. Segundo o adobeiro, seria necessário, além do fim do imposto existente, uma demanda maior por projetos, o que possibilitaria a demonstração em maior escala das qualidades construtivas das casas de adobe e a impulsão para uma contínua produção.

c) Linha de produção C – Ceará, Brasil

Com relação às linhas C e D, localizadas no Brasil, as realidades produtivas mudam consideravelmente. Outros solos, climas, biomas, costumes construtivos, patrimônios arquitetônicos, mercados, normas, leis etc., incidem sobre a produção, constituindo cenários diferenciados para a organização produtiva do adobe. Vale ressaltar a recente publicação da norma técnica brasileira "Adobe: requisitos e métodos de ensaio", alimentando expectativas para a constituição de uma cadeia produtiva para o adobe no país.

A linha de produção C foi montada por iniciativa de um arquiteto brasileiro, adobeiro, estudioso das técnicas construtivas com terra. Seu trabalho profissional nesta área começou em 2006 depois de alguns anos de aprendizado e experimentações. Após ter implementado uma linha de produção de adobe na região sul do país, vem trabalhando na montagem de uma nova unidade produtiva na região nordeste, no estado do Ceará. Atualmente, a produção é realizada por dois trabalhadores que fabricam cerca de 400 adobes por dia, com a finalidade de abastecer as obras contratadas pelo escritório de arquitetura. A produção é, assim, casada e dependente da realização de obras e projetos.

Seu funcionamento experimenta um processo produtivo de base artesanal com ações de organização do trabalho e planejamento da planta de produção que se orientam para uma futura linha manufatureira, ainda em pequena escala, mas que pouco a pouco acumula maquinários, automatiza parte do trabalho, otimiza a produção e busca a padronização do produto vendido, neste caso a partir da adoção verificada de traços diferenciados de misturas, cores e formas dos adobes.

Atualmente, a planta produtiva abrange uma área coberta de 8 m x 28 m, com capacidade para 1,2 mil adobes. Esse espaço é composto pelas áreas reservadas às diferentes terras, areias e outros materiais, pela caixa de massa de 3m x 3m, e pelas ferramentas e maquinários, como a peneira elétrica giratória, a betoneira de 400 litros e as fôrmas duplas de metal. A produção inicia-se com o trabalho dos testes das terras, as experimentações e as definições dos traços das misturas. A terra escolhida, chamada localmente de piçarra, passa primeiramente pela peneira elétrica para depois ser misturada, com o uso da betoneira, ao pó de pedra, água e fibras de coco - traço adotado atualmente pelos produtores. Como a mistura é feita adicionando-se mais água do que a quantidade utilizada tradicionalmente na produção do adobe, objetivando uma melhor mescla na betoneira, ela fica entre um e dois dias descansando e perdendo água na caixa de massa. Após um dia de trabalho com cerca de 18 misturas de betoneira e dois dias de descanso da mistura, dois adobeiros produzem 1,2 mil adobes em três dias (400 adobes/dia), com fôrmas duplas de metal medindo 15 cm x 30 cm x 10 cm, cujo adobe seco mede 14 cm x 29 cm x 10 cm. Após três dias de secagem o adobe é virado, com cinco dias ele é deslocado para o perímetro do espaço, e com sete dias é empilhado nos paletes. Cada adobe pesa, em média, 7 kg e cada palete suporta o carregamento de cerca de 200 adobes, totalizando 1,4 toneladas por paleta.



Figura 4. Linha C de produção semi-mecanizada. (Crédito: M. Holanda)

Pelos custos de realização, o adobe é vendido a R\$ 3,00 a unidade⁸. A inexistência de um mercado que permita o giro constante da produção condiciona a manutenção de sua viabilidade com a execução conjunta de projetos e/ou obras, estabelecendo um valor para o metro quadrado de parede acabada (venda do adobe + construção da alvenaria + realização dos acabamentos). Segundo o arquiteto adobeiro, os desafios passam pelo baixo interesse e alta desistência por parte dos trabalhadores, necessitando de uma busca periódica por pessoas interessadas, além da falta de capital para a aquisição de maquinários que permitam baixar os custos produtivos e ser mais competitivo no mercado.

d) Linha de produção D – Goiás, Brasil

Com relação à linha D de produção, ela consiste numa fusão dos conhecimentos técnicos trazidos pelo construtor imigrante, conhecedor da técnica de "cob"⁹ – predominante em seu país, com os conhecimentos tradicionais dos adobeiros do interior do estado de Goiás, Brasil. O início das atividades de produção e construção com adobe ocorreu por volta de 2012, e atualmente, com quase 50 mil adobes já fabricados, costuma direcionar a produção para as obras executadas pelo grupo, de modo que são realizadas entre duas e três grandes produções de adobe ao ano. Durante esse processo, a equipe é formada, geralmente, por cinco trabalhadores que chegam a produzir entre 800 e mil adobes por dia.

O processo produtivo se assemelha à produção de base artesanal presente na linha B, entretanto com uma pontual intervenção mecânica. Novamente, a produção para se sustentar vem articulada à realização da obra. Neste caso, o trabalho começa na véspera da fabricação dos adobes. A terra a ser utilizada é disposta em montes onde são abertas três cavidades (que o adobeiro denomina 'masseiras'), preenchidas com água e recobertas pela

⁸ Relação dólar americano x real brasileiro => 1US\$ = 5,2 reais (visto em 27/08/2021).

⁹ O cob é uma técnica construtiva de terra milenarmente empregada em regiões da Europa, Ásia e África. Consiste no uso de terras argilosas misturadas a fibras vegetais e água, no teor hídrico plástico, possibilitando a aplicação e moldagem das paredes e outros elementos construtivos com as mãos, sem uso de fôrmas ou moldes.

terra. No dia seguinte, os produtores contratam uma hora de trator pá carregadeira para fazer a primeira mescla da terra, sendo este o único momento em que o trabalho artesanal se serve do trabalho mecanizado, onde a pá substitui os pés. Visto o alto custo de seu aluguel, a mecanização só ocorre no primeiro momento do dia, sendo em seguida substituída pelos pés dos trabalhadores que continuam a preparação da mistura. O trabalho então consiste em reabrir as 'masseiras' e preencher novamente com água até a massa ficar mais líquida e fácil de homogeneizar. Uma vez a 'masseira' cheia, esta repousa (e perde água) enquanto repete-se o ciclo na 'masseira' seguinte. Esta atividade é realizada na parte da manhã, deixando a parte da tarde para a fabricação dos adobes.

Geralmente, a equipe é composta por cinco trabalhadores, sendo que dois preparam a terra na 'masseira', inclusive o produtor mais experiente, um transporta a mistura com o carrinho de mão e outros dois moldam os adobes. Conseguem, em grupo, produzir cerca de mil adobes/dia, utilizando fôrmas de placa de madeira compensada e plastificado (madeirit) para três ou quatro adobes, com diferentes tamanhos: 20 cm x 40 cm x 9 cm (estrutural), 15 cm x 30 cm x 11 cm (fechamento) ou trapezoidal, de base quadrada, de 20 cm face maior x 15 cm face menor x 15 cm altura. Segundo o produtor, as terras da região são propícias para a fabricação do adobe sem a adição de outros materiais, no máximo adiciona pedriscos para aumentar a estrutura e resistência do adobe, no caso da terra não apresentar a quantidade suficiente em sua granulometria.



Figura 5. Linha D de produção manual ao pé do canteiro (Crédito: Cobi)

Com relação aos custos da produção, os adobes são vendidos a R\$ 1,20 a unidade e seu preço está relacionado à quantidade mínima necessária para a viabilização da linha produtiva. Neste caso, a produção não pode ser inferior a 800 adobes/dia, de modo a assegurar os custos e ganhos, justificando a constituição do grupo com cinco ou seis pessoas. Assim, toda mudança que ocorrer na mistura, nos moldes ou em qualquer etapa do trabalho, precisa ser planejada de forma a não comprometer toda a engrenagem da produção em funcionamento.

O maior desafio, segundo o produtor, está ligado à possibilidade de mecanizar o trabalho, sobretudo na etapa de mistura da terra, de modo a melhor uniformizar os adobes e tornar a produção mais eficiente, rápida, limpa e organizada. Nesta perspectiva, a aspiração seria

por uma *maromba* ou um *bobcat* com um misturador acoplado em sua pá, de modo que a mistura ocorresse dentro dela e fosse, posteriormente, transportada até os moldes.

4.4 Análise

Atualmente na região, outros jovens estão produzindo adobes e ingressando neste mercado, que, embora ainda restrito, cresce gradualmente nos últimos anos em função da expansão do mercado ecológico e da procura por habitações mais sustentáveis.

Ao analisar a organização produtiva do adobe em escala ampliada – do gesto técnico às relações econômicas e políticas de produção – percebe-se como todo o conhecimento técnico acumulado pelos adobeiros e colocado em prática ao longo do tempo é influenciado e sobredeterminado por interesses e condições exógenas ao canteiro produtivo, incidindo em sua viabilidade prática e manutenção ao longo do tempo.

O quadro verificado através das entrevistas e visitas técnicas mostra que os produtores, na prática, realizam um exercício de resistência, mantendo-se na atividade deste ofício, que é caracterizado, de maneira geral, por: 1) ser artesanal com nenhuma ou pouca mecanização pontual no processo produtivo; 2) investir número enxuto de trabalhadores na produção; 3) enfrentar insuficientes e inconstantes demandas pela fabricação do adobe, dependendo de mais projetos e profissionais usando o material; 4) sofrer com a ausência de políticas públicas para o setor e de mercados regionais mais estruturados; 5) enfrentar a escassez de financiamentos e programas para a aquisição de maquinários por pequenos produtores; 6) lidar com a necessidade de equipamentos adaptados à produção com terra; 7) enfrentar a falta de ações de valorização do adobe, dos adobeiros e do patrimônio arquitetônico em adobe ou outras técnicas com terra, entre outras questões.

Ademais, o setor produtivo que compõe a cadeia da construção civil estrutura-se a partir de uma matriz energética industrial estabelecida, entre outras características, pela elevada concentração dos meios de produção nas mãos de poucos grupos empresariais¹⁰, pelo lobby industrial energético nas esferas públicas¹¹ e pelos altos investimentos tecnológicos oriundos dos elevados saldos comerciais do setor industrial¹², estruturando o mercado que dita as regras e chega na outra ponta da corda - nas lojas de materiais, sem abrir alternativas. No caso brasileiro, o preço do bloco cerâmico (queimado) convencional¹³, encontrado facilmente no mercado, rebaixa o valor do adobe. Seu preço (do bloco) está ligado ao giro de sua produção – alta mecanização para grandes quantidades no menor tempo dado – e ao valor do trabalho – este o mais baixo possível, sempre. É aqui a fonte de imensas massas de mais valor (Ferro, 2006). Esta condição tende a engessar e/ou inviabilizar a produção do adobe, visto a inexistência do mesmo giro produtivo e demanda no mercado e, sobretudo, as relações de trabalho que, dentre as produções estudadas, não tendem a basear-se em condições de exploração e de precarização. Inclusive, os relatos

¹⁰ No Brasil, por exemplo, o parque produtivo do aço está concentrado nas mãos de 12 grupos empresariais, que possuem 31 fábricas instaladas. Igualmente concentrada, a produção de cimento está distribuída entre 24 grupos empresariais que detêm 34 marcas de cimento e possuem 100 fábricas instaladas. <http://www.acobrasil.org.br> e <https://cimento.org/cimento-no-brasil/> (Visto em 04/03/21)

¹¹ Segundo Oxfam (2015, p.11), “os interesses dos combustíveis fósseis [donos das corporações exploradoras] declaram gastar € 44 milhões por ano em lobby junto à UE em Bruxelas - cerca de € 120 mil por dia. Nos EUA, em 2013, as indústrias de petróleo, gás e carvão gastaram quase \$ 157 milhões em lobby - mais de \$ 430 mil por dia, ou \$ 24 mil por hora.”

¹² Como referência estão destacados dois grandes setores produtivos no Brasil: do aço e do cimento. O setor produtivo do aço obteve um saldo comercial de US\$ 3,1 bilhões em 2020, enquanto o setor produtivo do cimento obteve um saldo comercial de US\$ 2,3 bilhões em 2019. <http://www.acobrasil.org.br> e http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf (Visto em 27/08/21).

¹³ Para uma aproximação mais adequada, trata-se aqui do bloco cerâmico não estrutural 9 cm x 19 cm x 19 cm (capacidade de resistência $f_{bk}=1,6$ MPa) e do bloco cerâmico estrutural 14 cm x 19 cm x 29 cm (capacidade de resistência em torno de 6 MPa). Neste caso, o preço do adobe para ser competitivo no mercado deve manter-se numa relação de equivalência com os preços dos blocos cerâmicos. Para vencer a concorrência, o uso do adobe deve justificar-se por outras razões, como o seu menor impacto ambiental e energético, seu superior conforto térmico ou sua maior autonomia produtiva, por exemplo.

dos produtores indicam uma prática de remuneração acima dos valores de mercado com o intuito de assegurar a permanência dos trabalhadores em sucessivas levadas de produção.

Essa matriz produtiva baseada na fabricação de produtos industriais, intensamente extrativista, de elevado impacto ambiental e estruturada de maneira concentradora, condiciona e condena ao esvaziamento (pelo abandono dos produtores) e à deterioração (pela não manutenção e não reprodutibilidade) toda uma cultura construtiva secular – no Brasil, e milenar – nos EUA, baseada na produção da arquitetura e construções com adobe.

A principal estratégia adotada pelos produtores, neste campo da *resistência produtiva*, consiste na articulação casada da fabricação de adobe com a construção da edificação, possibilitando a conexão entre os ofícios complementares da construção civil e a manutenção da remuneração necessária à reprodução social do corpo de trabalhadores. A busca por soluções de organização da planta produtiva, tornando o processo mais eficiente e menos custoso perpassa as práticas dos grupos estudados. A concorrência existente se faz, sobretudo, com os materiais industriais de construção, acarretando a necessidade de precificação do adobe em função dos preços desses materiais no mercado local, do qual ele próprio sequer toma parte formalmente. Nesta equação, um dos maiores desafios na manutenção desses arranjos produtivos passa pelo acesso a maquinários que permitam a estruturação de etapas produtivas mecanizadas.

É importante a compreensão de que o processo de formação técnica do adobeiro se realiza na vivência do canteiro e se mistura com a própria estruturação de sua linha produtiva, desenvolvendo-se na medida em que ocorrem a acumulação dos conhecimentos, as experimentações e práticas produtivas, o exercício do trabalho em equipe, o domínio dos equipamentos e ferramentas disponíveis, entre outros. O trabalho de fabricação do adobe como elemento construtivo pré-fabricado de terra, não apresenta uma grande quantidade de subdivisões e especializações. A facilidade do aprendizado de seu processo produtivo e os custos relativamente baixos das ferramentas e equipamentos necessários a uma produção inicial ou à autoprodução, se comparados com os materiais industrializados, criam condições potenciais para que toda a equipe de trabalhadores participem de todas as etapas da produção, compreendendo qual o tipo de terra mais adequado, seu traço conveniente e a quantidade ideal de água, por exemplo.

Contraditoriamente à sua condição de processo de produção de base artesanal com baixa mecanização - o que implica numa relativa proeminência do capital variável em relação ao capital fixo empregado -, o arranjo produtivo possibilita uma realidade que propicia uma relativa *autonomia do trabalho* (embora este ainda seja tido como mercadoria), com um elevado potencial de expansão - uma espécie de brecha para anseios transformadores. Esta realidade disposta nas mãos dos grupos produtores ocorre em função de algumas condições presentes no manejo do trabalho com a terra, dentre as quais vale destacar: 1) a facilidade de manipulação e trabalhabilidade uma vez que o material não é nocivo nem agressivo à saúde dos trabalhadores; 2) a disponibilidade local ou regional do material, minimizando custos e ampliando a acessibilidade; 3) o reduzido dispêndio de energia (exceto aquela promovida pelo esforço físico) nos processos de transformação e conformação dos elementos construtivos; 4) a elevada reversibilidade da terra, facilitando as reparações, manutenções e sua reutilização; 5) a potencialidade de valorização criativa e estética em virtude da diversidade de terras e aplicações; 6) a potencialidade de ser utilizada em programas de geração de emprego, renda e formação técnica, entre outros.

Pensando a pré-fabricação como um sistema aberto de conexões e interfaces, assim como sugere Simondon (2020, p. 46) em sua compreensão de *máquina aberta*, que se estrutura como um ciclo flexível de processos interligados e complementares, e não como um processo fechado, pré-determinado e comandado por sujeitos exógenos ao processo produtivo, torna-se relevante a investigação e as práticas que busquem o melhor arranjo entre a produção manual e a mecanização, onde as máquinas facilitam o trabalho coletivo, como a substituição da exaustiva atividade de misturar o barro com os pés e as enxadas,

por exemplo, assegurando entretanto, o trabalho, o comando e a autonomia produtiva nas mãos dos grupos de trabalhadores.

Esses processos abertos e semi mecanizados de produção, viabilizados tanto para a autoprodução ao “pé do canteiro”, quanto para pequenas e médias produções de mercado, e passíveis de serem adaptáveis à linhas móveis de produção para canteiros dispersos, encontra referência no que Ian Turner chama de *industrialização parcial*, um conceito “baseado numa estratégia de produção que utiliza seletivamente alguns aspectos da industrialização, evitando ou adiando a utilização de outros.” (Turner, 1972, p.216)

Interessa para essa abordagem expor e analisar as diferentes produções de adobe estudadas à luz de novas possibilidades para esta cadeia tecnológica e sua inserção no mercado da construção civil brasileira, com interesse especial para os arranjos produtivos em grande escala, no campo da arquitetura socioambiental, a partir de práticas coletivas que fomentem processos de coesão e identificação social com as arquiteturas produzidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O título do artigo faz referência à célebre frase “Proletários de todos os países, uni-vos!” (Proletarier aller Länder, vereinigt euch!), cunhada por Marx e Engels (2008) no Manifesto do Partido Comunista de 1848. Foi também utilizada no texto de abertura do I Congresso da Associação Internacional dos Trabalhadores, em 1866. Também conhecida como Primeira Internacional, a Associação existiu entre os anos de 1864 e 1877 e consistiu na primeira organização de trabalhadores a superar as fronteiras nacionais e se internacionalizar, reunindo membros de todos os países europeus e dos Estados Unidos. Ao longo deste período, a associação promoveu importantes debates e tomadas de decisão coletivas a respeito de numerosas questões, como: as condições de trabalho, a função e importância dos sindicatos e das greves, a coletivização da terra e dos meios de produção, a importância do trabalho cooperativo, as proteções ao trabalho juvenil e infantil, a solidariedade internacional, a redução das horas de trabalho, dentre outros (Musto, 2014).

É importante destacar que os trabalhadores que aderiram em maior medida à Internacional foram os trabalhadores da construção civil, como os pedreiros ingleses – primeiros associados com cerca de 4 mil membros. Ao longo dos anos a Associação Internacional dos Trabalhadores organizou e coordenou numerosas ações de solidariedade e cooperação internacional, resultando em benefícios gerais para toda a população. Ressalta-se a luta e conquista pela redução da jornada de trabalho para oito horas, pela interdição do trabalho infantil noturno, por melhores condições de salubridade no trabalho das gestantes, dentre outras conquistas (Musto, 2014).

Essas pautas parecem esgotadas, em meio aos processos de sublimação do trabalho no mundo da produção material contemporânea. Mas, seus objetivos, lançados há 150 anos, continuam valendo, são atuais e indispensáveis, visto os acentuados processos de precarização do trabalho, do aumento do desemprego, da pobreza, da violência, entre outros. Como diz Frampton, é necessário um *rappel à l'ordre* - um chamado que nos recorde que o que faz o mundo material é o trabalho e os trabalhadores (Frampton, 2006).

Os adobeiros ainda existem e resistem na prática de seu ofício. O poder de resiliência da técnica do adobe está na capacidade e nas condições dos adobeiros de se reproduzirem socialmente e manterem suas produções. Eles são a essência primeira do passado, presente e futuro da técnica. Assim como expressou o construtor da produção B, “Adobe é uma das tradições construtivas mais antigas que temos na história da humanidade. Nós temos o dever e a responsabilidade moral de perpetuar esta tradição.”

Espalhadas pelo mundo, diversas arquiteturas de adobe são reconhecidas como sendo verdadeiros patrimônios da humanidade. Neste contexto, é possível refletir que o patrimônio construído com adobe somente existe devido a um outro tipo de patrimônio, que é

responsável por produzir e manter esses patrimônios. Uma espécie de “patrimônio social produtivo” que produz os patrimônios materiais e imateriais – neste caso, os adobeiros.

A valorização do bem comum material e imaterial é fundamental na estruturação das sociedades, assim como, a valorização de quem constrói o bem comum material e imaterial. Essa ideia de “patrimônio social produtivo” reconhece os produtores como patrimônios da humanidade, estruturando uma perspectiva de proteção e valorização dos grupos que detêm os conhecimentos das técnicas – objetivas e subjetivas. Diferentemente do denominado “patrimônio imaterial”, esta modalidade de patrimônio é composta por grupos de construtores - pessoas de carne e osso, detentoras do trabalho vivo, mestres da arte de construir e responsáveis pela materialização dos elementos sociais e culturais das diferentes sociedades.

Em muitos casos, o objeto arquitetônico existente é protegido, como uma igreja de adobe por exemplo, embora não existam mais os grupos de construtores capazes de produzir uma nova igreja, ou ainda, de realizar as ações de manutenção e reparo de maneira correta, respeitando as características dos materiais construtivos e seus sistemas. Os detentores da *téchne* - essência da existência da própria igreja - vão se perdendo e desaparecendo, e a arquitetura acaba sem seu corpo criador.

Neste exercício reflexivo, como consequência do reconhecimento dos produtores enquanto patrimônio da humanidade, seria vislumbrado - além das existentes políticas públicas e ações privadas de financiamento e gestão na preservação e conservação dos patrimônios já tombados - novas políticas e ações orientadas para a proteção e valorização dos grupos sociais produtores. Essas ações poderiam orientar para o fortalecimento das bases produtivas, e assim comportar: 1) cursos de formação técnica profissional; 2) investimentos e créditos para aquisição de ferramentas e equipamentos; 3) investimentos em melhoria para os espaços de trabalho; 4) valorização da imagem dos produtores e de seu ofício junto à sociedade; 5) editais públicos para projetos e obras com o uso das técnicas construtivas de terra, de modo a apoiar a manutenção das produções regionais, orientadas a partir do pressuposto da *industrialização parcial*; 6) leis de proteção à pequena e média produção; 7) Incentivo ao trabalho cooperado, solidário e não precarizado, entre outros.

Tomando o adobe como exemplo neste exercício reflexivo, o primeiro desafio seria a investigação, experimentação e estruturação de um novo arranjo de produção, em larga escala, que possibilitasse a constituição e a montagem de uma cadeia produtiva para o adobe, em níveis local e regional. Neste sentido, adquire relevância o planejamento de plantas de produção parcialmente mecanizadas e integradas aos territórios, facilitando processos de pré-fabricação leve *in loco*, de gestão coletiva da produção, de geração de empregos locais, de renda familiar e de dinamização do setor da construção civil regional.

O maior desafio que se apresenta consiste na manutenção da existência do ofício dos adobeiros, e assim como eles, dos taapeiros, bambuzeiros, marceneiros, carpinteiros, talhadores, estucadores, rebocadores, entre tantos outros, produtores da arte de transformar corretamente os materiais naturais em materiais construtivos e utilizá-los com sabedoria e criatividade na produção da arquitetura e dos territórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cornerstones Community Partnerships. (2006). Adobe conservation: a preservation handbook. Illustrations by Francisco Uviña Contreras. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Fathy, H. (1970). Construire avec le peuple. Paris: Ed.Martineau.
- Ferro, S. (2006). A produção da casa no Brasil. In Arquitetura e Trabalho Livre. São Paulo: Cosac Naify.
- Frampton, K. (2006). Rappel à l'ordre : argumentos em favor da tectônica. In Nesbitt, K. Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995). São Paulo: Cosac Naify.
- Guillaud, H.; Houben, H. (1989). Traité de construction en terre. Marseille: Ed. Parenthèses.

Marx, K.; Engels, F. (2008). Manifesto do partido comunista. 1ªed. São Paulo: Expressão Popular.

Musto, M. (2014). Trabalhadores, uni-vos! Antologia política da I Internacional. Ed. Boitempo e Fundação Perseu Abramo.

Oxfam. (2015). Extreme carbon inequality. Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first. Oxfam Media Briefing. Disponível em: <https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf>

Rotondaro, R. (2011). Adobe. In Neves, C.; Faria, O. B. (Org.). Técnicas de construção com terra. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 16-25. Disponível em <http://www.redproterra.org>.

Simondon, G. (2020). Do modo de existências dos objetos técnicos. Rio de Janeiro: Contraponto.

Terner, I. D. (1972). Technology and autonomy. In Turner, J.; Fichter, R., Freedom to build: Dweller Control of the Housing Process. Collier Macmillan: New York, John F C Turner & Robert Fichter eds.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos quatro grupos de produtores entrevistados que possibilitaram as análises realizadas no artigo. Por questões de privacidade, eles foram apresentados de forma anônima no texto.

Igualmente, agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP pelo financiamento concedido à pesquisa de pós-doutoramento intitulada “Arranjos produtivos para fábricas de adobes: tecnologia & formação” (FAPESP-2018/17446-5), conduzida e supervisionada pelos autores, no âmbito do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - IAUUSP.

AUTORES

Thiago Lopes Ferreira, pós doutorando no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo IAU-USP, doutor em arquitetura e urbanismo, mestre em ciências sociais em desenvolvimento, agricultura e sociedade, especialista em arquitetura de terra DSA CRAterre, arquiteto e urbanista; pesquisador do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS, membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA e TerraBrasil. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/6787674731136150>

João Marcos de Almeida Lopes, doutor em filosofia e metodologia das ciências, mestre em arquitetura e urbanismo, arquiteto e urbanista; professor titular no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, IAU-USP, coordenador do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS, associado e ex-coordenador da USINA Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/9454329212153701>

DEPOIS DAS NORMAS: POTENCIAIS E DESAFIOS PARA DIFUSÃO DA CONSTRUÇÃO COM TERRA APÓS A NORMATIZAÇÃO

Natália Lelis

PCH Arquitetura e Urbanismo, Brasil / Rede Iberoamericana PROTERRA, natilelis@gmail.com

Palavras-chave: políticas públicas, mercado de construção, qualificação profissional, regulamentação, habitação

Resumo

Este trabalho discute, no caso brasileiro, as relações entre alguns potenciais que a normatização da construção com terra estabelece com o desafio do amplo acesso da população, a partir de revisão de literatura, pelo estudo de marcos legais, documentos institucionais e observação semiestruturada. Inicialmente, apresentam-se algumas considerações sobre dinâmicas urbanas e regionais recentes no Brasil, destacando-se as contradições entre certo crescimento e certo decréscimo da utilização da terra na construção de moradias e, a seguir, a relevância dos municípios pequenos e médios em termos de números, de dinâmicas e de tendências populacionais e econômicas. A partir daí, são apresentados alguns dados sobre a política recente de interiorização dos *campi* universitários, estabelecendo uma relação entre a importância dos territórios não metropolitanos e a criação de uma base de fortalecimento do desenvolvimento desses territórios através da universidade pública. Argumenta-se que a normatização da construção com terra abre um caminho para a apropriação do tema nas formações universitárias e técnicas nos campos ligados à construção, estabelecendo uma possibilidade efetiva de maior difusão e desenvolvimento da arquitetura de terra.

1 INTRODUÇÃO

O processo de construção e de consolidação de normas para a arquitetura e construção com terra é significativo no desenvolvimento tecnológico na América Latina e vários esforços são feitos nesse sentido, alcançando algumas conquistas. Cada vez mais, países e instituições estão atentando para o uso da terra como material construtivo, adequado aos ODSs do Habitat III (ONU Habitat, 2016). Nesse contexto, além das normas de tijolos e blocos de solo-cimento, revisadas em 2013, a aprovação recente respectivamente das normas para adobe e taipa de pilão no Brasil (NBR 16814, 2020; NBR 17014, 2022) foi um marco e abriu as portas para a concretização de outras normas como, de fato, vem acontecendo com o processo de elaboração da norma de taipa de mão (técnica mista). No mercado global de construção civil, em suas relações com o poder público e no estágio atual do sistema econômico, a normatização, sem dúvida, é condição da maior inserção da terra na construção civil. Esse “primeiro passo”, por sua vez, recoloca, com novas ou renovadas especificidades, as questões relativas a essa difusão. Um “nível II” de reflexões quanto aos possíveis desdobramentos da normatização pode contribuir para a criação de estratégias consistentes e coesas no que se refere a tais desdobramentos, no desenvolvimento de novas normas no Brasil e na América Latina e, especialmente, no fortalecimento da produção mesma de construção com terra (alcançando maior público e com melhor qualidade).

A normatização tem três papéis mais comuns na construção civil: (i) contribui para o desenvolvimento de uma parte da produção, tanto em termos de qualidade das construções quanto da maior segurança para consumidores e financiadores e valoriza os nichos profissionais em que se insere; (ii) cria um diferencial de mercado para o grupo de fornecedores que consegue atender aos padrões da norma; (iii) rebaixa e aprofunda a exclusão da produção informal, criando uma nova maneira para ela de ser ilegal ou inadequada. Esses três itens estabelecem formas de interdependência, como: se a norma é tão ampla que não existe mais o item 3, o primeiro fica enfraquecido e o segundo deixa de existir e, se ela é tão restritiva que a parte do item 1 torna-se ínfima, o item 2 fica tão

pequeno que mal consegue conformar um nicho estruturado de mercado. Assim, há um equilíbrio dinâmico entre os benefícios coletivos representados (expressos no item 1), os benefícios para um certo grupo (representado no item 2) e os efeitos negativos (indicados no item 3). As normas podem também ter diversas implicações no cotidiano da construção e da gestão urbana, em termos sociais, em termos de mercado, em termos legais e em termos institucionais, como:

- inclusão em códigos de obras municipais e interferência na aprovação de projetos;
- realização de licitações para obras públicas, medição e pagamentos;
- criação de linhas de crédito para financiamento de obras em diferentes escalas de produção e para diferentes faixas de renda (programa público para moradia rural e urbana de interesse social, programas de financiamento público para moradia de classes médias, coletivo e individual);
- estruturação de empreendimentos de construção civil que envolve investidores (processos ligados à financeirização);
- assessoria técnica em comunidades tradicionais;
- intervenções em edificações históricas tombadas;
- formação de mão de obra especializada nos cursos de graduação em Engenharia Civil e Arquitetura e outros ligados à atuação em construção e reforma de edificações;
- parâmetros formais para medir adequação habitacional na definição de indicadores sociais.

As maneiras como tais implicações concretizam-se ou não se concretizam dependem das relações que os espaços e os agentes imbricados na produção de edificações (uma dada realidade fática, material, institucional e simbólica) estabelecem com aqueles papéis que as normas desempenham no subsetor da construção civil (e evidentemente das particularidades como tal subsetor conforma-se em um dado momento e lugar). Portanto, a observação de alguns dados e algumas dinâmicas referentes à realidade da produção do espaço no Brasil hoje pode contribuir na definição de possibilidades e desafios colocados pelo contexto pós-normatização para que as normas de fato sejam instrumentos para o desenvolvimento técnico contínuo da construção com terra, a preservação do patrimônio existente e para a melhoria do *habitat* na América Latina, de maneira mais ampla.

Este trabalho discute, no caso brasileiro, as relações entre alguns potenciais que a normatização estabelece com desafios colocados para implementar esses potenciais, como a inserção nos demais regulamentos do campo da construção e na formação acadêmica, o desenvolvimento de técnicas construtivas e o amplo acesso da população. A pesquisa pautou-se por uma revisão de literatura, pelo estudo de marcos legais, documentos institucionais e observação semiestruturada. Os recortes, os olhares e os percursos metodológicos, que se apresentam neste texto, compõem uma proposta preliminar, que visa contribuir para o debate mais amplo quanto aos caminhos para registro e problematização da construção contemporânea com terra na América Latina e para o desenvolvimento de estratégias que busquem maior exploração do potencial da construção com terra para o reconhecimento do direito à cultura em seu sentido amplo, para a realização do direito à moradia e para um mercado de construção econômica, social e ambientalmente responsável. Inicialmente, apresentam-se algumas considerações sobre dinâmicas urbanas e regionais recentes no Brasil, destacando-se as contradições entre um certo crescimento e um certo decréscimo da utilização da terra na construção de moradias e, a seguir, a relevância dos municípios pequenos e médios em termos de números, de dinâmicas e de tendências populacionais e econômicas. A partir daí, são apresentados alguns dados sobre a política recente de interiorização dos *campi* universitários, estabelecendo uma relação entre a importância dos territórios não metropolitanos e a criação de uma base de fortalecimento do desenvolvimento desses territórios através da universidade pública. A leitura integrada desses três aspectos indica que a normatização da construção com terra, se apropriada nas formações universitárias e técnicas nos campos ligados à construção,

pode contribuir significativamente na apropriação da construção com terra como meio de fortalecimento da cultura popular, na melhoria do cenário atual da moradia das camadas mais pobres da população urbana e nas áreas rurais e para o desenvolvimento sustentado de um nicho de mercado diversificado e capilarizado de projetos e construções com terra.

2 A AMBIGUIDADE NA DINÂMICA ATUAL DA CONSTRUÇÃO COM TERRA – TERRA PARA QUEM?

A dinâmica atual da construção com terra no Brasil caracteriza-se por ser heterogênea e ambígua. Sua ambiguidade decorre de movimentos aparentemente contraditórios nos quais há crescimento e diminuição na produção, especialmente segundo recortes de território, renda, classe, escolaridade e cultura de consumo; há estímulo e combate por parte do Estado, dependendo de se tratar preservação de patrimônio, habitação, desenvolvimento tecnológico ou políticas de incentivo à pesquisa; há valorização e desvalorização da precisão técnica; há maior desenvolvimento de possibilidades estéticas mais arrojadas e defesa de uma linguagem mais ligada à cultura popular. Tal dinâmica ambígua se expressa através de uma produção marcadamente heterogênea que, por sua vez, dá ensejo a percepções igualmente diversas quando se observam como os diferentes agentes sociais expressam-se sobre a construção com terra hoje *de modo geral*.

Embora pouco sistematizado enquanto um *corpus* teórico, já existe hoje um conjunto razoável de pesquisas sobre aspectos demográficos, políticos, territoriais, históricos e sociais da construção com terra no Brasil, para além da literatura sobre patrimônio e sobre técnicas e tecnologias, que conformam os primeiros conjuntos significativos de produção e sistematização de conhecimento acadêmico e científico sobre o tema. Entre vários exemplos, cabe destacar, ao menos alguns, como o trabalho pioneiro de Borsoi na década de 1960, resgatado e discutido por Souza (2010), que analisa essa experiência de produção de moradia social com terra através de uma abordagem participativa. A dissertação de Lopes (1998), que avalia a questão da taipa de mão no país, é também um marco na busca de construção e experimentação metodológica para levantamento, registro, sistematização e análise de construção com terra (no caso, de taipa). Ampliando ainda mais os aspectos envolvidos na produção da moradia com terra, Ferreira (2007) discute experiências no contexto da moradia rural e da luta social no campo. Vieira (2017; 2018) trata do processo nada casual da precarização da construção com terra no Nordeste em geral e na Bahia em particular, da complexidade na qual o tema da arquitetura de terra e a perda crescente dessa arquitetura colocam-se no meio rural hoje e da importância dos aspectos raciais, políticos e econômicos na conformação dessa complexidade. Minto (2020) traz uma contribuição ao tratar do papel das assessorias técnicas e seu potencial, tanto para o desenvolvimento da construção com terra como sua instrumentação como elemento de fortalecimento comunitário. A própria pesquisa apresentada neste texto insere-se em uma trajetória de pesquisa e reflexão que busca avançar na análise integrada dos elementos que historicamente fragilizam a produção de arquitetura de terra (Lelis, 2015; 2018) e outros que podem compor estratégias para fortalecê-la (Lelis, 2019), bem como destacar os avanços e conquistas (Lelis e Heise, 2016). Em conjunto, essa produção já permite algumas inferências sobre o quadro atual e seus principais aspectos, especialmente se adicionadas as valiosas demais contribuições presentes nos livros de Memórias dos *Seminários Iberoamericanos de Arquitectura y Construcción con Tierra* (SIACOT)¹, organizados pela Rede PROTERRA e dos Seminários TerraBrasil², promovidos pela Rede Terra Brasil³. A partir dessa literatura é possível perceber que, antes de uma preocupação com números absolutos que apontem a quantidade de produção de arquitetura de terra e sua evolução simples, a questão que se coloca hoje é *quem* está construindo com terra, *como* está construindo com terra e *onde* está construindo com terra.

¹ Disponíveis em <https://redproterra.org/pt/memorias-siacot-2/>

² Disponíveis em <http://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>

³ Para uma aproximação do tema no contexto mais amplo da América Latina, consultar Coreia et al. 2016.

Embora, no cenário geral de construção civil, a produção com terra seja uma parte muito pequena, situando-se ainda no campo da exceção, é cada vez mais clara a percepção de um certo nicho de mercado em franco crescimento. A proliferação de profissionais especializados que projetam e constroem com terra e a busca crescente por qualificação no uso desse material, bem como a fala cada vez mais frequente desses profissionais quanto a um aumento na demanda, apontam para um crescimento significativo e possível projeção de continuidade desse crescimento. Por outro lado, é claramente perceptível *in loco* nas cidades e zonas rurais do país a continuidade do processo histórico de abandono da construção com terra e sua substituição pelos materiais ditos convencionais. Esse aspecto, facilmente verificável nos territórios, é parcialmente comprovado pelos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (figura 1).

O levantamento do IBGE não discrimina o material de construção *a priori*, ele tem um corte entre material “adequado” e “inadequado” que orienta a definição das variáveis de levantamento e seu tratamento estatístico, como demonstram os relatórios e demais publicações sobre déficit habitacional da Fundação João Pinheiro (FJP)⁴. Assim, em relação à terra, apenas se tem, no Censo de 1991, dados específicos sobre “taipa não revestida”, que, automaticamente, alimenta o cálculo de déficit habitacional ‘que, na perspectiva FJP/IBGE, tratam-se de edificações que devem ser (totalmente) substituídas. A queda que o Censo demonstra é uma confirmação parcial, pois trata apenas da queda no uso da taipa não revestida. Esse dado, sozinho, poderia indicar até mesmo um cenário otimista de melhorias habitacionais, admitindo que a taipa (particularmente a taipa de mão) não é mesmo uma técnica feita para ficar sem revestimento. No entanto, os dados do Censo de 2010, ao discriminarem a utilização da “taipa revestida”, apresentam um número muito baixo. Além disso, os dados do déficit habitacional (figura 2) tornam tal cenário mais otimista pouco provável – embora construindo menos com taipa sem revestimento, os pobres do país continuam morando precariamente.

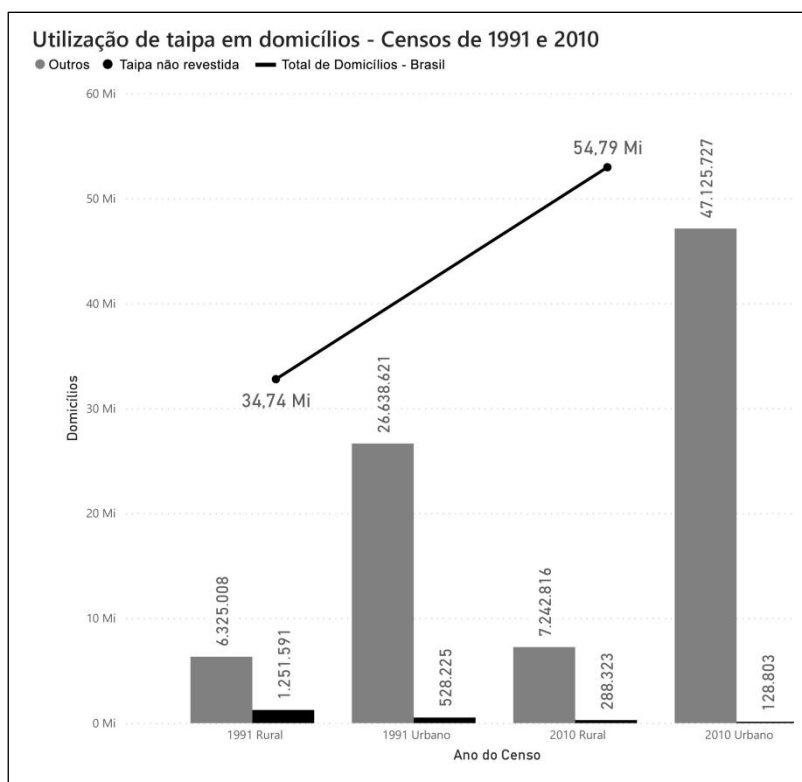


Figura 1. Domicílios com paredes de taipa sem revestimento no Brasil, em 1991 e 2010 (elaboração de Lucas Pacheco a partir de dados do IBGE dos Censos de 1991 e de 2010)

⁴ Os relatórios estão disponíveis em <http://fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/>

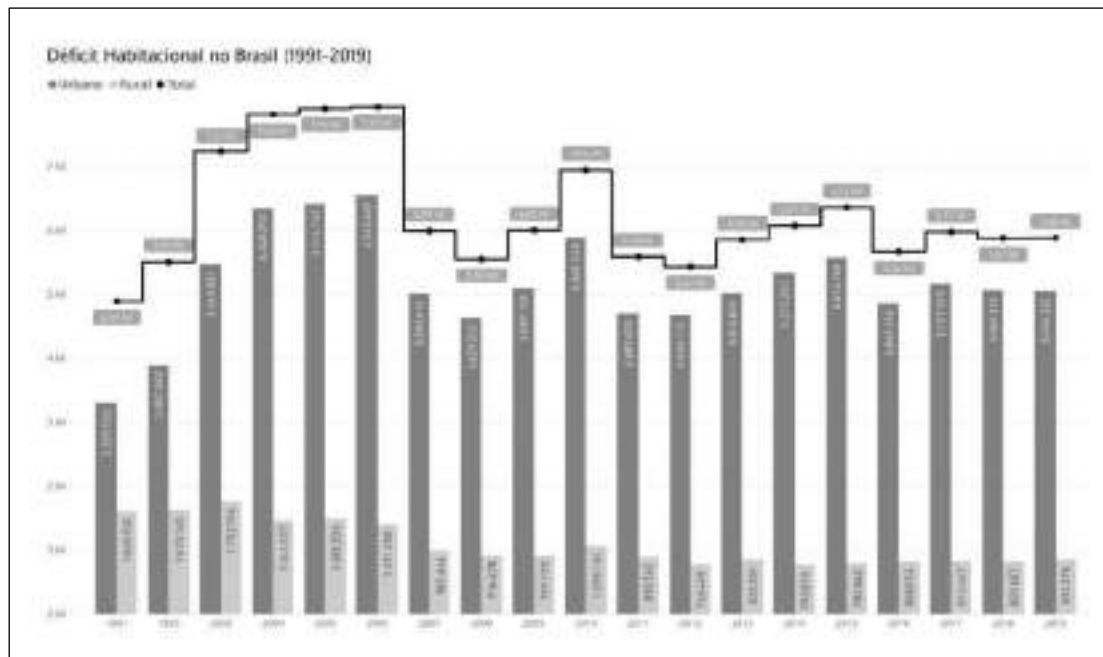


Figura 2. Déficit habitacional no Brasil em 1991 e 2010 (elaboração de Lucas Pacheco a partir de dados da Fundação João Pinheiro)

O restante da avaliação depende de verificação *in loco*. É preciso considerar a observação local, que aponta de maneira mais clara do que se trata: as edificações feitas de taipa não revestida não entram em um processo de melhoria ou evolução que levaria à taipa revestida e ao adobe, mas são, cada vez mais, substituídas por edificações em alvenaria de blocos cerâmicos ou de cimento, igualmente sem revestimento e com outras características de precariedade⁵.

Portanto, entre as camadas mais pobres das cidades, nas cidades pequenas, nas periferias metropolitanas e das cidades médias e mesmo nas áreas rurais, o que se observa é a diminuição constante do uso da terra na construção da moradia. Entre os diversos aspectos ligados a esse abandono da cultura construtiva nos estratos sociais de renda mais baixa, incluindo, muitas vezes, os povos tradicionais, cabem destacar as ações de desestímulo e combate à construção com terra empreendidas nas políticas de moradia e de saneamento. Tais ações, alinhadas ao entendimento de que a precariedade é quase uma característica intrínseca da construção com terra, oferecem diversos tipos de subsídios às famílias moradoras para substituição total da construção e, quase sempre, não oferecem a modalidade “melhoria habitacional” para construções com terra. Em algumas campanhas de divulgação de programas habitacionais e de saneamento, o combate à construção com terra é tão explícito, que seu desaparecimento aparece como meta e critério de “sucesso” do programa. Essas ações têm cada vez mais atingido também camponeses, quilombolas e indígenas⁶.

⁵ Nesta pesquisa, além da literatura que traz esse olhar para o campo, foi realizado um levantamento semiestruturado em diversas cidades no litoral do Nordeste entre o Sul da Bahia e o Sul de Pernambuco, durante aproximadamente 5 meses, em 2021. Devido à pandemia da covid-19, os levantamentos foram feitos sem contato com moradores, o que levou à opção metodológica de não utilizar registro fotográfico, (pela impossibilidade de explicar o trabalho e obter consentimento) e de realizar pouquíssimas entrevistas, restritas a moradores locais em que os contatos já ocorreriam por outros motivos. Mesmo assim, o percurso por mais de cinquenta municípios e alguma permanência em mais de 20, com o olhar atento e cuidadoso da pesquisadora, são fontes de dados qualitativos complementares relevantes. Também foram consideradas entrevistas semiestruturadas e escutas livres realizadas nos últimos vinte anos com diversos agentes sociais que vivem ou trabalham em diferentes locais do país onde há ocorrência de construções com terra, em áreas urbanas ou rurais.

⁶ Lelis (2018) e Vieira (2017) realizam análises mais detalhadas desses processos e dos principais aspectos envolvidos.

Por outro lado, nos estratos de renda média-alta e alta, é sensível o aumento da procura pela construção com terra de moradias. Embora esse dado não seja verificável no Censo, uma vez que não há discriminação clara de materiais entre os domicílios predefinidos como “adequados” e que ainda não estejam disponíveis dados consistentes sobre a expressividade econômica da produção com terra no subsetor da construção civil, a formação e o crescimento de “nichos” de mercado nesse sentido são bastante expressivos nos meios especializados – através da ampliação de envolvidos no debate, de pesquisadores e de profissionais que apresentam suas obras e através da multiplicação de oficinas de sensibilização e cursos de capacitação – e tem finalmente transbordado para uma presença pequena mas crescente no campo da arquitetura, da engenharia civil e da construção. É cada vez mais comum encontrar construções com terra em periódicos de diversas naturezas de grande circulação nesses campos e cada vez mais profissionais e empresas têm percebido um potencial relevante de mercado nessa área. O aumento da construção com terra no mercado de construção relacionado aos estratos médios-altos tem, como elemento comum, a associação do material à questão da sustentabilidade. A institucionalização da preocupação com os impactos ambientais da construção civil e de uma perspectiva mais integrada da preservação ambiental, tal como expressa o conjunto de ODSs consolidados no Habitat III (ONU Habitat, 2016) associa-se ao apelo simbólico crescente dos produtos, dos serviços e das práticas que vão sendo socialmente reconhecidos como “sustentáveis”, “ecológicos” etc. Essa natureza-força comum desdobra-se em mercados e formas de apropriação do ideário ecológico bastante diversas. Assim, cresce a utilização da construção com terra em um mercado fetichizado e, também, um mercado de abordagem crítica radical dos modos de vida e consumo contemporâneos, bem como cresce toda uma miríade de abordagens, propostas e soluções técnicas e estéticas entre um extremo e outro. Sejam nas construções verdes, casas sustentáveis, ecovilas, condomínios ecológicos, agrovilas, sejam em edificações isoladas com propostas bioarquitetônicas integradas ou uso da terra de forma pontual na edificação, outro ponto comum nessa produção marcadamente heterogênea é a presença do profissional qualificado (ou de grupo de profissionais) responsável por projeto e obra, ainda que se trate de qualificações que podem variar muito entre si e de um projeto que nem sempre se apresenta da forma mais convencional. Isso ocorre porque, como tem ficado cada vez mais evidente nos eventos especializados e na observação do aumento de oferta de capacitação das características dessa oferta, existem três tipos básicos de abordagem da capacitação para projetar e construir com terra: (a) a capacitação dentro do âmbito acadêmico, pouco expressiva, mas em crescimento; (b) a capacitação em centros de formação, que buscam associar formação acadêmica, conhecimento decorrente da prática continuada e valorização de saberes populares, grupo talvez diretamente responsável pela estruturação de uma retomada da construção com terra no país, pelo viés ecológico, e (c) a capacitação em oficinas de sensibilização e cursos promovidos por pequenas instituições e iniciativas individuais, que privilegia os saberes populares e a experimentação, sem maiores preocupações com a formação acadêmica, consolidação de experiência no tempo ou rigor técnico. Há indícios de que o terceiro grupo tem crescido mais que os outros dois em quantidade de oferta de formação, distribuição no território do país e número de unidades produzidas, o que tem causado preocupação aos outros dois, haja vista o risco de produção de edificações com baixo desempenho, pouca durabilidade e frequentes manifestações patológicas, o que fragiliza o mercado como um todo, material e simbolicamente.

Essa produção crescente de construção com terra no país, ligada aos grupos sociais de melhor renda e escolaridade e à atuação de profissionais, tem também uma territorialidade própria decorrente, em grande medida, não apenas da relação entre certas demandas ligadas à própria natureza do material e os níveis de adensamento urbano, mas também das particularidades do atual desenvolvimento técnico e tecnológico de sua utilização. Assim, em um contexto de baixa pré-fabricação e produção quase artesanal dos componentes, a construção com terra ainda fica condicionada, na maioria das vezes, à existência de áreas relativamente grandes disponíveis, tanto para retirada do solo de forma direta, especialmente no caso das taipas, quanto para instalação de adoberias. Essas limitações fazem com que o maior público para arquitetura de terra seja aquele residente nas cidades

médias, franjas metropolitanas, áreas rurais próximas a suas cidades-polos e algumas capitais de ocupação mais horizontalizada. Esses são os territórios em que se costumam cruzar o perfil socioeconômico da demanda e as condições operacionais de oferta.

Em alguns casos, essa produção também está associada ao aspecto cultural. Especialmente no entorno de áreas ricas em patrimônio edificado institucionalizado, a opção dos clientes pelo uso da terra nas construções expressa uma busca de identificação com o lugar e valorização da cultura local. Em princípio, a abordagem consolidada nos ODSs integra as noções de meio ambiente e cultura, tanto em suas relações de mútua dependência, determinação e transformações, como na conformação de direitos difusos, que requerem tutela integrada para sua realização efetiva e eficaz. Há um aprofundamento da concepção, colocada na convenção da UNESCO de 1972, que tratou da “preservação do patrimônio mundial, cultural e natural”, e agora se desdobra em diversos componentes, objetivos, metas e ações. No entanto, essas noções ainda não foram totalmente apropriadas pelos governos. De modo geral, a proteção à cultura como parte do patrimônio só se realiza como proteção à cultura construtiva quando essa cultura encontra-se cristalizada no patrimônio edificado já enquadrado em políticas de preservação. No caso brasileiro, nas primeiras décadas do século XXI, houve avanços tanto no campo da preservação de patrimônio quanto em termos normativos, de captação e disponibilização de recursos e criação ou fortalecimento de formação de mão de obra especializada. Como exemplo, podem-se mencionar o *Programa Monumenta*, que envolveu parcerias com instituições internacionais (Duarte Junior, 2010; Giannecchini, 2021) e incluiu financiamento a ações de planejamento, o *PAC – Cidades Históricas* (Leal, 2017), que disponibilizou recursos federais vultosos para realização de obras, a formalização do reconhecimento de patrimônio imaterial em elementos significativos na cultura, como a produção do queijo artesanal de Minas (2008)⁷, a criação do curso de Tecnologia em Conservação em Restauro, no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), Campus de Ouro Preto⁸ e os programas de pós-graduação do Instituto Federal de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)⁹. Tais ações institucionais, que avançaram de fato em alguns pontos e em outros foram problemáticas, expressam o desenvolvimento de uma trajetória efetiva de busca pelo Estado de contribuir na preservação do patrimônio cultural, edificado ou não. No âmbito da construção, elas contribuem para aumentar a oferta de mão de obra altamente qualificada e, contraditoriamente, tornam-se chamarizes para empresas e profissionais com baixa qualificação específica, que veem boas oportunidades de mercado. Elas também permitiram experimentar e deixar mais claramente colocados alguns desafios quanto ao ganho de escala em obras relacionadas à preservação de patrimônio construído com terra, ficando evidente, como exemplo, que, se por um lado, trazer a lógica de financiamento e gestão de obras públicas em geral para obras relativas à preservação significa ganho em volume de recursos, por outro lado, a lógica dessas obras tem uma série de especificidades que demanda critérios particulares para avaliar e julgar propostas, definir e fiscalizar orçamentos etc. Também foi possível perceber que a integração das políticas de preservação com as demais políticas urbanas é muito mais complexa e de difícil implementação no contexto de baixa intersectorialidade da administração pública e da sobreposição de percepções negativas no imaginário popular quanto a qualquer tipo de controle estatal das dinâmicas imobiliárias. Como consequência prática geral, essas ações contribuíram, em alguma medida, para aumentar a quantidade de obras realizadas com terra, ainda que no âmbito da preservação, e aumentar a quantidade de empresas e profissionais que atuam em construções com terra e que, não necessariamente, vão utilizar a experiência adquirida nessas obras apenas para atuar em patrimônio.

⁷ O inventário de caracterização desse patrimônio, produzido pelo IPHAN, que traz também demais fundamentos para o seu registro, está disponível em http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie_mod0_fazer_queijo_minas.pdf

⁸ Para maiores informações sobre o curso, ver <https://www2.ifmg.edu.br/portal/cursos/superior/sup-restauro>.

⁹ Iniciados em 2004 como especialização e ampliados em 2010 como mestrado profissional. Para maiores informações, acessar <http://portal.iphan.gov.br/pep>

No entanto, quando não se trata de preservar o patrimônio já edificado e reconhecido formalmente, as políticas e ações públicas não só não têm conseguido encontrar maneiras de preservar a cultura construtiva como tem mesmo ido no sentido oposto, como apontado anteriormente. Mesmo em territórios ricos em conjuntos arquitetônicos tombados construídos com terra, não costuma haver incentivos à população para que resgate, desenvolva e continue vivendo a cultura construtiva tradicional com terra nas novas dinâmicas imobiliárias. Em territórios que conformam comunidades tradicionais formalmente reconhecidas como tais, tem havido implementação de programas públicos que condenam as culturas construtivas tradicionais ou, no mínimo, oferecem subsídios para edificações que implicam seu abandono. Muitas vezes, o resgate da cultura construtiva tradicional em áreas ricas em patrimônio histórico reconhecido ou de comunidades tradicionais tem acontecido através de iniciativas privadas, pela via do mercado de turismo. Essas iniciativas podem incluir projetos mais integrados de capacitação de mão de obra local, valorização efetiva da cultura e até mesmo desenvolvimento do turismo de base comunitária ou podem limitar-se a situações de pura cenarização, chegando à colocação de revestimentos de terra que simulam paredes de terra, como ocorre em alguns municípios de Minas Gerais.

A associação entre a dimensão ambiental e a cultural da construção com terra estão também na base de outro tipo de produção contemporânea de arquitetura de terra no Brasil, que se caracteriza por atravessar parte dos diversos recortes aqui apresentados. Trata-se da produção realizada no âmbito das chamadas assessorias técnicas. São profissionais e pesquisadores, inicialmente vinculados às instituições de ensino superior (mas que muitas vezes extrapolam esses vínculos na construção de trajetórias profissionais de assessoria popular) que atuam em comunidades pobres, assentamentos de reforma agrária, ocupações urbanas e rurais e comunidades tradicionais e propõem-se como mediadores entre o resgate e o desenvolvimento da cultura construtiva tradicional e o fortalecimento cultural e político dos moradores. Embora, a princípio, as assessorias atuem principalmente nesses estratos sociais mais pobres, há várias formas de transbordamento dessa atuação, seja porque: (i) os próprios profissionais tornam-se multiplicadores das técnicas construtivas com terra em projetos pontuais para outros estratos sociais; (ii) os próprios profissionais tendem a se envolver mais com a discussão de política pública; (iii) boa parte do desenvolvimento técnico e tecnológico, decorrente da utilização da terra nas construções aplicável em outros contextos, dá-se no âmbito dos grupos de pesquisa e extensão das assessorias técnicas.

O “quadro” atual da construção com terra no Brasil, assim, é marcadamente heterogêneo e configura uma dinâmica material, econômica, simbólica e institucional ambígua. Nesse contexto, há ainda que se avançar no desenvolvimento de soluções metodológicas que permitam qualificar e quantificar de forma mais precisa os diversos aspectos que estabelecem tantas particularidades. Em que pesem as lacunas da avaliação que se consegue fazer no momento presente, é oportuno e até mesmo salutar que se busque, nessas aproximações iniciais, identificar “janelas de oportunidades” para o desenvolvimento de estratégias ligadas à ampliação da quantidade e da qualidade de arquitetura de terra no país. Na breve análise apresentada, destacam-se pelo menos dois aspectos com tal potencial: a territorialização do crescimento da produção e o papel das instituições de ensino superior.

3 A EXPRESSIVIDADE DAS CIDADES PEQUENAS E MÉDIAS NO BRASIL – O LUGAR DA TERRA

Desde meados do século XX, o Brasil tornou-se um país urbano, em termos demográficos gerais. Isso ocorreu (e segue se aprofundando) dentro de um processo caracterizado como urbanização extensiva (Monte-Mór, 2008) e marcado por formas específicas de metropolização¹⁰. Nesse contexto, diversos elementos de natureza eminentemente urbana transformam de maneira significativa virtualmente todo o território do país. Hábitos, ritmos,

¹⁰ Há uma bibliografia ampla e bastante consolidada sobre a urbanização brasileira, seu caráter extensivo e sobre a metropolização. Lelis (2018) dialoga com parte desse arcabouço, traz uma breve síntese desse processo e aprofunda alguns de seus aspectos.

tempos e gostos de vida e consumo, práticas culturais, crenças, relações de trabalho, valores, formas de construir e de utilizar as construções são profundamente alteradas no sentido de tornarem-se cada vez mais urbanas, incluindo nos espaços rurais. Esse processo ocorre com participação direta e indireta do Estado e envolve a formulação e a implementação de diversos tipos de políticas públicas.

Por um lado, esse processo, que é global e discutido nessa escala já há algum tempo por autores como Harvey (1989), Lefebvre (2016) e Soja (1993), estabelece-se de diferentes maneiras segundo as particularidades dos territórios e, de fato, tende a englobar e transformar profundamente os espaços ditos rurais, redefinindo a lógica do “rural”, da “natureza”, do “tradicional” e do “campo” a partir de um urbano, cuja essência é definida por um sistema de relações de produção e de reprodução e transforma-se segundo as metamorfoses desse sistema. Nesse sentido, é previsível que o sistema simbólico e institucional seja dominado pelos grandes centros urbanos, ou seja, pesquisas, teorias, normas e políticas públicas são feitas a partir dos grandes centros, de suas realidades e de suas óticas, para serem aplicados ao território de maneira geral.

Por outro lado, como demonstram Santos (2013) e Martins (1994), os territórios sobre os quais essa urbanização estende-se não são receptores passivos dessas transformações e as características resultantes serão significativamente definidas pela configuração base sobre a qual as dinâmicas de urbanização incidem. Assim, embora, como afirma Oliveira (1977 *apud* Lelis, 2018), qualquer discussão sobre dinâmicas do território no Brasil vai encontrar em algum momento uma questão relativa ao urbano, há muitas mediações e nelas são estabelecidas diferenciações significativas em como tais questões irão de fato se conformar. Santos (2013) afirma que a forma mais precisa de caracterizar a configuração e as dinâmicas regionais do país seria tratar de uma relação entre *agrário* e urbano, em lugar da tradicional oposição rural / urbano ou de uma simples sobreposição entre urbano e rural. O autor argumenta que o país divide-se em regionalizações de lógica, base e dinâmicas essencialmente agrárias, ainda que incluindo cidades, e outras de lógica, base e dinâmicas essencialmente urbanas, ainda que incluindo áreas rurais. Esse Brasil agrário tem relevância significativa em área ocupada, população, participação na economia e representação política. O mapa apresentado na figura 3 demonstra essa relevância em termos territoriais, através da distribuição de densidade demográfica no país, em termos demográficos, através da distribuição da população em relação aos tamanhos de municípios (figura 4) e através da economia, com a participação das atividades tipicamente agrárias (agropecuária, indústria extrativa e outras) e de atividades que permeiam todo o espaço (atividades de natureza estatal, construção, serviços) na composição do Produto Interno Bruto (PIB) no país (figura 5).

Como os dados demonstram, a distribuição populacional no Brasil é profundamente desigual e a maior parte do território do país caracteriza-se por baixa densidade populacional. Além disso, quase metade da população brasileira vive em cidades pequenas e médias. As atividades de caráter eminentemente agrário são responsáveis por quase 10% de todo o PIB nacional, além do destaque para a participação do país no mercado global. Há, portanto, uma disjunção entre a presença significativa do *espaço agrário*, permeando a reprodução do espaço no país de forma geral, e um sistema simbólico, normativo, acadêmico e de políticas públicas, centrado essencialmente na realidade urbana. O anacronismo da legislação agrária vigente – que ainda pensa o morador rural como um camponês e o espaço rural como unicamente agrícola¹¹ – e o foco da produção técnica e tecnológica, da evolução normativa e das políticas públicas ser unicamente a produção agrícola de larga escala, chamada atualmente de agronegócio, são exemplos disso.

No que se refere especificamente à produção de construção com terra, essa disjunção fica ainda mais evidente ao se considerar que - enquanto a maior parte da construção com terra concentra-se nas áreas rurais, nas cidades pequenas e nas periferias de cidades médias e franjas de áreas metropolitanas, especialmente nas regiões, que caberiam na

¹¹ A norma geral do Direito Agrário brasileiro é a Lei Federal n. 4.504/1964, conhecida como Estatuto da Terra.

caracterização de Santos (2013) do Brasil agrário – a retomada da construção com terra em sua versão “pós-moderna”, ambientalmente correta dá-se principalmente a partir da formação de mercados, experiências e debates no âmbito do Brasil urbano¹². Não raro, mesmo as experiências realizadas no espaço rural ou com povos originários dão-se no contexto de regiões essencialmente urbanas. De certa forma, essa disjunção explica, em parte, o fato de que a construção com terra cresce, sensível à formação e ao desenvolvimento de um mercado, ao mesmo tempo em que segue desaparecendo. Se, por um lado, é evidente que há um ganho em termos de preservação ambiental, resgate e preservação cultural e desenvolvimento de uma construção civil mais eficiente e mais justa com a retomada e o desenvolvimento recente da construção com terra, por outro, a parcela da população que mais poderia ser beneficiada por esse retorno e os territórios mais favoráveis ao (re)desenvolvimento dessa arquitetura não são significativamente alcançados. Tal como outras contradições, que acontecem nesse “*turn* socioambiental” do capitalismo tardio, em que os estratos sociais de maior renda e escolaridade e os grandes centros urbanos consomem alimentos naturais e frescos, enquanto os moradores dos “interiores” perdem a cultura das hortas e consomem, cada vez mais, os ultraprocessados e transgênicos, esse nascente *turn* ecológico da arquitetura fica restrito às grandes regiões urbanas, enquanto a construção civil mais convencional avança no sentido de dominar a produção de espaço nas regiões agrárias, incluindo os rurais, povos tradicionais e de pequenas cidades e vilarejos no Norte e Nordeste do país e no chamado “Brasil profundo”.

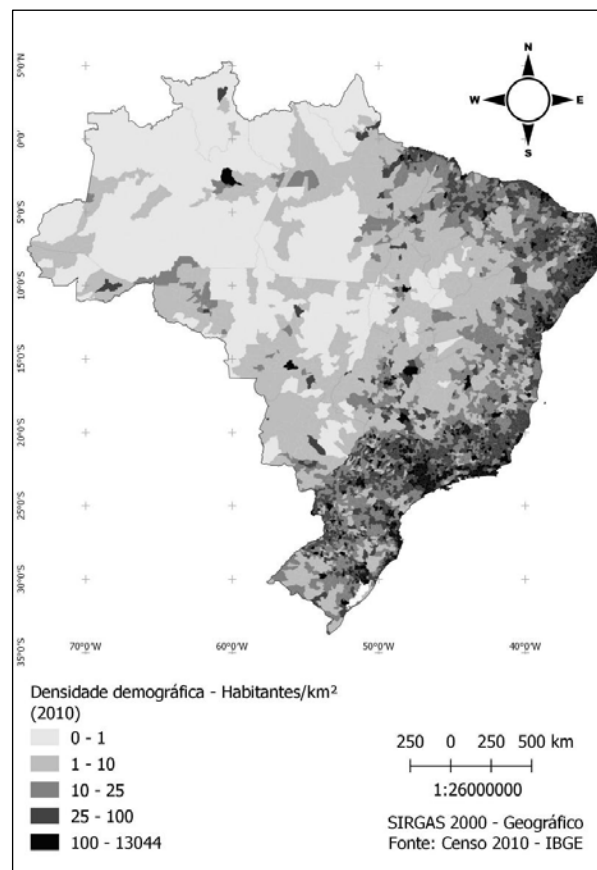


Figura 3. Densidade demográfica no Brasil

¹² Cabe destacar que, segundo o IBGE (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD, 2019), mais de 85% dos domicílios brasileiros são casas e, mesmo na região Sudeste, que é a mais adensada do país, a ocupação é tipicamente horizontal, com pouco menos de 20% dos domicílios sendo caracterizados como apartamentos.

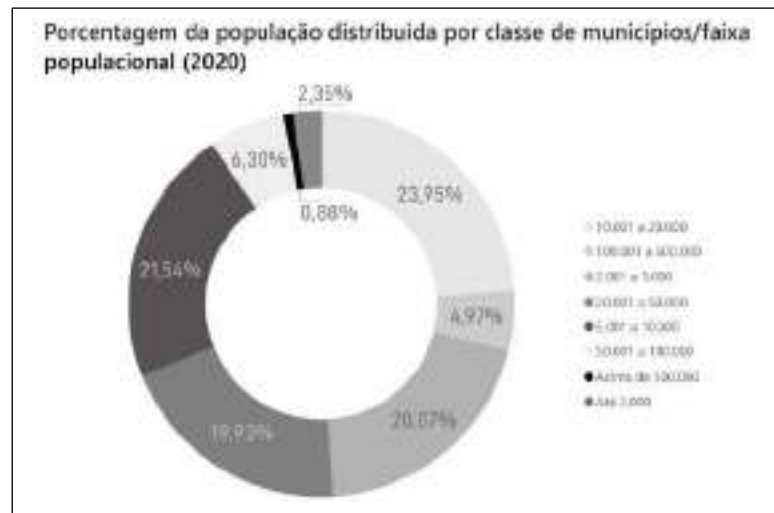


Figura 4. Distribuição populacional por classe de municípios (elaboração de Lucas Pacheco a partir de dados do IBGE de 2020)

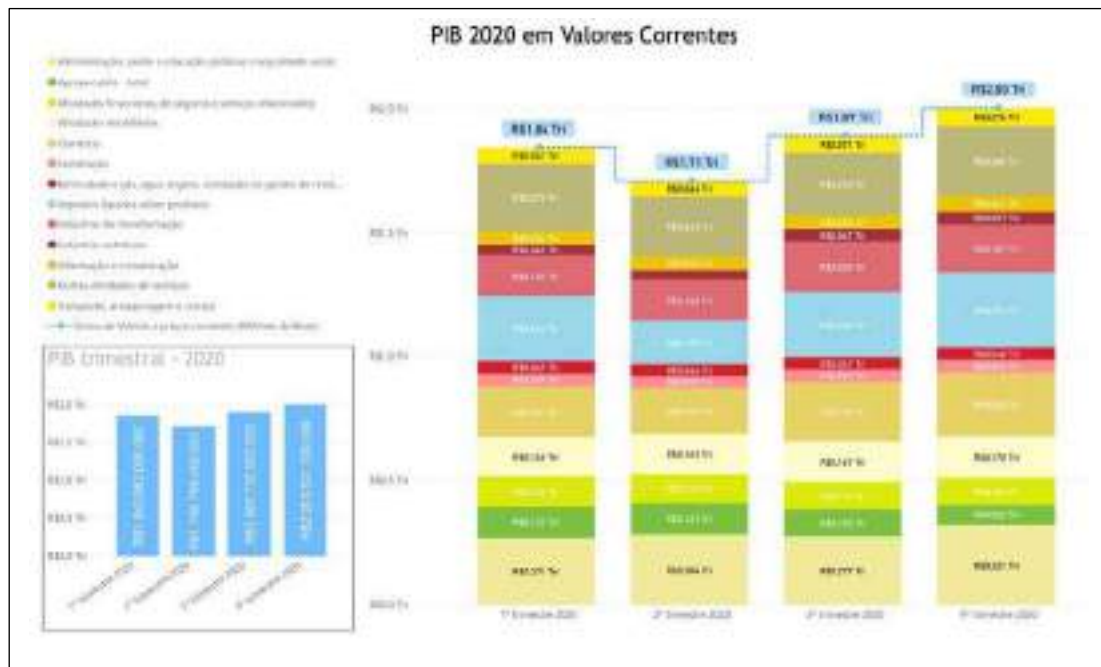


Figura 5. Composição do PIB brasileiro em 2020 (elaboração de Lucas Pacheco a partir de dados do IBGE de 2020)

Assim, o desenvolvimento da arquitetura e construção com terra depende também do enfrentamento do desafio de superar essa contradição e associar os recentes avanços alcançados, em vias de realização e almejados, com sua lógica essencialmente urbana – normatização visando maior inserção no mundo e no mercado formal; busca por organização e eficiência de canteiro; desenvolvimento de equipamentos e parâmetros de qualidade e eficiência; pesquisa por formas menos artesanais e ganhos de escala na produção, entre outros – a uma retomada renovada da produção com terra onde ela tem sido historicamente precarizada e combatida, como parte de um processo que nega o direito à cultura, à autonomia construtiva, à preservação ambiental, em prol da ampliação de uma indústria social, econômica e ambientalmente predatória, além de, claramente, ser ineficiente no enfrentamento do déficit habitacional.

4 INTERIORIZAÇÃO DOS CAMPI, INSTITUTOS TECNOLÓGICOS E CURRICULARIZAÇÃO DA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: UMA TERRA FÉRTIL

Nas sociedades com escrita, a educação formal sempre foi um fator de coesão social e de perpetuação da cultura e da ordem social. Ela também é o espaço privilegiado de desenvolvimento das lógicas produtivas e da inserção do desenvolvimento científico na prática social, para além da evolução da ciência em si. No Brasil, as práticas sociais coletivas e individuais relacionadas à saúde pública foram intensamente trabalhadas, desde a educação básica a partir da segunda metade do século XIX, e as transformações materiais e simbólicas almejadas envolveram o abandono da construção com terra em prol de outros materiais, como elemento de melhoria das moradias, em detrimento da evolução e das melhorias no domínio das técnicas com terra (Lelis, 2015). Nas áreas rurais, a substituição das práticas tradicionais, tanto no espaço doméstico quanto nas atividades produtivas, envolveu um intenso trabalho desenvolvido através de universidades e outros centros públicos de formação e assistência técnica, que resultaram a chamada Revolução Verde (Lelis, 2018).

A criação e a ampliação de universidades federais fora dos grandes centros urbanos, no Brasil, tiveram um marco nos períodos conhecidos como desenvolvimentistas e visaram, principalmente, a criação das condições gerais de programação de certos modelos de desenvolvimento econômico, sendo parte da estruturação de certos territórios para ocuparem determinadas posições nesses modelos. E foi no seio dessas mesmas universidades que se desenvolveram, apesar da lógica dominante, perspectivas críticas a respeito do papel social das universidades e da inserção do conhecimento produzido nas microrregiões onde se localizam. Assim, enquanto uma parte da *extensão rural* realizava a apropriação dos novos modelos de produção de produtos e reprodução da vida relacionada com a Revolução Verde e aos seus desdobramentos, outra parte dedicava-se ao fortalecimento político e cultural dos moradores do campo, à alfabetização crítica, aos processos agroecológicos de produção e ao engajamento pela justiça social no campo. A extensão universitária de base crítica ganhou força na América Latina com a contribuição das pedagogias críticas e do desenvolvimento dos diagnósticos e planejamentos participativos (Alencar, 1990; Chambers, 1992; Freire, 1982). Evidentemente, considerando o contexto político geral do Continente nas décadas em que a extensão rural e a extensão universitária mais se desenvolveram, as práticas convencionais encontraram condições muito mais favoráveis e conseguiram muito mais realizações que as práticas críticas, as quais se mantiveram como resistência e tiveram desdobramentos muito mais tímidos em termos quantitativos. Posteriormente, os períodos de abertura e fortalecimento democrático e das lutas e do reconhecimento dos direitos sociais e da temática ambiental foram também os períodos de diminuição dos investimentos públicos nas universidades e na educação técnica. Na disputa pelo financiamento da pesquisa e da extensão universitária, com recursos escassos, o desenvolvimento tecnológico e o envolvimento com a prática social ficaram cada vez mais dependentes do interesse e das aplicações imediatas no mercado, gerando resultados diretos e negativos, inclusive, para a construção com terra¹³.

Na primeira década do século XXI, no Brasil, acontece um ponto de inflexão nessa tendência. Foram criadas políticas públicas de ampliação do acesso à formação técnica e superior no país com crescimento das instituições existentes, aumento do número de vagas e de formas de acesso das camadas historicamente excluídas, através de sistemas de cotas para instituições públicas e bolsas para universidades privadas¹⁴. E, principalmente, foram

¹³ Santos (ANO) aborda essa questão no campo específico da construção civil, demonstrando como a dependência do financiamento da indústria de cimento condicionou os currículos e a pesquisa nessa área. No âmbito de PROTERRA e TerraBrasil, vários membros, na organização dos seminários e mesmo na busca de financiamento para suas pesquisas, vivenciaram as dificuldades de acessar financiamento público e apoio institucional.

¹⁴ Alguns dados interessantes desse processo, como número de instituições e municípios atendidos, bem como descrição de alguns dos programas, legislação e listagem de localização dos campi estão disponíveis no relatório produzido pelo Governo Federal no endereço

construídas novas instituições ou novas unidades das instituições existentes, promovendo uma nova forma de distribuição dos centros de formação técnica e superior. A figura 6 apresenta a distribuição atual de instituições públicas de ensino superior no Brasil, com destaque para os cursos que tem relação com construção urbana ou rural e a distribuição das instituições públicas de ensino com foco na formação técnica e tecnológica, no Estado de Minas Gerais (figura 7).

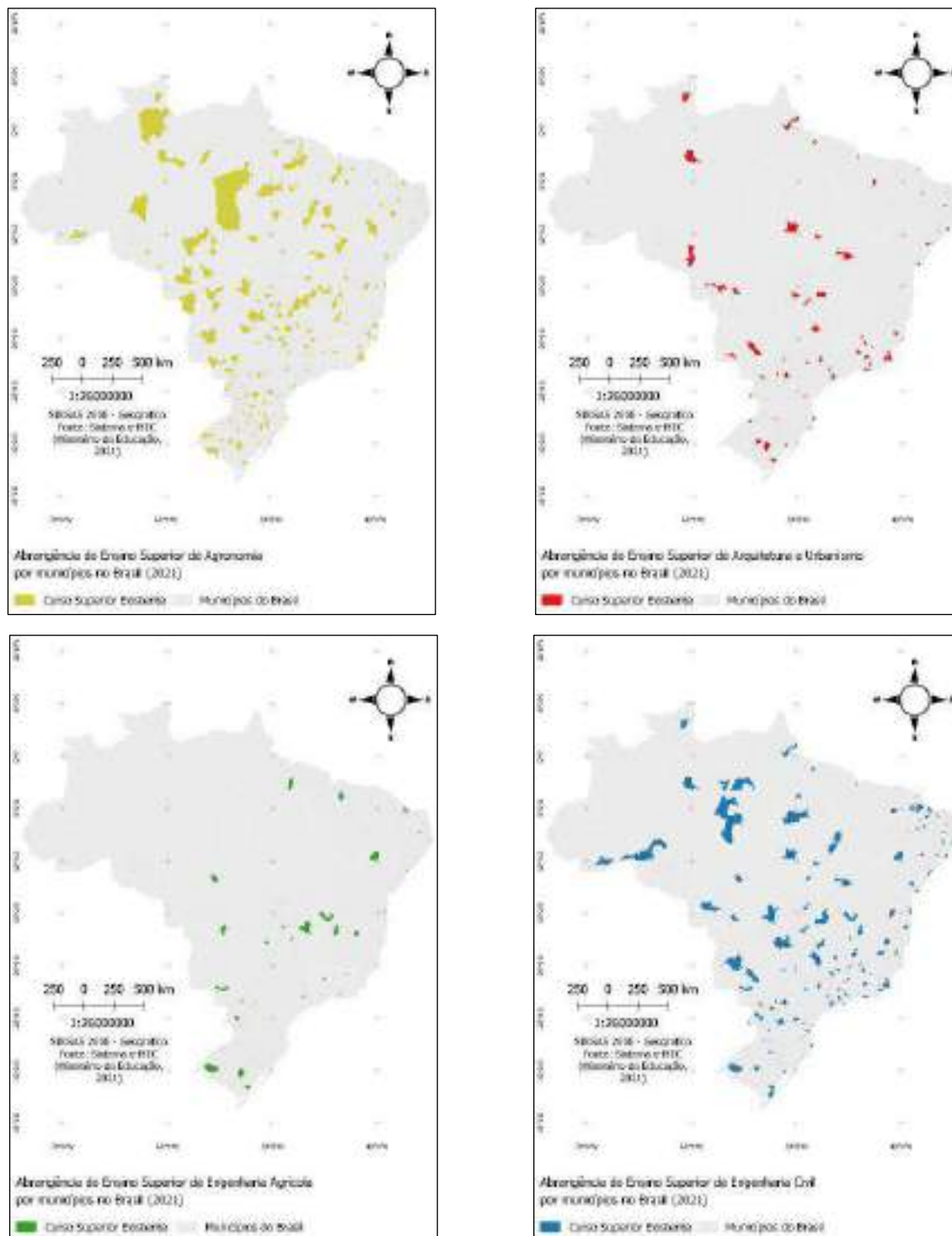


Figura 6. Distribuição de instituições de ensino superior com cursos de graduação em áreas vinculadas a construção urbana e rural (elaboração de Lucas Pacheco)

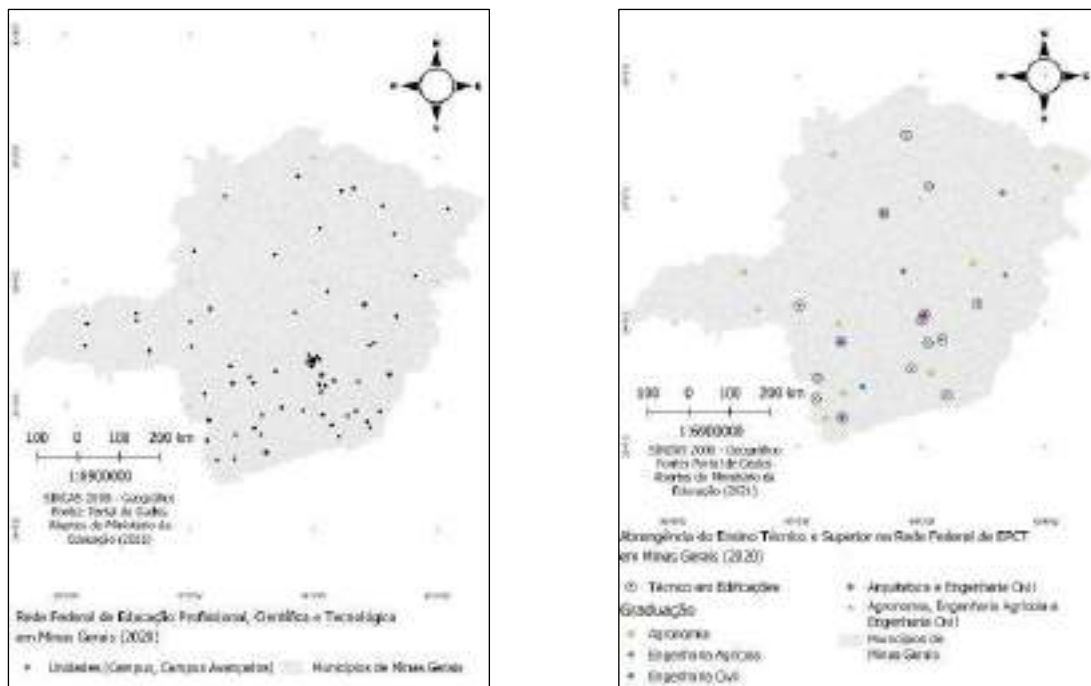


Figura 7. Distribuição atual de institutos federais de formação técnica e tecnológica em Minas Gerais (elaboração de Lucas Pacheco)

Essa interiorização dos *campi*, cujos efeitos ainda são iniciais, já demonstra ter produzido nova territorialização do conhecimento, possibilitando a conformação de problemas de pesquisa centrados nas especificidades locais de regionais do Brasil profundo, agrário, múltiplo, interiorano, das cidades pequenas e médias, dos diversos conflitos e das diversas contradições que caracterizam os múltiplos territórios do país, dando início à ruptura entre a natureza dos problemas e a natureza das soluções que caracterizava a produção de conhecimentos e de políticas públicas¹⁵.

Esse novo contexto cria condições para o enfrentamento da distância entre as atuais conquistas realizadas e em processo de realização no (re)desenvolvimento da construção com terra no Brasil e sua redistribuição no território. Com a normatização das técnicas construtivas com terra, elas têm maiores chances de entrarem nos currículos de formação técnica e superior dos profissionais que vivem e atuam nas diversas áreas do país e de criação de projetos de extensão universitária para consolidar a arquitetura de terra com qualidade. Uma vez que esse tema passa a fazer parte da formação, ele tende a ser mais observado no cotidiano das regiões e há maior possibilidade de surgir, cada vez mais, projetos de pesquisa que levantem, registrem, documentem, avaliem e proponham formas de enfrentar os problemas das construções com terra que são produzidas nessas regiões e que as experiências exitosas existentes possam ganhar maior visibilidade.

O enquadramento de saberes e práticas tradicionais na lógica acadêmica é um processo complexo e, não raro, acaba por culminar em uma perda da autonomia popular em relação a tais práticas e à conformação da necessidade de uma (nova) mediação entre aquelas práticas e a atuação especializada externa para reconhecimento e inserção no mundo formal. Esse processo ambíguo envolve ganhos e perdas para esses povos, em sequências como a de produção agrícola tradicional – revolução verde e adoção de sementes modificadas e pesticidas – produção agroecológica assessorada. No caso da construção com terra, inicialmente, há o risco de acontecer um processo que lembra o caso do queijo de Minas (Cintrao, 2016; Santos et al., 2012): a normatização da produção do queijo, em

¹⁵ Esse aspecto é particularmente perceptível nos principais eventos acadêmicos nacionais relacionados aos estudos urbanos, como os encontros da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Planejamento Urbano (ENANPUR), e na produção de teses e dissertações a partir de meados da segunda década do século XXI

nome da segurança e da qualidade técnica, acabou por excluir do reconhecimento formal boa parte da produção popular de queijo no Estado e entrou em choque com o reconhecimento da produção de queijo como elemento essencial da cultura popular mineira. No embate, atuam novamente as mediações especializadas e o resultado é uma regulamentação de exceção¹⁶, que estabelece as condições segundo as quais o queijo mineiro enquadra-se nas categorias de proteção especial de seus processos produtivos e define as formas de sua distribuição. Ou seja, parte da produção popular vai seguir na informalidade e sofrer as limitações que isso engendra.

Para que as normas conquistadas tragam benefícios de forma ampliada, é necessário, em primeiro lugar, que exista a maior identidade possível entre a realidade concreta da produção e a realidade abstrata na norma. Nesse sentido, é importante destacar a importância de que o campo de disputas que caracteriza toda produção normativa seja de fato ocupado e “disputado” entre os vários agentes sociais ligados à técnica em normatização. Em segundo lugar, é necessário que essas técnicas normatizadas, que são “novas” no mundo formal, passem a existir também nos processos formativos que tratam do tema, isto é, nos programas das disciplinas dos diversos cursos técnicos e superiores que formam profissionais que atuam na construção civil em geral ou nas construções rurais. Em terceiro lugar, a extensão universitária, bem como as demais formas de interação e parceria entre universidade e população e entre universidade e poder público, devem efetivar as possibilidades trazidas e o amplo acesso da população aos meios necessários para acessar a produção formalmente reconhecida de construção de qualidade com terra (incluindo acesso aos laboratórios e testes).

A quantidade e a distribuição atual de instituições federais de formação técnica e superior com cursos diretamente relacionados à construção, como arquitetura, engenharia civil e técnico em edificações e outros pontualmente relacionados à construção (particularmente construção rural), como agronomia, engenharia agrícola e técnico agrícola, juntamente com o processo de normatização, estabelecem uma conjuntura favorável à ampliação da retomada da construção com terra, “capilarizando-a” aos diversos territórios do país.

Essas estratégias não são novas e foram utilizadas para ampliação de diversas ideias e práticas. Mesmo se tratando de uma realidade que, embora passível de enquadramento na lógica de mercado de construção civil em geral, é oposta às características principais do mercado de construção atualmente dominante no país e, portanto, tende a continuar sendo uma produção pequena no cenário geral. Esse processo, pertinente, relevante e necessário, pode beneficiar-se também das experiências interessantes de extensão universitária na realização e formação de assessoria técnica que ocorrem nas últimas décadas no país.

Nesse sentido, outro ponto favorável é a curricularização da extensão¹⁷, que consolida a extensão universitária como parte essencial da formação acadêmica e amplia a busca por áreas de atuação extensionista.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aprofundamento da preocupação ambiental e o fortalecimento da luta pelo reconhecimento dos direitos sociais na reprodução do habitat que ocorreu nas primeiras décadas do século XXI estabelece um cenário favorável à difusão da arquitetura de terra na América Latina. Esse processo é sinérgico tanto à articulação intelectual e do engajamento prático em busca da descolonização das subjetividades e ao desenvolvimento técnico e tecnológico alcançado pelos profissionais do campo. Todos esses fatores convergem para os avanços que vários países têm alcançado no que se refere à difusão, especialmente em

¹⁶ Minas Gerais. Decreto Estadual n. 48024/ 2020. Disponível em <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=48024&comp=&ano=2020>

¹⁷ BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução n. 7 de 2018. Disponível em http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192

quatro aspectos: produção, sistematização e difusão de conhecimento técnico, registro e sistematização das construções existentes, normatização e formulação e estabelecimento de políticas públicas. Trata-se de espaços de disputas, nos quais cada país avança mais em alguns aspectos que em outros, mas, no conjunto, é possível observar uma evolução contínua. A experiência do processo atual de normatização da construção com terra no Brasil, nesse contexto, tanto beneficia-se dos passos dados por outros países, que já o vivenciam, como contribui no fortalecimento da trajetória da construção com terra e traz, junto com as normas em si, aprendizados e conformações de vitórias e desafios. Uma vez que as normas nunca são fim em si mesma, mas meios, a reflexão em torno dos desafios e a formulação de estratégias para sua efetivação são elementos que complementam o movimento em busca da conservação e da difusão da arquitetura e construção com terra.

A disjunção entre uma produção que cresce e uma produção que encolhe não é uma particularidade brasileira, conformando-se como desafio latino-americano à construção com terra e, de maneira mais ampla, à qualidade do habitat. Nesse sentido, há que se avançar ainda mais em relação àqueles quatro aspectos principais. Algumas das estratégias definidas para o caso específico do Brasil podem ser aplicáveis a outros países, se não em termos diretos, ao menos enquanto estruturação metodológica. No Brasil, essas estratégias definem-se em torno da lógica de ocupação do território associadas à “sinergização” com políticas públicas de educação. Cria-se, aqui, um novo desafio mais precisamente desenhado: como incluir o estudo da construção normatizada com terra na formação em construção, de maneira tão capilarizada quanto a formação mesma? Assim, este texto, antes de trazer qualquer resposta, procura contribuir com a formulação de uma pergunta, conformada como reflexão entre desafios e oportunidades no cenário pós-normatização, dando mais um passo em relação às formas instrumentais de tratar da difusão da construção com terra na América Latina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, E. (1995). Intervenção tutorial ou participativa? In: Cadernos de Administração Rural, Lavras, v. 1, n. 10, p. 97-115, set.
- CHAMBERS, R. (1987). Rural development: putting the last first. New York: Longman Scientific and Technical.
- CINTRAO, R. P. (2016). Segurança, qualidade e riscos: a regulação sanitária e os processos de (i)legalização dos queijos artesanais de leite cru em Minas Gerais. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- CORREIA, M.; NEVES, C.; GUERRERO, L. F.; GIGNONE, H. P. (eds.) (2016). Arquitectura de tierra en América Latina. Lisboa: Argumentum.
- DUARTE JUNIOR, R. (2010). Programa Monumenta: uma experiência em preservação urbana no Brasil. Revista CPC, (10), p. 49-88.
- FERREIRA, T. L. (2007). Dos sonhos de uma casa a casa dos sonhos: moradia e qualidade de vida na comunidade terra livre. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- FREIRE, P. (1983). Ação cultural como prática de liberdade e outros escritos. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- GIANNECCHINI, A. C. (2021). O IPHAN e o Programa Monumenta: lições para a gestão do patrimônio cultural. In: SILVA, Frederico A. Barbosa da. Direito e políticas culturais. Rio de Janeiro: IPEA.
- HARVEY, D. (1989). The urban experience. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- LEAL, S. F. (2017). PAC – Cidades históricas: implicações e repercussões de uma política pública federal de preservação. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo). Belo Horizonte: UFMG.

- LELIS, N. (2015). A arquitetura da polícia e a política da terra. In: Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 15. Memórias... Cuenca, Ecuador: Proyecto vlrCPM-Universidad de Cuenca/PROTERRA
- LELIS, N. (2018). Arquiteturas políticas da terra: sobre (re)produção e rupturas na ordem do espaço urbano. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais – IGC/UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- LELIS, N. (2019). O direito a construir com terra: conformação, exercício e exigibilidade. In: Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19, Oaxaca (México). Memórias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA
- LELIS, N.; HEISE, A. F. (2016). Arquitetura contemporânea no Brasil. In: CORREIA, M.; NEVES, C.; GUERRERO, L. F.; GIGNONE, H. P. (eds.) (2016). Arquitectura de tierra en América Latina. Lisboa: Argumentum, p. 237-240.
- LEFEBVRE, H. (2016). Espaço e política: o direito à cidade II. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- LOPES, W. G. R. (1998). Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, São Paulo.
- MARTINS, J. de S. (1994). O poder do atraso: ensaios de sociologia da história lenta. São Paulo: Hucitec.
- MONTE-MÓR, R. L. de M. (2008). Do urbanismo à política urbana: notas sobre a experiência brasileira. In: COSTA, Geraldo Magela; MENDONÇA, Jupira Gomes de (org.) Planejamento urbano no Brasil: trajetória, avanços e perspectivas. Belo Horizonte: C/Arte.
- MINTO, F. C. N. (2020). A escolha técnica: uma abordagem sobre a produção autogerida da moradia. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- NBR 16.814 (2020). Adobes – requisitos e métodos de ensaio. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil
- NBR 17.014 (2022) Taipa de pilão - requisitos, procedimentos e controle. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ONU Habitat, (2016). Nova agenda urbana. Habitat III. Quito: United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development
- SANTOS, M. (2013). A urbanização brasileira. 5. ed. 3 reimp. São Paulo: Ed. USP.
- SANTOS, R. E. dos (2008). A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – FALE/UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008.
- SANTOS, J. S. CRUZ, F. T.; MENASCHE, R. (2012). O mineiro, o queijo e os conflitos (nada poéticos) em torno dos alimentos tradicionais produzidos artesanalmente no Brasil. Rev. de Economia Agrícola, São Paulo, v. 59, n. 2, p. 7-19, jul./dez.
- SOJA, E. (1993). Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica. Rio de Janeiro: Zahar, 1993.
- SOUZA, D. B. I. de (2010). Reconstruindo Cajueiro Seco: arquitetura, política social e cultura popular em Pernambuco (1960-1964). São Paulo: Annablume.
- VIEIRA, C. N. (2017). Habitus e habitação: a precarização ideológica da taipa de sebe no Brasil. 317 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- VIEIRA, C. N. (2018). Legitimação da precariedade da taipa de mão no Brasil por políticas públicas de habitação rural, entre outros. In: Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 18. Memórias... La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA.

AGRADECIMENTO

A autora agradece a Lucas Pacheco Heringer Batista pelo apoio no trabalho de sistematização dos dados secundários utilizados neste trabalho.

AUTORA

Natália Lelis é arquiteta e urbanista, mestre em Arquitetura e Urbanismo e doutora em Geografia. Atua como consultora e professora nas áreas de planejamento urbano e regional, estudos urbanos, história da cidade, política urbana e habitacional, direito urbanístico e participação social. É membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e do International Research Group on Law and Urban Space / IRGLUS.

VARIAÇÕES GUARANI DA TAIPA DE MÃO NO CONTEXTO CONTEMPORÂNEO DAS MARGENS DE SÃO PAULO NO BRASIL

Anaïs Guéguen Perrin

CRAterre/ Architecture, Environnement et Cultures Constructives/ UGA (França);
HABIS/ Instituto de Arquitetura e Urbanismo/ USP (Brasil), anaisqueguen@gmail.com

Palavras-chave: cultura construtiva, indígena, construção com terra, território, recursos material e imaterial

Resumo

Como vários povos indígenas da América, os Guarani costumavam realizar migrações coletivas no território tradicional que se reparte hoje entre Brasil, Uruguai, Paraguai, Argentina e Bolívia. Ao longo destes deslocamentos, a cultura construtiva Guarani passou por mudanças e adaptações, devido aos contextos históricos e geográficos distintos. Hoje, em São Paulo, na Serra do Mar do litoral do sudeste brasileiro, os Guarani reafirmam o ato de construir em taipa de mão, técnica construtiva tradicional nesta região. Este texto busca mostrar como a taipa de mão é percebida e empregada hoje por uma comunidade Guarani, identificando as adaptações que foram feitas tanto com relação ao contexto ambiental e à disponibilidade de recursos associada, quanto ao contexto político local, que ameaça os modos de vida Guarani e exige uma afirmação da identidade e cultura. Baseando-se na revisão bibliográfica, serão expostos os usos de diferentes materiais e técnicas construtivas associadas, situando-os no tempo e no espaço *yvyrypa*, que é o território tradicional dos Guarani. Num segundo momento, além da revisão bibliográfica, o artigo irá se apoiar em trabalhos de campo realizados na Terra Indígena do Jaraguá, para entender a evolução recente da técnica de taipa de mão em aldeias dessa comunidade e do seu uso coletivo e simbólico. Assim, evidenciam-se as adaptações contemporâneas tanto dos materiais quanto das técnicas e processos produtivos. O trabalho mostra como, ao longo da história da Terra Indígena estudada, esta técnica foi sendo reservada a construções ligadas às práticas coletivas e espirituais, e como ela está sendo recentemente reforçada e adaptada ao contexto contemporâneo ambiental e político. Conclui-se que a taipa de mão constitui hoje uma ferramenta de afirmação da identidade cultural e resistência territorial frente a um contexto de relação hegemônica com os territórios das margens de São Paulo.

1 VARIAÇÕES GUARANI

Os Guarani¹ são uma etnia que se constitui de diversos grupos cuja denominação varia em função dos países onde se encontram. Segundo o Equipo Mapa Guaraní Continental (2016), os Guarani contam 85.255 pessoas no Brasil, 83.019 na Bolívia, 54.825 na Argentina, 61.701 no Paraguai, totalizando 284.800 pessoas. Sendo repartidos em diversos países e contando com vários grupos², a determinação dos vários grupos guarani pode ser muito dinâmica.

Dentro da cultura guarani, caracterizada por aspectos comuns como a cosmovisão, os rituais, os costumes diários, o idioma, a alimentação, a interação com o meio ambiente, entre outros, identificam-se variações, nítidas, por exemplo, nos diversos dialetos dos Guarani. Assim, cada grupo e, às vezes cada aldeia, manifesta a cultura guarani conforme sua própria variação, influenciada, inclusive, pelas matérias-primas presentes nos ecossistemas específicos, alterando o habitat e as práticas cotidianas, ou pelos membros e

¹ De acordo com antropólogos brasileiros como Ladeira (2008), "Guarani" começa com uma maiúscula quando se refere ao povo indígena. Não é pluralizado porque eles não se consideram como uma soma de individualidades. Quando usado como adjetivo, ele é convencionalmente escrito sem maiúscula nem acordo ("os habitats guarani").

² Segundo o Equipo Mapa Guaraní Continental (2016), são cinco grupos, enquanto que, para Goés (2018, p.248 e 249), são oito grupos. No Brasil, segundo Zanin e Sattler (2007), os três principais grupos (Mbyá, Nhandewa e Kaiowá) contabilizavam 35.000 indivíduos em 2007. Já segundo no censo de 2010, os Guarani totalizavam 67.433 pessoas no Brasil.

suas próprias trajetórias, cujo papel e conhecimentos adquiridos nas mobilidades influenciam diretamente as práticas e calendários de cada comunidade. Por consequência, neste artigo, as colocações não se referem à cultura guarani como uma unidade homogênea, senão às variações encontradas durante uma pesquisa de doutorado, ainda em andamento.

Este trabalho visa abordar a cosmologia guarani que guia a relação das comunidades com o território e o habitat, tanto tradicionalmente quanto na contemporaneidade. É elencado como a tipologia e técnica construtiva tradicional constituem parte da cultura construtiva intrinsecamente ligada ao território, revelando uma visão holística, que se baseia numa ontologia relacional com os não-humanos³ do território. De forma complementar, mostrar-se como a cultura construtiva vem se adaptando, dialogando com o contexto de um território guarani fragmentado e fortemente influenciado pela ocupação da sociedade não-indígena. É evidenciado como a taipa de mão é percebida e empregada hoje na Terra Indígena (TI) do Jaraguá, identificando as adaptações feitas com relação ao contexto social, ambiental e político.

As delimitações contextuais se alimentam de aulas dadas por membros guarani e de uma bibliografia específica, principalmente oriunda do campo da antropologia e da arquitetura. Dando corpo a esse trabalho, as pesquisas de campo foram realizadas no âmbito de um doutorado em arquitetura, ainda em andamento. Os resultados expostos neste artigo provêm de levantamentos, observações participativas e entrevistas⁴ realizadas TI guarani do Jaraguá⁵. As informações coletadas são diversas formas, ou variações, de expor a mesma relação entre cosmovisão, território, habitat e modo de ser guarani⁶.

2 TERRITORIO E COSMOVISÃO

2.1 Yvyrupa na cosmologia

Na cosmologia guarani, segundo Tupã Popyguá (2017), o tempo atual pertence ao segundo mundo. O primeiro mundo surgiu do escuro, foi criado pelo *Nhanderu*, na forma do espiral de luz primordial e destruído pela submersão da água. Nas quatro direções do primeiro mundo, existiam quatro guardiões que mantinham o equilíbrio dos ciclos da natureza; sendo a do zênite, do *Nhanderu*, a quinta direção. Eram simbolizadas por cinco palmeiras azuis que não eram visíveis para o simples humano. No segundo mundo, os primeiros guardiões da plataforma terrestre são agora guardiões de uma plataforma celestial, de onde vem o *Nhe'ẽ*, que poderia se assimilar à alma dos Guarani na cultura cristã, para experimentar uma experiência terrestre, onde vão acessar à sabedoria que o *Nhanderu* deixou neste plano.

Na criação do primeiro mundo, os Guarani saíram de *Yvy Mbyte*⁷, lugar do impacto do bastão de *Nhanderu*, e foram percorrendo *Yvyrupa*, a plataforma terrestre (Tupã Popyguá,

³ Neste trabalho e de forma não exaustiva, o não-humano seria composto pelos diferentes reinos - animal, vegetal, mineral, bacteriano e vírus -, dos elementos aos quais são atribuídas qualidades imateriais tais como montanhas, vales, rios que compõem a geografia cultural de um grupo, assim como os seres imateriais.

⁴ Inicialmente, esta pesquisa previa se basear principalmente sobre pesquisas de campo de caráter etnográfico, com uma abordagem empírica e qualitativa. Porém, com a situação pandêmica, não foi possível realizar a imersão nas comunidades estudadas prolongada o quanto esperado. No entanto, com a reatividade de diversos atores Guarani reconhecidos que se organizaram para gerir recursos para as comunidades, foi possível participar de seminários e aulas remotos, específicos à cultura guarani, o que permitiu aprofundar parte da abordagem relacionada ao paradigma dos Guarani.

⁵ Entrevistados principais: Sônia Ara Mirim Barbosa, Irene Jaxuka Mirim, Poty Poran Turiba Carlos, Jurandir Augusto Martim, David Karai Karaí Popyguá, Marcio Boggarim, Marciano Karaí Tukumbo Boggarim (ou Nhurim) e Pedro Macena.

⁶ Nas culturas guarani, no ensino-aprendizagem, sendo uma dinâmica onde teoria e prática andam juntas, os elementos dos saberes são expostos e a pessoa-aprendiz, no caso a autora deste artigo, vai tecendo esses saberes para criar sua própria compreensão. Por consequência, os parágrafos a seguir constituem um entendimento elaborado a partir de variações sobre a cosmologia guarani.

⁷ Segundo o Eliei Benites (sf, sd), a origem do povo guarani surgiu do centro do mundo, *Yvy Pyte* em Kaiowá e *Yvy Mbyte* em Mbyá, que se localiza no Leste do Paraguai, em Cerro Guazu (figura 2).

2017), formando uma espiral, no sentido anti-horário. Nesse espiral percorrido no território⁸, são denominados e localizados diversos lugares mitológicos que constituem a geografia cultural dos Guarani, conforme a história oral (figura 2). Já no segundo mundo, a plataforma terrestre, entendida como a pangeia, foi dividida em cinco continentes. Os Guarani distribuem-se no território tradicional, *Yvyrupa*, que se vê hoje desconsiderado e fragmentado pelas diversas fronteiras nacionais. No Brasil, as regiões onde se localiza *Yvyrupa* coincidem principalmente com a Mata Atlântica com a qual se associa o modo de ser dos Guarani, o *Nhanderekó* (figura 2).

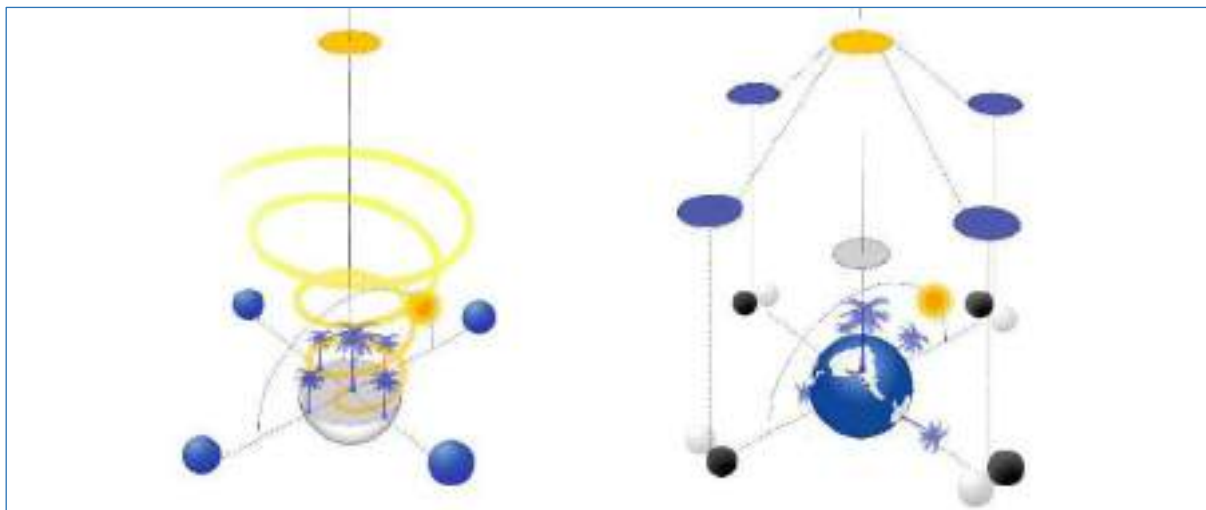


Figura 1. Desenho interpretativo de parte da cosmologia guarani



Figura 2. Localização de Yvyrupa, de lugares da geografia cultural guarani e da Terra Indígena do Pico do Jaraguá⁹

Assim, para os Guarani, a Terra é reflexo da cosmologia que orienta a percepção e concepção da realidade deles. *Yvyrupa* não existe sem vínculo espiritual com a realidade e está sendo considerado em várias escalas, tanto material como imaterial, e integra os

⁸ Ramires (2016, p.40)

⁹ A orientação principal na cosmologia guarani sendo o Leste, os mapas presentes neste trabalho são orientados com o Leste para cima.

lugares sagrados da geografia cultural, espalhados pelos territórios de vários países. Estes lugares são sagrados por causa de sua história, transmitida pelos mitos que testemunham a ocupação regular ou pontual de lugares específicos. Assim, algumas montanhas são designadas como guardiãs e memória da Terra, de seus ecossistemas, de seus habitantes humanos e não-humanos e servem de marcadores quando localizadas ao longo do Peabiru, uma estrada pré-colonial que liga diferentes pontos da costa atlântica à região andina do Peru (figura 2).

2.2 Mobilidade e habitat

Os Guarani têm uma concepção muito ampla do habitat e da sua relação com o universo e a cosmologia deles. Um dos aspectos específicos deste povo é a mobilidade entre os lugares de estabelecimento, as *tekoá*. *Teko* significando vida e o sufixo *-á* referindo-se ao lugar, a *tekoá* designa o lugar que apresenta os aspectos necessários para manter o *Nhanderekó*, na dimensão simbólica e material, assim como os não-humanos que interagem com o povo guarani.

Segundo Grünberg (2008, p.10), os Guarani sempre se deslocaram de forma periódica, aproximadamente a cada 10 anos, de uma *tekoá* para outra, por motivos demográficos, ecológicos e espirituais. Essa mobilidade, que pode ser concebida como uma territorialização dinâmica, respeitava a resiliência do lugar, garantindo a possibilidade de retornar mais tarde a uma *tekoá* que, pela ocupação, pertence doravante à geografia cultural guarani.

Com o material e o espiritual estreitamente imbricados na concepção de mundo e nas práticas no território, as *tekoá* são formadas com base na cosmologia e na configuração natural do ecossistema local. Assim, como acontecem com as montanhas, lugares onde se localizam certos vales, rios ou espécies vegetais são privilegiados para o estabelecimento de uma comunidade. Segundo Ladeira (2008), o pindó (*Syagrus romanzoffiana*), espécie de palmeira encontrada regularmente em todo o território, seria a materialização das palmeiras azuis que sustentam o mundo guarani. Consequentemente, a presença desta indica um lugar favorável para a instalação de uma comunidade, tanto por causa da referência mitológica como por causa material, por marcar a presença de água no território e ser utilizada para a construção de casas, a alimentação ou o uso medicinal. Assim, as necessidades fisiológicas e materiais são indissociáveis das necessidades espirituais.

O modo de interagir com o entorno, onde as plantas e animais só podem ser extraídos com parcimônia para preservar a relação harmoniosa com seus guardiões espirituais (Guarani, 2020), exclui uma exploração intensiva. Assim, os Guarani precisam de um território grande o suficiente para fazer perdurar certas interações, inclusive com plantas não cultivadas especificamente dentro das *tekoá*, mas coletadas na Mata Atlântica. No entanto, desde a ocupação do território pela sociedade moderna, a propriedade prevalece sobre o uso da terra, os ecossistemas sofrem cada vez mais da atitude predatória com os chamados recursos materiais, e os Guarani encontram-se cada vez mais em dificuldade para perpetuar sua relação com e dentro do *Yvyrupa*. De fato, a princípio¹⁰, a demarcação das TIs permite que os Guarani tenham suas *tekoá* reconhecidas a nível institucional, mas os limita, tanto nas migrações coletivas quanto na interação com o não-humano dentro do habitat. Segundo Ladeira (2008, p.42), "a demarcação significa a retaliação de seu território e seu próprio confinamento". No entanto, a demarcação de TIs representa um compromisso para manter parte dos princípios do *Nhanderekó* frente à pressão do modo de vida hegemônico. Atualmente, individualmente ou por núcleo familiar, é que a prática da mobilidade é mantida,

¹⁰ Cabe destacar que, atualmente, as garantias institucionais que reconhecem e consolidam o direito dos Guarani à permanência estão em xeque no Brasil. Tanto no âmbito da produção de novas leis como na interpretação das existentes, os direitos territoriais dos povos indígenas são recolocados em disputa, através de iniciativas do próprio Estado. Esse processo, em meados do ano de 2021, é também marcado por mobilizações e resistências por parte dos povos indígenas, de agentes sociais brasileiros e de instituições internacionais pela salvaguarda dos direitos dos povos tradicionais. Motivo da sugestão: fica melhor inserido no objeto do artigo. Para mais informações, consultar o site da Articulação dos Povos Indígenas do Brasil (APIB) <https://apiboficial.org>

tanto no termo de pessoas e saberes, quanto no de plantas e sementes da própria cultura guarani, da própria Mata Atlântica, perpetuando uma relação de coabitação numa coelaboração do habitat.

3 CULTURA CONSTRUTIVA GUARANI NO JARAGUÁ

3.1 As questões da terra indígena do Jaraguá

A TI Pico do Jaraguá é encravada entre três rodovias e a periferia da cidade de São Paulo. É habitada desde os anos 1950, na Tekoá Ytu, que foi reconhecida em 1987 com a superfície de 1,7 hectares, sendo a menor TI do Brasil. Desde a sua constituição, a região representa um local de migração guarani e, nos anos 1990, a parte dos cultivos foi transformada numa segunda *tekoá*, a Tekoá Pyau (Pimentel, 2013). Após anos de reivindicação, a TI foi reconhecida e declarada pelo governo em 2015, com 532 hectares. No entanto, os interesses fundiários e imobiliários da área, assim como sua sobreposição com os limites do Parque Estadual do Jaraguá (figura 3), criaram vários conflitos, inclusive judiciais, que fizeram com que ainda não esteja fisicamente demarcada¹¹.

Atualmente, a TI conta com cerca de 700 membros, distribuídos em seis *tekoá*. O Pico do Jaraguá é o ponto mais alto do município de São Paulo, com 1135 m de altitude. Ele é considerado pelos Guarani como um lugar sagrado dos ancestrais e, por sua altitude, constitui um marco na paisagem, que foi usado como indicador para o percurso dos caminhos pré-coloniais. Considerando os interesses fundiários de uma ilha de Mata Atlântica na beira da capital econômica do país, a atual repartição das *tekoá* consiste numa estratégia de ocupação territorial circundando o Pico e o parque, para vigiar os riscos de invasão da mata para construções ou explorações de recursos ilegais. Foi justamente uma tentativa de cercamento e ocupação ilegal na margem do parque que conduziu à criação da Tekoá Yvy Porã.



Figura 3. Localização do Pico do Jaraguá, das *tekoá* na TI e do parque

3.2 Organização da *tekoá*

Tradicionalmente, a *tekoá* consiste num espaço geográfico onde se localizam as casas unifamiliares, dentro de pequenas clareiras, protegidas pela vegetação nativa (Schaden, 1974). Segundo Noelli e outros (2019), a *tekoá* era constituída pela aldeia sede, as suas

¹¹ Para a homologação de uma TI as etapas são as seguintes: identificação por uma equipe de pesquisadores que determina a delimitação da terra, a declaração da TI mediante a inscrição no Diário Oficial da União, a compensação pelo governo dos proprietários presentes dentro do perímetro, a demarcação física que leva à homologação.

trilhas, as áreas de cultivo e roças, as áreas de coleta, caça e pesca. No entanto, durante as entrevistas realizadas, ficou claro que atualmente a *tekoá* diz respeito à porção de território onde se localizam as construções, sendo que as regiões de coleta (inclusive de matérias para a construção ou o artesanato) constituem um território mais amplo, a TI.

Independente do número de famílias, a *tekoá* se estabelece a partir de uma liderança espiritual, às vezes junta com uma política, ao redor da qual se estabelece uma grande coesão social. As lideranças consideram o modo de organização espacial como essencial ao *Nhanderekó*, sendo que muitos dos elementos constituindo a *tekoá* são comuns a todos os membros, humanos e não-humanos, e permitem a convivência coletiva. Assim, tradicionalmente, o conjunto de casas pertencia a uma mesma família extensa (avós, filhos, netos e bisnetos) (Ladeira, 2008) enquanto hoje podem ter convívios entre grupos (Mbyá, Nhandewa, Kaiowá). As casas podiam assimilar-se a um quarto, o necessário para passar a noite e guardar as pertencências, e aquelas de um mesmo grupo familiar se organizavam relacionadas com a cozinha coletiva, a *tataopy*, a casa do fogo. Nela a família compartilhava os momentos cotidianos de contar os sonhos, tomar o chimarrão, e compartilhar as refeições. Atualmente, na *tekoá* Yvy Porã e na Itakupé, a cozinha coletiva é utilizada de forma cotidiana. Na *Tekoá* Ytu, aldeia mais densa, a *tataopy* é utilizada principalmente quando se tem atividades coletivas, envolvendo membros da comunidade ou parceiros não-indígenas.

Para os Guarani, a *opy*, a casa de reza, é considerada a coluna vertebral de cada comunidade que permite a perpetuação da conexão física e espiritual com o território, o meio ambiente e seus elementos. Constitui um lugar de práticas cotidianas que contribuem para a coesão social, um lugar de decisões importantes para a governança da comunidade, um lugar de transmissão do conhecimento coletivo e dos valores culturais, entre outros. O evento, que marca a mudança do estatuto de acampamento, como um lugar de passagem, para o estatuto de *tekoá*, é a construção da *opy*, a *tekoá* sendo o "produto da *opy*". Assim, toda *tekoá* conta com essa construção. Para Ladeira (2008, p.162), "a *Opy*, como lugar onde se realizam as rezas coletivas, ritualiza a *tekoá*." Sua centralidade deve ser considerada não num sentido geométrico, mas no sentido cultural e espiritual. Orientada segundo o eixo Leste-Oeste para dirigir as orações para a parede leste, lugar da aparição cotidiana do sol, ela pode ser colocada no centro da *tekoá*, com a praça ao redor, ou um pouco mais afastada, limitando a exposição ao olhar do visitante, ou ser inserida na mata, para preservá-la das visitas inopinadas.

Uma *tekoá* permite preservar o *Nhanderekó*, e conta, em primeiro lugar, as construções que perpetuam a organização social e cultural tradicional, como as casas, a *tataopy* e a *opy*. Num segundo momento, as construções que permitem a relação com o mundo não-indígena, como a escola e o posto de saúde, são reivindicadas, e geralmente implementados mediante políticas públicas, assim como em outros contextos do território nacional.

Os Guarani consideram o coletivo como um dos elementos constitutivos do *Nhanderekó*, apesar de das alterações devidas às proximidades do modo de vida do não-indígena. Assim, os Guarani entrevistados afirmam que, sem coletivo, não há *tekoá*, ecoando com a fórmula de Meliá "sin tekoha"¹², no hay teko" (p.10, 1981). Entende-se que, o coletivo, de forma gradual, faz diversas escalas de espaço, do unifamiliar à família extensa, à *tekoá*, à rede de *tekoá* até *Yvyrupa*, e diversas escalas temporais, que seja no cotidiano, ao longo dos ciclos da natureza, que serão pontuados por rituais coletivos, ou nos ciclos de vida. Da mesma forma que a mobilidade, tem a ver as trocas e reciprocidades entre *tekoá* e famílias. O coletivo também alimenta as reciprocidades, pelas práticas sociais, mutirões ou rituais (Ladeira, 2008). Assim, para certas atividades específicas, como a construção de um equipamento coletivo dentro da Yvy Porã, apesar de ter pessoas que sabem trabalhar na construção dentro da *tekoá*, foi escolhido chamar pessoas de outra *tekoá* para contribuir, mantendo-se as relações através das práticas construtivas, estreitando os laços territoriais.

¹² *Tekoá* é a ortografia Mbyá e Nhandewa, quando *tekoha* diz respeito aos Kaiowá.

3.3 A construção tradicional guarani

Tradicionalmente, as construções na região da Serra do Mar eram feitas apenas com os materiais do território local, da Mata Atlântica. Esse tipo assemelha-se à própria lógica da Mata Atlântica onde os troncos representam a estrutura do bioma; as folhas, a copa, além do telhado, e seus cipós¹³ conectando as árvores e arbustos entre si (Zibel Costa, 1989).

A madeira, fincada no chão e de forma vertical, serve de estrutura principal e secundária. Tradicionalmente, as madeiras utilizadas para a estrutura eram duas espécies da Mata Atlântica ligadas ao sustento dos mundos dentro da cosmologia guarani: o cedro (*yary* em guarani) e o pindó. Como foi repertoriado no Rio Grande do Sul, outras essências são empregadas, em função do ecossistema local, como o xaxim, a araucária, canela ou o louro (Zanin, 2006). A importância cosmológica do pindó já foi exposta, na correlação com as palmeiras azuis, quando o cedro *yary* está relacionado a *Nhanderu*, o criador de mundos (Clastres, 1978). Esta árvore simboliza também a reciprocidade entre a terra e o céu, pois tem um volume equivalente de ramos e raízes (Thurmann Prudente, 2007). O *yary* é também usado para confeccionar objetos rituais na *opy* ou para a medicina tradicional. Por fazer a conexão entre o terrestre e o celeste, entre a vida e a morte, o *yary* serve especificamente para a confecção da parte da canoa no *ambá*, altar na *opy* do Jaraguá, considerada um portal de comunicação com os ancestrais por conter os *Nhe'ẽ* dos Guarani. Quando a casa é revestida com barro, uma estrutura terciária pode ser feita de *takura*¹⁴ e amarrada também com cipó, para facilitar a aderência da terra. A parte de barro é denominada *yvypó*, *yvy* correspondendo a Terra como planeta ou como material e *pó* à palma da mão, *yvypó* significa terra aplicada ou moldada pela mão.

O telhado usava folhas de palmeiras *pindó* ou de sapé, uma gramínea que pode ser cultivada em certas partes. Por ser de fibras naturais, um telhado tinha geralmente uma durabilidade de aproximadamente 10 anos, necessitando de uma inclinação acentuada para garantir essa durabilidade. Por consequência, a manutenção necessária permitia a transmissão da técnica aos mais jovens pela prática. As amarrações entre madeiras ou para prender as fibras do telhado eram feitas com cipó.

Para a atividade construtiva, uma família convocava membros da *tekoá*, em função dos laços de parentesco e afinidades, assim como das aptidões. O núcleo familiar, que se beneficiava com a construção, providenciava a comida para todos os participantes, sendo a ocasião de uma verdadeira festa, praticando a reciprocidade direta. Essa atividade permitia manter as relações próximas dentro da *tekoá* e integrar a coletividade no cotidiano.

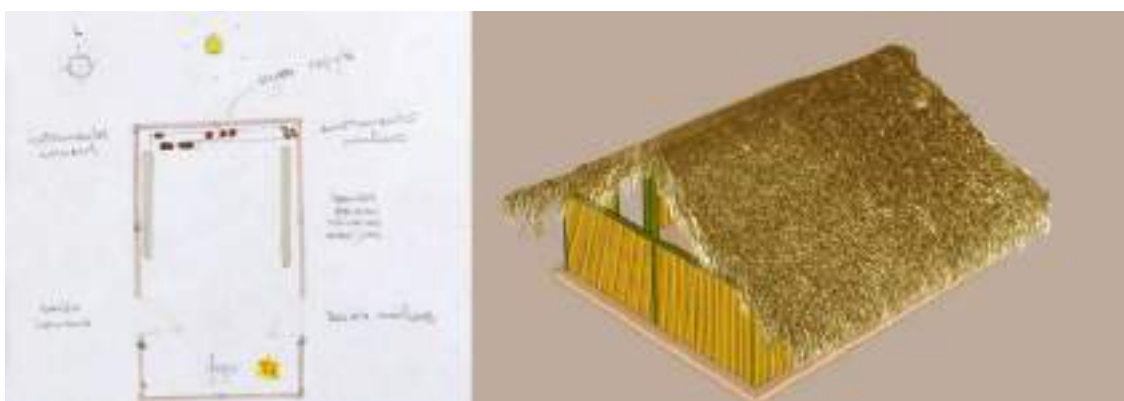


Figura 4. Planta da antiga *opy* da Itakupé; ilustração de um telhado de tipologia tradicional

Na TI do Jaraguá, a *opy* nunca deixou de ser de taipa de mão, a técnica de construção tradicional guarani da região. Esse fato demonstra dois aspectos fundamentais: a importância desta construção para a perpetuação do *Nhanderekó* e, da mesma forma, a importância da

¹³ O cipó é a palavra usual para designar a liana, trepadeira nativa das matas brasileiras.

¹⁴ ou taquara, versão aportuguesada da palavra tupi *takura*, designando um tipo de bambu fino.

técnica construtiva, sendo sistemática para a construção que ancora a comunidade ao território.

Para sua construção, quem decide a localização e orientação é o *xamõi*, o meu avô, a liderança espiritual. Depois, as pessoas são chamadas para um *potirõ* (mutirão), em função das suas aptidões, sendo geralmente os homens que vão realizar a estrutura de madeira e o telhado, as mulheres providenciando a alimentação, os jovens alimentando o fogo em lenha, e os mais jovens trabalhando junto com as mulheres na aplicação do barro. Atualmente, em casos específicos, alguns parceiros *Juruá* podem participar para reforçar os laços de parceria ou introduzir os futuros parceiros em vivências que podem ajudar a perceber melhor a realidade de cada *tekoá*.

O par de pilares que sustentam a cumeeira é fincada diretamente no chão. Essa estrutura corresponde ao casal de avôs que sustentam a comunidade guarani. As madeiras periféricas, estruturais também, formam um retângulo e simbolizam as casas de pais que protegem a comunidade. Vêm, depois, as madeiras mais finas que fecham as paredes que se pode associar à força física das crianças e jovens da comunidade. As casas dos Guarani são então principalmente de madeira, reflexo do ecossistema da Mata Atlântica.

No entanto, devido ao clima na região da Serra do Mar do litoral Sudeste, com épocas mais frias, o uso do barro mediante a técnica construtiva da taipa de mão é mais generalizado. Segundo algumas mulheres, os Guarani, tendo uma conexão forte com a Terra, que lhes dá a energia e força da vida, o barro se faz necessário para trazer a energia para dentro da casa, especificamente da *opy*. Por consequência, o piso precisa ser de barro, para manter o ancoramento, e o barro "se transporta para as paredes" conectando-as diretamente com os espíritos guardiões da terra, protegendo o ritual de rezo que acontece dentro da *opy*. Assim, especificamente durante a etapa de barreamento, as crianças costumam misturar a terra com a água, geralmente excavada perto da *opy*, e juntam-se às mulheres para contribuir com o barreamento. As crianças, tendo uma energia de pureza, é importante que tenha a marca das mãos, e então das suas energias, no material que constitui a proteção dos rituais. Assim, no processo da construção, identifica-se a inserção das três idades: no planejamento pelos mais velhos, na construção da estrutura, pelos homens – viabilizada pelo apoio logístico das mulheres e jovens –, e no barreamento pelas mulheres e as crianças.

Assim, os materiais empregados na taipa de mão correspondem ao ecossistema e vão se assimilar à configuração da própria Mata Atlântica, com o chão, os troncos e a copa. Um conhecimento minucioso do território é necessário, para apontar os lugares onde se extrai certas essências de madeira, as palmeiras ou as gramíneas, as takuaras, que têm um ciclo de vida renovado a cada trinta anos e a terra para artefatos específicos como o *petyngué*, o cachimbo ritual, que pode ser de cerâmica ou de cedro. Tanto os materiais, quanto os tipos e formas de usar os artefatos, fazem referência à concepção cosmológica, reforçando também a indissociabilidade do material e do espiritual no cotidiano, nos ritmos anuais e da natureza, e no próprio ciclo de cada vida humana. Assim, a técnica construtiva nasce da associação do ecossistema com a cultura e a construção tradicional em taipa de mão *se faz território*, material e espiritualmente, perpetuando aspectos do *Nhanderekó* como o coletivo e a reciprocidade, a complementariedade de gênero e de idade, a conexão com o território e a perpetuação do *Nhanderekó*.

4 VARIAÇÕES NA CONTEMPORANEIDADE COMO RESISTÊNCIA TERRITORIAL

Embora os princípios cosmológicos, que levam às formas de vida, sejam muitas vezes os mesmos, existem variações na expressão oral e material ligadas às práticas mitológicas, tanto entre grupos guarani como entre *tekoá* dentro de um mesmo grupo. Essas variações são dinâmicas e vão evoluindo no tempo, acompanhando assim as evoluções culturais próprias de cada grupo.

Esta parte concentra-se na evolução das arquiteturas contemporâneas na TI do Pico do Jaraguá. Evidenciam aqui as variações identificadas nas últimas décadas tanto no tipo

quanto nos materiais empregados, e como a declaração da TI do Jaraguá impactou nestas soluções. São expostas algumas inovações que surgiram com relação ao tipo da *opy* e com relação à cultura construtiva e os materiais e técnicas associadas.

Em termos do tipo, na TI do Jaraguá, as *opy* podem ter um formato retangular, conforme ao modelo tradicional, como foi implementado para a antiga *opy* na Tekoá Itakupé, ou apresentar a parede oeste com um formato arredondado. Sendo a parede onde se localiza o fogo, esse formato permite que todas as pessoas possam aproveitar do calor com a mesma intensidade. Essa inovação foi realizada pelo líder espiritual José Fernandes, na TI Tenondé Porã, ao sul do Município de São Paulo, em Parelheiros, TI parceira da TI do Jaraguá. Por ser efetuada por um líder espiritual reconhecido por grande parte das aldeias da região, esta inovação foi difundida pelos discípulos em diversas comunidades. O *ambá*, também é inovação do xamô Jejó, da TI Ribeirão Silveira, mais próxima ao litoral, de quem o líder Fernandes foi discípulo. Esse altar é composto de uma cruz, que representa as quatro orientações terrestres, um arco com penas, o *apyká*, que faz conexão com o *Nhanderu*, e a canoa. Por ser inovação de um clã específico, também foi difundida, pelos discípulos, e não se encontra em outras aldeias Mbyá, mais ao Sul ou Oeste, apesar de ser do mesmo grupo guarani. A parte de cima da parede leste é geralmente de fibras e não revestida, de tal forma que, os primeiros raios do sol possam entrar de manhã na *opy*, tocando o chão de terra e o *ambá* para purificá-los.



Figura 5. Opy da Yvy Porã; ilustração da planta com a parede oeste redonda e o *ambá*

Em termos de técnica construtiva, no momento da criação das Tekoá Ytu e Tekoá Pyaú, as condições eram precárias, com poucos recursos naturais disponíveis, o Parque Estadual estava interditado para extração das matérias-primas para a construção tradicional. Por consequência, soluções de construção utilizando tipos e materiais convencionais foram implementadas por ONGs e programas institucionais. Os resultados destas intervenções foram mitigados: de acordo com alguns representantes da comunidade, estas construções, embora respondendo a uma situação de emergência, não correspondem ao *Nhanderekó* por serem empregados materiais industriais. As casas cujos tipos mais se aproximavam ao *Nhanderekó*, configuradas num quarto, foram feitas de tábuas cortadas e pregadas, desconsiderando a importância de entender a procedência material e espiritual dos materiais. As casas, implementadas pelo programa CDHU¹⁵, foram impostas pelo governo sem muita concertação com a comunidade, segundo os interlocutores encontrados. São casas de tipo implementado no meio rural, com quartos, sala, banheiro e cozinha unifamiliar, individualizando o cotidiano das famílias. Sendo de bloco cerâmico, foi também denunciado o fato de tirar a autonomia, deixando os Guarani dependentes dos materiais industrializados, vindos de fora. Do ponto de vista da percepção da comunidade pelos não-indígenas, os Guarani queixam-se de que as *tekoá* mais antigas são percebidas como favelas e não *tekoá*.

¹⁵ Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo



Figura 6. Exemplo do modelo de casa do programa CDHU realizada na Tekoa Ytu: casa de tábuas realizada pela ONG Teto na Tekoá Pyau, personalizada pelos membros da comunidade com pinturas tradicionais e, na Itakupé, personalizada por um grupo de grafiteiros (Crédito: Thiago Lopes Ferreira)

Com a declaração da TI em 2015, num contexto de relativa estabilidade fundiária, os Guarani empreendem atividades de construção destinadas a afirmar sua identidade e cultura no território, o que inclui o uso de técnicas tradicionais de construção que constituem um marco paisagístico específico para as comunidades mais recentes. No entanto, a demarcação tem, por consequência, fixar as comunidades em espaços muitas vezes restritos, impactando na disponibilidade de certos recursos, particularmente no que diz respeito às espécies vegetais que, às vezes, têm ciclos de vida longos, como a takuara. Especificamente, a TI do Pico do Jaraguá tem sua biodiversidade alterada, devido a um processo de monoculturas sucessivas e urbanização acelerada. Por consequência, os recursos para a construção tornaram-se mais escassos. Numa dinâmica que garante a sobrevivência do grupo, os Guarani do Jaraguá adaptam suas técnicas ao contexto local. Em suas *experiências de atualização cultural* (Gallois, 2006, p.21), os Guarani procuram utilizar materiais locais ou ecológicos com o objetivo de ter baixo impacto ecológico e um certo grau de autonomia, garantido, em partícula, pelo acesso a recursos materiais e imateriais como o conhecimento e saber-fazer associados. Assim, eles garantem uma utilização moderada dos recursos, tanto por razões econômicas como por razões ligadas ao estilo de vida guarani, que advoga certa frugalidade. Por exemplo, eles optam por substituir a madeira tradicional da estrutura principal por eucalipto, às vezes tratada contra invasões de insetos; a estrutura secundária é feita de eucalipto bruto (cortado no local ou comprado localmente); o bambu da estrutura terciária é geralmente substituído por ripas de madeira e as fibras do telhado pelas telhas qualificadas de ecológicas, feitas de fibras vegetais com betume, ou com materiais reciclados.

Diante do desafio de retomar as práticas relacionadas com os recursos locais, tanto materiais quanto do saber-fazer, foi realizada uma atividade em parceria entre a TI do Jaraguá e o HABIS (IAU/USP)¹⁶, da qual participou a autora¹⁷. Esse projeto foi resultado de uma chamada pela comunidade, após a declaração da TI, no objetivo de retomar a aplicação da técnica construtiva tradicional nas casas, a larga escala e com uma perenidade adequada com o contexto contemporâneo local mediante detalhes técnicos específicos. Foi definido junto com a comunidade da Tekoá Ytu que seria construído um banheiro seco que iria também contribuir para enfrentar as condições precárias de saneamento básico. Conversando com eles, foi escolhida a técnica construtiva da taipa de mão, com estrutura principal de madeira e secundária com um trançado de bambu. A terra do barreamento foi adicionado o feno, para diminuir as fissuras e assim dar mais durabilidade. Por fim, foram executados revestimentos de terra e terra estabilizada com cal, trabalhando também a estética guarani nos acabamentos. O resultado foi uma construção realizada em canteiro participativo, onde os membros da comunidade foram proativos, experimentando as soluções propostas. A construção finalizou em novembro de 2017. Apesar de ser muito apreciada e citada como um modelo adequado para casa, o sistema de banheiro seco foi dificilmente apropriado pelos membros da Tekoá Ytu, principalmente no que diz respeito à manutenção do sistema.

¹⁶ Grupo de pesquisa em Habitação e Sustentabilidade do Instituto de Arquitetura e Urbanismo na Universidade de São Paulo, em São Carlos, SP.

¹⁷ Para mais informações, consultar <https://habitatguarani.wordpress.com/>



Figura 7. Realização do banheiro seco em parceria com os membros da Tekoa Ytu, 2017 (Fotos: 01- Marco Murillo Partel, 02-03-04- Autora)

No entanto, na Tekoá Yvy Porã, em 2020, começaram a construir um banheiro seco, utilizando a mesma técnica, com parte da mesma equipe. Foi realizada uma variação na estrutura, combinando a estrutura guarani com as madeiras verticais, porém, mais espaçadas, para inserir a terra misturada com feno. Os membros responsáveis pela realização desta construção seguem em contato com a autora para implementar essa solução específica ao barreamento e os acabamentos em novas casas, também previstas para ser realizadas em taipa de mão.



Figura 8. Reprodução do banheiro seco e alteração do espaçamento da estrutura secundária para a aplicação do barreamento com feno, Tekoa Yvy Porã, 2021 (fotos da autora)

A maioria das casas conservam o desenho de um quarto único, com uma estrutura de madeira elevando as casas do chão para limitar o risco de subida da umidade por capilaridade na terra, e contando com varandas de madeira. Com relação à base das paredes, foi indicada a execução de uma base de parede com um material que possa resistir à água. Implementou-se assim o bloco de cimento na base das paredes da nova cozinha acoplada com o ateliê coletivo. Uma das casas construídas foge do padrão guarani, segundo o proprietário, que atua com autoconstrução, por ter vários cômodos e uma cozinha. Ele considera que é uma adequação entre o tradicional e o convencional, empregando materiais que possibilitam ser autônomo e proativo na construção. Neste caso, a estrutura de madeira é eucalipto, o que evita o corte da madeira local, poupando o ecossistema local e evitando a negociação com os guardiões espirituais locais.



Figura 9. Detalhes de inovação para as bases de parede, com bloco de cimento ou elevando a construção, Tekoa Yvy Porã, 2021

Para o fechamento das paredes, alguns núcleos familiares escolheram fechar provisoriamente as paredes com placas de madeirite e outros já com a própria taipa de mão. Nesse caso, no que diz respeito à estrutura terciária, uma inovação já implementada desde alguns anos nas *opy* da TI é, como foi mencionado, a utilização de ripas do mercado local,

tendo em vista que as takuaras são escassas no território. Outra inovação é a utilização de varas de jovens cafeeiros, para limitar os gastos na compra de um material industrial. Essas árvores foram introduzidas nesta região do Jaraguá, na época da produção de café, assim como o eucalipto, para a produção de celulose. Os Guarani, tendo como objetivo de, ao médio e longo prazo, substituir as espécies introduzidas por espécies nativas, e os jovens cafeeiros apresentando varas retilíneas e de formato regular, estas foram cortadas e utilizadas no lugar da takuara. Para substituir o cipó, desde alguns anos, os membros da comunidade usam arames e pregos que são mais fáceis de obter. No momento da escrita deste artigo, os Guarani da Tekoá Yvy Porã estão implementando o barreamento com terra misturada com feno em diversas construções e estão experimentando a aplicação de revestimentos de terra.



Figura 10. Estrutura terciária de takuara fixa com pregos, de ripas, e de jovens cafeeiros com arame

5 CONSIDERAÇÕES

Segundo Ladeira (2008, p. 137), os Guarani "não atribuem o mesmo tipo de valor a um espaço produzido por tecnologias alheias que não foram incorporadas por eles". O caso de uso dos jovens cafeeiros é uma destas soluções experimentadas em função dos recursos locais, adequando-se com o objetivo de manutenção do meio ambiente local. Ainda segundo essa autora (*Ibid*, p.184), a "constante busca de alternativas para manterem um padrão cultural guarani, em condições tão adversas, leva-os, muitas vezes, a encontrarem soluções criativas e originais, com o uso de elementos que, deslocando de sua condição de 'exterior', vão incorporando como formas de vida". A prática construtiva realizada com o HABIS junto aos Guarani há, com o passar do tempo, demonstrado sua eficiência e contribuindo com a técnica construtiva tradicional, propiciando a apropriação dos elementos considerados pertinentes pela comunidade. Assim, as diversas soluções podem ser implementadas na conjugação dinâmica de aportes de outros grupos, experimentações e apropriações em termos de tipologias e materiais disponíveis no contexto específico.

Parte desse processo, as dinâmicas variam também, associando a inserção de brigadas de Guarani dedicadas à manutenção do habitat dentro da aldeia, com mutirões dos membros da *tekoá* e dos parceiros *Juruá*. Num objetivo de autonomia, os Guarani procuram recursos para a compra dos materiais necessários mediante editais ou a arrecadação de recursos com campanhas solidárias para implementar suas próprias inovações. Podem ser estabelecidas alianças com outros povos, incluindo os *Juruá*, que apresentam conhecimentos que os Guarani consideram relevantes para seus direitos, territórios, modos de vida e habitats, conhecimentos que podem alimentar o *Nhanderekó* no contexto territorial, ambiental e político. Assim, em relação ao habitat, eles estabelecem alianças no campo da permacultura, da agroecologia ou da arquitetura ecológica, fortalecendo também uma rede de parceria com o *Juruá*, atualizando as redes de colaboração não só dentro das comunidades mas também com o território mais amplo e seus atores.

Pelo fato da TI ser reduzida com relação ao modo de vida tradicional, os Guarani procuram inovações na cultura construtiva em termos de materiais, processos e redes, buscando a coerência com o *Nhanderekó*, a cosmologia, o ecossistema e favorecendo a autonomia. Pelas recentes experiências de atualização cultural, afirmam sua identidade cultural resistindo frente ao avanço da metrópole hegemônica de São Paulo no território.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLASTRES, Hélène (1978 [version française 1975]). Terra sem mal. São Paulo: Editora Brasiliense.
- EQUIPO MAPA GUARANÍ CONTINENTAL (2016). Cuaderno mapa guaraní continental: pueblos guaraníes en Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay. Campo Grande: Gráfica Mundial.
- GALLOIS, Dominique T. (org) (2006). Patrimônio imaterial e povos indígenas. São Paulo: Iepé.
- GOÉS, Paulo Roberto Homem de (2018). Morfológicas: um estudo etnológico de padrões socioterritoriais entre os kaingang (dialeto Paraná) e os Mbya (litoral sul). Tese de doutorado em Antropologia. Brasil: Setor de Ciências Humanas da Universidade Federal do Paraná.
- GRÜNBERG, Georg (coord.) (2008). Guaraní Retã, povos Guaraní na fronteira Argentina, Brasil e Paraguai: UNaM, ENDEPA; CTI, CIMI, ISA, UFGD; CEPAG, CONAPI, SAI, GAT, SPSAJ, CAPI.
- GUARANI, Jerá (2020). Tornar-se selvagem. PISEAGRAMA, Belo Horizonte, número 14, p.12–19.
- LADEIRA, Maria Inês (2008). Espaço geográfico Guaraní-Mbyá: significado, constituição e uso. Maringá PR: Eduem; São Paulo: Edusp.
- MELIÁ, Bartomeu (1981). El "modo de ser" guaraní en la primera documentación jesuítica (1594-1639). In: Revista de Antropología, Vol. 24, p.1-24.
- NOELLI, F. S.; VOTRE, G. C.; SANTOS, M. C. P.; PAVEI, D. D.; CAMPOS, J. B. (2019). Ñande reko: fundamentos dos conhecimentos tradicionais ambientais Guaraní. In Revista Brasileira De Linguística Antropológica, 11(1), p.13-45.
- PIMENTEL, Spensy Kmitta (coord.) (2013). Resumo do relatório circunstanciado de identificação e delimitação da Terra Indígena Jaraguá. In: Diário Oficial da União, Seção 1, nº82, 30/04/2013.
- RAMIRES, Lídio Cavanha (2016). Processo próprio de ensino-aprendizagem Kaiowá e Guaraní na Escola Municipal Indígena Nandajara Pólo da Reserva Indígena Te'ýikue: saberes Kaiowá e Guaraní, territorialidade e sustentabilidade. Dissertação de mestrado em educação. Brasil: Universidade Católica Dom Bosco de Campo Grande.
- SCHADEN, Egon (1974 [1913]). Aspectos fundamentais da cultura Guaraní. São Paulo: USP.
- THURMANN PRUDENTE, Letícia (2007). Arquitetura Mbyá Guaraní na Mata Atlântica do Rio Grande do Sul: estudo de caso do Tekoá Nhüu Porã. Dissertação de mestrado. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TUPÃ POPYGUÁ, Timóteo Verá (2017). Yvyrupa, A terra uma só. São Paulo: Editora Hedra.
- ZANIN, Nauíra Z. (2006) Abrigo na natureza: construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas. Dissertação de mestrado em Engenharia. Brasil: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ZANIN, Nauíra Z.; SATTLER, Miguel Aloysio. (2007). Construções Mbyá-Guarani: processo construtivo como fortalecedor da sustentabilidade. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Campo Grande: ANTAC, p1238-1247.
- ZIBEL COSTA, Carlos (1989). Habitação Guaraní: tradição construtiva e mitológica. Tese de Doutorado em Arquitetura. Brasil: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

AUTORA

Anaís Guéguen Perrin é doutoranda em arquitetura no CRATERRE/ AE&CC/ ENSAG/ UGA (França) em cotutela com o HABIS/ IAU/ USP (Brasil); membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil; como arquiteta e construtora, trabalha com arquitetura e construções ecológicas, incluindo projetos de interesse social, sensibilizações, pesquisa, no meio rural e em comunidades indígenas. Currículo completo em <http://lattes.cnpq.br/5617480606271650>

HABILITACIÓN DE BODEGA EN TIEMPOS COVID

Pilar Silva Mondselewsky

Red Iberoamericana PROTERRA/Tierractual.cl, ipilarsilvam@gmail.com

Palabras clave: reutilizar, rehabilitar, aislar térmicamente.

Resumen

En una localidad precordillerana de Santiago de Chile y con una tradición de más de 40 años construyendo en forma autodidacta con técnicas mixtas de madera y tierra, se propone revisar el caso específico de un proyecto a través de la rehabilitación de una sencilla y antigua construcción adosada a una pared de piedras que cumplía las funciones de bodega. El relato en este artículo da cuenta de las transformaciones constructivas realizadas para convertirlo en un espacio de trabajo para recibir pacientes psicológicos. El desafío mayor era hacerlo en tiempos de confinamiento, con escaso acceso a la compra de insumos y escasa mano de obra, no obstante, debía cumplir con estándares de mejoramiento estructural, aislamiento térmico, iluminación natural y buenas terminaciones para hacer de esta bodega un lugar acogedor para la atención de pacientes. Esta obra se realizó entre marzo y diciembre 2020 (con pausa de cuarentena de cinco meses), lo que significó un desafío y una oportunidad de reutilizar todos los materiales transformándolos.

1. INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Ecológica de Peñalolén en Santiago de Chile, las obras de tierra son relativamente recientes, de entre 30 a 40 años, realizadas en una época que sobrevaloró la construcción con materiales industrializados y artificiales, en desmedro de las técnicas tradicionales con materiales naturales. Este factor aumenta la posibilidad de encontrar malas prácticas constructivas, y, el hecho de ser una bodega, también hacía prever la posibilidad de descuido.

La rehabilitación de esta pequeña y modesta construcción fue abordada inicialmente con dibujos y observando superficialmente, con testeos básicos, cómo había sido construida. La primera etapa de diseño dificultó por no tener acceso a los detalles constructivos. Sin embargo, esto no fue impedimento para realizar la rehabilitación, ni tampoco las cuarentenas preventivas por la pandemia del covid-19, que ralentizaron el proceso. Ambas dificultades se enfrentaron desde la gran virtud de la construcción con tierra, que es su capacidad para ser reutilizada.

Este proyecto puso en valor el desafío del reciclaje material, de la adaptación a los recursos disponibles y de la importancia de restablecer de forma segura y rigurosa la técnica de la quincha de madera con tierra.

2. OBJETIVO

El desafío fue transformar un espacio construido solo para guardar cosas, en un espacio habitable, a partir de lo disponible como material de construcción reutilizable en la propia bodega, y con el desafío de comprar la menor cantidad de materiales posible, que estuviera disponible en un entorno cercano, de preferencia material no contaminante y de bajo impacto para el medio ambiente.

También fue un objetivo revisar y corregir la forma de construir con tierra, mejorar estructuralmente el encuentro entre los muros de tierra y el adosamiento a un muro de piedras que originalmente solo tuvo fines delimitadores de terreno.

3. DESARROLLO

3.1 Levantamiento del inmueble existente

Se midió y dibujó completamente todos los componentes del volumen construido, en planta, cortes y elevaciones. En este caso como el espacio era pequeño; los elementos constructivos no eran muchos y se apreciaban fácilmente los criterios estructurales con que fue construido. Las terminaciones dejaban ver la obra gruesa por lo que se revisó superficialmente todo lo que se podía, sin destruir, para elaborar la primera propuesta de diseño. Aun sin desarmar, se desconocían los detalles de la forma de construcción.

Observando lo que había en el lugar, se prefirió a un proyecto económico, que consideraba la puesta en valor de los recursos y atributos existentes, tanto del lugar como de la construcción vernácula allí presente.

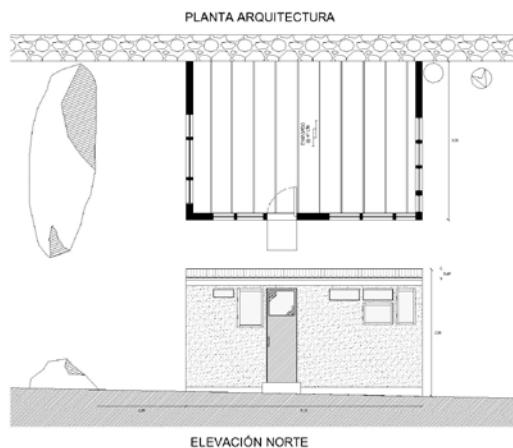


Figura 1. Planos de levantamiento y vista de la bodega en situación inicial.

3.2 Elaboración de planos

A partir de la bodega construida se diseñó el espacio óptimo para desarrollar la actividad encargada; la propuesta fue mantener tres de los cuatro muros existentes, dos de quincha madera-tierra, y uno de piedras. Se propuso demoler la fachada norte, para generar allí la mayor superficie de ventanas que favorecieran la luz y calor del norte, y reutilizar ese barro para los nuevos elementos (figura 2)

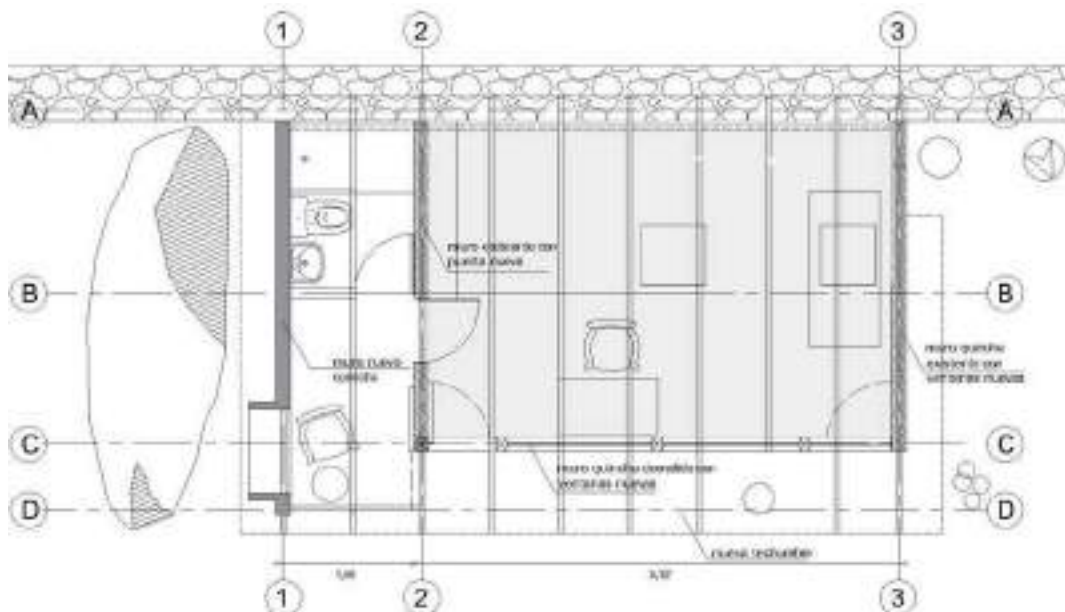


Figura 2. Ampliación bodega

En términos constructivos se propuso lo siguiente:

- a) Rediseñar la cubierta reutilizando la madera de la cubierta existente para la elaboración de las nuevas cerchas, esta vez con una altura mayor para albergar un aislamiento compuesto por fardos de paja.
- b) Construir un nuevo muro de quinchá paralelo al existente por el oriente para agregar un baño y un pequeño espacio de espera.
- c) Revisar para reforzar estructuralmente el encuentro del muro de quinchá con la pirca¹.
- d) Construir una nueva fachada norte, demoliendo la de barro existente, para abrirla con grandes ventanas hacia la luz y el paisaje mientras se mantiene un almendro pegado a la fachada.

3.3 Obra

La obra comienza destapando los muros exteriores de quinchá que interiormente estaban revestidos con placas de terciado de pino. Detrás de la madera se encontró una lámina de plástico, que no aporta nada, más allá de la creencia que el plástico sirve como impermeabilizante. Ésta fue retirada para que el muro de quinchá pueda eliminar humedades naturalmente.

En la parte superior de la pared de piedras también se había cerrado con placas de terciado, aparentemente para buscar una línea pareja de apoyo para la cubierta. Detrás de la madera había barro como fachada exterior sobre la pared de piedra, sin ninguna estructura de apoyo.

En este momento, cuando la obra ya tenía expuestos sus detalles constructivos es que se hizo posible evidenciar las malas prácticas, o, en este caso, las prácticas descuidadas asociadas a un espacio inhabitado como es una bodega.

Como en cualquier remodelación, recién en estas condiciones, fue posible, y de manera completa, elaborar estrategias de mejoramiento y reutilización de aquello que estuvo bien realizado y reemplazar o mejorar lo que estuvo pensado con otros fines, o equivocadamente.



Figura 3. Situación original pared de piedras interior bodega y muro norte con placa interior

3.4 Elaboración del proyecto revisado

La pared de piedras (pirca) existente había sido construida originalmente para delimitar uno de los bordes del predio, no para ser un muro de un espacio interior, ni menos para recibir el peso y apoyo de una techumbre. Por lo tanto no tenía terminaciones para ello, ni siquiera

¹ La pirca es un muro construido con piedra, dichas piedras son asentadas en una mezcla de tierra.

estaba bien nivelada. Para la parte de la bodega se había nivelado la pared de piedras con trozos de terciado por dentro y barro por detrás, como se aprecia en la figura 4.

Para corregir esta falla estructural se procedió a nivelar la pared de piedras subiendo su altura hasta una horizontal reforzada con una viga de cemento con refuerzos metálicos, para recibir el peso de la cubierta.



a)



b)

Figura 4: a) pircas desde el exterior, en estado original; b) diseño final de la pircas nivelada y nueva cubierta (crédito: Tomás Munita)

Visualizado el encuentro entre muro de tierra y pared de piedras, se verificó que este era un simple apoyo. Entonces se diseñaron esquinas que unen ambos muros, por medio de barras metálicas de sección redonda de 8 mm, grapadas a la estructura de madera, que penetran en la pared de piedras 10 cm, ancladas en el sustrato de cemento con resina especial. Estos conectores se dispusieron cada 50 cm (figura 5). Encima de esto se aplicó un revestimiento de tierra y para finalizar una diagonal de madera del ancho del muro.



a)



b)

Figura 5: a) unión del muro de quincha con pircas; b) detalle de barras metálicas penetrando la pircas

Para el diseño de la cubierta apoyada en pared de piedras, se revisó con el ingeniero calculista. Se diseñó una cubierta liviana para no ejercer demasiada carga sobre el muro de piedras. Se reutilizó la madera de las cerchas existentes, pero esta vez se construyen unas que serán más altas para albergar una aislación con fardo de paja, que es liviano y eficiente. En esta zona se encuentra fardo barato porque hay un centro ecuestre a menos de 4 km.

Se descartan las placas de terciado de pino y los plásticos encima del barro y detrás de placas; el barro interior se encuentra en buen estado, pero hay presencia de grandes huecos que se rellenarán con barro que salió de la demolición del muro norte y que se terminarán con revoques de tierra.

Se abren nuevas ventanas en el muro poniente de quincha para la nueva sala, respetando la posición de la estructura de madera existente, y reforzando con premarcos de roble de demolición que tenía la propietaria.

En la fachada norte, que fue demolida, se instalan pilares de roble de demolición y un antepecho de quincha con listones a la vista, todo esto sobre un piso de cemento existente.

El piso de cemento existente se constata en buen estado, pero se incluye, como terminación, la aplicación de mini baldosas de arcilla que tenía guardadas la propietaria.



Figura 6. Armado de la nueva fachada norte y nueva cubierta con cerchas prefabricadas en obra con maderas recicladas de la cubierta anterior

4. CONSIDERACIONES FINALES

La situación de confinamiento por pandemia de covid-19 dio la posibilidad de extremar la idea de construir recuperando la mayor cantidad de elementos y comprando lo menos posible de materiales. Tal y como fue expuesto anteriormente, se reciclaron maderas de la cubierta existente para la construcción de nuevas cerchas, barro del muro demolido para relleno y revestimiento de muros nuevos, maderas de roble de demolición para estructura de muro nuevos; se reutilizaron ventanas, puertas, baldosas artesanales de cemento y minibaldosas de arcilla que la propietaria tenía apiladas en la bodega. Se reutilizó también guano de caballo para mezclar con la tierra recuperada del muro demolido, tamizada para los revestimientos de tierra y fardos de paja para aislamiento térmico de la techumbre.

La madera, pero sobretudo el barro, tienen muchas vidas. Con el clima de esta localidad, la madera estuvo bien cuidada de la extrema humedad, que la pudre, y del exceso de insolación, que la reseca y termina debilitándola, contribuye a esto que la madera se protege de ambos agentes, sol y humedad, con el revestimiento de tierra.

La tierra, mezclada solo con arena y fibras naturales puede deshacerse simplemente con agua y volver a utilizarse.

Se puede ver en el trabajo de rehabilitar este espacio, que la tierra y la madera permiten reutilización material, disminución de basura, mejoramiento de la calidad en la construcción y efectos de habitabilidad sana. Todo esto si se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- A. La tierra para rellenar muros puede reutilizarse, pero hay que tener el debido cuidado de no impermeabilizarla, pues esos aditivos podrían alterar la mezcla final. Tampoco es necesario agregar plásticos a la superficie de los muros, pues más que frenar humedad puede estancarla dentro.
- B. Los revoques de tierra deben quedar cubriendo de forma pareja la superficie, sin fisuras ni espacios que permitan anidación de insectos o acumulación de basuras que puedan ir degradando la superficie y/o permitiendo que penetren agentes patógenos hacia el interior de los muros.

Con respecto a la pared de piedras, se pudo recuperar completamente y afianzar a los muros de tierra. Ésta había sido realizada de manera rústica, conformada por piedras filosas de pre cordillera, de tamaños irregulares, entre ellas había huecos también irregulares en tamaño y forma. Como estas características favorecerían la guarida de insectos y acumulación de polvo y otras basurillas propias se optó por darles una terminación con revestimiento de tierra, que rellenara todos los huecos entre piedras y ayudara a generar una capa continua que dejaba aparecer eventualmente las piedras más asomadas.

Esto se realizó con una mezcla combinada entre tierra y guano de caballo que se pudo recoger en los alrededores del centro ecuestre cercano. Esta mezcla favoreció que no se fisurara el revestimiento (figura 7).



Figura 7. Terminación interior de la pirca con revestimiento de tierra y diagonal de refuerzo de madera entre muro de quincha y pirca (crédito: Tomás Munita)

Se pudo comprobar en la organización de la obra, que aun cuando no se pudo cumplir con la planificación inicial por los tiempos de confinamiento, se pudo trabajar sin dependencia de comercios de construcción, sin necesidad de arrendar maquinaria especial, ni fletes de materiales. Por otro lado, tomando precauciones de cubrir para proteger de lluvias, el proceso podía interrumpirse sin ver mermada la calidad de los elementos constructivos ni la necesidad de plazos restrictivos. La tierra puede ser un material de construcción de eso lento, que se adapta a los ritmos de vida.

También se comprobó que puede planificarse una obra pequeña de estas características en etapas diferidas. Esta obra se realizó entre marzo y diciembre 2020 (con pausa de cuarentena de cinco meses por un equipo conformado por dos personas). Debido a que la cuarentena se inició en tiempos de otoño se dejó preparada la obra gruesa, y bien guardadas la tierra a recuperar. Cuando se pudo regresar en primavera, fue cuando se retomaron los rellenos de muros y revestimientos con tierra. Desde la primavera, con las temperaturas más templadas y cálidas, el trabajo de embarrar los muros se hace más rápido y es más eficiente pues también seca antes

La tierra es un material vivo, que tiene sus tiempos de preparación, de instalación, de secado, etc. Sin embargo, permite trabajarse en distintos momentos y a distintos ritmos. Una tierra será eterna y podrá reutilizarse infinitas veces con acabados finos y con cualidades térmicas inigualables.



a)



b)

Figura 8: a) Fachada poniente y nueva fachada Norte desde el interior; b) nueva fachada norte desde el exterior (crédito: Tomás Munita)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Gerardo Fercovic, ingeniero calculista de la obra, quien confía y trabaja para que estos sistemas de construcción, que no encuentran sustento en la normativa chilena puedan salir adelante y responder a las altas exigencias sísmicas frecuentes del país.

AUTORA

Pilar Silva Mondselewsky, arquitecta con estudios de doctorado en proyectos de arquitectura en la forma moderna Universitat Politècnica de Catalunya; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, Profesora de la Universidad Central de Chile, y Directora del estudio de arquitectura y construcción con tierra Tierractual Ltda.

Tema 4

Enseñanza, capacitación y transferencia tecnológica

Trabajos que presentan resultados de acciones particulares o institucionales vinculadas a estas actividades, tales como: proyectos de extensión universitaria; discusión y contribución sobre prácticas, experiencias y modelos de capacitación, transferencia tecnológica, planes de enseñanza, banco de datos. etc.



CASA-VA¹.

LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA DESDE LAS PRÁCTICAS EN EL TERRITORIO CON LA UNIVERSIDAD

Jessica Mesones¹, Claudia Varin², Gabriela Vazquez³

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar, Uruguay.

¹jessimesones@gmail.com; ²claudiavarin@gmail.com; ³gavazquezt@gmail.com

Palabras clave: co-construcción con tierra, asesoramiento situado, ecología de saberes, vivienda en la emergencia

Resumen

Este texto trata de la universidad, los sujetos y las emergencias habitacionales. Sistematiza una experiencia en proceso. Pone foco en las mujeres, las posibilidades y el acceso a la construcción con tierra en el cruce de las políticas públicas actuales. La experiencia se sitúa en la localidad de Casavalle, zona periférica al Norte de la ciudad de Montevideo. Se enmarca en el Programa Prácticas en Territorio (PPT) dentro de la línea de trabajo de atención a la vivienda y el hábitat en la emergencia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), de la Universidad de la República (Udelar), Uruguay. Se presentan dos casos de familias encabezadas por mujeres jefas de hogar que forman parte del colectivo de la Huerta Comunitaria de Casavalle. Las demandas corresponden a un realojo habitacional y a una ampliación de vivienda. La tierra es el material seleccionado por las familias por su bajo impacto ambiental y facilidad de acceso. En la academia el proceso nutre diferentes espacios de formación e investigación, entre estos: tesis de maestría que aborda la técnica mixta como técnica constructiva para la producción social del hábitat y pasantías integrales de grado. El abordaje se propone participativo, sostenible y práctico-resolutivo, adecuado a la situación socioeconómica, a los intereses y necesidades de cada familia desde una metodología de co-construcción del conocimiento y ecología de saberes. Los aciertos que emergen del análisis de las prácticas, pretenden ser insumos para procesos donde la tierra, las mujeres y la autoconstrucción se pongan a dialogar. Se propone a la tierra como tecnología válida para la autoconstrucción de mejoras habitacionales en contexto de precariedad socio urbana habitacional a la vez que empodera el rol de promotoras de prácticas culturales en las mujeres asociadas al fomento de capacidades instaladas en el territorio.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 La autoconstrucción en la producción de vivienda social

En América Latina más del 90% de las construcciones no cuentan con asesoramiento técnico; los arquitectos, muchas veces, están subempleados y cuentan con escasa formación y praxis en problemáticas sobre vivienda popular (Articardi, 2019). A nivel regional se reconoce una gran cultura arraigada en la autoconstrucción: dos de cada tres viviendas de las ciudades latinoamericanas son construidas por las familias (Arévalo et al, 2013).

Según Pelli (2001, p. 5), de los variados significados que se le ha encontrado a la palabra autoconstrucción, todas tienen en común la inclusión de los habitantes en el proceso de producción de su propia solución habitacional. Este núcleo es sólido y marca una profunda diferencia con todas las propuestas de gestión habitacional que excluyen al habitante del proceso de resolución.

En este sentido se busca la apropiación en la producción social del hábitat. Según define Ortiz (2010), se habla de procesos generadores de espacios habitables, componentes urbanos y viviendas, que se realizan bajo el control de autoprodutores y otros agentes

¹ Casa va, el término hace alusión a la localidad de "Casavalle" y al sentido lúdico de aportar a la construcción de casas

sociales que operan sin fines de lucro.

Uruguay no escapa a esta situación. La autoconstrucción familiar y el sistema cooperativo de ayuda mutua tienen larga data en el territorio, con resultados disímiles según el contexto en el que se realiza. La autoconstrucción se presenta como una solución económicamente accesible que posibilita el acceso a un espacio habitable, o la mejora del espacio construido.

En la localidad de Casavalle son varias las viviendas que se construyen de esta forma. La ausencia de asesoramiento técnico y de mano de obra especializada, en muchos casos, genera patologías en las construcciones que en el mediano plazo hacen a la edificación más costosa e insegura. Se observan problemáticas en lo referido a los sistemas estructurales, impermeabilización, ventilación, confort higrotérmico, entre otros. Los escasos recursos empleados por las familias, no siempre, son utilizados de la mejor manera por falta de asesoramiento adecuado y capacitación.

Los esfuerzos que realizan las políticas públicas para el acceso a la vivienda social son insuficientes y se vislumbra un desafío hacia la mejora y la reflexión. Las instituciones gubernamentales brindan canastas de materiales e insumos para la ejecución de mejoras habitacionales que pueden significar soluciones parciales a los problemas planteados. Se destacan, por su vinculación con el proyecto, las canastas otorgadas desde: el Fondo de Emergencia de Materiales, el Programa de Mejoras Urbanas, el Programa de Asistencia Básica a la Ciudadanía de la Intendencia de Montevideo y el Plan Juntos del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial. Sumar a estos esfuerzos la socialización de sistemas constructivos apropiados y apropiables para que las familias puedan autoconstruir sus viviendas con soluciones de calidad, permite disminuir costos de mantenimiento, mejorar la calidad de vida y asegurar la optimización de los recursos. En estas articulaciones se pueden continuar generando acciones que contribuyan a integrar poblaciones que aún quedan excluidas de las políticas públicas pensadas para el acceso a la vivienda.

1.2 El contexto de emergencia: alternativas de cambio y mejora

En el contexto actual, la covid19 agrava la vulnerabilidad habitacional y exacerba la situación compleja de la vivienda. La pérdida de puestos de trabajo, el hacinamiento, la convivencia y otros factores son resultados del eslogan “quédate en casa” propio de la alerta generada por el gobierno para disminuir los contactos físicos. La vivienda sufre un cambio programático que excede las funciones para la que fue construida. La misma se transforma en espacio de trabajo, habitación, educación, recreación, descanso y todas las actividades que desarrollan cotidianamente los seres humanos.

Como estrategia de acción, ante la situación habitacional, se diseña un dispositivo académico denominado Consultorio de Atención a la Vivienda y el Hábitat en la Emergencia (CAVHE), en el marco del PPT (2019-2021), de la FADU en articulación con el Programa Integral Metropolitano (PIM) de la Udelar.

En la práctica, se trabaja a través de la vinculación con organizaciones barriales, las cuales derivan casos de trabajo asociados a problemáticas habitacionales; hacinamiento, patologías constructivas, carencia en instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias, entre otras. Cada situación se presenta en su contexto particular según los recursos de las familias y sus capacidades en el campo de la autoconstrucción.

1.3 Tecnologías para la inclusión social: circunstancias y legitimaciones en el asesoramiento situado

En el análisis de los procesos de diseño, producción, implementación y gestión de tecnologías para la inclusión social (TIS), la co-construcción² logra integrar los aspectos sociales, tecnológicos y contextuales. Los elementos tecnológicos generan cambios en las relaciones sociales y éstos se retroalimentan para una mejora continua en un proceso de participación y socialización socio-técnica (Pinch; Bijker, 1987; Thomas, Fresoli, 2009;

² Co-construcción refiere a un proceso de construcción colectiva, social y activa

Vercelli; Thomas, 2007; en Thomas, 2012).

Este marco de acción se complejiza cuando cada parte presenta intereses situados en sus realidades. Los procesos socio-técnicos se manifiestan como disputas, presiones, resistencias, negociaciones, controversias y convergencias que van conformando un contexto heterogéneo entre actores, conocimientos y artefactos materiales, agravados por la situación socioeconómica.

Se trabaja desde un abordaje participativo, sostenible y práctico-resolutivo adecuado a la situación socioeconómica, a los intereses y a las necesidades de cada caso, y vinculando las distintas instituciones y programas existentes como apoyo, nos posicionamos desde la co-construcción como estrategia metodológica para diseñar un proceso apropiado y apropiable.

Es complejo definir un modelo de gestión, un tipo de tecnología y un proceso de construcción adecuado para la vivienda de interés social en la emergencia ya que se requiere diversos modos de gestión según sus necesidades, intereses y posibilidades. El asesoramiento situado (Alves et al, 2020), contempla singularidades del hábitat, dimensiones espacio-temporales, busca y construye soluciones ajustadas a cada contexto.

Matus (1987) se basa en la definición de Ortega, quien menciona que para entender el pensamiento del otro debemos comprender su circunstancia. El asesoramiento situado es un diálogo con la situación que coexiste con el otro. Se diferencia un diagnóstico tradicional a una explicación situacional. El diagnóstico tradicional se realiza desde un lugar encerrado en su propia visión, en cambio, la apreciación situacional es un diálogo entre los actores conscientes del contexto situacional que convive con una realidad conflictiva y admite a su vez otros relatos. Utilizar el asesoramiento situado como estrategia de gestión favorece el reconocimiento y legitimación de los otros y sus saberes en circunstancias vitales tan adversas.

1.4 La elección de la técnica: contexto de un texto

Esta experiencia parte de la confianza de dos personas, vecinas del colectivo de la huerta comunitaria Casavalle al abrir su intimidad y dejar pasar a la universidad para dar marco a una práctica integral, donde las voces y los saberes se encuentran para construir acuerdos y diseñar colectivamente la experiencia, una ruta de transformación y mejora que pretende ser una guía para el barrio y futuras alternativas.

La primera persona cuenta en una entrevista (FADU en Casavalle, 2021),

Hace 44 años estoy acá en esta zona y sé de muchísima gente que trabaja en su propia casa, que trabaja en la construcción, la vieja y querida construcción [...] reparan su casa, levantan su propia casa, con bloques, con ladrillos, con portland, con arena, con pedregullo, con varillas, entonces, me parece que para poder atraer un poco a estas personas que seguramente a muchos les puede interesar el bioconstruir y puede llegar a hacer una mano de obra propia más económica para sí mismos y también, por qué no, una fuente de trabajo.

Ella es jefa de familia, vive con su pareja y con su hija de cinco años, es artesana y emprendedora; su pareja es instalador eléctrico y trabaja de forma independiente. Los tres viven en un monoambiente de 25 metros cuadrados, una cocina y un baño. La vivienda está construida sobre un contrapiso armado de hormigón, muros con bloques de hormigón y la cubierta es de chapa galvanizada. El espacio presenta patologías constructivas y no cumple con los valores mínimos de transmitancia exigidos según normativa municipal, para ninguno de sus cerramientos, tanto verticales como horizontales.

La segunda entrevistada es jefa de familia, tiene cinco hijos de los cuales dos viven con ella, son adolescentes, estudiantes de 13 y 17 años, tres son mayores de edad y cada uno conforma sus propios núcleos familiares con sus parejas e hijos respectivos. Sus cinco hijos participan activamente del proceso de obra. Ella trabaja cuidando personas mayores de edad y es instructora de yoga. Se encuentra viviendo en un terreno inundable hasta que una amiga y vecina del colectivo de la huerta le ofrece un sector de su terreno para construir su

nueva casa junto a sus dos hijos.

Además de contar con la presencia de los grupos familiares, el equipo universitario y el colectivo de vecinas y vecinos, se articulan intervenciones con la brigada de los Castores³ del Colegio Seminario, la brigada solidaria Agustín Pedrosa del Sindicato Único Nacional de la Construcción y Anexos (SUNCA)⁴ y la Red de Bioconstrucción del Uruguay⁵.

Con ambos grupos familiares se genera un proceso de co-construcción de la demanda, en el cual se produce un diálogo de intercambio donde se identifican los intereses y necesidades de las partes para crear acuerdos de trabajo en conjunto. Este proceso deviene en jornadas colectivas donde se socializan procedimientos de inclusión tecnológica. La proximidad locativa entre las dos viviendas facilita la gestión de materiales, herramientas y mano de obra. Se dialoga sobre diferentes tecnologías y sistemas constructivos apropiados para llevar adelante la mejora habitacional y se acuerda utilizar la tierra como material de construcción. En la figura 1 se puede ver cómo se presentan las técnicas con tierra, y las instancias de socialización que se generan para compartir los procesos de co-construcción que se realizan en ambas viviendas.



Figura 1. de Izquierda a derecha: Lámina de presentación de técnicas constructivas con tierra, instancia de socialización de procesos constructivos de la casa de las dos personas entrevistadas, y detalles constructivos para la familia de la primera.
(Créditos: equipo operativo del CAVHE, FADU, Udelar)

Es a partir de estos intercambios de conocimiento en la construcción de distintas técnicas, de sus ventajas y desventajas, la zona climática, las capacidades, los recursos disponibles y la posibilidad de gestionar y construir en conjunto, que con ambas familias, se acuerda trabajar con la técnica mixta, popularmente denominada en Uruguay como fajina. Tanto las familias como los equipos operativos reconocen sus potencialidades, facilidades y capacidades tecnológicas.

Para Etchebarne (2006),

[...] La técnica fajina es de fácil apropiación por las personas de una comunidad a partir de una mínima capacitación. Por su simplicidad permite la participación de hombres, mujeres y niños. El sistema propuesto puede ser desarrollado en procesos de autoconstrucción o en programas de construcción de conjuntos de viviendas, porque se puede prescindir de mano de obra especializada así como de maquinaria pesada, herramientas y equipos sofisticados.

En esta técnica mixta se reconoce la estructura maestra, la estructura auxiliar y el relleno. Para la estructura maestra se utiliza el sistema plataforma en madera (bastidores de pino nacional tratado con CCA⁶). Para la estructura auxiliar, se colocan cañas tacuara a 45°,

³ La brigada de Castores se enmarca en un espacio formativo del Colegio Seminario en la cual participan activamente unos diez jóvenes liceales que colaboran cada sábado desde marzo a diciembre en el proceso constructivo.

⁴ La Brigada solidaria del SUNCA hoy se abocan a las construcciones convencionales con bloque y cemento, pero que han mostrado gran interés por involucrarse en procesos constructivos con tierra.

⁵ La Red de Bioconstrucción del Uruguay, es un colectivo conformado por profesionales, técnicos constructores y otras disciplinas afines interesados en fomentar, facilitar, generar redes e investigar sobre la construcción con tierra y afines en Uruguay.

⁶ Tratamiento fungicida e insecticida. CCA corresponde a cromo, cobre y arsénico.

poniendo en valor el cultivo que crece silvestre en la zona. El terreno donde se implanta la casa de Mary está rodeado de cañaverales. La madera se encuentra disponible en las canastas de materiales proporcionadas por programas públicos, como también los áridos y el cemento utilizado en las cimentaciones. Estas tienen la particularidad de estar diseñadas para mitigar casos de incendio o inundación, por lo cual existe una lista de materiales preestablecidos, concebidos a través de licitaciones realizadas por la Intendencia de Montevideo, por tal motivo es difícil modificar la solicitud de materiales. De todas formas, se hace el pedido de materiales convencionales necesarios como aquellos utilizados para la cimentación con hormigón armado, instalaciones eléctricas y sanitarias, aberturas, escuadrías de madera y chapas para la cubierta. Por otro lado, a partir de financiaciones a proyectos de actividades en la Universidad se logra comprar la arcilla a una cantera que extrae el material a 30 kilómetros de la obra y se comparte entre las dos viviendas. La fibra se compra a una cooperativa que trabaja con paneles de paja prensada. En la cubierta, se acuerda la utilización de chapa de zinc y se propone realizar la aislación térmica con bloques de tierra alivianada con paja (BTA), que admiten la pre fabricación artesanal.



Figura 2. Realización del test Carazas⁷ con la comunidad. (Créditos: equipo operativo del CAVHE, FADU, Udelar)

Se trabaja el acercamiento a la tierra a través de la realización del test Carazas (Carazas, 2017) como se visualiza en la figura 2. Esta actividad marca un hito en el proceso que se viene desarrollando, ya que es un momento en el cual se reconoce el material, se palpa y se percibe con los sentidos.

Como comenta Aresta (2014, p. 201)

En la arquitectura con tierra dentro del contexto de la autoconstrucción, aparece fundamentalmente el factor lúdico intrínseco en la base del espectáculo y del arte. Es la imitación y el enmascaramiento que forman parte del acto tribal y sagrado y transforman a cada uno de nosotros en constructores de una obra para el otro.

La jornada se realiza en la sede de la huerta comunitaria Casavalle y es llevada a cabo por docentes y estudiantes del curso de educación permanente de FADU, Diseño de la Arquitectura con Tierra, participan el equipo operativo, las familias involucradas y vecinos de la zona.

La tierra, en las diversas experiencias de intercambio, comienza a evidenciar sus características intrínsecas como material de construcción, maleable, accesible, aprehensible y fácil de trabajar en la puesta en obra sin previos conocimientos formales.

Para acompañar y promover el desarrollo de las obras se realizan talleres de capacitación para estudiantes de arquitectura y vecinos de la Huerta Comunitaria. Son jornadas que socializan técnicas y generan acceso a la comprensión de procesos que facilitan la producción del hábitat de buena calidad.

Entre estas actividades se llevan a cabo el taller de construcción de bastidores, (figura 5) y

⁷ El Test Carazas es un ejercicio que sirve para comprender la naturaleza trifásica de la materia tierra y reconocer sus variaciones cualitativas y cuantitativas, utilizando todos nuestros sentidos: vista, olfato, tacto, además de realizar mediciones y cálculos simples. (Carazas, 2017)

los talleres de producción de BTA para la aislación térmica de la cubierta (figura 4). Estos talleres se destacan por la practicidad en la sistematización de la producción, la aprehensibilidad de la técnica, la baja transformación en los materiales utilizados y el trabajo en conjunto inherente.

Los talleres atraviesan lo intergeneracional. Se tejen entre el barro, las conversaciones, las orientaciones y las preocupaciones del desacuerdo. Ponen las circunstancias en acción y las vidas en movimiento. Mejoran viviendas en territorios a quienes abren la puerta a lo privado ¿Inauguran escenas de nuevas oportunidades de empoderamiento donde las mujeres tienen un lugar sustancial?

2 OBJETIVOS

Compartir una metodología de co-construcción desde la ecología de saberes en un contexto de emergencia habitacional.

Comprender el rol de las mujeres en el aporte a la construcción colectiva y las capacidades instaladas en territorio.

Problematicar el impacto de prácticas constructivas con materiales naturales (tierra, madera, cañas) tanto en Territorio como en la Academia y su compromiso con el medio ambiente.

3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Desde el CAVHE se conforman equipos operativos, constituidos por estudiantes de grado, posgrado, egresadas y egresados de la carrera Arquitectura, docentes referentes técnicas y docentes referentes territoriales. Estos equipos coordinan y estudian técnicamente los proyectos. En caso de identificar problemáticas específicas se solicita asesoramiento a los equipos de investigación del Instituto de Tecnologías de la FADU: patologías de las construcciones, estructuras, acondicionamiento sanitario, instalaciones eléctricas, tecnologías de construcción con madera, diseño de construcción con tierra y el departamento de clima y confort.

A cada una de las viviendas se le asigna un equipo operativo de referencia con el cual se aborda la construcción de la demanda en función de las necesidades de las familias. Se realizan encuentros quincenales para los cuales se producen gráficos que permiten la socialización y el diálogo sobre posibles intervenciones y mejoras. Se genera un asesoramiento situado sobre las posibilidades reales que permiten llevar adelante las propuestas.

Se acuerda un acompañamiento pedagógico para el avance de las obras y las gestiones necesarias para su concreción. En este marco se articulan jornadas de socialización, según se muestra en la figura 3, con los colectivos antes mencionados.



Figura 3. a) afiche convocatoria a jornada de construcción de baño seco (Noviembre 2020); b) afiches convocatoria de jornada de construcción de bastidores (Marzo 2021); c) afiche convocatoria a jornada de construcción de BTA (Noviembre 2021) (Crédito: FADU en Casavalle, Udelar)

Los proyectos aún se encuentran en ejecución. Las diferentes instancias que permiten el desarrollo de la experiencia se listan en la tabla 1.

Tabla 1. Actividades realizadas en la localidad de Casavalle

	Periodo	Marco académico	Título	Descripción	Figura
1	2020 Junio - Diciembre	CAVHE. Consultorio de Atención a la vivienda y el hábitat en la emergencia	Asesoramiento situado	Se trabaja en el proyecto y diseño de posibles soluciones a las problemáticas planteadas. Se seleccionan técnicas constructivas, se gestionan recursos materiales y humanos para viabilizar la ejecución	2 y 5
2	2020 Noviembre	FADU en Casavalle	Test Carazas	Primera actividad práctica de acercamiento a la tierra como material de construcción	5
3	2020 Noviembre	FADU en Casavalle	Taller de baño seco	Se lleva adelante la construcción de un baño seco junto a la Red de Bioconstrucción, para dar infraestructura al espacio de obra	2
4	2020 Diciembre	SUNCA	Brigadas Solidarias	Colaboraciones puntuales de la brigada “Agustín Pedrosa” del SUNCA, en cimentación y contrapiso	
5	2021 Marzo	FADU en Casavalle	Taller de bastidores	Se realiza una capacitación facilitada por técnicas y técnicos de la Red de Bioconstrucción. En base a este taller las familias auto construyen el total de las estructuras de bastidores	4
6	2020 Setiembre - Diciembre 2021 Mayo - Diciembre	Colegio Seminario	La brigada de “Castores”	Grupo de jóvenes de 14 a 17 años que colabora cada sábado con las familias en las tareas necesarias para fortalecer cada etapa de la obra	
7	2021 Junio- Diciembre	CSEAM Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio	Bio Casa Va, Jornadas de construcción con materiales naturales en Casavalle	Actividad presentada en conjunto entre el colectivo académico, la huerta comunitaria Casavalle y la red de bioconstrucción, para obtener recursos financieros y marco académico	2 y 3
8	2021 Octubre - Diciembre	Curso de educación permanente	Diseño de Arquitectura con Tierra	Las clases prácticas del curso se realizaron en estas obras	
9	2021 – 2022 Noviembre - Febrero	FADU en Casavalle Bio Casa Va	Pasantía académica	Práctica integral, que vincula 20 estudiantes durante 3 meses al proyecto, los jueves se realizan tareas de planificación y ajuste y los fines de semanas se acompaña a las familias en el proceso de construcción de sus viviendas. Se realizan cartillas para la divulgación de las tecnologías.	3

Obs.: En la tabla se detallan las actividades realizadas hasta el momento y su referencia con las imágenes

Para continuidad de los proyectos se buscan diversas estrategias que permitan sostener los procesos. Se buscan líneas de financiación y acompañamiento académico que enriquezcan el proyecto. Parte de la financiación se logra con el Programa Prácticas en Territorio FADU en Casavalle y la convocatoria a actividades en el medio de CSEAM: “Bio Casa Va,

Jornadas de acercamiento y capacitación inicial a técnicas constructivas con materiales naturales en Casavalle”. En el marco de esta convocatoria se realizó un nuevo llamado a estudiantes en formato de pasantía académica, que logra convocar e involucrar a 15 estudiantes activos, que una vez más posibilita acompañar los procesos en territorio, le da sentido a las prácticas académicas y aporta en la construcción de nuevos espacios pedagógicos de acción con el otro, con capacidad crítica para la producción del conocimiento, lo cual abre también, otras opciones de vínculo con la tierra en una academia con una oferta escasa en la temática.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 La tierra como oportunidad

En este país, la tierra es una opción válida como material de construcción. Las lluvias intensas, los vientos y la incidencia de la radiación solar suponen un desafío para tener en cuenta ciertas estrategias de diseño que protejan dichas construcciones de estos factores climáticos. Sin embargo, el porcentaje de humedad y la diferencia de temperaturas que se tiene entre el período frío y el período caluroso, validan al material para conseguir una vivienda que brinde confort y calidad de vida durante todo el año.

La versatilidad que ofrece la tierra permite que cada familia pueda optar, por una u otra técnica, según los recursos disponibles, capacidades y saberes locales con los que se cuente.

Se puede señalar el acierto en la técnica elegida para la realización de talleres que combinan estudiantes universitarios, vecinos de la comunidad y una guía técnica especializada. Cada parte juega un rol fundamental, el aporte de los planos en obra, la mano de obra de los estudiantes, familias y técnicos especializados que permiten lograr importantes avances en el proceso de autoconstrucción.



Figura 4. Realización BTA y pisadero. Noviembre de 2021 (Crédito: Pasantía Bio Casa Va)

La producción de bloques de tierra alivianada evidencia versatilidad en el uso y reutilización de las materias primas. En el transcurso de las jornadas se puede visualizar cómo reutilizar un mampuesto fallido para su reelaboración lo que minimiza los desperdicios y se aprovecha al máximo el material. De esta manera, se genera una concientización en el uso óptimo de los recursos cuando utilizamos la tierra como material de construcción.

Es conmovedor y motivante ver cómo las familias se apropian de los procedimientos, los incorporan y luego los transmiten a sus familiares o participantes. Se despliega lo cotidiano y se escapan las experiencias circulando hacia otros, sorprendiendo al que pasa, contagiando al que mira.

4.2 Mujeres en el territorio, mujeres con la tierra: fortalezas colectivas.

De un muestreo de 879 hogares en Montevideo, el 19,2% corresponde a hogares en Casavalle monoparentales de mujeres jefas de hogar con hijos (Intendencia de Montevideo, 2012). Al respecto comenta la primera entrevistada (Fadu en Casavalle, 2021)

“[...] la vivienda, la de todos los días [...] sacar a tus nenes de la humedad, cubrirnos del frío, de poder hacer tu horno de leña, no sé, muchas cosas, capaz que es un poco utópico, pero nosotras lo vamos a llevar a cabo [...]”

En este proceso de encuentros es de destacar el rol de las mujeres referentes, su capacidad de convocatoria, de sostén y continuidad de las prácticas. La dedicación, con el afán de lograr el espacio deseado, de darle un lugar seguro y de calidad a sus hijas e hijos. Ellas quienes eligen la tierra como material de construcción, buscan materiales biodegradables y duraderos para no dañar el medio ambiente. Ésto refleja una vez más la sensibilidad de reconocerse como parte de un sistema vivo.

Como menciona Fraga (2010) el deconstruir un mandato, un estereotipo, es iniciar un proceso revolucionario en la vida de las mujeres. El trabajo y las tareas relacionadas con la construcción, significa una vía por la cual las mujeres comienzan a advertir sus capacidades, su poder y las oportunidades que tienen.

Son las mujeres quienes estimulan procesos de mejoramiento y construcción de las viviendas. Quienes eligen la tierra, impulsan y contagian día a día el entusiasmo por modificar y mejorar las condiciones de habitabilidad. Son ellas quienes acompañadas por colectivos generan comunidad y espacios de encuentro, como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Realización de jornada de construcción de bastidores: taller facilitado por Yamila Castro y Ronny Perera. (Créditos: equipo operativo del CAVHE, FADU, Udelar)

Son mujeres las que dan marco académico a estas actividades y acompañan el proceso en territorio. Mujeres a favor de la construcción con tierra que defienden, desde una perspectiva de cuidado social, la socialización tecnológica y acompañamiento en la autoconstrucción asistida, para lograr capacidades instaladas en el territorio.

4.3 La cancha académica

Si bien la arquitectura con tierra comienza a posicionarse en la FADU hace algunos años, su visibilidad, uso e implementación aún requiere profundización y debate. Universidad, políticas y actores se deben para ello un tiempo impostergable para la discusión entre el hábitat, el territorio y la inclusión social y cultural de la tecnología.

En este país, la cultura constructiva con tierra es erradicada por el cuestionable concepto de insalubridad. A fines de los años sesenta se destruyen casi todos los rancheríos, y con ello la transmisión de saberes, cegados frente al auge de la idea de progreso e industrialización. En Uruguay, entre los años 1990 y 2000, se retoma la tierra como material de construcción, a través de profesionales que generan las bases e incorporan estrategias de diseño y resoluciones tecnológicas, temas básicos y necesarios para una construcción eficiente y saludable (Ferreiro et al., 2014). Sin duda, hace falta mayor difusión de los procedimientos y

su desempeño para que esa carga cultural inherente a la construcción con tierra adquiera nuevos significados y dignifiquen los relatos.

Dentro del equipo que integra el CAVHE hay docentes que cuentan con formación académica en construcción con tierra, así como también posturas reticentes a la elección de este material como solución óptima u opción viable, esto fortalece al equipo y mantiene alerta a la reflexión y la acción. Para el trabajo operativo se cuenta con el asesoramiento del equipo de diseño de la arquitectura con tierra de la FADU. Se generan instancias muy valiosas donde se coloca a la tierra en discusión en lugares que son tan necesarios y válidos.

Es interesante reconocer cómo a partir de dos proyectos que surgen desde el CAVHE, que eligen a la tierra como material de construcción, se ramifican nuevas y ricas experiencias que aportan al proceso de formación desde el crecimiento pedagógico, académico, personal y de materialización de obras. Con este proceso se busca construir un diálogo hacia la co-construcción del hábitat desde la apropiación de la técnica. Se enfatiza en la simplificación de recaudos y creación de cartillas para una comprensión accesible de la información.

En esta línea, se enfatiza la importancia de la interdisciplinariedad para sostener el acompañamiento de la comunidad involucrada a largo plazo, en el entendido que son procesos que implican la profundización de las relaciones sociales con las familias. Es un factor necesario para abordar desde diferentes enfoques por la complejidad que implica el acceso a la vivienda saludable en situaciones de vulnerabilidad socioeconómica.

4.4 Mucho más que tres: Universidad, Sociedad y Políticas Públicas

Hace varios años que, en FADU, existe un curso de diseño de arquitectura con tierra y se han realizado diversos proyectos de extensión, que vinculan la tierra como material de construcción⁸, se debe trabajar en algunas reticencias. Aún se discute si es una técnica válida para la producción de vivienda en contextos vulnerados. Kruk y Di Paula (2000) reafirman la importancia de la transferencia tecnológica, de incorporar técnicas constructivas y sociales para optimizar la mejora del hábitat, su calidad de vida y el esfuerzo para conseguirlo.

El uso de sistemas constructivos con materiales naturales, sobre todo los que utilizan tierra, permite que los núcleos familiares accedan a modos de construir de calidad y sencillos de ejecutar. En estos casos, es fundamental contar con asesoramiento técnico y seguimiento para colaborar en la optimización de recursos y modos de ejecución que aseguren su correcta puesta en obra. En el proyecto de extensión Bio Casa Va se genera una articulación integral en la socialización tecnológica dentro de un diálogo entre los distintos actores. Al mismo tiempo que vecinos incorporan una nueva técnica, los estudiantes atraviesan un proceso pedagógico de articulación con un territorio, con casos reales, una familia y el contacto con la ejecución de la obra. El punto crítico es el acceso a recursos materiales para llevar adelante las obras.

La mayor parte de las construcciones que se realizan en asentamientos irregulares son viviendas hechas con cartón, chapa y bloque, por lo tanto las canastas de materiales no ofrecen variantes. Sin embargo, se hace uso de aquellos materiales compartidos entre la construcción convencional y la construcción con tierra. Cuando se trata de materiales específicos, es necesario buscar alternativas para su provisión.

Los procesos de obra continúan en la actualidad, y más allá de las diferentes gestiones logradas, los materiales no son suficientes y es necesario continuar en la búsqueda de recursos para su finalización.

La articulación y gestión de recursos materiales, autoconstrucción y asesoramiento técnico es clave para el desarrollo de la vivienda en contextos de escasez de recursos, sobre todo

⁸ Proyecto Hornero (2003) disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/9469>; enTerrón (2015) disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4389>.

cuando la calidad de vida de las personas vulneradas y los recursos del estado están en juego. No existe hasta el momento, un programa de asistencia técnica que apoye a familias que quieran autoconstruir integralmente su vivienda, sólo existen programas municipales que ofrecen canastas de materiales, mencionadas anteriormente, pero no son suficientes para llevar adelante una vivienda nueva con tierra. Las políticas públicas son insuficientes para acompañar los procesos completos de autoconstrucción. La utilización de las canastas está pensada para familias en situación de vulnerabilidad socioeconómica, generalmente con trabajos informales que no pueden respaldar garantías o préstamos. Procesos metodológicos como los que se desarrollan en este artículo aportan y esclarecen posibles mejoras habitacionales y sociales en situaciones de alta complejidad.

En este sentido, si se gestionan los recursos a partir del diálogo y el trabajo en conjunto con las distintas partes para que se produzca una adecuada apropiación del sistema constructivo y un eficiente manejo de los recursos, se puede lograr una producción del hábitat adecuada a las necesidades de las familias y las ciudades.

5 CONSIDERACIONES FINALES

5.1 La tierra y la sensibilidad: las manos en la masa

En las jornadas, junto a la participación de niños según se muestra en las figuras 2 y 4, se presenta la tierra desde el contacto con las manos como un material aprehensible que capta la atención por su simplicidad y su carácter maleable, volver a jugar y a construir con las manos un lugar para vivir y mejorar la calidad de vida produce fascinación, despierta la curiosidad y sorprende con la rápida transformación hacia los distintos estados de la materia.

El diálogo de saberes se hace fluido. Las técnicas constructivas utilizadas y la metodología propuesta de diseño participativo en instancias de intercambio con la comunidad, es acertada y aporta en la visualización colectiva de necesidades de apoyo técnico, para la capacitación, producción, gestión y organización de recursos.

5.2 La técnica en el proceso de aprendizaje

Socializar este sistema constructivo con tierra, apropiado y apropiable para que las familias puedan autoconstruir sus viviendas con soluciones de calidad, hace disminuir costos de mantenimiento, mejora la calidad de vida y asegura la optimización de los recursos. Se prioriza el acompañamiento técnico del proceso para una buena ejecución e intercambio de conocimientos, básicos y necesarios para una construcción eficiente y sostenible.

Ha sido difícil que la comunidad vecinal sea parte constante del proceso. Los integrantes del territorio que participan en las jornadas son básicamente los núcleos directamente involucrados. Si bien varias personas del colectivo se han interesado y acercado, no se detecta una única causal por la no participación constante ya que esto puede responder a aspectos sociales, culturales, temporales o de difusión. De todas formas, se fortalece la red de sostén entre los grupos de vecinas y vecinos que participan, tanto en los encuentros planificados como en las instancias donde se avanza sin la participación de la universidad.

Desde la FADU, con los diversos equipos académicos involucrados se problematiza sobre la metodología y sobre las distintas técnicas constructivas con tierra para la mejora y producción de viviendas en emergencia. Se pone en cuestión el tipo de vivienda que se busca, sus posibilidades de confort y los desafíos que conlleva. La investigación y la experiencia permiten proponer tecnologías constructivas con tierra como alternativa a los métodos convencionales para aportar a resolver la problemática.

La propuesta del CAVHE se presenta como un dispositivo clave y necesario en el territorio. La realidad socio-económica, los desarrollos naturales de asentamiento, los procesos lentos e instrumentos tardíos de las políticas socioeconómicas resultan en asentamientos con

déficits multifactoriales y multidimensionales. La interdisciplina es el camino para el abordaje integral de la problemática.

5.3 La tierra y la autonomía

En el barrio se generan procesos colectivos a partir de la socialización de prácticas constructivas con madera y tierra. Se visibiliza lo que se puede lograr con materiales locales.

Los procesos de autonomía son siempre relativos. Si bien, los talleres de co-construcción colectiva y los asesoramientos colaboran en su promoción, es de gran importancia la planificación del acompañamiento pedagógico, desde una perspectiva temporal del avance de la obra, poniendo foco en cada etapa específica. Éste acompañamiento es necesario a partir de una guía de procedimientos para la utilización de herramientas, la seguridad en la obra, el manejo de materiales, los tiempos de secado, la previsión de espacios para acopio, aportando a visualizar lo que implica un proceso de obra completo.

La tierra es un material con baja energía incorporada que puede ser de interés para el beneficio tanto de familias como de las empresas constructoras, nos preguntamos entonces ¿cómo afecta esto en la postura del mercado? Lograr que rija el interés por la calidad de vida de los habitantes por encima de los intereses económicos del mercado, es político. ¿Los intereses políticos se alinearán a los intereses sociales?

Tal vez parte de la clave esté en profundizar más en los modos de gestión de los recursos locales que en encontrar sistemas de alta tecnología para resolver la vivienda social. Algo de esto deja sonando la experiencia y con ella vamos tras nuevas oportunidades de utilizar la tierra para construir hogares que se hacen realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J.; Anzalone, L.; De los Santos, J.; Esteves, V.; Lombardo, C.; Mesones, J.; Pérez Sánchez, M.; Varin, C. (2020). Interpelar la emergencia habitacional permanente. Praxis del Consultorio de Atención a la Vivienda y el Hábitat. Territorio e integralidad: experimentando lo común, p. 63-83. Montevideo: PIM, Udelar. Tradinco SA.
- Arévalo, M.; Bazoberry, G.; Blanco, C.; Díaz, S.; Fernández, R.; Florian, A.; García, R.; González, Q.; Landaeta, G.; Manrique, D.; Miyashiro, J.; Nahoum, B.; Olsson, J.; Ortiz, E.; Pessina, P.; Sugranyes, A.; Vila, C. (2013). El camino posible. Producción social del hábitat en América Latina. Montevideo: Trilce. Recuperado de https://hic-al.org/wp-content/uploads/2019/01/el_camino_posible.pdf
- Aresta, M. (2014) Arquitectura biológica: la vivienda como organismo vivo. Buenos Aires: Nobuko.
- Articardi, J. (2019). Hábitat y vivienda social. Enseñanza, reflexiones y propuestas: el desafío de la vivienda popular. Vivienda popular. (31) p.28-33.
- Carazas, W. (2017) Test Carazas: manual pedagógico: ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra. Grenoble: A+terre.
- Etchebarne, R. (2006) Manual de paneles de fajina. Salto: Facultad de Arquitectura, Regional Norte.
- FADU en Casavalle (2021). Casa ¡Va!. R. Acciona. Montevideo: FADU. Recuperado de https://issuu.com/fadu.udelar/docs/racciona_web_montado
- Ferreiro, A.; Mesones, J.; Meynet, A.; Muñoz, N.; Palumbo, B.; Radi, C.; Vazquez, G.; (2014). Construir con terrón de la tierra a la experiencia. Montevideo: Ministerio de Educación y Cultura, MEC. ISBN: 978-9974-99-542-0. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4389>
- Fraga, C. (2010). El proceso de empoderamiento de mujeres trabajadoras en un proyecto de autoconstrucción de viviendas populares. Encuentro de Latinoamericanistas Españoles: congreso internacional, 14. Santiago de Compostela, España. p.2706-2721. ffhals-00532621f
- Intendencia de Montevideo (2012). Informe tipo casavalle (2006-2011). Recuperado de https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/informe_tipo_casavalle2006_2011.pdf
- Kruk, W; Di Paula, J. (2000) La transferencia tecnológica. Vivienda Popular no.6. [en línea] pp.4-8.
- Matus, C. (1987). Política, planificación y gobierno. Caracas: ALTADIR.

Ortiz, E. (2010). Derecho a la ciudad, producción social y gestión participativa del hábitat. La promoción de iniciativas comunitarias incluyentes en la Ciudad de México. Hábitat y Sociedad, Editorial Universidad de Sevilla. <https://revistascientificas.us.es/index.php/HyS/article/view/3598>

Pelli, V. (2001). Autoconstrucción: las tres versiones. Vivienda Popular, n.8. p.5-11.

Thomas, H. (2012) Tecnologías para la inclusión social en América Latina: de las tecnologías apropiadas a los sistemas tecnológicos sociales. Problemas conceptuales y soluciones estratégicas. Conicet, 25-76. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/268444428_Tecnologias_para_la_inclusion_social_en_America_Latina_de_las_tecnologias_apropiadas_a_los_sistemas_tecnologicos_sociales_Problemas_conceptuales_y_soluciones_estrategicas

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los colectivos involucrados y a las familias por abrirnos las puertas de sus hogares durante todo el proceso.

AUTORES

Jessica Mesones Galvan, arquitecta (FADU – Udelar, 2018). Docente del Programa Prácticas en Territorio, FADU en Casavalle y del Consultorio de Atención a la Vivienda y el Hábitat en la Emergencia, Participó en el equipo de investigación de tecnologías para construcción con madera del Instituto de Tecnología. Ayudante del curso de educación permanente Diseño de Arquitectura con Tierra de la FADU, Miembra de la Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Claudia Varin Garcia García Montejó, arquitecta (FADU – Udelar, 2014). Maestranda en arquitectura área tecnológica, FADU, Udelar. Docente ayudante del Instituto de Tecnologías (IT, FADU, Udelar) donde integra el equipo de investigación de Arquitectura con Tierra, el Comité Editorial de la revista Textos de Tecnología del IT y es docente del curso Tecnología Integrada. Miembra de la Red de Bioconstrucción del Uruguay. Currículo completo en <https://exportcvuy.anii.org.uy/cv/?5d8831ac4b3ce0965872cad5d92bd7c8>

Gabriela Vazquez Texeira, arquitecta (FADU – Udelar, 2018). Docente ayudante del área tecnológica del curso Transversal Vivienda, integrante del equipo de extensión de Arquitectura con Tierra, ex docente del Área de Patología del Instituto de Tecnologías, participante del equipo operativo y colaboradora del Consultorio de Atención a la Vivienda y el Hábitat en la Emergencia de la FADU, Udelar. Miembra de la Red de Bioconstrucción del Uruguay.

ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA PARA IMPULSAR UN FUTURO REGENERATIVO

Andreea Dani¹; Fátima Sánchez Medina²; Sandy Minier³; Javier Rodríguez³; Dulce Murillo⁴

Universidad del Medio Ambiente UMA, México, ¹ad@umamexico.com.mx; ²fsm@umamexico.com.mx; ⁴dm@umamexico.com.mx

Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario AC, México, ³sandy_minier@yahoo.fr; ⁴jarerocu@yahoo.com.mx

Palabras clave: bienestar socioambiental, comunidad, vinculación, práctica, didáctica

Resumen

La Universidad del Medio Ambiente es una universidad mexicana especializada en sostenibilidad, lleva 13 años impulsando un futuro regenerativo, sostenible y ético, acompañando agentes de cambio capaces de promover iniciativas que transformen los sistemas socioambientales. Con este espíritu, desde el año 2016 ofrece talleres y seminarios de construcción con tierra a profesionales de diferentes carreras y estudiantes de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable (MADCS). El equipo autoral pretende, con este artículo, analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en talleres y seminarios de construcción con tierra, con base en los objetivos propuestos y los resultados obtenidos hasta la fecha y evaluar el efecto que el empleo de metodologías y herramientas pedagógicas adecuadas ejerce en el intercambio y mejora de sistemas constructivos de tierra. Para la realización del mismo, se procesó información de la base de datos de la universidad que construye un estudio de base; se sistematizaron 5 años de experiencias de enseñanza-aprendizaje en el tema, poniendo a dialogar las metodologías empleadas; se realizaron entrevistas dialogadas con docentes, egresados y colaboradores, que fundamentan el análisis de resultados; por medio de las comunidades de práctica de la UMA, se conectaron iniciativas impulsadas por egresados y concretaron la metodología de investigación-acción que dirige todo el proceso. Los principales resultados obtenidos en el periodo son: estudiantes y docentes intercambian conocimientos en un espacio apropiado que procura el bienestar socioambiental para un futuro regenerativo; el modelo educativo de la UMA en conjunto con herramientas pedagógicas del laboratorio CRAterre y de la Red MesoAmeri-Kaab, promueven saberes tradicionales y conocimiento científico a favor de los sistemas constructivos de tierra; egresados incluyen propuestas arquitectónicas con tierra y otros materiales locales en proyectos socioambientales que vinculan con el territorio y revalorizan las culturas constructivas ancestrales.

1 INTRODUCCIÓN

La Universidad del Medio Ambiente (UMA), ubicada en San Mateo de Acatitlán, Valle de Bravo, México, es la primera especializada en sostenibilidad en Latinoamérica. Cuenta con un espacio idóneo para el desarrollo de proyectos socioambientales, desde el que trabaja para impulsar un futuro regenerativo, sostenible y ético, acompañando agentes de cambio capaces de promover iniciativas que transformen los sistemas socioambientales. El reconocimiento de la enorme importancia de crear un espacio de aprendizaje para tratar los retos socioambientales en Latinoamérica, impulsó en el año 2004, a que un grupo de jóvenes mexicanos colaboren para la creación de este proyecto. En el camino se han sumado cientos de especialistas, educadores, agentes de cambio y emprendedores en el desarrollo de un modelo educativo que está en constante aprendizaje sobre cómo rediseñar su sistema propio.

Derivado del proceso de codiseño de este espacio de aprendizaje, en el año 2006 la UMA conforma el grupo inicial de colaboradores y monta su oficina, empezando a ofrecer servicios socioambientales a inicios del año 2008. La conformación del Centro de Investigación y Aprendizaje del Medio Ambiente (CIAMA) S.A de C.V lleva, en el 2009, a iniciar el primer programa educativo abierto al público: Programa de Emprendedores Ambientales (PEA) bajo la modalidad de diplomado. Con base en esta experiencia de seis años, en el 2012 inician las primeras maestrías en las disciplinas de negocios, derecho

ambiental y arquitectura. Posterior a esto, en el 2014, se construye e inaugura el plantel UMA. En el 2016 son lanzadas tres nuevas maestrías en las áreas de educación, agroecología y proyectos socioambientales. Un año después arranca la maestría en turismo sostenible. La primera licenciatura (de emprendimiento y proyectos socioambientales) inicia su ciclo escolar en agosto de 2021, anunciando así la intención de ampliar la oferta educativa a nivel de licenciaturas para el año 2022. Hoy por hoy, la UMA ofrece servicios de consultoría y programas educativos que incluyen: licenciatura, maestrías, especialidades, diplomados y cursos en las áreas de arquitectura sostenible, agroecología y sistemas alimentarios regenerativos, negocios socioambientales, turismo sostenible, derecho ambiental y política pública, innovación educativa y proyectos socioambientales.

El área de arquitectura sostenible, con más de nueve años de experiencia, ha venido diversificando su programa educativo con el propósito de lograr incidir en el desarrollo de espacios habitables que promuevan el bienestar de las personas y del entorno, por medio de procesos participativos que enriquezcan el tejido social. Con un abordaje enfocado en el diseño basado en el lugar, se propone lograr una arquitectura adecuada para el contexto y para sus habitantes. A través de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable, pone a disposición de la comunidad estudiantil, herramientas y tecnologías aplicables a la edificación que favorezcan el uso racional de los recursos y la minimización de sus impactos, incluyendo disciplinas como: diseño bioclimático, manejo integral del agua, certificación sostenible y construcción con tierra, por mencionar algunas.

El principal valor de la universidad es haber creado un punto de encuentro para acelerar el aprendizaje entre estudiantes, especialistas y líderes de sostenibilidad, es decir “la comunidad UMA”. Este trabajo colaborativo ha propiciado la construcción de alianzas e integración de redes en el campo de la construcción con tierra, lo que la llevó a integrar, a partir del año 2017, la Red MesoAmeri-Kaab (Red MAK), una plataforma activa conformada por 37 organizaciones, instituciones y profesionales de México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, que trabajan a favor del uso de materiales locales en proyectos de producción social del hábitat en los diferentes contextos de Mesoamérica. En un esfuerzo por hacer efectivo el derecho de construir con tierra cruda y con materiales locales, articula acciones basadas en la identidad cultural, el diálogo de saberes y el derecho al hábitat. Esta relación de colaboración ha enriquecido la experiencia de enseñanza-aprendizaje para la construcción con tierra en la UMA y sus aportaciones para la construcción de un futuro regenerativo.

1.1 Arquitectura de tierra en México

A lo largo de la historia, las poblaciones asentadas en México han utilizado la tierra como material para la edificación. Esta práctica se diversifica por la convergencia de conocimientos prehispánicos y la introducción de sistemas constructivos que llegaron con la colonia. En una creativa respuesta de adaptación a las diversas condiciones climáticas del territorio, la arquitectura vernácula o arquitectura contextualizada, ha demostrado eficiencia en el manejo de materiales locales, dando como resultado una cultura constructiva rica y vigente.

Sistemas constructivos de tierra como el adobe, el bajareque y la pared de mano expresan la actualidad de este material en muchos asentamientos humanos de México. Este país cuenta con 34 inscripciones a la lista del Patrimonio Mundial por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), de los cuales, 11 son referentes a la arquitectura de tierra. Esto lo posiciona en el primer lugar a nivel iberoamericano de patrimonios y en el sexto a nivel mundial. Según la misma UNESCO, el 25% de los sitios patrimonio mundial en peligro son de tierra.

El crecimiento de oferta de materiales industrializados a lo largo del territorio ha dado como resultado la pérdida de la cultura constructiva que se mantenía en pie gracias a las prácticas constructivas y de mantenimiento preventivo que se transmitían de generación en generación. Esta pérdida está afectando tanto a las edificaciones catalogadas como

monumentos, como al medio natural y cultural de las comunidades que erróneamente quedan fuera de esta categoría.

1.2 Enseñanza de la arquitectura de tierra

La edificación de tierra es un desarrollo de la humanidad logrado por la transmisión de conocimiento popular oral y experiencial. Como afirma Guerrero (2007, p. 182): “se trata de una cultura constructiva que ha logrado avances inigualables gracias a la atávica sucesión de ensayos y errores que por milenios desarrolló la sociedad a través de procesos de selección artificial”. Son conocimientos tradicionales transferidos de una generación a otra de los cuales se cuenta con poca documentación y/o han recibido influencias externas que muchas veces dan como resultado una mala práctica constructiva que termina por desacreditar su uso.

La historia de la humanidad ha demostrado que el desarrollo cultural se fundamenta en procesos educativos resultantes de la interacción de las personas con su entorno. La arquitectura de tierra en México es patrimonio cultural, pero también es cultura viva en muchos territorios que, hoy por hoy, se encuentran amenazados por la desaparición de esta práctica. En la actualidad es común observar cómo las políticas públicas, la industria y la academia rechazan y anulan esta cultura. A esto se le suma el poco o nulo conocimiento que quienes están a cargo de la construcción del espacio habitable tienen sobre el tema. La enseñanza de la construcción y arquitectura de tierra es una asignatura pendiente para la mayoría de las universidades de México. Un análisis comparativo de las cuatro universidades que se ubican en la lista de las mejores escuelas de arquitectura y diseño en Latinoamérica, mostró que en el plan de estudios de la licenciatura de arquitectura, los contenidos referentes a la arquitectura de tierra, aunque están implícitos en seminarios como: arquitectura prehispánica, historia de la arquitectura, arqueología del hábitat, teoría y patrimonio, por poner un ejemplo, no están incluidos explícita e intencionalmente en su currículo. En algunos casos se le encuentra, también implícita, en la oferta de materias optativas dentro de las categorías: cultura y conservación del patrimonio y gestión en la producción del hábitat.

Basados en el primer análisis, se puede afirmar que el proceso educativo requiere experiencias vivenciales que permitan desarrollar las habilidades prácticas para la implementación en el diseño y construcción de edificaciones de tierra. Al observar la oferta de talleres incluidos en los programas de estas universidades, destaca la nula oferta de estos para la construcción con tierra, esto en comparación con la relevancia que dan a materiales como la mampostería, el concreto y el acero, que sí son incluidos como talleres dentro del programa educativo. Una encuesta realizada con egresados de procesos de formación de la construcción con tierra en la UMA, arrojó que sólo el 18% obtuvo conocimientos sobre el tema en sus estudios de licenciatura y de estos, solo el 17% de los contenidos fueron prácticos. En México, la oferta educativa para la práctica de arquitectura, diseño y construcción con tierra se inscribe en el ámbito de la educación no formal, siendo cubierta, en gran parte, por organizaciones sociales y asociaciones civiles que, con un énfasis en bioconstrucción, permacultura o diseño regenerativo, incluyen la construcción con tierra en sus experiencias educativas.

La enseñanza para la arquitectura de tierra en la UMA inició en el año 2016, incluyendo en la oferta educativa dentro del programa de extensión universitaria, el primer taller largo llamado “Construcción sostenible: técnicas de construcción con tierra”. En paralelo, el programa educativo de los estudiantes de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable (MADCS) incluye un taller corto de construcción con tierra que se desarrolla a lo largo del primer semestre. Para una generación de maestría los contenidos de construcción con tierra se desarrollaron bajo la modalidad de seminario.

El modelo educativo de la UMA atiende cinco tipos de aprendizaje: aprender a aprender (de forma tanto individual, como colectiva), aprender a hacer (para influir desde el entorno de la especialidad), aprender a colaborar (para cooperar en contextos de diversidad), aprender a expresar (para inspirar con la experiencia y el aprendizaje) y aprender a auto diseñarse

(para desarrollarse autónomamente como agente de cambio). En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la construcción con tierra, la UMA toma elementos claves de su metodología propia y las combina con metodologías centrales del trabajo de la Red MAK, tal es el caso de la educación popular, que parte del reconocimiento de las culturas constructivas, usos y costumbres de los pueblos que construyen con tierra, así como en la formación del sujeto político que va a proponer y convertirse en actor del cambio. Esta práctica se combina con bases científicas, técnicas y metodológicas desarrolladas por el Laboratorio CRAterre de la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble (ENSAG), en Francia.

La UMA es considerada uno de los casos de innovación educativa en México. Este reconocimiento otorgado por ASHOKA, organización que impulsa la innovación en el emprendimiento social y promueve un movimiento de transformación educativa en América Latina, la coloca en la lista de los 21 casos de innovación transformadora del país.

2. OBJETIVOS

Analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en talleres y seminarios de construcción con tierra, con base en los objetivos propuestos y los resultados obtenidos hasta la fecha.

Evaluar el efecto que el empleo de metodologías y herramientas pedagógicas adecuadas ejerce en el intercambio y mejora de sistemas constructivos de tierra.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Se procesa información de la base de datos de la universidad (UMAsis) para construir un estudio de base. Se sistematizan cinco años de experiencias de enseñanza-aprendizaje en el tema, poniendo a dialogar las metodologías empleadas para la construcción de nuevos conocimientos a la luz de la experiencia. Entrevistas dialogadas con docentes, egresados y colaboradores fundamentan el análisis de resultados. Las comunidades de práctica de la UMA conectan con iniciativas impulsadas por egresados y concretan la metodología de investigación-acción que dirige todo el proceso.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Campus UMA, una propuesta arquitectónica para la regeneración comunitaria y de la cuenca

El término “diseño regenerativo”, fue propuesto por primera vez en el año 1955 por Regenesis Group¹. Según Mang y Reed (2020, p. 14) “describe un enfoque que trata de mejorar la capacidad de vivir de seres que co-evolucionan, de modo que nuestro planeta continúe expresando su potencial para la diversidad, complejidad y creatividad”. El desarrollo regenerativo ofrece un enfoque coherente para perseguir la sostenibilidad dentro de un marco conceptual de los sistemas vivos y en evolución. En este sentido, hablar de regeneración se refiere a crear las condiciones para iniciar procesos que favorezcan la vida.

El campus de la Universidad del Medio Ambiente se ubica en San Mateo Acatitlán, una localidad que forma parte del municipio de Valle de Bravo en el Estado de México. El territorio está clasificado dentro de las áreas de protección de recursos naturales, zona de protección forestal y santuario del agua, esto principalmente por integrar la cuenca Amanalco-Valle de Bravo, una de las generadoras de agua más importantes de las seis cuencas que conforman el Sistema Cutzamala, en México. Desde sus inicios, el propósito del proyecto del campus es construir un plantel que muestre cómo una intervención arquitectónica se convierte en un vehículo de regeneración para su comunidad y su cuenca.

¹ Regenesis Group se fundó en 1995, está conformado por educadores pioneros en los campos de la permacultura y el diseño ecológico y líderes de opinión en el mundo de la planificación empresarial y el desarrollo organizacional. Es líder mundial en el campo del desarrollo regenerativo.

La UMA entiende por codiseño el diseño colectivo o en conjunto entre los diferentes integrantes de la comunidad y la universidad, de manera interdisciplinaria, participativa y enriquecedora. En este sentido el diseño del campus involucró a campesinos, biólogos, abogados, vecinos, antropólogos, arquitectos, y administradores. Su arquitectura en las palabras de Hagerman (2015) es:

La arquitectura tiene un lenguaje, nos habla. A veces del poder, del dinero, del comercio, otras veces nos habla de la ciudad, de la tecnología, de un mundo en constante movimiento, y otras veces nos habla de montañas, del campo, de los pueblos. Creo que la UMA trató de hablar de esa manera, de relacionarnos con la naturaleza, pero también con la comunidad. Cuando salió la idea del anteproyecto, empecé a cantar de alegría.

En un área con una extensión de 34,024.38m² destinada a fomentar la presencia y el convivio con el agua, la tierra, el sol, el viento y la biodiversidad para la creación de un futuro regenerativo y diverso, se desarrolla el campus de la UMA. El diseño y construcción del proyecto arquitectónico se fundamentó en un proceso creativo y participativo que honrara la esencia del lugar².



Figura 1. Campus Universidad del Medio Ambiente, 2017, Valle de Bravo, México

Para la selección de los materiales se realizó un análisis de ciclo de vida (ACV) de tres alternativas de materiales: madera con adobe, tabique reusado y madera con block de tierra compactada (BTC), obteniendo que los sistemas constructivos de tierra son los que representan el menor impacto potencial. De esta manera, los edificios del campus están contruidos con un sistema que combina estructuras de madera de aprovechamientos forestales locales, sostenibles y debidamente legalizados, con cerramientos de BTC, revestidos en una cara con una mezcla obtenida de los pedazos de BTC y estiércol de caballo; los pisos se construyeron de cemento pulido pigmentado con tierra del lugar. El sistema incluyó el uso de botellas de PET³ de desecho, para crear un vacío que sirve como aislante térmico; en la cubierta se empleó una combinación de techos verdes y tejas de barro cocido (en menor porcentaje).

Para regenerar el suelo degradado por el uso intensivo de agroquímicos en monocultivos, en el pasado, el área no construida del campus está ocupada en su mayoría por un bosque comestible en crecimiento, que incluye especies producidas a partir de semillas/esquejes de plantas locales, que han demostrado ser productivas y resistentes en condiciones adversas, y que poseen importancia cultural para los pobladores.

² En regeneración, la esencia del lugar se define como la verdadera naturaleza o carácter distintivo que hace al lugar lo que es; lo permanente versus el elemento accidental del ser.

³ PET: politereftalato de etileno, tereftalato de polietileno, polietileno tereftalato o polietilentereftalato se obtiene a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por poli condensación, es un tipo de plástico ampliamente utilizado para envasar bebidas gaseosas.

La responsabilidad con el uso eficiente de la energía se traduce en el empleo de ventilación natural, dispositivos exteriores de protección solar, aislamiento en techos y paredes, colectores solares de agua caliente y suministro de energía solar fotovoltaica interconectada a la red. Destacando la importancia del agua para el lugar, el campus cuenta con un manejo integral del agua que incluye un ciclo cerrado de tratamiento y potabilización con cisterna de captación de agua de lluvia; las aguas de lavabos y excusados son tratadas en un sistema secuencial de biodigestor anaerobio, seguido por una zona de aireación, que entrega las aguas a un humedal (tratamiento secundario), pasando luego por un proceso de desinfección con ozono.

En el año 2019, el campus UMA fue acreedor de la certificación EDGE⁴ por lograr un ahorro de energía del 53%, un ahorro de agua del 89% y un ahorro de energía embebida en los materiales del 68%, lo que equivale a un ahorro total de CO₂ de 23.7 tCO₂/Año (EDGE, 2019). La estadística IFC Marketing lo posiciona como el proyecto con el mayor ahorro de agua en el mundo, de entre los que cuentan con esta certificación. En el campus UMA, las personas conviven de manera armónica con la naturaleza, este lugar propicia el descubrimiento y el aprendizaje; estudiantes y docentes intercambian conocimientos en un espacio apropiado que procura el bienestar socioambiental para un futuro regenerativo, amplificando los ritmos, las dinámicas y relaciones saludables que se manifiestan en la naturaleza y las personas que habitan la comunidad.

4.2 Experiencias vivenciales para potenciar procesos de enseñanza-aprendizaje significativos

En un período de cinco años, comprendido de noviembre 2016 a julio 2021, con un equipo docente conformado por 9 especialistas en el tema de la arquitectura de tierra (60% mujeres y 40% hombres), originarios de México, Francia, Rumanía, Nicaragua y España (de los cuales el 67% integran la Red MAK), la UMA ha desarrollado un total de 16 procesos de formación en la modalidad de talleres y seminarios, de los cuales han participado 168 personas (21% participó en más de un taller o seminario); originarias de Norte América (78%), Centro América (2%), Sur América (6%), y Europa (3%), de un 11% de participantes no se tiene información.



Figura 2. Datos de la comunidad estudiantil que ha participado en talleres y seminarios para la construcción con tierra con la UMA (crédito: M. Duque, UMA, 2021)

⁴ EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) es un sistema de certificación de edificios ecológicos, que mide el ahorro de energía, de agua y de energía embebida en materiales, permite evaluar construcciones nuevas o existentes, disponible en más de 130 países, entre ellas México.

En el ámbito de la educación existen muchas concepciones pedagógicas, que han configurado este campo. De manera general, se pueden agrupar en tres modelos fundamentales que sirven para entender la manera en que ocurren los procesos educativos: modelo exógeno con énfasis en los contenidos, modelo exógeno con énfasis en los efectos y modelo endógeno con énfasis en el proceso. En el tercer modelo pedagógico la educación ocurre en un ciclo de acción - reflexión - acción, que parte del principio que nadie educa a nadie y que nadie se educa solo, que en pocas palabras se denomina: enseñanza - aprendizaje. En las palabras de Freire (1997, p. 25), “quien forma se forma y reforma [...], quien enseña aprende al enseñar y quien aprende enseña al aprender [...], enseñar no existe sin aprender y viceversa”.

Partiendo de esta pedagogía, las experiencias de formación desarrolladas para la construcción con tierra han significado un proceso de aprendizaje constante de docentes - estudiantes o estudiantes - docentes, para lo cual se ha empleado una combinación de herramientas didácticas, prácticas en construcción y/o experimentación y otras actividades que propician experiencias vivenciales que potencian el aprendizaje compartido.

a) Herramientas didácticas

Taller sensorial: en este ejercicio se dispone de diferentes tipos de tierra, con los ojos vendados se invita a los participantes a tocar y sentir la tierra, poner palabras a esas sensaciones para luego observar, clasificar y nombrar las tierras y conectar con las emociones y recuerdos que despierta esta forma de reconocer la tierra. Parte de las experiencias didácticas desarrolladas por CRAterre; participaron 56 personas.

ElémenTerre: diseñada para descubrir cómo es posible pasar de un montón de tierra que es una materia natural, a un material de construcción. El ejercicio presenta 13 experiencias científicas simples y lúdicas (ordenadas en 3 grupos: granos, aire + agua y fuerzas + construir) en la que los participantes interactúan con el material tierra. La maleta científica y pedagógica fue desarrollada por CRAterre, quien concedió derechos de reproducción y difusión de su versión en español a la Red MAK; se capacitaron 105 personas.

Pruebas de identificación de tierras: conjunto de pruebas empíricas para el reconocimiento de los suelos, de las cuales se han estandarizado seis: prueba de la vista y tacto, para identificar la granulometría del suelo; prueba del olor, para identificar la presencia de materia orgánica; prueba del lavado de manos, para confirmar si se trata de suelo arcilloso o limoso; prueba de la pastilla, para probar la resistencia en seco y determinar el porcentaje de retracción de las arcillas; prueba del cigarro, para determinar la cohesión del suelo y comprobar si la cantidad de arcilla en el suelo es conveniente para fabricar adobes; y prueba de la botella, para medir la proporción entre los granos inertes y los finos; se capacitaron 127 personas.

Culturas constructivas: diseñada para entender cómo las culturas constructivas hablan de materiales, personas, saberes, organización social, conocimientos y transmisión. En este ejercicio se analiza la manera en que la casa habla de la identidad cultural de un pueblo y a modo de juego se invita a los participantes a leer patrones que vinculan a las personas con sus viviendas; participaron 58 personas.

Traslapes de adobe: ejercicio práctico en el que se emplean bloques de madera que representan adobes y medios adobes a escala pequeña, para enseñar los tipos de amarre en encuentros para muros de adobe reforzado y sin reforzar (encuentros en T, X y L), tanto en la primera, como en la segunda hilada, para su correcto cuatrapeo. En el sistema de adobe reforzado se incluye la correcta colocación de refuerzos verticales y horizontales; se capacitaron 44 personas.

Criterios básicos de diseño para la arquitectura de tierra: diseñado para entender, desde el sentido común, los cuidados claves que se plasman en elementos de construcción indispensables para una arquitectura de tierra sana, segura y funcional. En esta presentación, se comparte por medio de croquis sencillos y accesibles, el paralelismo estrecho entre la vivienda con tierra, y el cuerpo humano, e invita a comprender los

elementos básicos propios a la construcción con tierra desde la lógica vivida en nuestro cuerpo.

Fichas didácticas: incluyen textos e ilustraciones para la realización de pruebas de identificación, experimentación, así como los pasos para la ejecución de diferentes sistemas constructivos de tierra: adobe, bahareque, paja-arcilla, tapia, repellos, etc.; incluye el manifiesto “Habitar la tierra”. Es una compilación de 27 fichas elaboradas por Red MAK con base en investigaciones del laboratorio CRATerre y experiencias propias; recibieron la información 53 personas.



Figura 3. Herramientas didácticas implementadas durante procesos de enseñanza-aprendizaje para la construcción con tierra en Universidad del Medio Ambiente, 2016 - 2021, Valle de Bravo, México

Muestrario de revoques (o repellos): ejercicio práctico en el que se experimentan los comportamientos de la estabilización con arenas y con fibras en revoques de tierra. Con al menos 2 tierras con características muy distintas, se realizan sobre unos adobes, muestras de revoques declinando la proporción de estabilizante natural de menos a más cargado. Luego del secado, se arma el muestrario para realizar una comparación de los comportamientos a la erosión y a la retracción de las diferentes mezclas, invitando a quienes participan del ejercicio a construir sus propios criterios de calidad. Al final, este ejercicio introduce la posibilidad de estabilización química con una última muestra de revoque con tierra y cal; se capacitaron 93 personas.

Muestrario de pinturas: parte de un diálogo histórico de las pinturas naturales y sus constituyentes. Se solicita a los participantes realizar hipótesis respecto a las posibles combinaciones y proporciones, elaborando muestras pequeñas que incluyen: combinación básica para adherencia, combinación para obtención de color, combinación con estabilizantes. Luego del secado se evalúan los resultados para su mejora o reproducción de combinaciones exitosas, permitiendo la producción de pintura en mayor volumen; se capacitaron 46 personas.

Test Carazas: ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra: ofrece una comprensión de la importancia de la naturaleza trifásica de la materia tierra y cómo interactúan sus constituyentes. Este ejercicio práctico se realiza en una matriz donde los tres componentes de la materia son explorados a través de una serie de manipulaciones,

utilizando las variables propias de cada uno de estos tres elementos. El ejercicio lleva el apellido de su autor⁵, participaron 79 personas.

Mesas interactivas comportamiento sísmico: diseñadas para comprender los diferentes comportamientos de un edificio en caso de un sismo oscilatorio, en función no solo de sus características que derivan de las técnicas constructivas utilizadas, sino también de las características del suelo y del subsuelo que recibe la edificación. Por medio de maquetas representativas de cinco diferentes tipologías estructurales de edificios, se observan y se identifican patrones de respuestas en caso de estar expuesto a una fuerza horizontal fuerte con variación de amplitud de oscilación; se capacitaron 46 personas.

Maleta sísmica: diseñada para descubrir cómo se comporta la materia en grano cuando está expuesta a situaciones y momentos que también ocurren durante un sismo. El ejercicio presenta siete experiencias científicas simples y lúdicas en la que los participantes interactúan con el material tierra. La maleta científica y pedagógica fue desarrollada por la Red MAK, inspirada por las metodologías de la maleta ElemenTerre; se capacitaron 23 personas.

b) Prácticas demostrativas, experimentales y de puesta en obra

Las prácticas desarrolladas durante talleres y seminarios se han realizado en dos estados de la república mexicana. En el Estado de México, municipio Valle de Bravo: localidad San Mateo Acatitlán, incluye el campus UMA y dos viviendas de la zona; localidad Mesa Rica, reserva El Peñón y en el Borbollón, localidad Cerro Colorado. En el Estado de Morelos, municipio de Totolapan, durante la construcción de un centro comunitario.



Figura 4. Prácticas realizadas durante procesos de enseñanza-aprendizaje para la construcción con tierra en Universidad del Medio Ambiente, 2016 - 2021, Valle de Bravo, México

⁵ Wilfredo Carazas Aedo, autor del ejercicio "Test Carazas", arquitecto, investigador asociado al Centro de Investigación en Arquitectura de Tierra de la Escuela de Arquitectura de Grenoble – CRAterre - Unidad de investigación AE&CC, Francia.

Estas prácticas han incluido: fabricación de adobes y bloques de paja-arcilla, revoques de tierra, revoques de cal y estabilización con agua; construcción con los sistemas constructivos: adobe reforzado, bajareque con carrizo, bajareque con vara blanca, bajareque con botellas, tierra ocoxal, tapia y arcos con adobe.

c) Actividades complementarias

Sensibilización - tocar la tierra: primer acercamiento al material disponible bajo los pies; visitas de aprendizaje, en cuyos recorridos se estudian proyectos de arquitectura contemporánea de tierra; recuperación metodológica, para activar los conocimientos previamente desarrollados; y sensibilización de género, en la que se analizan las desigualdades de género y se reconocen las aportaciones de las mujeres en el tema.

En una encuesta realizada en agosto de 2021, en la que participaron el 31% de las personas que cursaron talleres y seminarios durante el período 2016 - 2021, destacan las siguientes valoraciones al respecto:

- al indagar sobre las herramientas didácticas de preferencia, las pruebas de identificación de tierras se colocan en el primer lugar, seguidas de culturas constructivas y criterios básicos para la arquitectura de tierra; en el siguiente nivel de preferencia se ubican taller sensorial, EleménTerre y muestrario de revoques, seguido del test Carazas y muestrario de pinturas;
- con relación a las experiencias prácticas, reconocen como valiosas la elaboración de adobes, seguida del bahareque con carrizo, tapia y revoques y finalizando con tierra ocoxal⁶.

Ambas valoraciones parten del reconocimiento y la importancia de acceder a un aprendizaje vivencial que permite entender y transmitir el conocimiento sintético que despiertan la curiosidad y el entusiasmo, que son capaces de enseñar conocimientos muy específicos de ciencia, arquitectura y experimentación de una manera divertida y con un lenguaje accesible, que promueven el respeto por la tierra y procesos colaborativos.

De esta manera, el modelo educativo de la UMA, en conjunto con herramientas didácticas del laboratorio CRATerre y con métodos de la educación popular que practican varias organizaciones de la Red MAK, promueve saberes tradicionales y conocimiento científico a favor de los sistemas constructivos de tierra.

4.3 Aprendizajes se materializan en iniciativas que transforman los sistemas socio ambientales

Fundamentado en el tercer modelo pedagógico endógeno con énfasis en los procesos, el modelo educativo UMA se centra en que las personas que participan de las experiencias educativas reconozcan la importancia de desarrollarse como agentes de cambio, adentrándose en un proceso de transformación y enriquecimiento personal que les facilite el desarrollo de iniciativas y proyectos que busquen cómo cambiar las prácticas actuales de su disciplina hacia esquemas de sostenibilidad. El modelo de proyectos UMA se inspira en la investigación activa (diseño, acción, evaluación y reflexión), partiendo de proyectos con propósito, para alinear de forma explícita y continua la toma de decisiones al propósito del proyecto. Incluye una perspectiva sistémica, para tener una visión sobre la diversidad de componentes del contexto y las relaciones entre ellos; y se sostiene en un proceso regenerativo, para generar una experiencia que evolucione y retroalimente la persona, las relaciones, el entorno y el conocimiento. De este modo los egresados incluyen propuestas arquitectónicas de tierra y otros materiales locales en proyectos socioambientales que vinculan con el territorio.

Un análisis sobre los proyectos de titulación desarrollados por estudiantes de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable que participaron de los talleres y/o seminarios de construcción con tierra, concluye que 15 proyectos proponen soluciones

⁶ Nombre en lengua nahuatl que significa "acícula de pino".

arquitectónicas de tierra. Se incluyen como estrategias para atender problemáticas socioambientales relacionadas con la migración, el consumo energético de los edificios, la ausencia de confort y bienestar de las personas, la desvinculación comunitaria y al territorio, y la mala gestión del agua y residuos sólidos. La gran mayoría de estos proyectos proponen infraestructuras para la construcción de centros comunitarios, construcción o mejoramiento a la vivienda, y un porcentaje menor proponen infraestructura para la gestión del agua, espacios educativos, comerciales, públicos y turísticos. Se incluye como principal sistema constructivo el adobe reforzado, seguido de tapia, bloques de tierra compactada, bajareque y cob (bolas de tierra), pacas de paja, también se incluyen mejoras para aplanados (o repellos) y pinturas.

De los proyectos propuestos, al menos el 60% han iniciado o finalizado su implementación. Destaca que el 60% de estudiantes que han propuesto estos proyectos son mujeres, lo que demuestra un mayor porcentaje de mujeres involucradas en la práctica de construcción con tierra. Algunos proyectos han involucrado la participación voluntaria o por intercambio de horas beca⁷, en la que los estudiantes colaboran con los proyectos y ponen a su disposición su experiencia y trabajo para el desarrollo de los mismos. El proyecto Construcción de la obra escuela “Centro Comunitario Totolapan” es un ejemplo de ello. Ubicado en Morelos, México, surgió a raíz del sismo ocurrido el 17 de septiembre de 2017, que provocó la destrucción parcial o total de alrededor de 60% y 40% de las viviendas. Con el fin de crear un espacio para el fortalecimiento de la cultura constructiva local de adobe y desarrollar la resiliencia comunitaria, se han involucrado en su diseño e implementación actores clave de la zona, asesores especialistas y estudiantes de la UMA.



Figura 5. Estudiantes de la UMA colaboran en la construcción de la obra escuela “Centro Comunitario Creativo Totolapan”

Los proyectos se desarrollan y comparten en comunidades de práctica (CoP, por su sigla en inglés), pequeños grupos de estudiantes que aprenden de sus propias experiencias. Eckert y Wenger (2005) definen las CoP como:

Grupos de personas que se reúnen con el fin de compartir ideas, encontrar soluciones e innovar, uniendo sus esfuerzos para el desarrollo continuo de un área de conocimiento especializado [...] colaboran y aprenden unos de otros, cara a cara o de forma virtual, se mantienen unidos por un objetivo común y el deseo de compartir experiencias, conocimientos y mejores prácticas dentro de un tema o disciplina.

Las CoP son centrales en el modelo educativo UMA, llegando a construirse alrededor de diferentes temas y permitiendo el acercamiento a los diferentes contextos en los que se desarrollan los proyectos. A raíz de la sistematización de la experiencia de enseñanza - aprendizaje de la construcción con tierra, se ha conformado la CoP “Construyendo con

⁷ La UMA ofrece becas para el financiamiento de estudios de maestría, a cambio, solicita a estudiantes la colaboración en actividades y proyectos que promueven las diferentes áreas.

tierra", que en su etapa inicial agrupa a 32 personas (59% mujeres y 41% hombres) de las disciplinas de arquitectura, ingeniería, educación, desarrollo sostenible, originarios de México, Alemania, Rumanía, Nicaragua, Colombia, Ecuador, Argentina y Chile y que persigue mejorar la práctica de la construcción con tierra alrededor de una comunidad activa.

5. CONCLUSIONES

Durante la aplicación de aprendizajes en diseño o implementación de proyectos de construcción con tierra, se identifican aspectos claves que facilitan el proceso:

- los lugares cuentan con referencias de edificación en tierra que sirven de modelo y/o impulsan el mejoramiento de los mismos. Encontrar el material en la obra es fácil, los materiales están en el mismo lugar en donde se va a construir;
- encontrar personas con experiencia en el tema para asesorar los proyectos, del mismo modo que disponer de bibliografía clara y sencilla mejora la práctica;
- los procesos de experimentación que se requieren antes de iniciar un proyecto, aportan un espacio de intercambio de aprendizajes que nutre la construcción de comunidad;
- la vinculación de los usuarios al proceso de construcción es fácil, una vez que entienden el valor de construir con tierra y la simplificación de muchos procesos facilita el involucramiento de personas de diferentes, sexos y edades.

El proceso de diseño e implementación de proyectos arquitectónicos presenta algunos desafíos:

- la reglamentación para la construcción con tierra es casi nula, o no se dispone de normativa o no está actualizada, generalmente se usan como referencias normativas de países que han realizado un trabajo tesonero para desarrollarla;
- encontrar la manera correcta de presupuestar y realizar los cálculos estructurales es difícil, hay muy poca bibliografía al respecto y se cuenta con pocos profesionales formados en el tema; esto crea mucha resistencia por parte de los equipos de ingeniería;
- construir con tierra en zonas urbanas, tanto por los permisos de construcción, como por el acceso al material es difícil y muchas veces se vuelve costoso;
- existe resistencia por parte de productores locales para la mejora de los sistemas constructivos y el ejercicio de intercambio de saberes, en especial cuando es una mujer la que está a cargo del proyecto;
- el proceso de experimentación previa y la consolidación de un equipo de construcción requiere tiempo; esto hace que en el corto plazo, los proyectos se perciban como costosos.

La arquitectura de tierra en México vive actualmente un proceso degenerativo vinculado a la pérdida de la tradición constructiva que afecta la calidad de vida de las poblaciones y sus ecosistemas. La transmisión de un conocimiento que se realizaba de generación en generación está desapareciendo y los espacios educativos tienen responsabilidad en ello. Al catalogar la arquitectura vernácula como arquitectura "tradicional" o "popular", en oposición a la arquitectura "académica", se generan diferencias que benefician a una por encima de la otra.

Para que las universidades tengan vigencia, deben encontrar evidencia científica del saber popular, que parte de lo que Santos (2007, p.49) denomina ecología de saberes:

Consiste en la promoción de diálogos entre el saber científico y humanístico que la universidad produce y los saberes legos, populares, tradicionales, urbanos, campesinos, provincianos, de culturas no occidentales (indígenas, de origen africano, oriental, etc.) que circulan en la sociedad.

En este sentido, la aplicación de estos conocimientos debe tener la capacidad de generar procesos de enseñanza - aprendizaje, que se apoyen en herramientas didácticas y experiencias vivenciales para transitar una arquitectura adecuada al contexto y apropiada por sus habitantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eckert, P.; Wenger, E. (2005). Communities of practice in sociolinguistics: What Is the role of power in sociolinguistics variations? *Journal of Sociolinguistics*, 9, 582-589. <https://doi.org/10.1111/j.1360-6441.2005.00307.x>

EDGE. (2019). Certificación EDGE. Universidad del Medio Ambiente. Recuperado de: <https://edgebuildings.com/project-studies/universidad-del-medio-ambiente/?lang=es&lang=es>

Freire, P. (1997). *Pedagogía de la autonomía, saberes necesarios para la práctica educativa*. México: Siglo Veintiuno, S.A. de C.V.

Guerrero, L, F. (2007). *Arquitectura en tierra, hacia la recuperación de una cultura constructiva*. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México. Apuntes vol. 20, núm. 2

Hagerman, O. (2015). [Entrevista con Oscar Hagerman, arquitecto a cargo del diseño del Campus UMA].

Mang P., Reed B. (2020). Regenerative development and design. In: Loftness V. (eds) *Sustainable built environments. Encyclopedia of sustainability science and sechnology series*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0684-1_303

Santos, B. de Souza (2007). *La universidad en el siglo XXI. Para una reforma democrática y emancipadora de la universidad*. Uruguay: Extensión Universitaria, Universidad de la República/ Ediciones Trilce

AGRADECIMIENTOS

El equipo autoral agradece a estudiantes de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable de la UMA quienes colaboraron en el procesamiento de los datos y la elaboración de material gráfico: Lizmayel Hernández Bautista, María Fernanda García Rojas, Andrea Páez Caamal, Adrián Sánchez Martínez y María Alejandra Duque Mena.

AUTORES

Andreea Dani, arquitecta por la Universidad Técnica de Cluj-Napoca, Rumanía y la ENSAG, Francia; maestra en gestión y auditorías ambientales por el Centro Panamericano de Estudios Superiores, México; directora del área de Arquitectura Sostenible de la UMA desde 2016; colabora con la Red MesoAmeri-Kaab en calidad de co-dinamizadora.

Fátima Sánchez Medina, ingeniera-arquitecta, egresada de la Maestría en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable por la Universidad del Medio Ambiente (UMA) México; colabora con la UMA en México y con Asociación Mujeres Constructoras de Condega (AMCC) en Nicaragua; referente de AMCC en la Red MesoAmeri-Kaab (Red MAK); integrante del consejo de asesores e integrante de la Comisión de género de la Red MAK.

Sandy Minier, arquitecta por la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble (ENSAG) Francia, con master en arquitectura de tierra y culturas constructivas por el laboratorio CRAterre, ENSAG, Francia; educadora y asesora en construcción con materiales locales por el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario AC (IMDEC), Jalisco México; referente del IMDEC en la Red MesoAmeri-Kaab (Red MAK), integrante del consejo de asesores e integrante de la Comisión de género de la Red MAK.

Javier Rodríguez, arquitecto por el Centro Universitario de Arte Arquitectura y Diseño (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara (UdG), con master en arquitectura de tierra y culturas constructivas por el laboratorio CRAterre, ENSAG, Francia; educador popular y asesor en construcción con materiales locales por el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario AC (IMDEC), Jalisco México; referente del IMDEC en la Red MesoAmeri-Kaab (Red MAK), integrante del Consejo de Asesores e integrante de la Comisión de Gestión Integral de Riesgos de la Red MAK.

Dulce Murillo, arquitecta por la Universidad del Valle de México (UVM); con estudios en la Universidad Europea de Madrid, España y en Santa Fe University of Art and Design, Nuevo México; maestra en arquitectura diseño y construcción sustentable por la Universidad del Medio Ambiente (UMA) México; trabaja en el área de diseño y construcción de Taller AF, Valle de Bravo, México y es docente de talleres y seminarios de construcción con tierra en la UMA.

TRADICIÓN Y TRANSMISIÓN: MAESTROS DE CONSTRUCCIÓN COMO PORTADORES DE SABERES TRADICIONALES EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, COLOMBIA

María Alejandra Rodríguez Martínez

Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia, marma9710@gmail.com

Palabras clave: patrimonio cultural inmaterial, saber-hacer, cultura constructiva, saberes ancestrales, técnicas constructivas tradicionales\.

Resumen

Desde el inicio de los tiempos, el hombre ha desarrollado habilidades y técnicas para sobrevivir y satisfacer sus necesidades básicas, una de ellas el abrigo. Es así como utiliza elementos cercanos a él para empezar a construir sus espacios. Resignificar el ejercicio de la construcción y pensar en una arquitectura sin arquitectos, pone el foco en quienes hacen esta labor. Esta mirada convierte en protagonistas a las comunidades de personas que practican y resignifican los materiales provenientes de su entorno. Lo anterior es un desafío disciplinar para la arquitectura, dado que observar el fenómeno de construcción con tierra en la actualidad pone en tensión el imaginario colectivo arquitectónico que la considera una práctica antigua y obsoleta, con el interés de recuperar el saber constructivo como conocimiento empírico. El departamento de Boyacá, Colombia, alberga muchas de estas prácticas materializadas en construcciones rurales, elaboradas por maestros poseedores de estos saberes, a partir de las cuales se pueden valorar los saberes que están fuera de la arquitectura y construyen espacios que son funcionales y poseen atmósferas que permiten tener la sensación de resguardo. ¿Por qué no volver a la tierra como material de construcción?, y además ¿Por qué no hacerlo de la mano con los maestros constructores en un proceso de co-creación? Esa es la apuesta de esta investigación.

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura es una disciplina que ha ayudado a la consolidación del hábitat urbano y rural, se ha contextualizado con la época y localizado en el espacio. Desde la arquitectura prehistórica hasta la moderna, se han definido tipologías, estilos y lenguajes arquitectónicos asociados a estas épocas, sirviendo de base para las nuevas tendencias en la configuración del patrimonio arquitectónico. Uno de estos ha sido denominada arquitectura de tierra, la cual en la actualidad es practicada por maestros, arquitectos y otras disciplinas en el mundo.

Para comprender lo que sucede con la construcción con tierra en la actualidad y la gente que la practica, es importante remitirse a otro tipo de arquitectura denominada “Arquitectura sin Arquitectos” (Rudofsky, 1964) en la cual, los protagonistas de ésta son personas pertenecientes a una comunidad que construyen sus casas con materiales a su alcance. Este concepto rompe con la idea que solo los arquitectos pueden diseñar y construir hábitats que satisfagan a otras personas; a esta arquitectura también se le conoce como vernácula, entendiendo este concepto etimológicamente como nacido en la casa de uno o algo propio del lugar (Jové, 2017) pues tiene su origen e identidad en un lugar específico. Es difícil precisar el origen histórico dado que podría remitirse a la llegada de los españoles o antes incluso. No existen datos que determinen un inicio preciso, por tanto, es resultado de un proceso de intercambio cultural. Históricamente, satisfacer las necesidades de resguardo es una tarea que se aborda con lo que se tiene cerca y le es propio, entender el resguardo del clima y el ambiente es básico para la arquitectura, tejiendo relaciones entre el hombre y el espacio a habitar.

El hombre se ha enfrentado a satisfacer su necesidad de resguardo con lo que tenía cerca de él y dentro de esas necesidades básicas, el hábitat le permitió utilizar materiales que encontraba cerca; él no solo tenía como objetivo resguardarse, sino generar toda una dinámica de vida dentro de ese espacio. Lo anterior, es abordado por Bachelard (1957)

donde explica que el hombre no solo concibe el espacio como un ente funcional, sino que le adjudica un significado. Es así como este tipo de arquitectura corresponde al aprendizaje empírico de los actores, quienes deciden cómo y con qué realizar este proceso; así inicia el recorrido por esta arquitectura sin arquitectos, que desafía el conocimiento de la academia, los profesionales y sus prácticas en este campo.

Los materiales utilizados en este tipo de construcciones, son propios del lugar de vivienda. Si bien la tierra o el barro no es el único material que se emplea en la arquitectura vernácula, es el predominante junto con la madera y la guadua utilizadas aún en zonas rurales y centros históricos de Colombia, hoy declarados Patrimonio. Evidencia de lo anterior, sólo algunos centros históricos del país, que cuentan con declaratoria patrimonial, se encuentran contruidos mayormente con tierra, reflejando un periodo histórico de auge de esta técnica constructiva. Este fenómeno obedece entonces, a la disponibilidad del recurso en el lugar.

El uso de técnicas de construcción con tierra como el bahareque, el adobe y la tapia pisada en el siglo XVI, del que datan construcciones en la zona andina del país (Sánchez Gama, 2007), provocan un fenómeno importante dentro del mundo de la construcción. Durante esta época, se intensifica el uso continuo de las técnicas de construcción con tierra, sobretudo la tapia y el adobe. Sin embargo, durante el siglo XX, el bahareque se posiciona como una de las técnicas más utilizadas en casas de dos pisos, a raíz de la caída de casas construidas en tapia luego de los temblores en la época (Gama-Castro et al., 2012). A partir de esto, es importante entender que, en las diferentes regiones de Colombia, el uso de las diferentes técnicas de construcción con tierra siempre ha tenido variaciones en su composición y en su forma de armar las estructuras. En la región Caribe, por ejemplo, las rancherías del territorio Wayúu estaban construidas en su mayoría con bahareque; en la región amazónica, por su parte, no es posible encontrar una sola técnica usada dentro de las casas prehispánicas. Sin embargo, cerca al río Guainía se observaba una arquitectura local predominante construida con bahareque también. Finalmente, en la región andina es diverso el uso del adobe en el altiplano cundiboyacense, la tapia en lugares cercanos a Santander y cerca de la zona cafetera, el bahareque. Se tienen registros desde el Archivo General de la Nación, evidenciando la construcción de diferentes obras en tapia y adobe a inicios del siglo XX, lo que genera la idea de que mucho antes se tenía la noción de construcción con tierra presente.

Sánchez Gama (2007) menciona que el hombre precolombino empezó la construcción de su casa utilizando la técnica de bahareque; con la llegada de la colonia, las nuevas edificaciones religiosas y civiles en técnicas de construcción con tierra como la tapia y adobe permitieron que este mismo identificara diversas maneras de utilizar el material. A partir de lo anterior, se hace énfasis en la importancia histórica que tiene la construcción con tierra en Colombia, sobre todo en la zona andina del país, donde este tipo de construcciones tuvo un antes, durante y después en la época de la colonia siendo lugares de culto, vivienda o lugar de reunión entre la sociedad del momento. Hoy en día este tipo de construcciones tienen otorgado un significado simbólico y cultural; estas a su vez, también hacen parte de un imaginario colectivo en el que se le considera antigua, algo del pasado que no tiene un inicio dentro de una memoria social (Jové, 2017), razón por la cual no es valorada y está sujeta a acciones de demolición y, en algunos casos, recuperación errónea. En la actualidad, predomina el desinterés por este tipo de construcciones, lo cual genera un olvido por parte de la sociedad frente a lo que representa la tierra y a quienes la usan para construir, los maestros.

Los actores fundamentales de este tipo de arquitectura son justamente los maestros o constructores, dado que su conocimiento empírico contempla elementos técnico-constructivos que resultan muy útiles a la hora de resolver situaciones dentro de la ejecución de una obra. Este actor no solo influye en el campo de construcción, sino que, a su vez, tiene un rol en la comunidad donde se encuentre, por pertenecer a esta y haber adquirido sus conocimientos, de forma empírica. La tarea de los maestros constructores, sin importar cuál sea su especialidad es, sin lugar a duda, suplir una necesidad inminente de la persona que lo contrata. Pero ¿qué sucede con el maestro constructor concebido como un sujeto de

conocimiento?, reconocerlo como constructor con relación a sus diferentes saberes técnicos es, en este caso, comprender la relación entre él y la construcción con tierra, no solo para visualizar el material, sino también para reconocer su labor y conocimiento.

Para la investigación que se presenta aquí, se definió un área de trabajo general, tomando el centro del departamento de Boyacá y otra específica, en municipios como Motavita y Chivatá, los cuales se encuentran en el entorno inmediato de la ciudad de Tunja, capital del departamento. La razón principal de esta localización fue el alcance que tenían los maestros participantes del proyecto en relación a sus obras. Posteriormente, se diseñó un plan de trabajo con el fin de conocer, comprender y aprehender las características propias del oficio de los maestros constructores con tierra en ese lugar.

La primera fase del desarrollo del proyecto denominada proyectación, tuvo como metodología un primer acercamiento al alcance deseado, el planteamiento de los objetivos y la primera parte de la búsqueda documental sobre el oficio de los maestros constructores y las técnicas tradicionales de construcción. A su vez, se hizo el primer contacto directo con el lugar y los actores involucrados para indagar preliminarmente diferentes variables en torno a los objetivos de la presente investigación; contó con la participación de tres maestros¹ constructores oriundos del departamento de Boyacá. Los tres tienen una diferencia de edad importante lo cual permitió identificar y analizar la concepción del espacio y las diferentes técnicas de construcción con tierra en tres generaciones distintas. Fruto de esa diferencia generacional se diseñó una triada que explica cómo el maestro constructor, la tierra como material de construcción, y la vivienda construida en tierra, juegan un papel crucial en la valoración de la construcción con tierra. El maestro constructor, por su parte es quien imprime su sello y saber-hacer (Oliver, 2006) a la construcción, por medio del moldeo del material, y la vivienda construida, determina la relación entre el maestro constructor y el material que utilizó para llevar a cabo la misma.

La recolección de la información de la primera fase, dio lugar a la segunda denominada procedimiento técnico, donde se compiló toda la información en un levantamiento arquitectónico de las viviendas elegidas por los maestros constructores. En conjunto con los maestros, se identificaron detalles constructivos y características únicas de cada una de las viviendas, lo que permitió tener una perspectiva más amplia de cómo el maestro constructor piensa los espacios y las dinámicas que se generan dentro de ellos. La información de las dos últimas fases se sistematizó y organizó para dar lugar a la última denominada resultados, en la que se realizó un diagnóstico, haciendo énfasis en los detalles constructivos. Además, se realizó un ejercicio de análisis en torno al uso de la tierra hoy en día, el imaginario negativo que se tiene frente a ella y las posibles alternativas para transformar este imaginario.

1.1 Memoria social y las técnicas de construcción con tierra

Stanford (1999) plantea que existen dos tipos de memoria, la memoria disciplinar y la memoria social. La primera se describe desde la propia disciplina de la arquitectura y es aquella que se concibe simultáneamente con el conocimiento adquirido en la escuela o academia; mientras que la segunda, es aún más compleja, pues es la que, con o sin incidencia de la academia, se transfiere de generación en generación de una o varias comunidades entre sí; es una transferencia sin documentación o elaboración, se realiza de forma oral en su mayoría y les permite a las personas recordar y utilizar ese conocimiento del pasado en el presente.

A través del tiempo, la arquitectura vernácula ha tenido un impacto en su entorno inmediato y el paisaje. En la mayoría de los lugares, este tipo de construcciones están ubicadas en la periferia de las grandes ciudades, en lugares como cerros o pie de montaña. Lo anterior implica una reconfiguración de lo que significa la autoconstrucción y cómo estas costumbres llevan a entender el conocimiento que tienen las personas que la practican. Sin embargo, en

¹ El maestro C, Camilo Rivera, el maestro E, Elver Farias, y el maestro M, siendo que esto último no firmó el consentimiento para la divulgación de sus datos personales en esta investigación

el caso puntual de los municipios estudiados, y como sucede en casi todas las zonas rurales de Colombia, la arquitectura vernácula es algo que resalta sobre el paisaje; es así como se encuentran casas construidas con tierra, que en su mayoría no tienen ninguna función en la actualidad. Estas actualmente tienen tres opciones, ser utilizadas como bodega de cosecha de alimentos, para el caso específico de la zona, cosecha de papa; esperar a que se caiga “naturalmente” pues al estar en ruinas no es posible darle un uso distinto a la misma y finalmente adosarle un muro en otro material a la casa o parte de lo que queda en pie de ella, utilizando materiales como ladrillo o concreto produciendo a su vez, una hibridación de técnicas. Lo mencionado anteriormente es el panorama actual que se tiene frente a la construcción con tierra en el área rural de Colombia, en este caso en el centro del Departamento de Boyacá. En lugares como estos no está presente una memoria social (Stanford, 1999) frente a este tipo de construcciones, no solo por el deterioro actual de las casas, sino también por la misma cultura presente en estas; hay personas que han vivido allí toda su vida pero que saben muy poco de sus antepasados y por consiguiente del origen de la casa donde viven.

Sin lugar a duda, los campesinos y habitantes de la zona conciben este tipo de casas de manera funcional y técnica, mientras que algunas personas externas a este contexto le otorgan un significado cultural fuera de su función principal. ¿Qué sucede con la concepción histórica y cultural que tienen incluso los mismos habitantes de estos lugares? En la mayoría de los casos no se omite por desconocimiento sino por relevancia, no lo consideran importante pues, como se mencionó anteriormente la función básica de la vivienda es uno de los elementos estructurantes dentro de la configuración de estos lugares y sus habitantes.

a) Saber-hacer

Para entender qué sucede con el conocimiento de los maestros constructores en tierra en la actualidad y la memoria social en torno a estos mismos, se debe revisar de qué manera se concibe ese tipo de conocimiento sobre los oficios, en este caso la construcción con tierra. Como bien lo define Oliver (2006), el saber-hacer es la facultad de saber y de conocer, tiene que ver con el conocimiento de generación en generación, con el aprendizaje adquirido y la aplicación de este mismo. Es así como el saber-hacer representa la importancia del portador del conocimiento constructivo pues es, en esencia, el principal foco de transmisión de éste y tiene, por consiguiente, diferentes maneras de solucionar situaciones que se le presenten en su oficio. A partir de lo anterior y a manera de contextualización se debe entender cuáles son las técnicas de construcción con tierra más conocidas aplicadas al conocimiento de los maestros participantes en el proyecto. El propósito de plantearlo de esta manera es comprender y analizar que si bien, existen alrededor del mundo numerosas fichas y especificaciones de las diferentes técnicas de construcción con tierra, el conocimiento y experticia que tienen estos maestros constructores les aporta a éstas, un valor cultural y técnico que generaría un cambio en la percepción que se tiene sobre las mismas e implicaría una diversidad de saberes, de formas de construir y de pensar el espacio.

b) Caracterización de las técnicas de construcción con tierra

Las técnicas de construcción con tierra más conocidas y utilizadas en Colombia son el adobe, el bahareque, la tapia pisada y el bloque de tierra comprimida. Como se muestra en la figura 1, las dos técnicas de construcción que predominan en la zona del altiplano Cundiboyacense del país son el adobe y el bahareque.

Lo anterior, hace parte del análisis de las técnicas de construcción en relación con los maestros constructores, quienes en sus relatos dan cuenta de que en el pasado e incluso en la actualidad, varias de estas técnicas de construcción con tierra no son muy comunes en Boyacá, lo que sirve de base para entender que no en todas las zonas de Colombia se construye con las mismas técnicas.

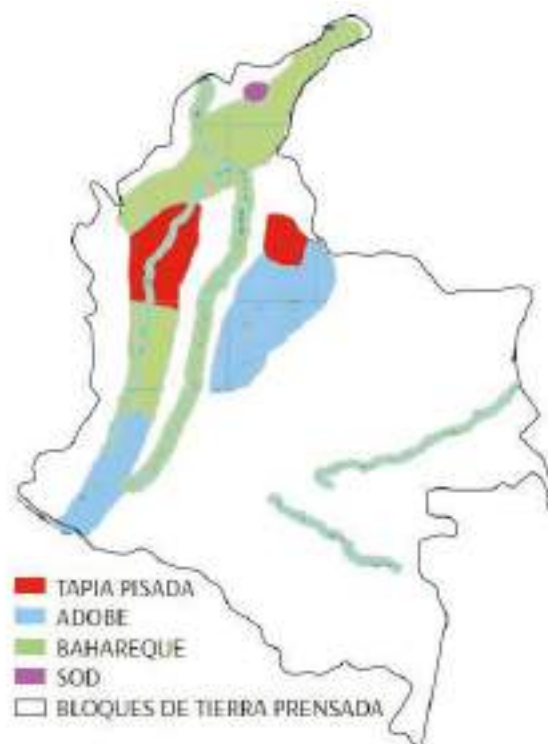


Figura 1. Mapa de distribución de técnicas Constructivas tradicionales en Colombia
(realizado por Sánchez Gama en 2006)

2 TRADICIÓN Y TRANSMISIÓN

En talleres prácticos en conjunto con los maestros, fue posible comprender cómo se ven los maestros constructores como profesores y de qué manera asumen el rol de portadores de conocimiento. Es claro que la tradición está constituida como una serie de prácticas con relación a las técnicas de construcción con tierra y que estas hacen alusión a los maestros como sus portadores; es decir que, la tradición de la construcción con tierra estaría presente a través del tiempo con diversas variaciones, dependiendo de la manera en la cual los maestros aprenden el oficio, lo desarrollan y lo aplican. Sin embargo, es en ese punto donde hay un quiebre en la tradición, pues, por una parte, el maestro constructor aplica el conocimiento en las diferentes obras que tiene a cargo y por otra, contrata diferentes personas para optimizar el tiempo y los recursos de la obra; ¿Qué sucede entonces con las personas que no tienen conocimiento previo o experiencia en construcciones de este tipo?

Según la experiencia del maestro M y el maestro E, en cualquier tipo de construcción, los jefes de obra tienden a “mandar en vez de dirigir” algo muy común dentro de las construcciones y se da debido a factores como la autoridad hacia las personas que están contratadas/subcontratadas y el respeto de estas mismas hacia el oficial. Es en estos casos, cuando la transmisión de conocimiento no se da como un fenómeno natural, sino que muchas veces es nulo y no se comparte o se transfiere oralmente de persona a persona. Es importante entender que este corte en el proceso de transmisión no es algo que se deba ver como negativo, sino que es un resultado del proceso histórico-cultural en diferentes lugares del país y no se puede pretender que ocurra de inmediato en lugares donde las personas externas al núcleo familiar y personal no son vistas como personas de confianza. Sin embargo, es ahí donde, en el caso puntual de la Escuela Taller de Boyacá con el programa Técnico en recuperación del patrimonio inmueble, hay personas trabajando para que esta transmisión se pueda hacer por diferentes mecanismos, contando con actores importantes involucrados, reactivando este tipo de procesos.

b) Técnicas utilizadas por los maestros constructores

Ahora bien, es importante tener en cuenta que, aunque los maestros son importantes dentro de una comunidad por su oficio y saber, no construyen igual y son expertos en lo mismo el maestro mayor, por ejemplo, prefiere hacer adobes que fabricar muros de tapia, pues manifiesta que no sabe mucho sobre la técnica, ya que no era común en su época. Así mismo, se evidencia el saber del oficio de construcción con tierra de cada uno de los maestros que, si bien no fue adquirido de la misma forma por parte de los tres maestros, cada uno tiene una visión diferente del mismo y hace las cosas de manera diferente en una obra o situación que se necesite solucionar. Dicho conocimiento empírico tampoco es lineal, contrario a lo que sucede con el conocimiento adquirido en este caso desde la academia. Un ejemplo claro es la manera en la cual cada maestro manifiesta tener el desarrollo de un proceso constructivo desde los cimientos hasta la cubierta, pasando por la selección de tierras, selección de fibra, preparación de mezcla y construcción de bloques como se evidencia en la matriz.

c) La impronta del maestro de construcción

A partir de lo anterior, es claro que el conocimiento empírico de los maestros posee una gran carga de autoría de estos, debido al proceso de aprendizaje y la experiencia; es así como se diferencian por sus construcciones y reconocimiento de las mismas. De manera similar a como sucede en la arquitectura, cada arquitecto tiene un sello que lo diferencia de otros y lo plasma en sus construcciones, el maestro constructor tradicional tiene un sello que le imprime a su obra, el cual muchas veces no es visible a simple vista. En la antigüedad, se dejaban detalles en los muros o en el cielo raso para identificar al maestro constructor que realizaba dicha obra. Según el maestro M, estas características no eran muy evidentes, a veces las únicas personas que lo sabían eran los dueños de las casas y el propio maestro.

El maestro E, por otro lado, manifestó que ese tipo de características especiales que los diferenciaban eran puntillas salidas o papeles con su firma. No es muy común encontrar este tipo de detalles evidentes en las casas antiguas rurales pues el reconocimiento que recibía el maestro no era por la impronta que dejará en la casa si no por las recomendaciones que hacían los clientes a otras personas sobre el maestro y sus saberes. Sin embargo, hoy en día maestros como E o C manifiestan que es importante dejar una marca en sus obras, por más pequeña que sea, con el fin de ser reconocidas años después de construidas. Actualmente no hay ningún tipo de documentación que refleje las marcas que deja cada maestro de construcción en sus obras y más aún en el caso de la tierra, donde, como se ha mencionado antes, la transmisión de este conocimiento e información fue de manera oral.

De esta manera, se reitera la importancia del significado que tiene manifestar o tener una impronta personal de cada maestro, pues demuestra a su vez, que la construcción con tierra al no ser aún un tipo de construcción cuyos materiales son producidos en serie, tiene detalles importantes que son directamente relacionados con las manos que edificaron dichas obras. Por esta razón se vuelve importante reactivar y resignificar este oficio pues es algo del pasado, pero configura las bases del presente y futuro en términos culturales e históricos para el hábitat mundial.

d) ¿Qué se espera de los maestros de construcción en el futuro?

El maestro M considera que el futuro de este tipo de construcciones es incierto, si bien, en el área rural aún se sigue construyendo con este material, en la actualidad se está perdiendo la mano de obra que tiene el conocimiento de este oficio y se está dejando en el olvido, debido al desconocimiento histórico, cultural y técnico que se tiene. Sin embargo, este mismo considera que procesos como los talleres de construcción con tierra y conferencias, logran sensibilizar y concientizar a diferentes personas interesadas en el tema, para que se cree una transmisión de conocimientos y datos con referencia a esta. A su vez, es importante aclarar que, no todos los maestros constructores están dispuestos a compartir su conocimiento mediante estos espacios, pues algunos no tienen interés alguno en hacerlo o

simplemente se niegan a realizarlo con personas extrañas como se mencionó anteriormente.

Por otro lado, el maestro Elver tiene una reflexión similar a la del maestro mayor. Él considera que muchos maestros como él se están yendo sin haber compartido su conocimiento constructivo y espera retirarse de su *oficio* *“no sin antes haberle enseñado a muchas personas mi conocimiento para que ellos también progresen. Yo creo que he cumplido con una misión de haber dejado mi enseñanza, mis prácticas, mis técnicas, como tal a los muchachos y pues espero que ellos las sigan expandiendo y que sigan mejorando día a día”*. Además de esto, afirma que en su familia es el único maestro constructor y que enseñarles a otros a hacer las cosas, es una de las situaciones más gratificantes que ha tenido en su presente y espera tener a largo plazo. Lo anterior, es una prueba de que, si bien el oficio está desapareciendo y con él, los maestros conocedores del mismo, existen también maestros dedicados a preservar y compartir sus conocimientos constructivos a otras personas.

2.2 La construcción con tierra a la luz de la normativa colombiana de construcción sismo resistente

En Colombia, la NSR 10 (2010) es la norma que rige la construcción de edificaciones con diferentes sistemas constructivos como mamposterías, concretos y guadua. Dentro de ella no se encontraba, hasta antes del 2019, un capítulo referente a la construcción con tierra. Mediante el Decreto 2113² fue incorporado, a la NSR-10, el capítulo AIS 610-EP-17 (AIS, 2017), reglamento que planea y direcciona la intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada. Si bien dicho reglamento es específico en el planteamiento de la intervención en estas edificaciones, lo cual es un gran avance en términos del reconocimiento de adobe y la tapia pisada como técnicas de construcción, es importante destacar que aún queda un vacío documental y técnico frente a la construcción con tierra en obra nueva y en el uso de otras técnicas como el bahareque o el bloque de tierra comprimida. A nivel internacional, existen cartillas de mantenimiento e intervención en algunas de las técnicas de construcción con este material, sirviendo también de referente para el futuro poder evaluar la mayoría de las técnicas de construcción dentro de los parámetros e incluirlas en la presente norma.

La noción de los maestros constructores frente a la norma de sismo resistencia colombiana varía notoriamente. Ellos manifiestan que, por siglos, se ha construido con tierra y que, aunque se está perdiendo el oficio, aún hoy en día, hay pocos maestros que se siguen dedicando al mismo y no tuvieron nunca problemas a nivel de sismo resistencia. Muchas veces estos maestros constructores saben más de reforzamientos estructurales y resistencia de las obras por su experticia adquirida empíricamente, más que por la incorporación de una norma vigente. En Colombia, es necesario tener una norma que reglamente y defina lineamientos para la construcción nueva de estructuras construidas con tierra, con el fin de despejar dudas que se tengan a la hora de solucionar problemas estructurales que se presenten en las edificaciones del país. Sin embargo, también es importante aclarar que, en el caso del maestro constructor como actor importante dentro de estos tipos de construcciones, la normativa no sería más que una solución al requisito de poder legalmente tener el permiso de sus construcciones, pues el conocimiento que posee le permite solucionar, como se había descrito con anterioridad, a su manera de ver y percibir las situaciones que se le presenten.

3. CONSIDERACIONES FINALES

Maestros constructores como agentes configurantes del espacio construido con tierra ¿una práctica constructiva del pasado?

² Decreto del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio del 25 de noviembre del 2019

¿Cómo a partir de los maestros constructores con tierra se puede diversificar y cambiar ese imaginario colectivo que hoy en día se tiene frente a la tierra como material de construcción? Dentro del análisis previo al planteamiento del problema de investigación se identificó que, no hay ningún tipo de documentación formal con relación a los maestros constructores con tierra en el centro del Departamento de Boyacá, que permitiera continuar con una caracterización de estos para comprender de qué manera se dan dinámicas sociales en torno al maestro de construcción en tierra.

Actualmente, en países como Francia y Alemania, se busca recuperar la importancia que tiene este elemento no solo por sus ventajas sino también por su legado. Es así como se encuentra el Centro Internacional de la Construcción con Tierra (CRAterre) en el caso de Francia, creado en 1979 con el fin de exaltar la arquitectura en tierra y las edificaciones que están construidas con este material. En lugares como España, por ejemplo, se creó el “Plan de Arquitectura Tradicional”, que contempla dentro de uno de sus apartados la construcción con tierra como símbolo de historia y cultura en ese país. Así mismo, reitera la importancia de preservar este tipo de construcciones, no solo porque sean antiguas sino porque tiene una historia a nivel cultural relevante dentro de la configuración de esos lugares y por ende de sus comunidades.

A partir de lo anterior, es importante resaltar que la realidad de este tipo de construcciones, al menos en Colombia, es que están desapareciendo, con ellas el oficio y los mismos maestros portadores de este saber constructivo. Hoy en día se encuentran construcciones con materiales contemporáneos adosadas a construcciones antiguas con tierra e incluso obra nueva con estos materiales, lo que genera no solo una pérdida de la tradición constructiva del lugar, sino también un cambio inminente del paisaje. Sin embargo, en el país existen pequeñas empresas y entidades públicas que nacen con el objetivo de concientizar a las personas sobre la importancia que tienen este tipo de construcciones hoy en día y las grandes ventajas del uso del material.

Como se mencionó, la tierra se relaciona con algo del pasado y de mala calidad, aun cuando hay casas en diferentes lugares del país que llevan varios siglos construidas. Esta situación va más allá de solo un proceso cultural o histórico de los lugares, a ello se le suma el interés económico mimetizado en el “Avance tecnológico y mejores condiciones de vivienda” sobre todo en el área rural, donde estos programas del estado promueven mediante créditos y auxilios económicos, la compra o construcción de viviendas con materiales supuestamente nuevos y eficientes.

En la actualidad, la construcción es uno de los campos que más dinero mueve en diferentes lugares, aunque está directamente asociado a empresas multinacionales y constructoras, lo que deja muchas veces de lado a las pequeñas empresas e independientes, incluyendo a los maestros constructores y sus oficiales. Sin embargo, los maestros constructores en el área rural son reconocidos por las personas cercanas a la familia de los mismos y los habitantes de las veredas; estos tienen contactos dentro de los cascos urbanos, pero no lo frecuentan. Lo que a su vez termina ocasionando, entre otros problemas económicos y sociales presentes allí, la pérdida de tradiciones importantes que configuraron en algún momento la historia cultural de estos lugares.

Sin embargo, en el área rural el panorama es diferente, las viviendas allí deben tener unas condiciones básicas pero un tanto especiales para que, en lugares como Motavita o Chivatá, los habitantes puedan estar cómodos allí. Según un estudio que se hizo a una casa construida en adobe en el municipio de Motavita, se resaltó la importancia de recuperar la construcción original, porque más allá de los temas estéticos, la tierra, en este caso el adobe, tiene propiedades térmicas y acústicas mucho más eficientes que el mismo hormigón o el ladrillo cocido, propiedades necesarias en lugares fríos como lo es la zona centro del departamento de Boyacá. A partir de lo anterior, se resalta la construcción con tierra como un material que puede tener un impacto positivo en la modernidad y la “nueva normalidad” que por estos tiempos se está viviendo en el mundo tras la pandemia de la covid-19, sino también el papel que juega el maestro constructor en esta práctica.

Los maestros constructores dentro de la construcción no son tomados como personajes importantes de ella sino como ejecutores, situación que se ve en diversos lugares sobre todo urbanos del país. Es en el área rural donde se hace un reconocimiento real de estos personajes por su saber constructivo, siendo recomendados entre las mismas comunidades. Se evidencia en diferentes entrevistas que se realizaron a personas de los municipios mencionados anteriormente, ya que los habitantes declaran que los maestros constructores son necesarios dentro de una comunidad, pues son ellos quienes poseen el conocimiento y saben solucionar situaciones que se presenten en las viviendas. A esto se le suma la importancia en términos técnicos que tienen dentro de cualquier construcción, la capacidad adquirida mediante la experiencia de desarrollar actividades dentro de la obra y el manejo mano de obra eficientemente. Sea cual sea la manera de aprender el oficio, los maestros logran desempeñarse como líderes en las diferentes obras, aun cuando no todos lo hagan de la misma manera o sean especialistas en todas las técnicas.

El poner en valor y caracterizar este conocimiento adquirido, permite valorar y reactivar el uso de la tierra como material de construcción en la modernidad, resignificar el uso de este tanto en la arrea rural como en lo urbano, además de hacer una análisis crítico de las ventajas de la construcción con este mismo y analizar las diferentes técnicas de construcción en tierra a partir del saber de los maestros, sino también utilizar como herramienta las técnicas de construcción tradicionales para comprender cómo el maestro constructor ve el mundo de la construcción, a partir de su saber tradicional empírico o adquirido y de qué manera aplica esto en sus obras o proyectos en desarrollo. Así mismo, el maestro constructor deja de ser un ejecutor de obra y pasa a tener un papel incluso más importante en sí mismo, el de profesor o como su origen etimológico lo define: “persona que enseña o deja alguna enseñanza”.

Es así como maestros como E, aun cuando nunca se imaginó enseñando o compartiendo su conocimiento con otras personas, tiene un rol marcado dentro de su comunidad como profesor, enseñando a personas lo que sabe sobre las técnicas y retroalimentando procesos e ideas de otros.

Sin embargo, es importante recalcar que la enseñanza no es una actividad natural para todos los maestros constructores, así que no se pretende de alguna manera obligar y afirmar que todos los maestros de la zona deben compartir y enseñar su saber tradicional para que la construcción en tierra no se pierda. Por el contrario, es importante generar espacios y emprendimientos sociales a los que los maestros constructores en tierra sean invitados con el fin de que se conviertan en gestores de saberes y se genere, en un futuro no muy lejano, una red de maestros donde incluso ellos mismos puedan contactarse de manera sencilla con otros para consultas o contrataciones.

Actualmente, se vive en una situación difícil en cuanto a temas medioambientales y sanitarios, en la cual quizá el recurrir a la tierra como material de construcción nos permita darnos cuenta que, por un lado, pese al avance tecnológico en nuevos materiales producidos en serie en diferentes lugares del mundo, la tierra sigue siendo uno de los más eficientes; por otro, que el área rural en el país necesita créditos de fácil acceso para adquirir viviendas que cumplan con el significado del ser campesino y su relación directa interior-exterior, además de la utilización de materiales eficientes a nivel térmico y funcional que le permitan al habitante desarrollar su vida productiva dentro de su propio espacio. Adicionalmente, generar un plan de recuperación y trabajo participativo en el que los habitantes, de la mano de diferentes maestros que frecuenten la zona, puedan recuperar las casas existentes y tener, ahora sí, mejores condiciones de vida en sus casas sin perder la conexión con la naturaleza y su actividad económica.

Finalmente, que los maestros de construcción puedan ser partícipes de diferentes espacios para compartir su conocimiento de manera directa, generando una transmisión oral genuina del saber tradicional que poseen los mismos. Es evidente la cantidad de fichas técnicas y manuales de construcción con tierra realizados en laboratorios y academias, pero qué pasaría si se generaran más espacios para que los maestros constructores en conjunto con otros profesionales diseñaran manuales de recuperación y construcción de edificaciones de

tierra en zonas rurales y urbanas, que les permitiera a ambos actores, no solo lograr el mejoramiento y verificación de las diferentes técnicas de construcción con tierra, sino que también se establecieran espacios de co-creación interdisciplinar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIS-610-EP-2017 (2017). Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos en adobe y tapia pisada. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
- Bachelard, G. (1957). La poética del espacio. Fondo de Cultura Económica.
- Gama-Castro, J. E.; Cruz y Cruz, T.; Pi-Puig, T.; Alcalá-Martínez, R.; Cabadas-Báez, H.; Jasso-Castañeda, C.; Díaz-Ortega, J.; Sánchez-Pérez, S.; López-Aguilar, F.; De Allende, R. V. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana.
- Jové, F. (2017). La restauración de la arquitectura tradicional, oficios y técnicas de construcción. En: Actas del curso-taller del barro El Paisaje de Urueña, Arquitecturas Del Campo. p. 31-47.
- Ministerio de educación, cultura y deporte (2015). Plan nacional de arquitectura tradicional. <https://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/arquitectura-tradicional.html>
- NSR – 10 (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
- Oliver, P. (2006). Build to meet needs. Elsevier Ltd.
- Rudofsky, B. (1964). Architecture without architects. New York: The Museum of Modern Art. 137 p. www.moma.org/calendar/exhibitions/3459
- Sánchez Gama, C. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. Apuntes: Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies, 20(2), 242–255.
- Sánchez Gama, C.; Montoya, J. (2005). Arquitectura de la vivienda vernácula colombiana en adobe y su relación con la norma sismo resistente. Panel en SismoAdobe. Lima.
- Stanford, A. (1999). Memory without monuments: vernacular architecture. Traditional Dwellings and Settlements Review, 11(1), 13–22. <http://www.jstor.org/stable/41757728>

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los maestros constructores Elver Farias y Camilo Rivera por su participación y dedicación al proyecto. Los primeros acercamientos y hallazgos se dieron en medio de un taller de construcción con tierra dictado por la Escuela Taller de Boyacá ubicada en Tunja, Boyacá. El acercamiento a los maestros y a sus experiencias se dio con el consentimiento de los mismos en diferentes municipios cercanos a la ciudad de Tunja. A la arquitecta Yarleys Pulgarín Osorio por su apoyo en todo momento y su manera de percibir la vida. Al arquitecto William Pasuy por apoyar e incentivar el pensar diferente.

AUTORES

María Alejandra Rodríguez Martínez, arquitecta de la Universidad de La Salle de Bogotá, Colombia. Enfocada en la investigación y el patrimonio tanto material como inmaterial, desde una lectura territorial y cultural. Con conocimiento en herramientas digitales para el diseño y la representación arquitectónica. Interesada en la relación arquitectura- paisaje-cultura, dispuesta a descubrir las implicaciones que esta tiene con las personas que habitan el espacio.

UNIVERSIDAD Y ARQUITECTURA CON TIERRA: EXPERIENCIAS INSURGENTES DESDE AMÉRICA DEL SUR

Virginia Martínez Coenda¹, María Rosa Mandrini²

¹ Instituto de Tecnologías - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Universidad de la República, Uruguay, mumymartinez@gmail.com

² Centro Experimental de la Vivienda Económica - Asociación de la Vivienda Económica y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina, mmandrini8@gmail.com

Palabras clave: diálogo de saberes, transculturalidad, enseñanza, construcción con tierra, materiales naturales

Resumen

La pregunta que guía la presente ponencia es sobre la relación entre los campos de conocimientos populares y académicos en torno a la arquitectura y construcción con tierra en contextos universitarios, con especial énfasis en estrategias insurgentes de enseñanza que buscan avanzar en la producción transcultural del conocimiento. Para ello, el trabajo se enmarca en el campo de las metodologías cualitativas y, dentro de ellas, en el estudio de tres casos de enseñanza “insurgente” de arquitectura (dos brasileras y una chilena). El marco teórico utilizado para abordar esta investigación fue el de la perspectiva decolonial, específicamente la colonialidad del saber. Dentro de ella, el acento estuvo en las conceptualizaciones que buscan nombrar, captar y definir las estrategias que actualmente existen para disputar la colonialidad en la producción de conocimiento: la transculturalidad, la insurgencia epistémica, el diálogo de saberes. La principal conclusión es que los casos analizados desandan -de manera práctica, teórica y política- algunos mecanismos típicos de la violencia epistémica, estudiados por las mismas autoras en un trabajo de investigación anterior que tomó como casos experiencias de enseñanza de la arquitectura con tierra en Uruguay y Argentina. Así, los casos aquí analizados, aportan elementos significativos para continuar construyendo formas críticas de enseñanza universitaria de la arquitectura y la construcción con tierra.

1. INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XX, las universidades en general, y las facultades de arquitectura en particular, adscribían a los lineamientos del movimiento moderno, con formas y materiales que en nada recogían el saber tradicional/popular (Viñuales, 2013). En el último tiempo “los asuntos de la ecología, la conservación ambiental y el ahorro energético han hecho que se renueve el interés por lo vernáculo (...) generalmente alrededor de un material, como la tierra, la madera, la piedra o el bambú” (p.10)¹. Múltiples actores se encuentran comprometidos en esta renovación/reivindicación: universidades, grupos de investigación, grupos de ciudadanos/as interesados/as en la conciencia ambiental, municipios, cooperativas, entre otros. Todos ellos promueven -desde sus lugares y a su manera- el uso de la tierra y otros materiales naturales como insumos de construcción a modo de revalorizar estos saberes tradicionales/populares (Mandrini, 2017).

En un trabajo anterior (Martínez Coenda; Mandrini, 2021) se preguntaba por la relación entre dos campos de conocimientos -populares y académicos- relacionados a la arquitectura y construcción con tierra. Concretamente, se indagó en el proceso mediante el cual se “toman” conocimientos del primer campo y se integran y transmiten en el segundo. Para abordar esa pregunta, se tomó como casos de estudio diferentes cursos sobre el tema de la arquitectura y construcción con tierra impartidos en universidades de Argentina (UBA, UTN) y Uruguay (Udelar). Allí, se definió tres ejes de análisis² en los cuales se contrastó discursos

¹ Los diversos cursos, congresos, redes de trabajo y publicaciones científicas sobre la temática de los últimos cuarenta años, han hecho notar que en tierras muy distantes se han encontrado soluciones tecnológicas similares para afrontar el cobijo (Viñuales, 2013).

² 1. Técnicas y materiales de construcción; 2. Modos de construir y 3. Ritmos de construcción y producción

académicos (provenientes del material bibliográfico ofrecido en los cursos) con discursos populares (provenientes de entrevistas realizadas a campesinos y pequeños productores rurales de ambos países, con experiencia en la construcción con tierra). La principal conclusión a la que se arribó fue que, en los casos estudiados, existen problemas asociados a procesos de violencia epistémica y, particularmente, de extractivismo epistémico. Esto es observable, especialmente, en la operación de descontextualización (Ramos; Méndez, 2018; Grosfoguel, 2018) que realiza la universidad a la hora de incorporar conocimientos populares, tomando de ellos sólo la parte práctica o técnica (en términos restringidos) y dejando por fuera el modo de vida asociado a esos conocimientos. En otras palabras, lo que sucede es una despolitización de los conocimientos populares en su traducción al lenguaje académico. Para cerrar ese trabajo, se mencionó algunas experiencias de universidades brasileras y chilenas que están ensayando diversas estrategias para desarticular los procesos de violencia epistémica. Esta ponencia pretende darle continuidad a lo desarrollado en aquel trabajo, profundizando en dichas experiencias, que se denominó como insurgentes³.

2. OBJETIVO

La pregunta que guía la presente ponencia, en continuidad con el trabajo previamente referenciado, es por la relación entre los campos de conocimientos populares y académicos en torno a la arquitectura y construcción con tierra en contextos universitarios, con especial énfasis en estrategias insurgentes de enseñanza que buscan avanzar en la producción transcultural del conocimiento⁴. En un momento como el actual en el que la pandemia mundial del covid-19 puso a la ciencia en el foco de la mira -ya sea para reforzar su autoridad como para cuestionarla- se torna especialmente importante pensar cómo se construye el conocimiento científico y cómo se vincula con otras formas del conocer. Esta relevancia es aún mayor para quienes tienen la responsabilidad de producir y transmitir conocimientos científicos.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se enmarca en el campo de las metodologías cualitativas y, dentro de ellas, en el estudio de casos. Un caso de estudio es un recorte empírico y conceptual de la realidad social que “puede estar constituido por un hecho, un grupo, una relación, una institución, una organización, un proceso social, o una situación o escenario específico” (Neiman; Quaranta, 2006, p. 218). En esta investigación, los casos de estudio son: a) Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (Habis) del Instituto de Arquitetura e Urbanismo de la Universidade de São Paulo (Brasil); b) Escuela de Arquitectura de la Universidad de Talca (Chile) y c) Grupo Maloca/Estudos Multidisciplinares em Urbanismos e Arquiteturas do Sul del Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Brasil). El objeto de indagación, por su parte, son las estrategias insurgentes de enseñanza de la arquitectura y construcción con tierra que llevan a cabo dichos grupos en los contextos universitarios en los que se desenvuelven.

Las técnicas de investigación utilizadas fueron la revisión bibliográfica y las entrevistas en profundidad. En ese sentido, el *corpus* de análisis estuvo compuesto por: a) entrevistas

³ El término “insurgente” que se ha elegido para nombrar, en el marco de esta ponencia, a dichas experiencias fue tomado de uno de los grupos de investigación entrevistados (Maloca, de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana). Más adelante se profundiza en su sentido y alcance.

⁴ Vale aclarar que este artículo se presenta como una continuidad de un trabajo anterior pero no como una comparación con aquel. Las conclusiones arribadas luego del análisis de los casos de Argentina y Uruguay en dicho trabajo suscitaron nuevas preguntas que requerían nuevos casos de estudio. Sobre esas preguntas y esos casos se trabaja en el presente artículo.

virtuales en profundidad realizadas a cinco investigadores pertenecientes a los tres grupos mencionados⁵ y b) material bibliográfico referido a cada grupo.

Es importante señalar que dada la naturaleza exploratoria del presente trabajo, en los casos seleccionados se aborda exclusivamente las temáticas referidas a esta ponencia, recogiendo los elementos centrales de cada experiencia relevantes para los objetivos aquí planteados. A su vez, subrayamos que no existe pretensión ni posibilidad de universalizar los resultados obtenidos en esta investigación, pues los estudios de caso se caracterizan por poner el énfasis en la indagación de los casos seleccionados y no en la generalización de sus resultados (Blasco, 1995). En ese sentido, se ha puntualizado en los emergentes de los casos que pueden resultar interesantes para pensar nuevas estrategias en otros grupos y espacios académicos pero que, se insiste, no son automáticamente replicables.

La virtud de este tipo de abordaje metodológico se encuentra en su potencial de “generar nueva teoría” (Neiman y Quaranta, 2006, p. 231), a partir de la revisión de conceptos existentes y de la creación de nuevos. Así, se genera un proceso de complementariedad con investigaciones cuantitativas, que toman estos nuevos o revisados conceptos para aplicarlos, ponerlos a prueba y cuestionarlos, en una retroalimentación que resulta fructífera para la producción de conocimiento.

4. MARCO TEÓRICO: LA RELACIÓN ENTRE CONOCIMIENTOS POPULARES Y ACADÉMICOS EN PERSPECTIVA HISTÓRICA

Hasta 1492 predominaba una visión orgánica del mundo, en la que la naturaleza, las personas y el conocimiento formaban parte de un todo interrelacionado. Fue con la llegada de Europa a tierras americanas que se inició la formación del sistema-mundo capitalista, y con él se desplegó su sistema de producción de conocimientos: la Ciencia. Así, se impuso progresivamente la idea de que la naturaleza y las personas son ámbitos ontológicamente separados, y que la función del conocimiento es ejercer un control racional sobre el mundo (Castro Gómez, 2007). En este contexto, la universidad es vista no sólo como el lugar donde se produce el conocimiento que conduce al progreso de la sociedad, sino también como el núcleo vigilante de esa legitimidad: “estableciendo las fronteras entre el conocimiento útil y el inútil, entre la doxa y la episteme, entre el conocimiento legítimo (es decir, el que goza de «validez científica») y el conocimiento ilegítimo” (p. 81).

No obstante, a partir de la década de 1970, tal legitimidad comenzó a verse erosionada principalmente por el papel que jugó la ciencia en las guerras mundiales y en el desarrollo nuclear, como así también por el reconocimiento de los daños ambientales que representa el avance científico (Lander, 1992). Este contexto permitió que tomaran fuerza y visibilidad perspectivas críticas de la ciencia y la tecnología que, desde distintas disciplinas y teorías, cuestionan uno de sus fundamentos principales: la neutralidad (Winner, 1987). Progresivamente, estas perspectivas fueron ganando terreno dentro de la universidad - ámbito privilegiado de construcción y transmisión del conocimiento científico-tecnológico-, al punto que, hoy en día, está ampliamente aceptado que no existe la neutralidad de dicho conocimiento, puesto que el mismo se ve influenciado por las condiciones que imponen los organismos que financian las investigaciones, por intereses de grupos económicos, por posiciones políticas de los investigadores, entre otras. Esto habilitó un interesante debate respecto de si tal imposibilidad de neutralidad representa, en efecto, una debilidad. Muchas son las posiciones que asumieron el desafío de reponer una ciencia legítima desde perspectivas no neutrales; es decir, valorizando otros saberes y revelando que el saber académico no es el único válido (Mandrini, 2017).

Para lo que se ocupa en este trabajo, interesa situar en este contexto y en estos debates al surgimiento de la arquitectura y construcción con tierra dentro del ámbito académico. Esta

⁵ Se adjunta al final del trabajo la pauta de preguntas realizadas a cada grupo. Vale aclarar que, al tratarse de entrevistas semi-estructuradas, si bien se parte de preguntas planificadas, estas se ajustan luego a los entrevistados y a las temáticas que ellos traen a la conversación (Díaz Bravo *et al*, 2013)

expresión incluye a todas las técnicas constructivas y las arquitecturas producto del empleo de suelos que junto con otros materiales (naturales e industrializados) conforman un campo definido dentro de la arquitectura y la construcción del hábitat a escala global. Desde una posición aún periférica, la arquitectura y construcción con tierra viene consolidándose como una alternativa vigente, tal como la arquitectura con materiales industriales, con un particular empuje en el reciente auge del discurso de la sustentabilidad y el ambientalismo. Se suma así al conjunto de iniciativas provenientes de distintas disciplinas -que incluyen pero exceden a la arquitectura- que suelen definirse como “sociales”, “inclusivas” o “sostenibles”. Brangwyn y Hopkin (2010, p.105) las denominan como “iniciativas de transición”, abarcando comunidades, redes o movimientos que promueven modos de vida conscientes mediante el reconocimiento de los límites físicos del planeta, compartiendo principios con la permacultura, agroecología, el decrecimiento y el consumo consciente. En términos de construcción de conocimiento, estas experiencias suelen manifestar la intención de poner en valor prácticas y saberes de comunidades históricamente marginadas (campesinos/as, indígenas, diversidades sexuales, trabajadores/as informales, etc.), en diálogo con los aportes de la ciencia.

Castro Gómez (2007) plantea que la universidad se encuentra hoy frente a dos desafíos centrales para desandar los caminos que la llevaron a ser uno de los epicentros de la producción colonial del conocimiento: la transdisciplinariedad y la transculturalidad. Mientras que la primera refiere a la articulación de conocimientos provenientes de diferentes disciplinas generando nuevos campos del saber, la segunda “tiene que ver con la posibilidad de que diferentes formas culturales de conocimiento puedan convivir en el mismo espacio universitario” (p. 87). A este proceso de transculturización del conocimiento, que según el autor es el más difícil y “todavía no da señales de vida” (p.87), se lo viene conceptualizando bajo la noción de “diálogo de saberes” (De Sousa Santos, 2009).

Si bien la propuesta de poner en diálogo distintos campos del saber fue bien recibida por intelectuales y activistas comprometidos/as con diferentes causas sociales y ambientales -incluidas las vinculadas a la arquitectura- es necesario reflexionar acerca de las reproducciones de los órdenes dominantes que pueden persistir en estas acciones con fines transformadores. Pérez (2019) se detiene en un tipo particular de violencia ejercida principalmente por parte de la comunidad académica -inclusive en propuestas enmarcadas en la idea del diálogo de saberes- de una manera lenta, en general involuntaria y muy sutil: la violencia epistémica. La autora define a la violencia epistémica como “las distintas maneras en que la violencia es ejercida en relación con la producción, circulación y reconocimiento del conocimiento” (p. 82). En la base de esta violencia está la separación entre dos lugares o posiciones en el proceso de producción del conocimiento. De un lado, la ciencia como productora legítima de conocimientos, lo cual le otorga a ella y a sus ámbitos asociados (como las universidades y otras instituciones académicas), un estatus de privilegio. Del otro lado, todas aquellas formas que no se ajustan al método científico y que, como tales, representan formas ilegítimas del conocer. Las razones de tal ilegitimidad orbitan principalmente en torno a su supuesta incompletitud, su excesiva singularidad, su contaminación de emociones y su relación con lo ritual y lo espiritual.

5. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Las universidades, en tanto espacios privilegiados de producción de conocimientos, tienen la obligación de repensarse, de moverse hacia lugares en donde se generen aprendizajes desde el hacer en complemento al pensar. Se coincide con Blasco e Insúa (2018) en que las universidades tendrían que poder actuar como “un canal potenciador para la existencia de saberes diferentes, de formas no necesariamente normalizadas y de visibilización de canales de distribución poco habituales” (p. 6). Esto, que Castro Gómez llamó transdisciplina, supone producir un vínculo, un espacio relacional, “entre esferas de conocimiento tradicionalmente inconexas como son la académica, las instituciones artísticas, los movimientos sociales y las comunidades rurales” (p.6).

Para que la producción de ese vínculo no reproduzca, aún silenciosa o sutilmente, procesos coloniales de violencia epistémica, precisa realizarse desde la insurgencia. Moassab y Name (2000) (pertenecientes al grupo Maloca) proponen que la idea de insurgencia -en el contexto de la enseñanza universitaria- está anudada a la “valorización de caminos alternativos a la geopolítica del conocimiento arquitectónico y urbanístico vigente” (p. 17) que acompañe procesos de “emancipación social” (p. 25). Walsh (2013), también trabaja en el campo de la pedagogía y la decolonialidad desde la noción de insurgencia. Ella subraya la importancia de atender

las estrategias, prácticas y metodologías —las pedagogías— de lucha, rebeldía, cimarronaje, insurgencia, organización y acción que los pueblos originarios primero, y luego los africanos y las africanas secuestrados/as, emplearon para resistir, transgredir y subvertir la dominación, para seguir siendo, sintiendo, haciendo, pensando y viviendo —decolonialmente— a pesar del poder colonial (p. 25)

Es desde la observación, consideración, incorporación de esos saberes que las pedagogías pueden tornarse prácticas insurgentes que agrietan la modernidad/colonialidad y hacen posible maneras muy otras de ser, estar, pensar, saber, sentir, existir y vivir-con” (p. 19). En definitiva, se trata de asumir la enseñanza universitaria -y, para lo que aquí nos interesa, la vinculada al tema de la arquitectura con tierra- como un acto político. Sin la conciencia de esa politicidad, el vínculo de la universidad con los saberes populares no sólo puede perder potencia sino que, aún peor, puede tornarse opresor, incluso en nombre de la valorización de otras formas del conocer. Las experiencias de enseñanza de arquitectura con tierra que a continuación se desarrolla se inscriben -cada una a su manera- en este desafío.

5.1. Grupo Habis: la autonomía productiva

El Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (Habis) del Instituto de Arquitetura e Urbanismo de la Universidade de São Paulo (Brasil)⁶ se asienta en la tríada investigación-extensión-enseñanza. Aborda el hábitat de manera multidisciplinaria: desde nociones técnicas/materiales hasta de economía política, especialmente desde un enfoque marxista. En ese marco, trabajan en la enseñanza de la construcción con materiales locales y naturales: no sólo con tierra, sino también con bambú y madera. La enseñanza de este tipo de construcción tiene su lugar en cursos de posgrado o extensión, por fuera de las materias obligatorias de la currícula institucional. Estos cursos tienen una modalidad tanto teórica como práctica, donde los/as estudiantes “experimentan la práctica constructiva y la organización del trabajo, a partir de vivencias en *canteiros*⁷ experimentales”.

El carácter insurgente de su propuesta de enseñanza queda de manifiesto en la intención del grupo de encontrar una “brecha en el sistema capitalista para incorporar una *visión otra* en el proceso de formación de los futuros arquitectos”. Desde allí, el grupo asume como estrategia pedagógica la necesidad de insertar la temática en el contexto micro y macro político, enseñando a la arquitectura “dentro” de la economía política (para ello toman como referencia, entre otras, las nociones del arquitecto brasileño marxista Sergio Ferro). Para vincular la construcción con tierra y los materiales naturales con la economía política, el grupo construye su andamiaje conceptual sobre la idea de “autonomía productiva”. Esta noción indica que es la misma materia prima la que se puede usar como material de construcción, sin haber sido transformada por un proceso industrializado previo. En cambio, los materiales industriales son comprados directamente en los comercios cuando ya son materiales de construcción y la parte de transformación de materia prima en esos materiales está concentrada en pocos grupos económicos, socavando la soberanía constructiva de las mayorías populares. En los cursos que imparte el grupo, se anima a los estudiantes a reflexionar acerca de los grados y la forma que esa autonomía productiva asume para los

⁶ <https://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/habis/>

⁷ *Canteiro* es una expresión en portugués que refiere al lugar de obra.

distintos materiales constructivos, enfatizando en la mayor autonomía que ofrecen aquellos materiales que no circulan necesaria ni exclusivamente por el mercado.

Otro elemento central de la estrategia de politización de la enseñanza de la arquitectura con tierra es, tal como ya fue mencionado, la articulación entre las funciones de enseñanza y de extensión. En ese sentido, el grupo trabaja con asentamientos rurales en proyectos de extensión que implican diseño y construcción colectiva, que buscan insertar tecnologías inclusivas socio-ambientales, enfocadas desde la perspectiva del derecho a la vivienda. El vínculo directo de docentes y estudiantes con las comunidades rurales permite ejercitar el diálogo de saberes (que, como toda práctica, precisa ser ejercitada). En una experiencia puntual relatada por el grupo, enmarcada en un proyecto de extensión con un asentamiento del Movimiento de los Trabajadores Sin Tierra (MST), trabajaron a partir de revoques con tierra la cuestión del arte, de la identidad y del lenguaje estético de la comunidad. Esta estrategia constituye una forma práctica de enlazar universos técnicos y simbólicos.

Por último, vale resaltar el objetivo del grupo de intervenir también en el campo de las políticas públicas. Según su lectura, parte de la explicación de que, por lo menos hasta ahora, la incorporación del tema de la construcción con materiales naturales -incluida la tierra- en la formación de arquitectura en la facultad es “todavía un poco superficial”, se debe a que la misma está “amarrada a un sistema [capitalista] como un todo”. De allí que, en tanto no se avance simultáneamente en otros frentes, por más que se incorporen a la formación universitaria conocimientos vinculados a la construcción con tierra, el mercado de trabajo va a empujar a los estudiantes a trabajar con materiales industriales, que son los avalados por la mayoría de las normas técnicas. En otras palabras, la enseñanza insurgente, para operar en una lógica transformadora, debe articularse con otras insurgencias en otros ámbitos de la sociedad.



Figura 1. Taller de arquitectura y construcción con tierra realizado en el año 2010 dirigido a investigadores e integrantes del asentamiento Sepé Tiaraju (Serra Azul, Sao Paulo). Crédito: Grupo Habis

5.2. Escuela de Arquitectura de la Universidad de Talca: el peregrinaje

La Universidad Pública de Talca en Chile se encuentra emplazada en un territorio agrícola del Valle Central, funciona como constelación de pequeñas ciudades -y no como una gran ciudad- representando una oportunidad de abordar al territorio como “un espacio de reflexión: material, cultural y tecnológico”. Se tomó el caso de la Escuela de Arquitectura porque se consideró que constituye un paradigma dentro de la enseñanza de la disciplina a nivel mundial⁸. Si bien la construcción con materiales naturales -incluida la tierra- está presente en diferentes asignaturas, existe una materia específica sobre la temática que se dicta en el quinto año de la carrera llamada “construcción en tierra”. La posibilidad de profundizar en el tema de la construcción con tierra en un espacio curricular específico contribuye a que, luego, varios/as estudiantes elijan hacer su trabajo final de grado sobre este tema.

El carácter insurgente en esta experiencia se relaciona con la noción de “peregrinaje” como forma de enseñanza, otro modo de conocer y de relacionarse con el territorio. En palabras del decano de la Escuela de Arquitectura⁹: “veníamos de una academia muy intelectualizada, sedentaria, casi de claustro (...) vimos las posibilidades que nos entregaban esas formas de vivir (campesinas, agrícolas, vulnerables) para reflexionar sobre: ¿cuál es el lugar del profesional de la arquitectura en el entramado social?”. Castro Gómez (2005) llamó *hybris* del punto cero a aquella mirada propiamente científica que se supone “externa” a la realidad social que se estudia y se pretende “totalizante”, desconociendo la parcialidad de toda observación. Del otro lado, el peregrinaje -como forma de conocer “en movimiento” que reivindica la cercanía, la inmersión, la singularidad- constituye una insurgencia a las formas dominantes del conocer. En la práctica, ese peregrinaje supone el recorrido concreto y material de estudiantes y docentes por el territorio como ejercicio práctico de reconocimiento de sus particularidades sociales, físicas, geográficas. Es decir, la práctica de la enseñanza no se restringe a la locación del aula, sino que incluye otros lugares y desplazamientos.

La mayoría de los estudiantes pertenecen al mismo territorio en donde se encuentra la Escuela, por esa razón “traen un capital social que nosotros no quebramos, sino que lo usamos, lo reconocemos, y es parte de su educación (...) muchos estudiantes vuelven a sus lugares de nacimiento como arquitectos, las comunidades los reconocen y apoyan, le cuidan la obra, los aconsejan”. La relación de intimidad y cercanía de la institución universitaria con el territorio y sus conocimientos constructivos hace que la pregunta por los modos de incorporar saberes locales y populares a la currícula académica pierda un poco de sentido, de espesor. Tal como explicó el decano, en esta forma de enseñanza, la incorporación de los saberes tradicionales, populares se genera “de manera natural” porque es parte del acervo de conocimientos de los propios estudiantes.

La “obra de título”, correspondiente a lo que en Argentina y Uruguay se llama la “tesis o trabajo final de grado” comprende un formato de titulación que aborda problemas y situaciones reales para resolverlos en obras de formato pequeño. Es considerada como una “hipótesis construida”, es decir, como un espacio de articulación entre diversas áreas del conocimiento académico y conocimientos locales, que emergen del mismo territorio. Parte de la metodología del trabajo final, se relaciona con el reconocimiento de las energías preexistentes en el territorio: tales como conocer el material local, las comunidades organizadas, municipios, organizaciones, en palabras del decano, se busca “reconocer todos esos recursos -sociales, económicos, culturales- para incidir en el territorio con cierta inteligencia”. De alguna manera, la obra de título es la expresión más condensada y profunda de la estrategia de peregrinaje en la que el/la estudiante fue formado/a a lo largo de toda la carrera. De hecho, los propios estudiantes van produciendo “una serie de imágenes” a lo largo del “taller de obras” que se dictan desde el segundo al quinto año, muchas de las cuales son recogidas en la obra de título o trabajo final de la carrera. De

⁸ http://www.arquitectura.otalca.cl/?page_id=57

⁹ Andrés Maragaño Leveque

modo que se trata de un trabajo que se va gestando a lo largo de la formación y no de un producto independiente y desvinculado de aquella trayectoria formativa.

La vinculación interinstitucional / intercultural / interactoral (con comitentes, municipio, organizaciones de base, etc) forma parte de una estrategia de enseñanza transversal en toda la carrera de arquitectura: “ocupar un espacio en el territorio e incidir en él” forma parte de la currícula en todos los años de la carrera, así como la enseñanza de la arquitectura y construcción con tierra. Al tratarse de un territorio agrícola / campesino, gran parte del acervo constructivo se vincula directamente a la arquitectura y construcción con tierra. Parte de este conocimiento surge desde la trayectoria del territorio en vínculo directo con la currícula académica. Dentro del trabajo final, se destaca la obra “Horno de ladrillo artesanal invertido” de Diego Parra (figura 2). La misma “logra una aproximación al proyecto de arquitectura desde el oficio propio del habitante de lugar, connotando diversos procesos de construcción locales que aportan a la identidad del habitante” (Uribe, 2011).

Lo interesante de esa incidencia, al menos para las preguntas que aquí se está haciendo, tiene que ver con su orientación: se busca incidir inteligentemente en el territorio provocando lo que hoy se llama “economía circular” (usar materiales del lugar, reparar), tomando como base “la inteligencia de la casa campesina”. Es decir, se trata de una intervención doblemente insurgente: en términos epistemológicos al reconocer el valor del conocimiento asociado a la casa campesina, y en términos económicos al propiciar relaciones productivas que, recuperando la práctica de la “reparación”, se desplazan de la lógica del mercado. Según Sennet (2009) “es la reparación de las cosas lo que nos permite comprender su funcionamiento” (p. 131). En otras palabras, si logra reparar un objeto, se puede entender cuál es su funcionamiento y, en términos foucaultianos, saber es poder.



Figura 2. Escuela de Arquitectura de Talca: Horno de Ladrillo Artesanal Invertido (2011). Crédito: Diego Parra, Revista Zona

5.3. Grupo Maloca de Estudos Multidisciplinares em Urbanismos e Arquiteturas do Sul: la insurgencia

La carrera de Arquitectura de la Unila surge en simultáneo al Grupo Maloca¹⁰, a partir de la premisa de tensionar la enseñanza hegemónica de arquitectura y preguntándose por las tecnologías que usualmente no eran incorporadas en la enseñanza universitaria (2019). Una de sus preguntas fundacionales es ¿cómo debería ser una carrera de arquitectura en una universidad que tiene como objetivo la integración solidaria de los países de Latinoamérica? Parte del andamiaje teórico construido para dar respuesta a esa -y otras- preguntas se asienta en la perspectiva teórica decolonial y en los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

A pesar de que no existe una disciplina específica sobre arquitectura con tierra en la currícula de grado, consideran que en los objetivos de la carrera está claramente determinada la enseñanza de esas técnicas. Un ejemplo se trata de la materia “*canteiro experimental*”, en la que se involucran varias técnicas de construcción con tierra del mismo modo que se comparten técnicas con hormigón armado y ladrillo cocido. En esta materia la enseñanza “es empírica y se verifica en la experiencia (...) creemos que es más fácil transitar por otros materiales, porque se entiende la lógica de cómo funcionan las estructuras y no la matemática abstracta”. La indisociabilidad del saber y del hacer, en tanto estrategia pedagógica, es una de las características de su “enseñanza insurgente de la arquitectura” (2020). Esto permite dislocar -aunque parcial y momentáneamente- la escisión entre pensamiento abstracto-matemático-universal y la práctica concreta de la construcción, sobre la que se edifica buena parte de las currículas académicas de arquitectura.

Las currículas de arquitectura e ingeniería en Brasil tienen una cierta predominancia por una forma de enseñar dentro de una lógica capitalista, basada en la industrialización de componentes de sistemas constructivos que presuponen una forma de organización del trabajo en la obra. Sin embargo, afirman que hoy

existe algún esfuerzo de abordar temas alternativos, en parte debido a la corriente del capitalismo verde y la sustentabilidad que abrió ese horizonte de trabajo (...) y también, en el caso de nuestro grupo, debido al intento de un abordaje crítico y de resistencia (...) de ahí que lo que intentamos mostrar es que las técnicas con tierra eran -y deben tal vez- ser usadas como un instrumento popular de alcanzar una buena forma de vivir, de hacer una casa

Una parte medular del abordaje crítico del grupo es articular en la enseñanza el debate tecnológico con el de la organización de la producción. Para ello, el grupo busca desmontar en el aula la ideología del concreto u hormigón para hacer lugar a otros materiales -menos dependientes de la industria- y a las formas de vida asociadas a ellos. La articulación con comunidades quilombolas¹¹ y rurales es otra parte fundamental de la estrategia pedagógica del grupo. Si bien reconocen en los propios portadores de estos saberes constructivos populares una autodesvalorización de sus saberes y una apropiación del discurso de atraso asociado a las formas de construir hegemónicas, plantean que a partir de una construcción de confianza entre el grupo y las comunidades, aparece otra valoración de esas formas de construir históricas relacionadas a la tecnología de construcción con tierra (tales como los beneficios térmicos, acústicos, de durabilidad), con respecto a sistemas constructivos industriales. Tal vez, esta íntima y continua vinculación con esas comunidades facilite la incorporación de sus conocimientos locales en la currícula de enseñanza universitaria, aunque el grupo no lo haya presentado como una estrategia pedagógica explícita.

Al tratarse de una universidad de integración, la mitad de estudiantes provienen de países latinoamericanos y traen sus propias problemáticas ligadas a las formas constructivas de su país e, incluso, de comunidades rurales o indígenas de las que forman parte. De manera que “no siempre somos nosotros los que llevamos los conocimientos de las comunidades a

¹⁰ <https://linktr.ee/maloca.unila>

¹¹ Son comunidades organizadas compuestas por personas afrodescendientes. Los lugares donde habitan esas comunidades se denominan “quilombos”

los alumnos, sino que ellos traen los conocimientos de las comunidades a la universidad". Es decir, que existe una retroalimentación pedagógica, mediante una valoración de la academia de estos temas y voluntad de los/as estudiantes de incorporarlos.

Dentro de un proyecto de Asesoramiento Tecnológico en Arquitectura e Ingeniería para la Vivienda Popular, de la Proreitoria de Extensão (PROEX), uno de los integrantes del Grupo Maloca, desarrolló un curso de capacitación sobre la técnica de tierra apisonada, durante el año 2017. En palabras del autor "se pensó en una técnica constructiva que implique herramientas y materiales disponibles en articulación con el conocimiento constructivo popular" (Da Cunha, 2019). Esta experiencia muestra otra estrategia metodológica de acercar dos planos de conocimiento, el académico y el popular, para la mejora habitacional.



Figura 3. Etapas del curso: reconocimiento del suelo y compactación de la técnica de tapia.

Crédito: Grupo Maloca

6. CONSIDERACIONES FINALES

En las tres experiencias analizadas se encuentran elementos emergentes asociados a formas transformadoras de la enseñanza universitaria, en particular de la construcción con tierra: la "autonomía productiva" que brinda el material, la idea de "peregrinaje" como práctica académica en constante evolución/revolución y la noción de "enseñanza insurgente" planteada desde una radical crítica a la arquitectura como forma de reproducción de las relaciones capitalistas.

Es importante señalar que en las tres experiencias, y con mayor énfasis en las brasileras, se destacó la dificultad de disputar el lugar que ocupan los materiales industriales en la enseñanza universitaria de la arquitectura. Esto implica que las estrategias de incorporar la construcción con tierra en esa enseñanza no siempre logran formalizarse e institucionalizarse en las currículas oficiales, sino que van asumiendo formas más sutiles, e incluso a veces informales. De allí que este trabajo se orientó más a reconocer el planteo epistemológico y político que organiza dichas estrategias, y las formas *ad hoc* con las que suelen manifestarse en la práctica concreta de la enseñanza, antes que a analizar programas formales de materias o cursos universitarios.

Resulta notable cómo los tres casos ponen en cuestión la escisión colonial que separa a la naturaleza de las personas (Castro Gómez, 2007), sobre la que se ha edificado buena parte del conocimiento científico moderno. Desde esa crítica, retoman, conectan y reactualizan

aquellas ideas previas a la colonización, donde predominaba una visión orgánica del mundo, en la que naturaleza, humanidad y tecnología forman parte de un mismo plano.

Se observa que en todos los casos existe una vocación transdisciplinaria en la práctica pedagógica de la arquitectura con tierra, abordando la cuestión material y tecnológica como un problema amplio e integral, que abarca diversas disciplinas como la política, la economía, la sociología, entre otras. De esa manera, la operación de descontextualización de los conocimientos populares -típica de procesos de violencia epistémica perpetrados usualmente por la academia- es superada, o por lo menos enfrentada, por los tres grupos. A partir de diferentes metodologías, cada uno considera el sistema económico y cultural del que participan las técnicas con tierra. En palabras del grupo Maloca: “en arquitectura se puede hablar de “la organización de la casa es un gesto de vida, trasciende el material (...) se trata de entender las prácticas, de cómo viven, cómo cocinan, cómo producen las personas”.

El carácter insurgente de las prácticas educativas observadas no se limita a dicha vocación transdisciplinaria sino que redobla la apuesta hacia una búsqueda también transcultural. El vínculo con comunidades organizadas, grupos de base y diversas instituciones territoriales es un componente fundamental para el trabajo desde el diálogo de saberes y la producción de conocimiento transcultural. Esto se profundiza aún más en las experiencias de Talca y Maloca en las que es frecuente que los/as estudiantes traigan de sus propias trayectorias de vida un vínculo de familiaridad con los conocimientos constructivos populares, produciendo no sólo una convivencia, sino una complementariedad de diversas culturas en un mismo espacio académico. La incorporación de esos saberes endógenos o locales dentro de las prácticas pedagógicas se convierte en formas de enseñanza que de algún modo cuestionan la modernidad / colonialidad.

Así mismo se observa en las tres experiencias un posicionamiento crítico sobre la neutralidad del conocimiento, subrayando como contrapunto la idea de politización de la enseñanza. Se trata de un acto político velar porque estos conocimientos constructivos puedan transitar entre espacios académicos y no académicos sin perder su potencia transformadora. A la vez, es importante, en tanto gesto democratizante, ampliar el alcance y el acceso de estos conocimientos, frente a la tendencia académica excesivamente tecnicista que acaba por reforzar la concentración del saber en mano de unos pocos técnicos avocados a atender los intereses de grandes grupos económicos. Parafraseando a Maloca “la despolitización es un problema porque torna a la construcción con tierra en un fetiche o en una moda (...) sin una propuesta política real, es casi como un mercado alternativo”. En otras palabras, la introducción de saberes populares a las currículas académicas desde consideraciones exclusivamente técnicas sin tener en cuenta las visiones de mundo a ellas asociadas se convierte en una falsa politización que termina siendo muy conservadora. En definitiva, se considera que las tres experiencias aportan a la reflexión actual de la enseñanza universitaria, a partir de comprender a la arquitectura y construcción con tierra como un acto político insurgente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blasco, J. (1995). Estudio de casos. En Á. Aguirre Baztán (ed.), *Etnografía. Metodología cualitativa en la investigación sociocultural*. Barcelona: Marcombo. p. 203-208
- Blasco, S.; Insúa, L. (2018). Comunidades artísticas universitarias. Respuestas parciales desde exterioridades críticas. En *Innovación e Investigación en Arquitectura y Territorio*. 6(2): 9 p. <https://doi.org/10.14198/i2.2018.6.2.14>
- Brangwyn, B.; Hopkins, R. (2010). *Compendio de iniciativas de transición*. Olba: EcoHabitar.
- Castro Gómez, S. (2007). *Decolonizar la universidad. La hybris del punto cero y el diálogo de saberes*. Castro Gómez, S. Y Grosfoguel, R. *El giro decolonial*. Bogotá: Siglo del Hombre Editores, pp. 79-92.
- Castro-Gómez, S. (2005). *La hybris del punto cero. Ciencia, raza e ilustración en la Nueva Granada (1750-1816)*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Da Cunha, G. R. (2019). Assistência técnica habitacional com técnicas construtivas não convencionais: proposta de adequação sociotécnica para o enfrentamento da colonialidade tecnocientífica. *Revista Epistemologias do Sul*, 3(1), 142-153.

De Sousa Santos, B. (2009). Una epistemología del sur: la reivindicación del conocimiento y la emancipación social. Ciudad de México, México: Siglo XXI, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).

Díaz-Bravo, L.; Torruco-García, U.; Martínez-Hernández, M.; Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. En *Investigación en Educación Médica*, 2(7), pp. 162-167

Grosfoguel, R. (2018). Extractivismo epistémico: del robo económico al robo epistemológico. En: Reyes Escutia, F. *Construir un NosOtros con la tierra*. Ciudad de México: Itaca, p. 17-36.

Lander, E. (1992). La ciencia y la tecnología como asuntos políticos. Límites de la democracia en la sociedad tecnológica. Caracas: Nueva Sociedad.

Mandrini, M. (2017). Reinterpretación del hábitat construido en tierra, a partir de experiencias colectivas en el marco de un paradigma cognitivo alternativo. Tesis de doctorado. Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. (Inédita).

Martínez Coenda, V.; Mandrini, M. (2021). Arquitectura con tierra: desafíos de la producción transcultural del conocimiento en universidades de Argentina y Uruguay. *Revista I2 Investigación e Innovación en Arquitectura y Territorio* (en evaluación).

Moassab, A.; Name, L. (2020). Por um ensino insurgente em arquitetura e urbanismo. Foz do Iguaçu: Edunila

Nieman, G.; Quaranta, G. (2006) Los estudios de caso en la investigación sociológica. En: Vasilachis, I. (coord.) *Estrategias de investigación cualitativa*. España: Editorial Gedisa. p. 213-237.

Pérez, Moira (2019). Violencia epistémica: reflexiones entre lo invisible y lo ignorable. Argentina: *Revista de Estudios y Políticas de Género*, 1, p. 81-89

Ramos, C.; Méndez, R. (2018). Entre lo invisible y lo visible. En: Reyes Escutia, F. *Construir un NosOtros con la tierra*. Ciudad de México: Itaca, p. 63-110.

Sennet, R. (2009). El artesano. M. A. (Galmarini, Trad.) (2009) Anagrama, Barcelona. (Obra original publicada en 2008).

Uribe Ortiz, J. L. (2011). La Escuela de Arquitectura de la Universidad de Talca: un modelo de educación. *Dearq. Revista de Arquitectura*, (9), 62-73.

Viñuales, G. (2013). Actualidad de la arquitectura vernácula. En: Viñuales, G. M. *Arquitectura vernácula iberoamericana*. Sevilla, Red AVI, pp.8-15.

Walsh, C. (2013). Pedagogías decoloniales: prácticas insurgentes de resistir, (re)existir y (re)vivir. Quito: Ediciones Abya-Yala.

Winner, L. (1987). La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología. Barcelona: Gedisa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos por sus valiosos aportes al Prof. Thiago Lopes del Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (Habis) del Instituto de Arquitetura e Urbanismo de la Universidade de São Paulo (Brasil), a los Prof. Andréia Moassab, Gabriel Cunha y Tiago Bastos del Grupo Maloca/Estudos Multidisciplinares em Urbanismos e Arquiteturas do Sul del Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território de la Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Brasil) y al Prof. Andrés Maragaño Leveque, Decano de la Facultad de Arquitectura, Música y Diseño de la Universidad de Talca (Chile).

AUTORAS

Viriginia Martínez Coenda, doctora en estudios sociales de América Latina (mención sociología), licenciada en administración; becaria posdoctoral por la Comisión Académica de Posgrado de la Universidad de la República en el Instituto de Tecnologías de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la misma universidad, integrante del Grupo Interdisciplinar de Estudios sobre el Hábitat (GIEH).

María Rosa Mandrini, doctora en arquitectura y urbanismo de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Arquitecta de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, en el Centro Experimental de la Vivienda Económica, integrante del Grupo Interdisciplinar de Estudios sobre el Hábitat (GIEH) y de la Red Protierra Argentina.

ANEXO

Pauta de las entrevistas realizadas a los grupos

1. Presentación del Grupo Interdisciplinario de Estudios Sobre el Hábitat (GIEH)
2. Presentación de los objetivos de la ponencia para presentar en Siacot
3. Preguntas:
 - a. Trayectoria del grupo entrevistado
 - b. Modo de enseñanza de la arquitectura y construcción con materiales naturales en las carreras universitarias (cursos, oficinas, disciplinas optativas u obligatorias, un tema dentro de otras disciplinas más amplias, etc.)
 - c. Desafíos a la hora de incorporar otro tipo de conocimientos (populares) a la enseñanza universitaria y estrategias para afrontarlos
 - d. Grupos o comunidades no académicas -vinculadas a conocimientos populares sobre la arquitectura y construcción con tierra- con los que se relacionan (qué tipo de organizaciones son, cómo es el vínculo, etc.)

ASESORAMIENTO TÉCNICO A UNA FÁBRICA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA

Gonzalo Darras¹, Cristian Benvenuto², Santiago Cabrera³, Ariel González⁴

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

¹gonzalo.darras@gmail.com; ²crisbenvenuto@hotmail.com; ³spcabrera@outlook.com; ⁴aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Palabras clave: BTC, control de calidad, mejora de procesos, laboratorio.

Resumen

Este trabajo tiene por objeto desarrollar un sistema de gestión de calidad para el proceso de producción de bloques de tierra comprimida (BTC) de la empresa GS Block, el cual permita alcanzar objetivos de mejora continua y cumplir con los requisitos y especificaciones de clientes, proveedores y demás grupos de interés. Puesto que actualmente la empresa no lleva registro de cuantificación de calidad, se realizó un análisis de la situación actual que permitió diagnosticar las deficiencias de los procesos actuales, buscando los espacios apropiados para implementar herramientas de aseguramiento de calidad que puedan aplicarse para la solución de problemas y la mejora en los procesos y producto. En una segunda instancia, se llevó a cabo la implementación de mejoras en el proceso de fabricación y la propuesta de instalación de un laboratorio de ensayos in situ para realizar pruebas físicas y mecánicas. Además, el trabajo busca ser un punto de partida para la futura certificación de una metodología de producción de BTC.

1. INTRODUCCIÓN

El bloque de tierra comprimida (BTC) es un mampuesto fabricado mediante la compresión de tierra con estabilizantes, que se encuentra alojada dentro de un molde, empleando un equipo de prensado manual para bajas demandas de producción o automático para sistemas industrializados (Bestraten et al., 2011; Falceto, 2012).

Las ventajas del BTC en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el ladrillo cerámico o bloque de hormigón, pueden resumirse en su regularidad de forma, su adecuada resistencia y la posibilidad de ser reciclados prácticamente en su totalidad; además de sus propiedades térmicas e higroscópicas (Vázquez Espi, 2001). En cuanto a su producción, posee características que lo hacen económico y ambientalmente amigable: requiere mucha menos energía y no precisa de mano de obra altamente calificada (Rigassi, 1986).

El presente trabajo se llevó a cabo en la empresa GS Block S.R.L., en el marco del convenio firmado con el Grupo Spaggiari S.R.L. y el Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra (TIERRA FIRME) de la UTN FRSF. La organización fabrica BTC para abastecer la demanda de mampuestos destinados a proyectos propios llevados a cabo por la desarrolladora inmobiliaria del Grupo Spaggiari y, en menor medida, a la venta de bloques al público en general. Se encuentra ubicada en la ciudad de Egusquiza, Santa Fe.

Si bien el BTC existe desde hace décadas, su uso en Argentina todavía es limitado, su producción se considera aún en fase de crecimiento y no cuenta con procesos productivos estandarizados. La masificación de su uso requiere superar ciertas barreras de mercado, especialmente la competencia de los ladrillos convencionales, y para esto es necesario obtener un bloque que cumpla ciertos estándares de calidad. A partir del trabajo conjunto entre la empresa y el Grupo TIERRA FIRME se pudo detectar el interés de los directivos de trabajar en la mejora continua e implementar sistemas de control de calidad que permitan estandarizar y mejorar sus procesos y productos. Además, el diseño de este sistema de gestión de calidad busca ser un punto de partida para la futura certificación de procesos

según la Norma ISO 9001 (2015), a través de la confección de parte de la documentación necesaria correspondiente (ej. Manual de procedimientos para la realización de ensayos).

2. OBJETIVO

El objetivo del trabajo desarrollado es la implementación de mejoras de procesos a través del uso de herramientas de control de la calidad, el diseño de un laboratorio de ensayos propio para la empresa y la elaboración de la documentación necesaria para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad (SGC).

3. METODOLOGÍA

Las actividades a realizar para lograr los objetivos planteados son:

- Disposición de la información: Se realiza una búsqueda de información y aspectos teóricos relacionados a la temática de los distintos objetivos propuestos en el presente trabajo. Además, se busca comprender las necesidades y expectativas de las partes involucradas.
- Conocimiento de la empresa y sus procesos productivos: Se efectúa un reconocimiento de las instalaciones, distintas áreas de trabajo y las etapas del proceso productivo de BTC para comprender su funcionamiento. Se entablan charlas y realizan entrevistas con el personal de planta, valorando su opinión y considerando las propuestas que puedan llegar a ofrecer en relación con las actividades que desempeñan a diario. Se observa el flujo de materiales, recolecta información existente dentro de la empresa con relación a sus procesos y se elaboran los diagramas de flujos correspondientes. Se releva la distribución de la planta actual. Se lleva a cabo un registro de los equipos utilizados, reúne información y realiza un análisis detallado sobre la materia prima, insumos, producto final y las operaciones de producción de BTC a través del uso de herramientas de control de la calidad (planillas) para el posterior estudio de datos.
- Elaboración de un diagnóstico de la situación actual de la empresa: Se avala la información obtenida en las etapas anteriores con el objetivo de establecer puntos críticos dentro del proceso. Se desarrolla y clasifica en un listado los posibles problemas de calidad y puntos a mejorar que existen dentro de la empresa.
- Formulación de propuestas de mejora del proceso de producción de los BTC: Se propone posibles soluciones para los inconvenientes detectados utilizando los datos obtenidos y evaluando distintas alternativas.
- Planificación e implementación de un laboratorio de ensayos de materiales: Se analizaron y desarrollaron los diferentes tipos de ensayos a realizar dentro del nuevo laboratorio, en conjunto con la elaboración y formalización de protocolos de trabajo. Se seleccionó el equipamiento requerido para el laboratorio de ensayos y se dieron instrucciones para su instalación y montaje dentro del predio de la nave industrial.
- Elaboración de la documentación final: Se elabora un Manual de Procedimientos donde se detalla la metodología de fabricación del BTC con las mejoras propuestas. Por otro lado, se incorpora un Manual de Procedimientos de Ensayos que establece los protocolos y finalidad de cada uno de ellos.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Para desarrollar un análisis completo de la unidad productiva de BTC y el consiguiente estudio de proceso se efectúa las correspondientes entrevistas al personal, relevamientos de información y toma de datos en planta, utilizando diversas herramientas de análisis como layout de la fábrica y diagramas de flujo de procesos que representan cada una de las etapas del proceso de producción de bloques, permitiendo de esta forma estudiar e identificar puntos de mejoras en el mismo.

En la figura 1 se observa el proceso de producción detallado con las diferentes etapas mencionadas, sus productos intermedios, insumos de producción y desperdicios.

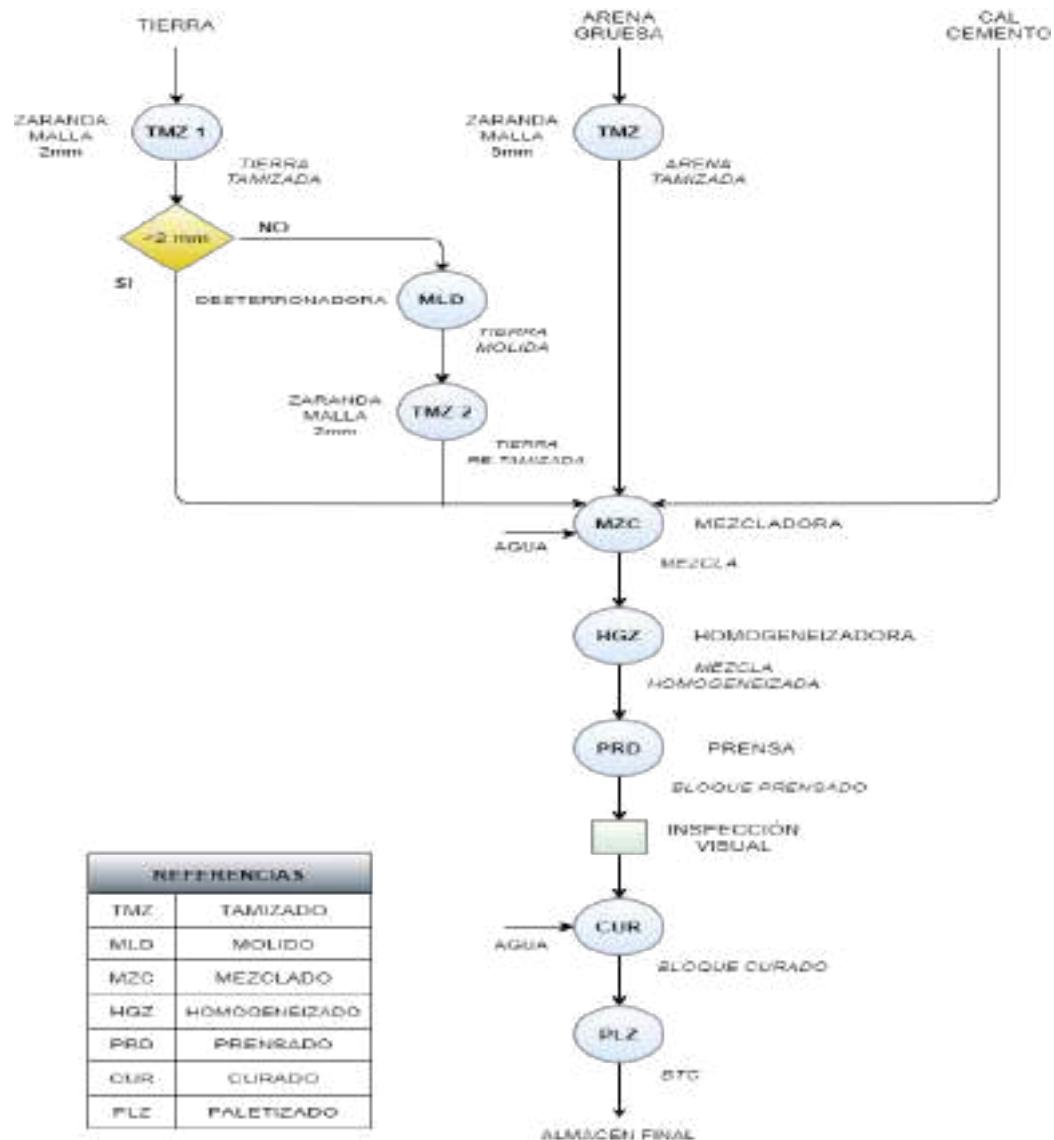


Figura 1: Diagrama de flujo de producción de BTC

4.1 Almacén inicial

El almacén inicial se constituye por cuatro partes que corresponden a cada una de las materias primas utilizadas en el proceso de producción de los BTC, pudiendo apreciarse en las figuras 2, 3 y 4 los acopios correspondientes a cada una de las materias primas.

Tierra: Se acopia en forma de montaña en la parte exterior de la planta, a la intemperie, se mantiene oreada por los operarios y se protege con lonas en situaciones de pronósticos de malas condiciones climáticas para evitar la hidratación excesiva e inconvenientes en las etapas posteriores.

Arena: Se acopia en forma de montaña en la parte exterior de la planta, a la intemperie y próxima a la tierra, del mismo modo que ésta. Se protege en casos de condiciones climáticas desfavorables.

Cal: Llega en pallets que contienen 66 unidades, que luego son transportados a través de un autoelevador hacia un depósito cerrado utilizado para ese fin.

Cemento: Llega en pallets que contienen 48 unidades, que luego son transportados a través de un autoelevador hacia el mismo depósito cerrado de cal.

La tierra se adquiere de un proveedor en la comuna de Aldao, mientras que la arena se adquiere en la ciudad de Río Tercero (Córdoba). En cuanto a la cal (aérea hidratada marca SI CAL) y el cemento (HOLCIM CPF 40) se compran en un corralón de la ciudad.



Figura 2: Acopio tierra



Figura 3: Acopio arena gruesa



Figura 4: Almacén de conglomerantes

4.2 Tamizado

La etapa de tamizado se divide en dos procesos: tamizado de tierra y tamizado de arena gruesa:

Tamizado de tierra: Una vez acopiada la tierra se procede a llenar bolsones de 1 m³, para luego, con el uso del autoelevador, efectuar la correspondiente carga de la zaranda. Esta acción se lleva a cabo elevando la bolsa por encima de la zaranda y realizando la apertura de un agujero que posee en la parte inferior de la misma, dejando caer el material sobre la máquina. Además, se utiliza una malla metálica especial de 2 mm la cual separa la tierra por granulometría, descargando el material tamizado en otro bolsón de igual volumen. La tierra retenida sobre la zaranda se almacena para luego ser molida y zarandeada nuevamente.

Tamizado de arena: En este proceso la carga de la máquina zaranda se realiza manualmente a través del uso de palas, y se utiliza una malla metálica de 5 mm. De la misma manera que con el tamizado de tierra, el material útil que pasa por la malla se descarga en un bolsón de 1 m³, descartando así el excedente que no lo hace.



Figura 5: Tierra antes (izquierda) y después de ser procesada (derecha)

4.3 Mezclado

Se introducen la tierra y arena provenientes de la etapa de tamizado, en conjunto con la cal y el cemento provenientes de la etapa de almacén inicial. Se preparan baldes de 8 litros con las proporciones adecuadas para la mezcla, siendo éstas las indicadas en la tabla 1. Luego se llena la mezcladora con estas dosificaciones y se procede al mezclado con agregado controlado de agua tratada por osmosis inversa hasta lograr una humedad relativa en la mezcla del 8%, y que esta adquiera un grado de homogeneidad satisfactorio, factores que se evalúan por tacto de un operario experimentado.

Esta etapa posee un tiempo de espera aproximado de 7 a 8 min, luego del cual se descarga la mezcla en baldes de 8 litros para pasar a la siguiente etapa.

Tabla 1: Dosificación

Material	Densidad (kg/m ³)	Baldes (unidad)	Proporción (%)	
			volumétrica	peso
Tierra	1160	8	55	55
Arena	1550	3	21	28
Cemento	900	2	14	7
Cal	600	1,5	10	8

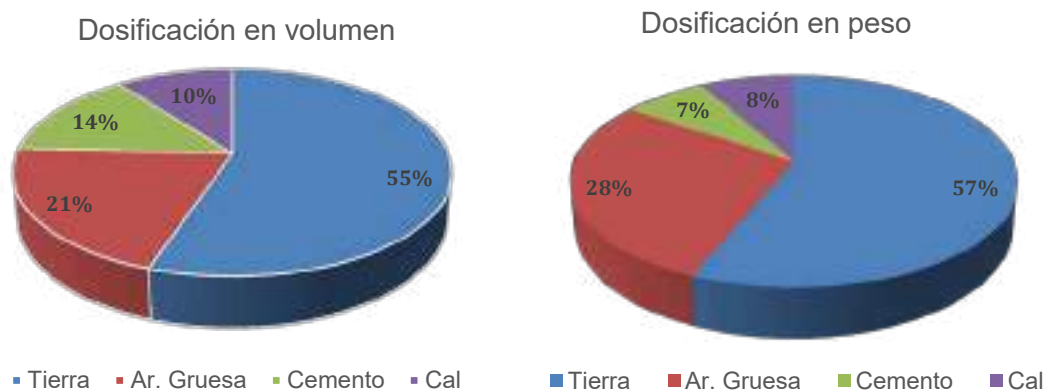


Figura 6: Dosificaciones en peso y volumen



Figura 7: Sector de mezclado

4.4 Homogeneizado

Los baldes de 8 litros de mezcla provenientes de la etapa anterior se vuelcan en la homogeneizadora, donde se eliminan los grumos existentes. Luego se vuelven a llenar los baldes con la mezcla en óptimas condiciones para la etapa siguiente.

4.5 Prensado

Los baldes con mezcla óptima se descargan en las tolvas anexadas a las prensas hidráulicas, donde se comprime el material con una presión de $14,2 \text{ kgf/cm}^2$. La forma del bloque está definida por el molde en la prensa. Luego se retiran manualmente de la prensa y se les realiza una inspección visual rápida para detectar imperfecciones y, en caso de estar aprobados, se colocan en un pallet, siendo caso contrario apartados para reproceso (vuelven a prensarse).



Figura 8: Prensado

4.6 Curado

En esta etapa los bloques se riegan manualmente de manera intermitente y, cuando termina la jornada, se enciende el sistema que suministra agua en forma de lluvia durante 20 minutos, con una pausa de 40 minutos, en forma de ciclo.

En la figura 9 se puede apreciar la organización del sector para la producción, los pallets que poseen una sola hilada es la producción de un día laboral y cada uno de ellos está

conformado por 48 bloques provenientes del prensado. Habiendo completado 24 horas de curado de esta forma y tomando ya mayor resistencia para ser manipulados, los mismos son estibados junto con los bloques de los pallets laterales que se apilan hasta 8 o 9 hiladas, cantidad de bloques que completan un pallet terminado (Figuras 10 y 11). Estas actividades se realizan al comenzar la jornada laboral, teniendo como objetivo la generación de espacio para la nueva producción diaria.

Una vez que los pallets completan la cantidad máxima permanecen durante 10 días en la cámara de curado para luego ser paletizados nuevamente y transportados al exterior.



Figura 9: Zona de curado

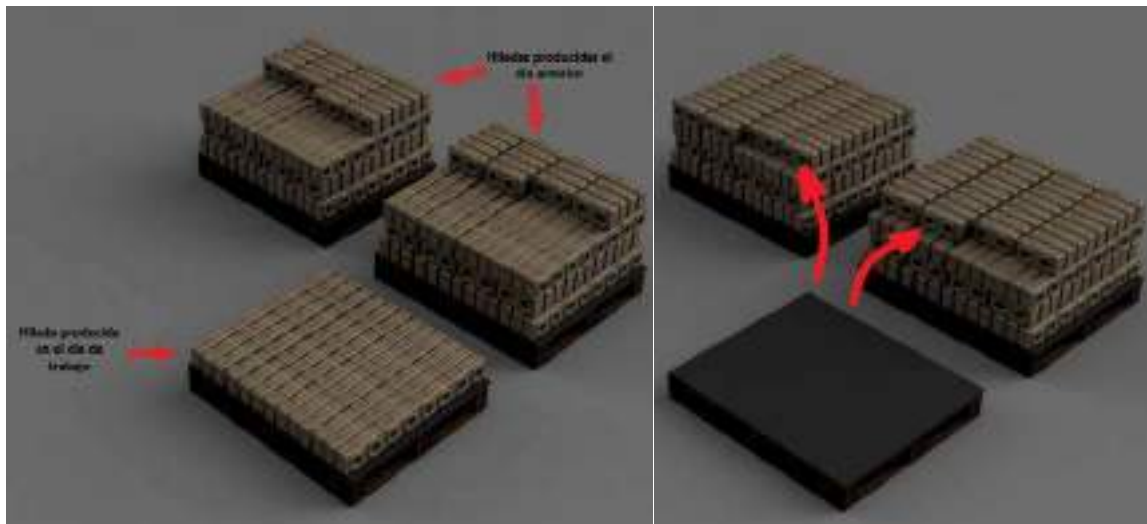


Figura 10: Organización de bloques en curado

4.7 Paletizado

Los pallets provenientes de la etapa de curado se mojan nuevamente y se envuelven completamente con papel film, con el objetivo de que los estabilizantes sigan reaccionando y se favorezca la ganancia de resistencia, para luego ser trasladados a la zona de almacenamiento final, al aire libre.

Pasados los 28 días desde el moldeo y prensado las piezas se encuentran listas para ser utilizadas.



Figura 11: Paletizado y acopio final de los bloques

4.8 Layout de planta

La figura 12 visualiza la distribución de los equipos y el flujo de materiales dentro de la planta, desde que llega la materia prima hasta que es almacenado el producto final.

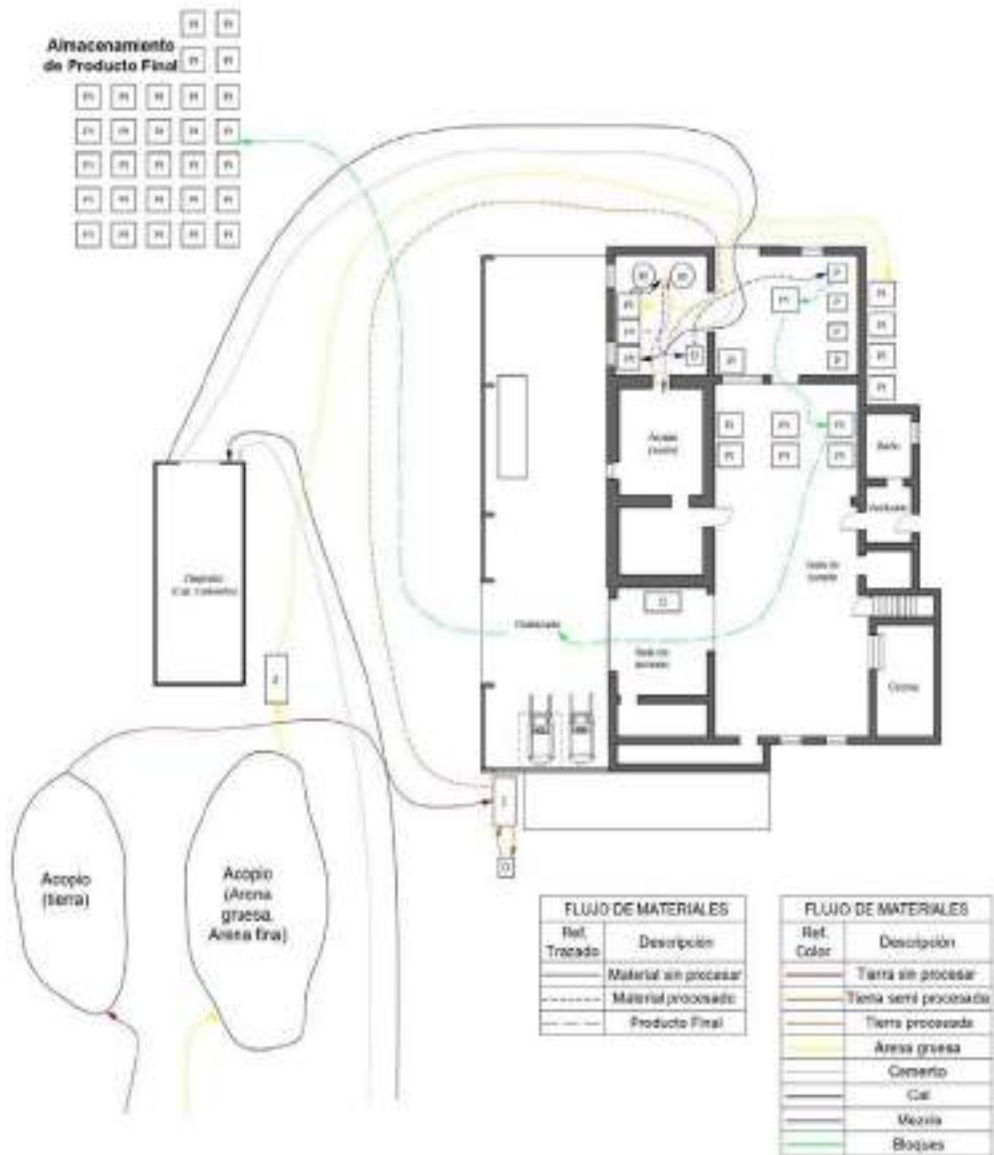


Figura 12: Distribución de equipos y sectores de GS Block

5. DIAGNÓSTICO

A partir de la información recolectada y procesada, se prosigue con la interpretación de las necesidades y puntos de análisis a considerar, algunos de ellos mencionados por el personal y otros, identificados a partir de la visualización y análisis del proceso. En la etapa de análisis, se implementaron herramientas de calidad que buscan cuantificar la magnitud de ciertas situaciones encontradas.

A continuación, se describen las acciones propuestas a la organización en busca de implementar mejoras en el proceso productivo, las cuales se basan en el diagnóstico organizacional previamente elaborado. Estas mejoras se clasifican en tres tipos:

- **Procedimientos:** Se lograron identificar ciertos puntos en diferentes etapas del proceso que pueden ser optimizados. Desde el punto de vista de la calidad se trata de la prevención y control de los materiales a utilizar; condiciones de los mismos; metodologías de procesamiento; tiempos; etc. La implementación de estas sugerencias permitirá prevenir o detectar de manera temprana fallas y promover la estandarización del proceso y el producto.
- **Mejora continúa del proceso de producción y el producto final:** Consiste en la propuesta de implementación de ensayos mecánicos y procedimientos que permitan evaluar y optimizar de manera continúa las características tanto de la materia prima como del producto final. Para ello, se propone la realización periódica de ensayos de laboratorio que permitan lograr un salto de calidad en el mampuesto, de manera de adquirir mayor competitividad en el mercado, cumpliendo los requerimientos del cliente y los demás grupos de interés.
- **Fallas en el proceso:** Se detectaron dos problemas de calidad en el proceso de manufactura del bloque. El primer ítem trataba puntos del proceso que pueden mejorarse o prevenir fallas a partir de actividades preventivas, en este caso son dos fallas puntuales que se evidenciaron dentro del proceso de producción y deben cuantificarse a fin de evaluar su gravedad.

6. PROPUESTAS DE MEJORAS

Se presentan las principales propuestas de mejora de proceso y cambios en los procedimientos de trabajo, en pos de lograr los objetivos mencionados, considerando la instalación del laboratorio de ensayos propio dentro de la organización.

6.1 Modificación en la etapa de tamizado

Actualmente se realiza un tamizado de la tierra proveniente del acopio, y lo que se descarta pasa por la molienda para luego ser tamizado por segunda vez. Esta sugerencia consiste en eliminar una actividad de tamizado con la finalidad de reducir la variabilidad en la composición de las partidas de tierra.

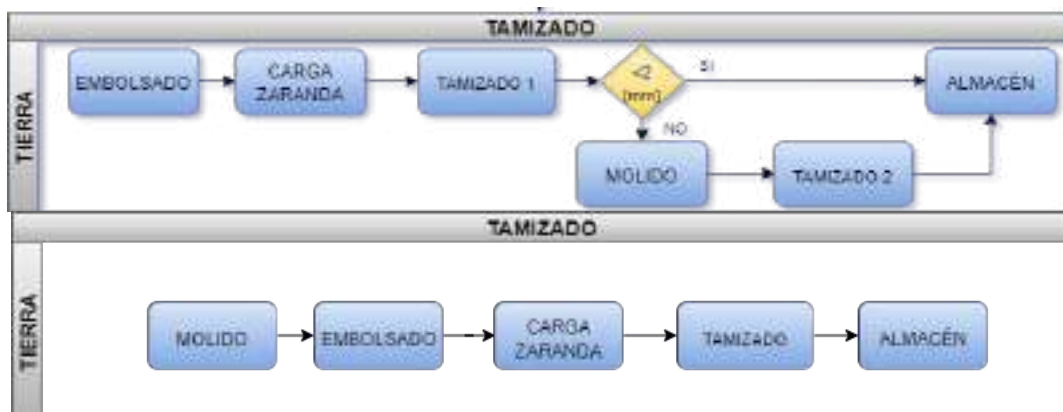


Figura 13: Metodología de trabajo actual (arriba) y nueva propuesta (abajo)

Esta propuesta garantiza una metodología de trabajo estandarizada, operando siempre con el mismo tipo de materia prima (composición de la tierra uniforme) y a su vez, optimizar la etapa suprimiendo una actividad de tamizado (considerado retrabajo), lo cual influye directamente en la calidad final del BTC, en la eficiencia del proceso productivo y en el trabajo realizado por los operarios. En síntesis, se propone moler toda la tierra, luego pasarla por la zaranda y almacenarla nuevamente, de manera de que toda la tierra que se utilizará en el proceso sea molida y tamizada previamente, tal como se indica en la figura 13.

6.2 Mejoras en el almacenamiento de materia prima

Actualmente la tierra y la arena gruesa sin procesar se encuentran almacenadas al aire libre, estas condiciones de almacenamiento pueden generar inconvenientes a la producción los días afectados por las condiciones climáticas adversas.

Los beneficios que genera el resguardo de la materia prima bajo un techo o dentro de un silo son los siguientes:

- Nivel óptimo de humedad para ingresar al proceso productivo: la materia prima debe estar lo más seca posible tanto para lograr un mejor tamizado y/o molido, como así también para optimizar el mezclado con los conglomerantes.
- Mejor organización para el proceso de tamizado: si se establece una parte de este espacio como permanente para esta actividad, sería posible planificar y realizar esta tarea de manera más eficiente.
- Mayor productividad: relacionado al ítem anterior y al ahorro de tiempo en tareas de tapado y movimiento, se lograría obtener más tiempo para dedicar a otras actividades del proceso.
- La vida útil de la malla metálica utilizada en el proceso de tamizado aumentaría debido a que no se deterioraría por oxidación o por alto grado de manipulación (el deterioro ocurre cuando el nivel de humedad es tal que los granos de tierra no pasan por la malla).
- Menor desgaste del personal: se torna tedioso el hecho de depender constantemente de las condiciones de clima para cubrir el material, realizar movimientos y en ciertas oportunidades tamizar o moler material húmedo.

6.3 Implementación de ensayos de laboratorio

Se desarrolló un Manual de Procedimientos para la realización periódica de ensayos de laboratorio a los BTC producidos. Se entregó además un informe con los planos del nuevo laboratorio de ensayos a construir en el predio de la nave industrial y un listado con el equipamiento requerido por el mismo. En la tabla 2 se muestra una tabla resumen de los ensayos propuestos en el Manual de Procedimientos.

Tabla 2: Ensayos a realizar en el nuevo laboratorio

Ensayos sobre materia prima	Ensayos sobre la mezcla	Ensayos sobre producto final
- Análisis granulométrico - Determinación del contenido de humedad de la tierra - Determinación del material fino que pasa el tamiz IRAM # 200 por lavado - Determinación de los límites líquido (LL) y plástico (LP) y índice de plasticidad	- Humedad óptima	- Resistencia a la compresión - Resistencia a la compresión saturada - Resistencia a la erosión húmeda por pulverizado de agua a presión - Resistencia a la abrasión - Ciclos de humedecimiento y secado - Resistencia a la tracción por flexión – módulo de rotura - Ensayo de caída de un ladrillo completo

6.4 Optimización del uso de los conglomerantes y su resguardo intermedio

Se propuso optimizar el almacenamiento (inicial e intermedio) de cal y cemento, y evaluar de manera periódica la calidad de la cal y el agua empleadas. Esto acarrearía los siguientes beneficios:

- Evitar usar cal envejecida que haya perdido sus propiedades y afecte la calidad (dureza superficial, resistencia) del bloque una vez curado.
- Evitar la presencia de grumos de cal dentro de la masa del bloque, mejorando su calidad y aspecto visual (los grumos alteran la resistencia del bloque y pueden apreciarse visualmente).
- Optimizar el proceso de mezclado incorporando la cal con la menor cantidad de humedad posible.

6.5 Mejora en la etapa de tamizado

En el proceso de tamizado se recomendó el cambio de la malla utilizada (2 mm) por una de menor tamaño (idealmente 0,4 mm). Esto se debe a que, disminuyendo el tamaño de la malla metálica se reduce la cantidad y el tamaño de grumos que pasan por ella y, por consiguiente, se obtiene una mejor granulometría de la tierra que se utiliza.

6.6 Optimización de la etapa de mezclado

Se propuso realizar las siguientes actividades en dicha etapa:

- Verificación de niveles de humedad en los materiales para el mezclado.
- Evitar la incorporación de bloques ya curados.
- Control de los tiempos de mezclado.
- Respetar el orden correcto de incorporación de materiales.

Beneficios:

- Óptima homogeneidad de la mezcla.
- Evitar formación de grumos.

6.7 Mejoras en la etapa de curado

Se deben optimizar y estandarizar los períodos de riego manual durante la jornada diaria (cuando el sistema de riego automático no se encuentra activado), debiendo realizarse cada 1 hora. Una vez finalizada la jornada laboral, encender el sistema de riego automático que suministra agua en forma de lluvia durante 20 minutos, con una pausa de 40 minutos, en forma de ciclo.

Beneficios:

- Evitar que se generen heterogeneidades en el tiempo de curado de los bloques.
- Optimizar los tiempos de curado.

6.8 Identificación y protección adecuada de los pallets en almacenamiento final

Se debe procurar que la identificación de los pallets en el almacenamiento final se realice en todos los casos, favoreciendo el uso de las planillas de control implementadas. A partir de los ensayos de materia prima planteados, se propone lograr una adecuada trazabilidad que permita identificar con qué partidas fueron producidos los diferentes bloques almacenados.

Beneficios:

- Optimizar el control de los pallets almacenados en el exterior.

- Favorecer la identificación de causas en fallas que pueden surgir, promoviendo la mejora continua.

6.9 Evaluación y optimización de la dosificación utilizada

La dosificación de los materiales influye de manera directa tanto en el costo del producto como en su calidad final. Se propuso confeccionar diferentes series de prueba modificando las cantidades de materia prima y, mediante la realización de ensayos físicos y mecánicos se podrá cuantificar el efecto de las nuevas dosificaciones en las propiedades finales de los bloques.

6.10 Evaluación de la disposición de los bloques en la cámara de curado

El curado debe ser un proceso controlado que garantice que las propiedades finales de todos los bloques sean homogéneas. Además, el tiempo de permanencia del producto en la cámara afecta la capacidad y costos de producción.

De manera similar a lo propuesto con las dosificaciones, se sugiere realizar ensayos que permitan cuantificar los efectos del tiempo de curado en las características del bloque en pos de optimizar dicha etapa.

7. CONCLUSIÓN

Este trabajo resultó fundamental para la organización en vistas a la formalización y la mejora del proceso productivo de los BTC, sirviendo como base para posteriores estudios enfocados en la optimización y estandarización de procesos. Además, se dio un gran paso hacia la futura certificación de procesos según la Norma ISO 9001:2015, la cual pretende alcanzar la organización a través de un enfoque basado en procesos y no conformidades. El proceso de certificación debe ser progresivo y requiere un alto compromiso por parte de la alta dirección para poder ser transmitido desde allí hacia toda la organización. Como segunda etapa del trabajo realizado, se formaron nuevos vínculos con la empresa (firma de un nuevo convenio) para continuar avanzando en el logro de los objetivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bestraten S; Hormías E.; Altemir A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Informe de la Construcción, v. 63, n 523, p.19 - 31.

Falceto, (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. Tesis doctoral: Universidad Politécnica de Madrid.

Norma ISO 9000 (2015). Sistema de gestión de la calidad – Requisitos. Organización Internacional de Estandarización

Rigassi, V. (1986); Compressed earth blocks: manual of production. v.1. France: CRATerre-EAG

Vázquez Espi, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: El caso de la tierra y otros materiales. Informes de la Construcción. v. 52, n 471, p. 29 – 43

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el capital humano de la empresa GS BLOCK por su excelente predisposición para colaborar en las actividades desarrolladas.

AUTORES

Gonzalo Darras, estudiante avanzado de ingeniería industrial y miembro y becario de Grupo Tierra de la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Santa Fe.

Cristian Benvenuto, estudiante avanzado de ingeniería industrial y miembro y becario de Grupo de Investigadores TIERRA FIRME de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe.

Santiago Cabrera, Ing. Civil, doctorando en Ingeniería, mención Ing. Industrial. Becario CONICET. Docente investigador abocado a las técnicas constructivas en tierra, con énfasis en los Bloques de Tierra Comprimida. Actualmente desempeña sus actividades laborales en el Laboratorio de Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil en UTN – FRSF.

Ariel González, Ing. en Construcciones, Mg. en Metodología de la Investigación. Docente investigador de la UTN-FRSF. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema hábitat urbano y rural y técnicas constructivas con tierra; capacitado en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE REVESTIMIENTOS A COMUNIDADES RURALES EN GUATEMALA

Edgar Virgilio Ayala Zapata¹, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz², Saulo Moisés Méndez Garza³

Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, ¹virgilioayala@yahoo.com;
³mendezgarza@yahoo.com

²Unidad de Investigación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, javierquinonez@yahoo.es

Palabras clave: salud, *trypanosoma dimidiata*, desarrollo sostenible, intervención, autoestima

Resumen

El modelo de transferencia de tecnología de revestimientos en viviendas construidas con tierra en comunidades rurales contribuye a la mitigación de la enfermedad de Chagas en Guatemala, producida por el parásito *Trypanosoma Cruzi*, que se encuentra en las heces del insecto *Triatoma dimidiata*. Este vector tiene capacidad de dispersión y adaptación de hábitat y se dificulta su eliminación intradoméstica. La interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad en Guatemala se fijó como meta para reducir significativamente la infestación doméstica del insecto. Se diseñó un modelo de transferencia tecnológica basado en una concepción ecosistémica, para diseminar el conocimiento que aporta una contribución al mejoramiento de la vivienda rural, por medio de la investigación y la aplicación de revestimientos elaborados con materiales vernáculos y mano de obra local, priorizando los aspectos culturales. Se estableció una estrecha relación entre profesionales interdisciplinarios, estudiantes universitarios, pobladores de una zona rural, funcionarios gubernamentales y autoridades locales, así como la cooperación internacional, que fue la base de la ejecución de un proyecto que incluyó estudios experimentales de laboratorio y de campo, sobre los materiales y la tecnología desarrollada en viviendas. Después de cinco y nueve años, se realizaron evaluaciones del estado de los revestimientos en paredes de viviendas de la aldea La Brea, municipio de Quezada del Departamento de Jutiapa, Guatemala. Se evidencia buen comportamiento de los revestimientos en condiciones normales de uso, caracterizándose por viviendas que evitan la re infestación del insecto en el largo plazo y proporcionan un aumento en la calidad de vida de los usuarios. Se validó el modelo de transferencia de tecnología.

1 INTRODUCCIÓN

El modelo de transferencia de tecnología que se presenta en este artículo, está fundamentado en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de Naciones Unidas, incluyendo categorías e indicadores que facilitan su medición. Se implementa tomando en cuenta la experiencia adquirida por los investigadores en procesos de transferencia anteriores.

El modelo de transferencia tecnológica de revestimientos puede ser utilizado en las viviendas a nivel regional para la mitigación de la enfermedad de Chagas. El enfoque ecosistémico consiste en conocer las consecuencias de las mudanzas en los ecosistemas sobre el bienestar humano.

El insecto *Triatoma dimidiata* es el portador del parásito *Trypanosoma cruzi*, agente causal de la enfermedad de Chagas en Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, y el segundo vector más importante en Honduras y Colombia. Esta especie no es candidata para ser erradicada en América Central, debido a su uso oportunista de los hábitats, capacidad de dispersión y heterogeneidad genética. De este modo, América Central fijó como objetivo la interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas y la reducción significativa de la infestación doméstica de *Triatoma dimidiata*. En Guatemala, el uso de insecticidas piretroides fue la principal estrategia seguida para alcanzar este objetivo, las fumigaciones solo redujeron la infestación doméstica en los departamentos de Zacapa y Jutiapa (Monroy et al., 2009)

El modelo de transferencia se orienta a la difusión del conocimiento de los revestimientos para la eliminación del vector que se encuentra en las viviendas, en objetos y materiales utilizados como madriguera, en cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

Se elaboró una metodología de la aplicación de revestimientos para paredes interiores de las viviendas en varias comunidades, entre ellas, la aldea La Brea, como parte del proyecto de investigación “Disminución de la reinfestación intradomiciliar de triatoma Dimidiata en Guatemala, con base a un control integrado de ecosistemas”.

La metodología del modelo se basó en experiencias vividas anteriormente, entre ellas, la comunicación con los miembros de la comunidad, experimentación que consistió en los análisis de laboratorio de muestras de las localidades, propuestas y evaluación de la tecnología en el laboratorio, capacitaciones, aplicaciones de campo y su evaluación.

Se desarrolló la propuesta y la evaluación del modelo de transferencia de tecnología dentro de las concepciones establecidas en los ODS.

El mayor éxito alcanzado en la aplicación de los revestimientos en las viviendas fue una mejora en la calidad de vida de la población beneficiada y un incremento de su autoestima.

De acuerdo al último censo habitacional del 2018, en Guatemala hay 604,600 viviendas con adobe como material predominante en las paredes exteriores y 49,197 viviendas con bajareque como material predominante en las paredes exteriores. Hay 843,958 viviendas con piso de tierra.

2 OBJETIVOS

2.1. General

- Proponer, evaluar y difundir un modelo de transferencia tecnológica de revestimientos para elementos de viviendas en comunidades rurales de Guatemala, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

2.2 Específicos

- Proponer un modelo de transferencia tecnológica de revestimientos en paredes y pisos de tierra para viviendas rurales.
- Evaluar el modelo propuesto.
- Difundir los resultados de la aplicación del modelo en una comunidad rural de Guatemala.

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

La propuesta del modelo de transferencia de tecnología de revestimientos, incluye: el marco conceptual, la identificación de los ODS relacionados, la selección de la comunidad, la caracterización cultural de los miembros de la comunidad, la selección y caracterización de las viviendas, el análisis de la caracterización, la identificación de los recursos en la comunidad, el proceso de experimentación en el laboratorio, el proceso de transferencia, la selección de las personas a capacitar, el proceso de capacitación, el proceso de adopción o asimilación, la aplicación de conocimientos adquiridos, la apropiación y evaluación en la comunidad seleccionada.

Para el desarrollo de la propuesta, la evaluación y la difusión de los resultados del modelo, se tomó en cuenta: la interrelación personal con los miembros de la comunidad; la toma de muestras de materiales de la comunidad; el traslado de los materiales a los laboratorios; la caracterización de los materiales en los laboratorios; el desarrollo y evaluación de las técnicas constructivas en los laboratorios; las aplicaciones en el campo y su evaluación; los talleres de transferencia tecnológica; las aplicaciones de las técnicas constructivas en las viviendas con participación comunitaria; la evaluación intermitente de las aplicaciones en el campo y la evaluación final de las aplicaciones en el campo (Matías, 2009).

Según Monroy et al, (2009), se definió un criterio para clasificar las viviendas en categorías A, B y C, consistente en condiciones económicas del núcleo familiar, orden en las viviendas, condiciones de las paredes, el tipo de piso de tierra o de cemento y las condiciones de higiene en las viviendas. La clasificación sigue los requisitos:

- Casa de la categoría A: todas las paredes revestidas y en buenas condiciones, piso de cemento en todas las habitaciones, el piso y las paredes limpias, con electrodomésticos, en orden y en condiciones de higiene.
- Casa de la categoría B: No todas las paredes son cubiertas o tienen algunos revoques deteriorados, falta de higiene y orden dentro de la casa (polvo, basura en el suelo o telas de araña en las paredes), pisos de tierra en algunas áreas, algunos electrodomésticos.
- Casa de la categoría C: La mayoría de las paredes sin revoque o deteriorados (grietas, agujeros), piso de tierra en las habitaciones, polvo y basura en el suelo, telarañas en las paredes, desordenado, pocos o ningún aparato electrodoméstico.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Transferencia tecnológica

En las casas de categorías B y C, las mujeres eran quienes aplicaban, con sus propias manos, es decir sin ningún tipo de herramientas, el revestimiento en las paredes de sus viviendas; a esta práctica se le ha conocido con el nombre de revocado. En las viviendas del tipo A, el revestimiento es colocado por trabajadores de la construcción, al cual denominan repello, que se compone de cemento, arena y agua.

Entre las aldeas intervenidas, La Brea y Jutiapa fueron las cuales se registraron la mayores reducciones en la infestación, un 4.5%. Este hecho coincide con las comunidades donde más se benefició a los habitantes por la intervención de sus viviendas con un enfoque ecosistémico. En estas aldeas, la intervención con revestimientos se hizo al 95% de las viviendas de la localidad, es decir 133 casas. El revestimiento que se utilizó en los muros de las viviendas fue el recomendado por los investigadores, que luego de evaluarlo, se constató que se encontraban en perfectas condiciones (Quiñónez; Ayala, 2014).

Los talleres comenzaron en 2004; la aplicación de los revestimientos duró hasta 2006; las personas que asistieron y obtuvieron dichos conocimientos pudieron ponerlos en práctica en la comunidad.

Los resultados de la evaluación realizada en el año 2009 en los revestimientos de las paredes en las viviendas de la aldea La Brea fueron los siguientes: 79% de los revestimientos en buen estado; 7% de los revestimientos en estado regular; 7% de los revestimientos en mal estado, y, 7% imposible obtener información (Ayala et al., 2009). Los resultados de la evaluación realizada en el año 2014 son coincidentes con los resultados del año 2009 en 95% de los casos, tanto cualitativa como cuantitativamente.

En la aldea El Resgate se realizaron visitas, identificación de tipos, arquitectónicos identificación de bancos de materiales, caracterización de las muestras de tierra y arenas, ensayos y análisis de mezclas, aplicación en revestimientos, ensayos físico y mecánicos de los revestimientos, talleres de capacitación para la transferencia de la tecnología y la aplicación de los revestimientos. La capacitación es seguida de una constante supervisión de las aplicaciones fue realizada por el personal del Ministerio de Salud Pública y los líderes comunitarios (Matías, 2011).

4.2 Modelo de transferencia tecnológica

Las categorías del modelo de transferencia tecnológica se definieron de acuerdo a las recomendaciones de los ODS se muestran en la tabla 1 (ONU Guatemala, sf).

Tabla 1. ODS identificados para la propuesta del modelo de transferencia tecnológica

No. ODS	Descripción del ODS
1	Fin de la pobreza
3	Salud y bienestar
4	Educación de calidad
5	Igualdad de género
6	Agua limpia y saneamiento
8	Trabajo decente y crecimiento económico
10	Reducción de las desigualdades
11	Ciudades y comunidades sostenibles
12	Producción y consumo Responsables
13	Acción por el Clima
17	Alianza para lograr los objetivos

El modelo propuesto en su aspecto cualitativo en la transferencia considera, como categoría, al ser humano. Considera como sub categorías a la cultura, la enseñanza y el aprendizaje. Considera, como indicadores, a los miembros de la comunidad, los investigadores, los trabajadores de vectores del sector salud y los habitantes, y, también considera, como condiciones, el estado de la historia, la familia y la sociedad; del conocimiento-teoría; de la experiencia-técnica y de la experiencia-práctica (tabla 2).

Tabla 2. Relación del ser humano con las subcategorías, indicadores, y condiciones definidas para el aspecto cualitativo en la transferencia.

Subcategorías	Indicadores	Condiciones
Cultura	Miembros de la comunidad	Historia, familia y sociedad
Enseñanza	investigadores	Conocimiento-teoría
Aprendizaje	Trabajadores de Vectores del sector salud	Experiencia-Técnica
	Habitantes	Experiencia-Práctica

De una manera analógica, en la tabla 3, se presenta la relación de tres categorías, con las subcategorías; los indicadores y las condiciones consideradas en el modelo.

4.3 Definición de transferencia tecnológica

En el modelo, la transferencia tecnológica es un sistema en el cual se investiga un proceso tecnológico, generando conocimientos durables, que se enseñan a los usuarios, respetando su cultura, a través de capacitaciones y talleres, contribuyendo al desarrollo sostenible en una comunidad. Las técnicas ecológicamente racionales contribuyen a la protección del ambiente.

4.4 Categorías

a) Transferencia

El sistema de transferencia es parte fundamental del modelo desarrollado, ya que involucra al ser humano en los principales ámbitos del conocimiento académico y local comunitario, la

transferencia de conocimientos generados experimentalmente a los miembros de la comunidad es compleja y dinámica.

La cultura local de los habitantes de la comunidad tuvo una importancia fundamental para terminar con éxito la intervención, fortaleciendo la transferencia tecnológica en el tiempo. Los investigadores del proyecto proporcionaron los conocimientos para el desarrollo de la técnicas en condiciones de laboratorio y su aplicación en la comunidad.

Tabla 3. Relación de las categorías con las subcategorías, indicadores, y condiciones definidas para la tecnología.

Categorías	Subcategorías	Indicadores	Respuesta
Evolución tecnológica en el tiempo	Pasado	Diagnóstico	Comunidad
	Presente	Capacitación	Teórica-práctica
		Aplicación	Técnica-práctica
	Futuro	Evaluación	Un año
			Cinco años
			Diez años
Espacio donde se desarrolla la investigación	Universidad	Conocimiento, experimentación	Ensayos y análisis de laboratorio
	Municipio	Ubicación de los bancos y régimen de propiedad	Extracción de materiales
	Aldea	Ubicación de los bancos y organización local	Extracción de materiales y participación comunitaria
	Viviendas	Aplicación en muros	Mejoras en la habitabilidad
		Aplicación en pisos	
	Etapas de la tecnología	Antecedentes, marco teórico y diagnostico	Enfermedad de Chagas
Revestimiento			
Propuestas y experimentación		Adaptación	Comunicación con y entre la comunidad
Experimentación, aplicación y evaluación		Material	Cantidad
		Mezclas	Cantidad
		Ensayos	Cantidad
		Aplicación	Calidad
		Digital	Numérico

Los receptores del conocimiento tecnológico son los funcionarios del Ministerio de Salud Pública y miembros de la comunidad, quienes están en directa relación con los problemas de la enfermedad de Chagas y sus efectos en las viviendas de adobe.

b) Tecnología

Desde el inicio del proceso de investigación, se estableció como parámetro de importancia que la tecnología que sea aprendida por los usuarios y se continúe aplicando en el largo plazo. Otros parámetros fueron cumplidos, tales como, fácil acceso a los materiales locales utilizados, acceso a las herramientas para su aplicación, adecuado mantenimiento en las condiciones de clima del lugar, conocimientos sobre la construcción y otros.

c) Evolución tecnológica

Inicialmente, se utilizaba el rociamiento de insecticidas para la mitigación del insecto. Después de desarrollar la tecnología investigada y su transferencia a través de la aplicación en los revestimientos de las viviendas de la comunidad, se consolida la nueva técnica al ser utilizada por los habitantes de las comunidades investigadas.

Con miembros de la comunidad se visitaron las viviendas. Se identificaron bancos de materiales. Se conocieron las actividades de los miembros de la comunidad relacionadas con la construcción de sus viviendas. La capacitación se hizo en varios grupos, uno integrado por funcionarios del Ministerio de Salud que trabajan en el departamento de vectores, y otro hacia los usuarios de las técnicas.

Los funcionarios fueron capacitados en salones destinados al efecto.

El proceso de capacitación en la comunidad se llevó a cabo principalmente con mujeres que habitan en las viviendas. La ausencia de los hombres es debido a que trabajan en los Estados Unidos o en lugares a los cuales deben viajar durante toda la semana.

Las mujeres que participaron en la capacitación son amas de casa, que se dedican a las labores del hogar, educan a sus hijos, a la alimentación familiar y otras tareas. En la capacitación se priorizó la práctica, el revestimiento se hizo en sus propias viviendas.

La aplicación en el campo de los conocimientos generados en el laboratorio, requiere de una adaptación a las condiciones locales que se encontraron en la comunidad. Los muros y pisos revestidos fueron aplicados por miembros de la comunidad. Con escasos conocimientos sobre la construcción.

d) Espacio donde se desarrolla la investigación

Se realizó la investigación en varias comunidades rurales y en un laboratorio universitario, con personal calificado, equipo de control de ensayos, utilizando normas técnicas.

En una de las investigaciones realizadas, se identificaron cuatro aldeas para la obtención de la información: La Brea, El Tule, El Sillón y La Perla, todas del departamento de Jutiapa, en conjunto suman 664 viviendas. El criterio de selección de las comunidades se basó en la persistente presencia de *triatominos*, la semejanza que existe entre ellas en técnicas de construcción de las casas, las similitudes étnicas, y porque las cuatro comunidades tenían en común que habían sido rociadas recientemente contra los triatominos por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. (Bustamante et al., 2009)

Se hizo un levantamiento de datos a través de encuestas entomológicas en busca de triatominos dentro y alrededor de las viviendas y peri domicilios (Monroy et al., 2009). Se mejoró la habitabilidad de las viviendas utilizando materiales locales, mediante la aplicación de la tecnología en muros y en pisos, contribuyendo a la autoestima de los habitantes.

e) Etapas de desarrollo de la tecnología

Las etapas de desarrollo de técnicas son teóricas y prácticas. Inicialmente, se profundizó en la bibliografía e información de campo existente sobre el tema.

Se llevó a cabo una intervención con la participación de integrantes de la comunidad y el equipo de investigadores. La aplicación del revestimiento de las viviendas se llevaría a cabo luego de haber sido seleccionados los materiales, que fueron traídos de zonas distantes a la comunidad, para luego ser analizados en el laboratorio. Un dato importante es que se ha determinado que la arena debe estar presente en la mezcla del revestimiento juntamente con la arcilla, pues esta ayuda a que la mezcla se adhiera al muro, logrando con ello la reducción de fisuras (Matías, 2011).



Figura 1. Grietas en los revestimientos de los muros aplicados con mezcla de tierra muy arcillosa sin arena

Los materiales utilizados son la arena y la tierra arcillosa, provenientes de bancos de materiales locales. El agua fue el otro material utilizado para proporcionar la consistencia de la mezcla de los dos anteriores.

Se determinó que las proporciones que mejor se adaptaron para la elaboración de la mezcla en la Aldea La Brea, oscilaron entre 2:1 y 6:1 de arena: tierra arcillosa; tal como se muestra en la figura 2, esto depende indiscutiblemente del tipo de arcilla que se utilice, ya que existen varios tipos de suelos arcillosos, los cuales difieren principalmente en sus características de plasticidad (Hurtado, 2011).

El procedimiento de la aplicación del revestimiento inició con la picada del muro, esto se hace con el fin de que la mezcla colocada se adhiriera con mayor facilidad al muro, luego es rociado con agua en cantidades controladas, para entonces, la mezcla de arena, tierra arcillosa y agua en las proporciones recomendadas y homogenizadas debía estar lista, se aplicó la mezcla a los muros utilizando como instrumento las manos sin uso de herramientas. Fueron necesarias dos capas de revestimientos, la primera de un espesor cuyo grosor oscila entre 3 y 6 milímetros, la segunda aplicación fue para dar un acabado final luego que la primera capa se había alcanzado un tiempo mínimo de secado.



Figura 2. Prueba de mezclas para revestimiento en laboratorio del CII

Luego de haber aplicado la última capa del revestimiento, se esperó un tiempo para realizar el acabado final, el cual consistió en humedecer una esponja y aplicar un movimiento

rotacional en toda la superficie final del revestimiento. Este paso permitió que el revestimiento tomara una mejor apariencia y permitió, además, que fuera más fácil la aplicación de pintura a base de cal. Fue importante no ejercer una presión muy fuerte al aplicar el acabado, ya que producía desgaste de la superficie.



Figura 3. Prueba de mezclas para revestimiento en laboratorio del CII

Una vez finalizados los talleres de transferencia de tecnología, se deben llevar a cabo las tareas de supervisión a cargo de la comunidad, el objeto de la supervisión es establecer, entre otras cosas, es dar respuesta a las inquietudes que surjan sobre la elaboración de los revestimientos, dichas inquietudes y otras interrogantes podrán ser recolectadas a través de instrumentos tales como encuestas y otros medios de recolección de información.

Para los revestimientos de pisos apisonados, se generó tecnología en el laboratorio, la cual fue de fácil aplicación en las comunidades. Se utilizó la compactación manual para la estabilización mecánica de los pisos (Ayala; Quiñónez, 2014).

Posteriormente, se evaluaron las aplicaciones, mediante visitas a las comunidades, comunicación con los habitantes, las evaluaciones se realizaron en periodos de tiempo determinados.

5 CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Cultura

La cultura y las condiciones locales de los habitantes son factores prioritarios del modelo de transferencia de tecnología. Las costumbres y tradiciones de las personas, fortalecen sus vínculos con la dinámica de la adquisición de nuevos conocimientos que les aporten mejora en sus condiciones de habitabilidad.

La inclusión de mujeres y jóvenes en el proceso de aprendizaje, propicia la sostenibilidad local en diversos ámbitos, como el de la salud y de la vivienda, estimulando a la comunidad para aceptar el modelo y su sistema en la generación, transmisión y aplicación de conocimientos.

Los cambios se lograron mediante un trabajo intenso con la comunidad, visitas casa a casa fueron esenciales. Mientras que las mujeres estaban a cargo de los revestimientos, hombres y niños fueron responsables de traer la tierra arcillosa y la arena a la casa. Además, los cambios en sus casas tuvieron una influencia en la percepción de los habitantes y los sentimientos hacia su forma de vida.

La participación comunitaria debe lograrse en condiciones favorables. El respeto de sus materiales y métodos tradicionales es fundamental para garantizar la aceptación del nuevo

revestimiento. la experiencia revela que la comprensión de las prácticas culturales es fundamental para la introducción de nuevas tecnologías.

5.2 Generación de conocimientos

El modelo de transferencia de tecnología propuesto, genera nuevos conocimientos relacionados con el cumplimiento de los ODS, al validar el sistema de conocimientos generados a través de un proceso teórico-práctico.

Reconocer y aceptar la responsabilidad de los principales determinantes de la transmisión de la enfermedad de Chagas por parte de las comunidades, es el primer paso hacia las intervenciones de control y prevención.

5.3 Usuarios de las técnicas

La participación de académicos en comunicación con comunitarios, y funcionarios facilitadores, propicia una interrelación de intercambio de experiencias, prácticas, costumbres, teorías que se conjugan a la hora de establecer la metodología de investigación del modelo. El cual es incluyente de sectores de la sociedad que aportan alternativas de solución a la problemática existente en las comunidades.

5.4 Aplicaciones

La aplicación de la tecnología es adaptable a las condiciones locales reales, las cuales pueden ser diferentes en otras comunidades, sin embargo, las aplicaciones son amplias y han sido aplicadas en numerosas comunidades de diferentes regiones de Guatemala.

Una de las aplicaciones es con los habitantes de la aldea La Brea, quienes mostraron al grupo de investigación los materiales locales que utilizaban para el "revocado" y, después de las pruebas de laboratorio, los mejores materiales y mezclas fueron seleccionados. Este trabajo fue la base para el desarrollo de una formulación nueva de revestimientos que se promovió activamente en las aldeas con intervención ecosistémica (Quiñónez; Ayala, 2014).

En muchos casos se observó que, las personas continuaron con el proceso de revestimiento aún después de haber terminado esta actividad dentro del proyecto. También se observó que algunos de ellos realizaron actividades de mantenimiento; en otros casos el mantenimiento fue muy limitado. Esta labor de extensión y mantenimiento favorece la condición sostenible del mejoramiento (Quiñónez; Ayala, 2014).

En la aldea El Tule, el 97% de las viviendas evaluadas después de la aplicación de los revestimientos y cuatro años más tarde, hicieron mejora de vivienda por medio de la elaboración de revestimientos y un 3% no lo hizo antes de esta evaluación, lo que muestra un interés de las personas por mejorar su vivienda. El 52% de las viviendas utilizaron revestimientos de manera total (Matías, 2011).

5.5 Cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible

La sostenibilidad de las mejoras tiene que ver con el empoderamiento de las comunidades en la adquisición de capacidades para resolver sus propios problemas, y la disponibilidad de tecnologías apropiadas y de otros recursos (económicos y basada en el conocimiento), que provocó nuevos sentimientos hacia el aspecto de sus casas, lo que significa que los propietarios continuaron con mejoras, superando las expectativas de los investigadores. En el modelo de transferencia de tecnología se cumplen algunos indicadores de los ODS (ONU Guatemala, sf) relacionados:

ODS1 - Se proveen dignas condiciones de habitabilidad. Mejorando la condición de los muros y los pisos.

ODS3 - Se aportan condiciones de salubridad e higiene. Evitando el albergue del insecto que provoca la enfermedad de Chagas.

ODS5 - En los talleres de transferencia de tecnología, se da una participación activa y predominante de mujeres, amas de casa y madres. Quienes tuvieron una actitud muy dinámica entre ellas, de respeto e incluyente.

ODS6 - Las nuevas condiciones de habitabilidad requieren de aprendizaje de un saneamiento sostenible. El cambio de condiciones de habitabilidad les provee de más salud y saneamiento.

ODS8 - El aprendizaje de las tecnologías, permite acceder a un nuevo oficio, trabajo y mejoras en los ingresos. Los conocimientos adquiridos son aplicables en otras viviendas.

ODS10 - Las nuevas condiciones de habitabilidad reducen las desigualdades sociales habitacionales entre habitantes. Las condiciones de los muros y pisos propician la igualdad.

ODS11 - La tecnología aporta conocimientos de nuevos materiales y de técnicas de construcción para fortalecer la sostenibilidad de la comunidad.

ODS12 - El uso de materiales locales y aprendizaje sobre la construcción optimiza la producción y genera un consumo más responsable. Se optimizan los recursos.

ODS13 - El uso de una tecnología ecológicamente racional, protege el ambiente.

ODS17- La comunicación fluida entre diferentes sectores de la sociedad, permitieron la participación de la comunidad, el gobierno local, trabajadores del ministerio de salud, profesores y estudiantes universitarios, agencias de cooperación internacional, fortalecen las alianzas.

Los indicadores son fundamentales en el modelo de transferencia de tecnología, existiendo información específica y conocimientos generados en el proceso investigativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayala, V.; Quiñónez, J.; Méndez, M. (2009). Informe científico final del componente de ingeniería del proyecto de investigación: Manejo a largo plazo de los factores de riesgo para la reinfestación del vector de Chagas (*Triatoma Dimidiata*) en la vivienda y el peri domicilio en el Departamento de Jutiapa, Guatemala. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID- y Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. Pendiente de Publicación. Guatemala,

Ayala, V.; Quiñónez, J. (2014). Evaluación de pisos de tierra apisonada en Guatemala después de seis años de utilización. Memorias del 14 SIACOT. El Salvador, p. 178-183.

Bustamante, D.M.; Monroy, C.; Pineda, S.; Rodas, A.; Castro, X.; Ayala, V.; Quiñónez, J.; Moguel, B.; Trampe, R. (2009). Risk factors for intradomestic infestation by the Chagas Disease vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cadernos de Saúde Pública*, 25 (Suppl. 1). Rio de Janeiro, p. S83–S92.

Hurtado, R. (2011). Metodología de evaluación de materiales para su utilización como revestimientos en muros de adobe en la prevención de la enfermedad de Chagas. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Matías, S. (2009). Transferencia de tecnología, un aporte social de la ingeniería civil, como apoyo a la mejora en los revestimientos de viviendas de adobe. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Matías, S. (2011). Transferencia de tecnología, un aporte social de la ingeniería civil, en apoyo a la disminución de la reinfestación intradomiliar de *triatoma dimidiata* en Guatemala, por medio de la mejora en los revestimientos de viviendas de adobe. Informe final del proyecto FODECYT NO. 122-06. CONCYT, SENACYT, USAC. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.122.pdf>

Monroy, C.; Bustamante, D.; Pineda, S.; Rodas, A.; Castro, X.; Ayala, V.; Quiñónez, J.; Moguel, B. (2009). House improvements and community participation in the control of *Triatoma Dimidiata* re-infestation in Jutiapa, Guatemala. *Cadernos de Saúde Pública*. Vol. 25 (Suppl. 1). Rio de Janeiro, p. S168-178.

ONU Guatemala (sf) Objetivos de desarrollo: de los ODM los ODS. <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>

Quiñónez, J.; Ayala, V. (2014). Evaluación de revestimientos en paredes de adobe después de nueve años de condiciones de servicio. Seminario Iberoamericano de arquitectura y construcción con Tierra, 14. Memorias... San Salvador: El Salvador, Fundasal/PROTERRA.p. 198-203.

AUTORES

Edgar Virgilio Ayala Zapata: doctor en filosofía, doctor en ingeniería civil, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Sección de Tecnología de Materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA y de la red PROTERRA Mesoamérica.

Javier Quiñónez: especialista en investigación científica, ingeniero civil, profesor titular, jefe de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil y jefe de la Sección Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Miembro de la Comisión Técnica de Construcción del Sistema Nacional de CTi de Guatemala. Miembro de Red PROTERRA; Red Tz'unun (CC-adaptación); Red Sika (GIRD).

Saulo Moisés Méndez Garza: maestro en formulación y evaluación de proyectos, ingeniero industrial, profesor investigador de la Sección Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Miembro de la Comisión de Calidad del Consejo Nacional de CTi de Guatemala, miembro de la red PROTERRA Mesoamérica.

UNA PUERTA ABIERTA A LA VIVIENDA SOCIAL EN NICARAGUA TRANSFERENCIA ENTRE IGUALES

Dulce María Guillén Valenzuela

Red Iberoamericana PROTERRA, investigadora independiente, Nicaragua, dulcemariaguillenv@gmail.com

Palabras clave: hábitat, adobe, sismos, cooperativas

Resumen

Nicaragua es uno de los países menos desarrollados de América Latina con un alto déficit de viviendas, ya que hasta la fecha la producción del hábitat popular no ha sido una prioridad gubernamental; las ONG tuvieron una presencia importante en años anteriores y las cooperativas de vivienda hacen esfuerzos, pero tiene muchas dificultades, siendo la auto-construcción la vía principal para llenar las necesidades habitacionales, produciendo casas deficientes y de alto riesgo. Compartir los aprendizajes entre albañiles y usuarios sobre la construcción con adobe con la cooperativa de vivienda Benjamín Zeledón para construir una casa piloto, a través de la “transferencia de conocimiento entre iguales” para facilitar el aprendizaje de saberes y unir la ayuda mutua local y la cooperación externa abre una puerta a la producción de vivienda social con un modelo asequible, técnica y económicamente, hecha en base al Reglamento Técnico Salvadoreño. Se implementó un proceso de diseño participativo y de sensibilización sobre la técnica del adobe, mostrándoles la herencia del adobe colonial, el adobe tradicional contemporáneo y sus problemas y el adobe normado y sus ventajas. Y en la construcción se adoptó la transferencia de los saberes y de las técnicas de la gente que ha trabajado con adobe, hacia los constructores y personas cooperadas que nunca habían trabajado con tierra a través de la práctica de aprender-haciendo, en talleres incorporados en el cronograma de ejecución de la obra, demostrando que el adobe puede producir la vivienda “soñada”, segura, duradera y que por su sencillez posibilita la participación activa de los futuros dueños, demostrando además que los costos son accesibles a su economía.

1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es uno de los países menos desarrollados de América Latina, con 6,4 millones de habitantes de los que más del 41% vive en situación de pobreza con un déficit habitacional que asciende a casi un millón de unidades¹, dado que la producción de viviendas históricamente no ha sido una prioridad gubernamental, siendo la auto-construcción la forma principal de llenar las necesidades habitacionales, produciendo en la zona del Pacífico, de alto riesgo sísmico, casas de concreto sin ninguna seguridad estructural y en la mayoría de los casos viviendas precarias y poco duraderas con materiales de desecho y en el Norte, donde hay menos sismos, casas mal hechas de adobe degradado.

Hasta hace unos 10 años se financiaban importantes proyectos de viviendas sociales a través de diversas ONG, sobre todo como respuesta a catástrofes naturales, pero éstas se han ido retirando progresivamente, quedando las cooperativas como la mejor opción para tener una vivienda de calidad y desde el usuario.

Esta idea toma fuerza en Nicaragua a raíz de la difusión de la experiencia uruguaya por “Ayuda Mutua” como alternativa al problema de la vivienda de interés social en Latinoamérica, según el informe de Fundasal y We Effect (2013. p. 13), que dice:

1 No hay un dato consensuado al respecto y tampoco hay un censo actualizado. Según Bredenoord y Meulen (2012, p.4), “el déficit de vivienda –casas nuevas- en todo el país fue planteado en el año 2005 había 400,000 viviendas” y, según Hábitat para la humanidad (sf), en Nicaragua, faltan 957 mil viviendas” para el mismo año.

We Effect (SCC) ha impulsado y acompañado el desarrollo del cooperativismo en la región, promoviendo el modelo por ayuda mutua autogestionario a partir del año 2002, con la experiencia de la Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua (FUCVAM). En cada país centroamericano se trabajó con instituciones comprometidas y de vasta trayectoria en el tema de vivienda de interés social.

... el Centro de Promoción del Desarrollo Local (CEPRODEL) por Nicaragua dio inicio a la formación de las primeras cooperativas de vivienda por ayuda mutua... Bajo este esfuerzo surgieron proyectos pilotos de vivienda en cada país: ... y en Nicaragua las Cooperativas “Juntando Manos”, “Lomas de Pochocuape” y “Cuevas del Cacique.

Este esfuerzo fue la semilla para crear en 2004 la Central Nicaragüense de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua que aglutina a nivel nacional a cerca de 50 asociaciones, pero con pocos resultados hasta la fecha, por las dificultades que tienen para obtener financiamiento o subsidios públicos para acceder a la tierra y construir, y por la pobreza creciente de las personas afiliadas, que en su mayoría tienen ingresos insuficientes para financiarse una vivienda.

En este contexto surge Multipro en el 2014, equipo multidisciplinario que ofrece apoyo técnico a las cooperativas de vivienda de Matagalpa, en alianza con URBAMONDE², para su fortalecimiento organizativo y apoyo en la gestión para la compra de tierras y la construcción de viviendas.

Proponiéndose en el año 2020 el programa “Promoción de materiales alternativos para la construcción de viviendas dignas”, siendo el primer proyecto la edificación de una casa de adobe reforzado como prototipo de la cooperativa de vivienda Modesto Zeledón en San Dionisio, con el apoyo de los miembros de PROTERRA³ Nicaragua, que propusieron la construcción en base al reglamento salvadoreño (VVDU, 2013, p. 1) aplicable a Nicaragua por las similitudes culturales, geo-sísmicas y climáticas, ya que:

...es una guía de recomendaciones técnicas que debe cumplir el diseño y la construcción de la vivienda de adobe de un nivel, a efecto de que ésta cuente con la capacidad de resistir movimientos sísmicos de baja y moderada intensidad, con el objetivo de minimizar los daños materiales y prevenir las pérdidas de vidas humanas por este tipo de amenaza ...

La cooperativa Modesto Zeledón se creó en el pueblo de San Dionisio en el año 2016, agrupa a 17 miembros, siendo el 75% profesionales, pero sólo el 13% tiene trabajo formal permanente, el 6% tiene negocio propio y el 6% un empleo agrícola. Poseen un lote de terreno en el área urbana del poblado de San Dionisio en el que se ubicarán hasta 45 familias, bajo la figura de propiedad colectiva.

San Dionisio pertenece al departamento de Matagalpa, tiene categoría de pueblo⁴ y es la cabecera municipal del municipio de su mismo nombre y sede del gobierno municipal. Dista 37 km de la capital departamental Matagalpa.

Está enclavado junto al río Cálico, a 420 msnm, de terreno escarpado y con un clima de trópico seco, en el área definida como corredor seco, donde escasean las lluvias y se han degradado significativamente los ecosistemas naturales, agudizando las condiciones de pobreza de los 3,017 habitantes urbanos y más de 18 mil rurales, cuya economía está basada en la agricultura de granos básicos, hortalizas y ganadería de autoconsumo (ENACAL, 2021).

² URBAMONDE: Asociación Suiza que promueve soluciones de hábitat participativo.

³ PROTERRA: Red Iberoamericana de integración y cooperación técnica y científica para el desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra. Posee capítulo en diferentes países.

⁴ Según el Decreto No. 78 – 2002. Pueblos son los centros de servicios con un rango entre 2.5 mil y 5 mil habitantes. Administrativamente pueden cumplir funciones del nivel municipal y cabeceras de zonas administrativas (CEPAL, 2002)

Matagalpa está situado al centro del país, donde en los últimos 20 años se ha ido perdiendo aceleradamente la tradición de construcción con tierra, dado que el auge del café, su principal producto, ha llevado consigo el “desarrollo” y con ello la difusión de sistemas a base de cemento y hierro, habiendo sido registradas según INIDE en el censo del 2005 solo 4,559 viviendas de adobe y *taquezal*⁵, que corresponde al 6.5% del total encuestado, y en el municipio de Dan Dionisio solo 101 casas de tierra (INIDE. 2006, p 241).

De ahí que los habitantes de esta región y en particular los cooperados del pueblo de San Dionisio no tenían muchos conocimientos sobre el adobe y sus técnicas constructivas, algunos recordaban que sus padres o abuelos les hablaban de las casas de adobe o de taquezal, otros tenían parientes en regiones donde sí se usa este material y unos pocos habían visto casas de *embarrado*⁶, pero de muy mala calidad y como solución de extrema pobreza.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto son:

Abrir una puerta a las cooperativas de viviendas de Matagalpa a un modelo de construcción con adobe que puede producir casas seguras y duraderas a menor costo que con los materiales industrializados, motivando a los asociados a utilizar el adobe como material alternativo.

Promover la transferencia entre iguales, de saberes y técnicas de construcción con adobe: desde los albañiles y personas usuarias hacia los integrantes de la cooperativa Modesto Zeledón y albañiles de San Dionisio que no confían en que el adobe sea una alternativa para sus viviendas.

3. DESARROLLO

PROTERRA Nicaragua y Multipro organizaron un equipo de arquitectas y técnicos que trabajaron y dirigieron el proceso de sensibilización, capacitación y construcción de la casa con la cooperativa Modesto Zeledón de San Dionisio, invitando durante todo el proceso a miembros de las otras cooperativas de vivienda de Matagalpa para que conocieran y se motivaran con el adobe, definiendo una metodología para realizar el proyecto en tres etapas:

La primera etapa fue la sensibilización de las personas asociadas, sobre las posibilidades del adobe, a través de visitas y recorridos guiados a las ciudades coloniales para que conocieran la herencia del adobe hispano; a la zona Norte donde el adobe tradicional y contemporáneo es una cultura viva, y finalmente a proyectos nuevos con propuestas normadas.

En la segunda fase se realizó el diseño participativo de la vivienda, a través de un proceso en el que las arquitectas fueron facilitadoras para que la casa piloto respondiera a las aspiraciones y sueños de las familias cooperadas.

La tercera etapa correspondió a la construcción, que se hizo con miembros de la cooperativa Modesto Zeledón y con constructores del municipio contratados, en la que se adoptó la transferencia de los saberes y de las técnicas del adobe normado a los constructores y a las personas socias, con la metodología de “transferencia entre iguales” y la técnica pedagógica de aprender-haciendo en la construcción, a través de talleres incorporados en el cronograma de ejecución de la obra.

⁵ Sistema de entramado pesado de madera que forma un cajón que se rellena con mezcla de tierra y otros materiales. Conocido como quinchá o bahareque en otros países.

⁶ Sistema de entramado de madera liviana revestidas con una capa de mezcla de tierra y fibras vegetales en cada cara. Conocido como enzunchado o bahareque en algunos países.

4. RESULTADOS

Se construyó una casa sismo resistente con adobe, articulando la cooperación externa, la asesoría técnica de PROTERRA, la transferencia de saberes entre iguales con constructores de las comunidades del centro del país y la ayuda mutua de la cooperativa, para rescatar la tradición constructiva con tierra y abrir una puerta a la producción de vivienda social con un modelo asequible técnica y económicamente.

El trabajo se desarrolló a partir de la sensibilización, diseño y construcción, siempre con el enfoque de capacitación.

4.1. Sensibilización sobre el adobe

Las actividades de sensibilización tenían el objetivo de que los miembros de la cooperativa Modesto Zeledón y de las otras cooperativas de Matagalpa conocieran el adobe y tomaran conciencia de que predomina en algunas zonas del país, de lo duradero y elegante que puede ser y de la sencillez de sus técnicas, para que reflexionaran que puede ser una alternativa viable para resolver el acceso a una vivienda adecuada para ellos.

Para acercar a los cooperativistas a esta tecnología se organizó un taller de iniciación donde conocieron la tierra como material de construcción y aprendieron a hacer adobes, comprobando que es una técnica sencilla y asequible a toda la familia, como se muestra en la figura 1 donde se ven a miembros de diversas cooperativas de Matagalpa y a sus hijos.



Figura 1. Niños y cooperativistas conociendo la tierra para construir.

Se realizaron tres giras de campo a zonas donde existen construcciones de adobe, en las que se intercambiaron opiniones con los usuarios, que incluyó conocer:

- a) El adobe colonial, en las ciudades de Granada y Ocotal, fundadas por los colonizadores españoles, donde constataron la durabilidad de las edificaciones: iglesias de 400 años y casas de hasta 250 años, de gran calidad arquitectónica, que son además el orgullo de los propietarios y la mayor riqueza de la ciudad.
- b) El adobe mestizo o adobe tradicional, en la ciudad de Totogalpa, donde hay viviendas de más de 150 años, hechas a la manera de las construcciones coloniales, pero de pequeña escala, pues los descendientes de los antiguos indígenas que pudieron construir con adobe después de la independencia aplicaron los códigos arquitectónicos de la vivienda nativa.
- c) El adobe degradado, en la comunidad rural de Sabana Grande, donde la mayoría de las casas están hechas con éste, pero con técnicas inadecuadas, ya que se construye como si fuera concreto armado y no muros de carga, igualando el grosor de las paredes a las del bloque de cemento (20 cm), sin sobre-cimiento, con vigas dintel de mínimas dimensiones, sustituyendo la viga solera por tacos de cemento para cargar los largueros del techo, que concentran la carga en un punto y agrietan las paredes, llevando al

mínimo los aleros, dejando los adobes sin repello y expuestos a la lluvia o repellando con cemento y usando pinturas industriales que sellan las paredes, que ya no pueden “respirar”.

- d) El adobe mejorado. Se visitaron proyectos en los que se aplicó la norma peruana E.080 (2017) y se escucharon las opiniones de los usuarios de las edificaciones, observando la calidad constructiva y el buen estado después de muchos años. Se recorrió el barrio Pueblos Unidos en Ocotál con 400 viviendas del año 2000, el proyecto de INVUR en Sabana Grande de Totogalpa donde 43 casas fueron financiadas por el gobierno en el año 2005, el Taller de Cocinas Solares de la cooperativa de Mujeres Solares y la vivienda comunitaria que estaba en construcción, en Granada se vieron las casas del barrio Pantanal y en Jinotepe tres viviendas prototipos.

4.2. Diseño de la vivienda

Las Naciones Unidas define la vivienda adecuada a la que tiene derecho toda persona (2010. ONU HÁBITAT. p. 3 - 4) de la siguiente manera:

Una vivienda adecuada debe brindar más que cuatro paredes y un techo. Deben satisfacerse varias condiciones para que una forma particular de vivienda pueda considerarse que constituye “vivienda adecuada”... debe reunir como mínimo los siguientes criterios... Habitabilidad: la vivienda no es adecuada si no garantiza seguridad física o no proporciona espacio suficiente...

Con este concepto como base se inició el taller de diseño participativo “La casa soñada” con el objetivo de hacer en colectivo el anteproyecto, en el que participaron además de la Cooperativa Modesto Zeledón, personas de otras cooperativas de Matagalpa para motivarles a que en un futuro también hagan estos procesos. Se trabajaron los siguientes puntos:

- a) La técnica de mampostería de adobe: Se conversó sobre cómo funciona constructivamente según la Norma, para darles los elementos que debían tomar en cuenta a la hora del diseño, como el grosor de paredes, la ubicación de puertas y ventanas, el largo y alto de paredes, la necesidad de los aleros, del sobre cimientado, etc.
- b) La idea de “La casa soñada”: Cada persona dibujó su casa soñada y después compartieron sus dibujos, se dieron cuenta que la mayoría soñaba el mismo tipo de casa.
- c) El programa arquitectónico: En base a los dibujos que cada quien hizo, en plenario se elaboró un resumen de los ambientes que incluían todas las casas. Se decidió que tendría un porche de entrada, sala-comedor, dos dormitorios, un servicio sanitario con ducha, lavamanos e inodoro (actualmente todos tienen la letrina y baño fuera de la casa y ésta es una mejora muy deseada) y una cocina, también dentro de la casa, proponiendo que se dejara definido cómo podría crecer la casa de forma ordenada y lógica.
- d) El diseño de “La casa soñada”: Se dividió a los participantes en tres grupos para que cada uno dibujara una alternativa, en base al programa arquitectónico consensuado, a los sueños expresados y tomando en cuenta las normas técnicas que se les había explicado. Luego hicieron una maqueta que fueron presentadas al plenario, en el que por consenso se escogió uno de los modelos para ser construido (figura 2).

En base a la propuesta se hicieron los planos arquitectónicos (figura 3) y las especificaciones técnicas, y el resultado fue una casa adecuada y bonita de 72 m², que confirmó las ventajas que tiene el adobe con relación a las casas pre-diseñadas de concreto de empresas que les habían ofrecido “viviendas sociales a bajos costos”, con superficies que oscilaban alrededor de 36 m², sin sistema eléctrico, área hidrosanitaria ni acabados.



Figura 2. Grupos de trabajo en el Taller de Diseño Participativo



Figura 3. Plano de la casa (Crédito: equipo de arquitectas)

4.3. Construcción de la vivienda

Para afrontar el trabajo de construcción de la casa la cooperativa formó el Comité de Vivienda, que coordinó el trabajo de tres comisiones:

- e) La Comisión de Trabajo: para llevar el control de las horas de ayuda mutua realizadas por cada familia socia.
- f) La Comisión de Bodega: para programar las compras, asegurar el resguardo del material, y hacer la programación de las compras de materiales.

- g) La Comisión de Administración: para controlar la mano de obra en la construcción y firmar las planillas de pago de los trabajadores.

Como parte de su trabajo la cooperativa también se hizo cargo de la búsqueda de los albañiles y ayudantes en su comunidad, e identificó los sitios donde se podían extraer los materiales naturales a utilizarse incluyendo la tierra, la arena, la piedra, las fibras vegetales, los aditivos como baba de guácimo, siendo asesorados por las arquitectas, tal como detalla Narváez (2021)

La tierra se ha extraído una parte del terreno de la cooperativa y otra en una obra en proceso a 1 km de la construcción. La piedra bolón y la arena se extrajeron del río que está al borde del terreno de la cooperativa, la caña de castilla se obtiene de una comunidad indígena de San Dionisio llamada "Guibuse". El estiércol de caballo es también local y una parte fue llevado por la cooperativa.

Para iniciar la obra se hizo el cronograma de ejecución (que se vio interrumpida más de 8 meses por la pandemia del covid) y el presupuesto estimado, que se fue ajustando a medida que se avanzaba en el trabajo, porque al no haber referencias de construcción con adobe en el municipio, algunos precios variaron.

Se contrató a un residente de obra, un albañil y cinco ayudantes entre los que se integraron miembros de la cooperativa a lo largo del proceso, destacando la participación de dos mujeres en diferentes momentos, que quedaron con un aprendizaje como nueva herramienta en su desempeño laboral futuro. La primera se incorporó como albañila en el levantado de paredes y la segunda a la fabricación de adobes (figura 4).



Figura 4. Mujeres cooperadas en el proceso de construcción

Durante el proceso constructivo se organizaron las jornadas de ayuda mutua entre las personas cooperadas y en las distintas etapas de la ejecución de la vivienda, incorporándose nueve miembros de la Cooperativa Modesto Zeledón que cumplieron un total de 245 horas de trabajo.

4.4. Capacitación y transferencia entre iguales

En el proceso de aprendizaje participaron un total de catorce miembros de la cooperativa Modesto Zeledón y de dos cooperativas más de Matagalpa, seis técnicos de Multipro, un albañil y cinco ayudantes de construcción.

Siendo esta casa de adobe la primera experiencia de los constructores y cooperados, se organizó un intercambio de experiencias previo al inicio de las obras y luego un programa de talleres que se realizaron a la par de la construcción y como parte del cronograma de ejecución, llevándose a cabo cinco talleres a lo largo de los 8 meses que duró el trabajo, y en coincidencia con cada nueva etapa constructiva, como puede verse en la tabla 1.

Tabla 1: Cronograma de ejecución. Elaboración propia.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE VIVIENDA PILOTO Cooperativa Modesto Zeledón – San Dionisio, Matagalpa								
ACTIVIDAD	TIEMPO EN MESES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Visitas previas a una construcción con adobe	2 día							
1er Taller: Hacer adobes	2 día							
Elaboración de 3,000 adobes de								
2do Taller cimientos refuerzos y tuberías		1 día						
Construcción de cimiento y sobre-cimiento								
3er Taller paredes de adobe			1 día					
Levantar paredes y tuberías eléctricas y aguas								
Hacer vigas dintel de concreto ventanas y puertas								
Hacer viga solera de concreto								
Hacer techo de porche								
4to Taller: repello de tierra de paredes						3 día		
Hacer repello de las paredes y viga solera, etc.								
Instalar cerámica en paredes de baño y cocina								
Hacer instalación eléctrica, puertas, ventanas, etc.								
Instalar piso y muebles de cocina y closets								
5to Taller: fino y pintura de tierra en paredes								3 día
Hacer fino y pintura de tierra en paredes								
Limpieza final								

La capacitación combinó la técnica de “aprender haciendo” y la metodología de la “transferencia entre iguales”, sobre la que Duran y Vidal (2004, p 11) plantean: “la instrucción basada en el ‘aprendizaje entre iguales’ se fundamenta en una serie de valores... como la colaboración, la ayuda mutua y la solidaridad...” y al conectar a las personas “que hacen” con las personas “que quieren hacer”, a las que han construido su propia casa con las que quieren construir la suya, se establecieron relaciones de solidaridad entre semejantes, que además quieren entender y hacer mejor lo que se han propuesto.

Destaca en este proceso la “transferencia entre iguales”, por ser una de las primeras experiencias que se implementa en Nicaragua, concluyendo que ha sido más efectiva, entre otras cosas, por el uso del lenguaje popular, ya que, al establecer un diálogo entre personas que usan un vocabulario común, se facilita el preguntar, porque están ante alguien que es igual a ellos, evitando que la gente salga del taller llena de dudas por pena a preguntar o que se creen relaciones de competitividad para destacar en el grupo.

El aprendizaje así planteado, también ha sido exitoso porque al construir redes de transferencia y solidaridad entre personas del mismo nivel, se facilitó el diálogo de saberes y la colaboración, haciendo que sea tan importante como la asistencia profesional.

Se inició el aprendizaje antes de iniciar las obras, con dos visitas de trabajo a la casa en construcción en Sabana Grande que realizaba el “equipo de constructores de Vía Sol”, donde los cooperados de la Modesto Zeledón y los obreros pudieron conocer cómo es una edificación con adobe, cómo se hace una mezcla, cómo se pegan los adobes, etc.

La transferencia de conocimientos se dio, desde un albañil empírico y mujeres del campo de la comunidad de Sabana Grande, hacia las personas de la comunidad de San Dionisio. Los primeros se propusieron como capacitadores porque tenían experiencia y conocimientos en adobe tradicional y en adobe con la norma peruana, teniendo en su currículo el mejoramiento de viviendas de su comunidad, la construcción de letrinas con casetas de tierra y en 2019 la casa comunitaria de Vía Sol.

El primer taller con esta metodología fue para la fabricación de adobes, aprender a hacer las mezclas y cómo conocer el material, utilizando las pruebas del “rollo”, la del “lavado de manos” y la de la bolita, para poder identificar la presencia de arcilla y arena en el material y saber cómo se puede mejorar.

El segundo taller fue el de repellos, en el que las personas de Totogalpa les enseñaron cómo aprovechar los recursos disponibles en su comunidad como el estiércol de caballo y de vaca, la baba del árbol de guácimo y los diferentes tipos de zacates de que disponen, para hacer mezclas de repello fuertes y sin fisuras.

Lo más importante fue cuando descubrieron que los acabados de la casa pueden ser muy bonitos y firmes sólo utilizando la tierra, sin tener que recurrir al cemento, comprendiendo además que éste causa daños a las paredes de adobe.

El último taller de “transferencia entre iguales” fue para hacer el fino y la pintura de las paredes. En éste participaron mujeres de Totogalpa expertas en el tema y que además quisieron compartir las tierras de colores que ellas extraen de su territorio, mostrando a las personas de la cooperativa Modesto Zeledón que no era necesario comprar una pintura industrial de alto costo para que la casa quedara bonita.

5. CONCLUSIONES

El proyecto ha sido la oportunidad para iniciar una nueva forma de capacitación: la “transmisión de los saberes entre iguales”, desde la gente sencilla que conoce la técnica del buen construir con adobe, porque su casa la hizo con esa tecnología, hacia gente sencilla de la cooperativa Modesto Zeledón y miembros de las otras cooperativas de Matagalpa, que viven en zonas donde éste ya no existe y la vivienda es un bien difícil de obtener, demostrando:

- Que el adobe es una herencia cultural y con él se puede hacer la vivienda “soñada”, segura, duradera como se puede ver en la figura 5 y de mejor habitabilidad que con otros materiales, ya que la tierra tiene cualidades de baja transmisibilidad térmica que contribuyen a regular la temperatura interior, sin recurrir a materiales caros.



Figura 5. La casa piloto ya terminada (Crédito: Multipro)

- Que la tierra produce casas de mayor calidad, a menores costos que otros materiales industrializados, por la disponibilidad de esta en su entorno, brindando a las cooperativas una opción para los futuros proyectos habitacionales, habiendo costado el metro

cuadrado de esta casa US\$ 252.00 comparados con los US\$ 400.00 en los que se cotiza el metro cuadrado de concreto con los mismos acabados de esta casa.

- Que el adobe se hace con técnicas de construcción sencillas y en ellas se puede integrar a la familia, y que es de fácil mantenimiento futuro.

En conclusión, este proyecto ha sido el mejor medio de difusión sobre el uso de adobe entre las personas cooperadas de la Modesto Zeledón y los pobladores vecinos de San Dionisio, ya que además de los aprendizajes de los miembros de las cooperativas, las escuelas organizaron visitas de estudiantes a la obra, los vecinos llegaban por la tarde para ver el avance del trabajo y despertó el interés por este material ya perdido en su zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bredenoord, J.; Meulen, B. van der (2012). La construcción de viviendas de interés social y la autoconstrucción en Nicaragua en 2012. Disponible en <http://bredenoordhousingresearch.com/wp-content/uploads/2016/03/Vivienda-en-Nicaragua-JBR.14-12-2102-1.pdf>

CEPAL, 2002. Observatorio regional de planificación para el desarrollo de América Latina y el Caribe. Decreto No. 78 - 2002 sobre el ordenamiento territorial de Nicaragua. Disponible en <https://observatorioplanificacion.cepal.org/decreto-no...>

Duran G., David; Vidal I., Vinyet (2004). Tutoría entre iguales: de la teoría a la práctica. Un método de aprendizaje cooperativo para la diversidad en secundaria.

ENACAL – Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (2021). Caracterización Municipal de San Dionisio. Ficha Municipal. En: Biblioteca virtual. Disponible en <http://biblioteca.enacal.com.ni> > enacal > Matagalpa > S...

FUNDASAL; We Effect (2013). Cooperativismo de vivienda autogestionario Una modalidad con enfoque de derecho humano para la calidad del hábitat: estudio de casos. Disponible en <http://repo.fundasal.org.sv> > Cooperativismo de V...

HÁBITAT para la humanidad (sf). Situación de la vivienda en Nicaragua, Disponible en: <https://habitatnicaragua.org/situacion-de-de-la-vivienda-en-nicaragua/>

INIDE (2006). VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Disponible en <https://VIII.Censo.de.Población.y.IV.de.Vivienda.VIVIENDA-INIDE> <https://www.inide.gob.ni> > VolVivienda > Vol II > V...

ONU HÁBITAT (2010). El derecho a una vivienda adecuada. Folleto Informativo N° 21 rev 21, p. 3 - 4). Disponible en <https://www.ohchr.org> > FS21_rev_1_Housing_sp

VVDU – ViceMinisterio de Vivienda y Desarrollo Urbano (2013). Criterios técnicos de diseño y construcción con adobe para viviendas. EL Salvador.

Narváez, Winnie (2021). Ponencia en Conferencia hábitat colaborativo y materiales de construcción nº 2. Comunicación personal en 25 marzo

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

AUTORA

Dulce María Guillén Valenzuela, arquitecta (1995-UNI Nicaragua); investigadora independiente de la arquitectura con tierra. Diseñadora y constructora de más de 35 proyectos edificatorios y urbanos, incluyendo 250 viviendas populares con adobe. Restauración y asesoría de 10 edificios de tierra (taquezal y adobe). Creadora de una metodología de *Arquitectura y Urbanismo Participativos*. Profesora invitada del DSA *Arquitectura de Tierra* 2016-18 CRAterre, Francia. Directora del curso *Construcción con adobe*, Escuela AMCC, Condega, Nicaragua, 2010-18. Capacitadora en múltiples talleres de adobe nacionales y cinco internacionales. Más de 15 publicaciones nacionales e internacionales y coautora de los libros ATAL y Bio-construcción al detalle. Miembro de PROTERRA y nombrada una de las “100 mujeres más poderosas de Centro América y el Caribe” por la revista Forbes CA ago-sep 2020 por el trabajo en la construcción participativa con adobe.

BAHAREQUE DE ALEGRÍA. EL ROL DE LA MUJER EN LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL HÁBITAT

Tatiana Juárez

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL, El Salvador, tatyjuarez20@gmail.com

Palabras clave: capacitación técnica, bahareque mejorado, perspectiva de género.

Resumen

La Producción Social del Hábitat rural tiene como característica principal la autoconstrucción, basada en el pre saber local; y el uso de materiales naturales locales. Esta concepción del espacio de habitar como camino de la vida, guía a través de la configuración espacial, el desarrollo humano. Las características particulares de las viviendas rurales, donde la espacialidad se configura bajo conceptos de solidaridad y comunidad son poco entendidas, si se leen desde la habitabilidad en su forma más “moderna”. La vivienda rural en su núcleo, resguarda lo más preciado: la familia, sin distinción de su configuración. Y los espacios comunitarios como la cocina, quedan abiertos, como una invitación a la mesa comunitaria. Los patios en la ruralidad, se abren hacia todas direcciones y se pierde la línea de lo privado en sus múltiples usos. Conocer la forma de construcción de la vivienda rural y la manera en la que se habita permite desarrollar propuestas que respeten el pre saber¹ local al momento de incorporar nuevas tecnologías sin desvirtuar las dinámicas de convivencia en ella. El rol de la mujer en este proceso de conservación de la tradición constructiva, es muy importante, ya que implica el reconocimiento de sus capacidades en la Producción Social del Hábitat. Para este objetivo se desarrolló un proceso de fortalecimiento de las capacidades constructivas de las mujeres del Caserío Potrerillos, Alegría, Usulután; en un proceso de capacitación horizontal participativo, inclusivo y con enfoque de género, lo que da como resultado, un grupo de mujeres expertas constructoras. Es decir, se logra el reconocimiento de la participación de la mujer en la Producción Social del Hábitat.

1 INTRODUCCIÓN

La vivienda rural en Caserío Potrerillos posee características particulares que la dotan de una suerte de mimetización con el entorno natural inmediato. Caracterizada por el uso de la tierra, el hábitat natural como principal fuente de recursos constructivos, y las dinámicas comunitarias para su ejecución, rompen los esquemas capitalistas de producción de vivienda y la colocan en resistencia pacífica al lado de conceptos emergentes que requieren atención urgente para revertir los efectos del cambio climático.

Hablar de vivienda rural, es hablar de la lucha constante de los pueblos por preservar el pre saber, la cultura constructiva local, el uso de materiales naturales locales y el derecho a un hábitat sostenible y sustentable. Sin embargo, la vivienda rural se ha utilizado, erróneamente, en la descripción de precariedad debido a la pérdida del reconocimiento de la construcción natural como parte de la producción social del hábitat digno y seguro; y la fuerte influencia por alcanzar el “desarrollo” en términos de “modernidad” a través del uso de materiales industrializados. Además, se ha opacado la participación de la mujer en los procesos constructivos de su hábitat.

Es importante entonces, retomar la vivienda rural y recuperar su significado profundo, como un hecho imparable e ineludible. Para ello es necesaria la reconstrucción de la historia socio-constructiva del territorio y reconocer el trabajo de la mujer en el proceso.

La historia de Potrerillos se cuenta a través de su asentamiento y los sistemas constructivos utilizados en el territorio: el adobe en su forma tradicional y el bahareque, hasta antes de la

¹ El concepto de presaber es parte de la generación colectiva del saber. Se basa en el reconocimiento de los saberes locales, que aportan los miembros de una comunidad y que han sido transmitidos de generación en generación.

intervención, se encontraron inmersas en prácticas constructivas llenas de vacíos, que hacen que se perciba como un sistema débil; vulnerable a las inclemencias del tiempo y terremotos; y que además sufre un gran deterioro en el uso cotidiano de la vivienda. Sin embargo, el proceso de fortalecimiento de las capacidades de las mujeres ha cambiado la forma de la autoconstrucción y la ha dotado, no solo de nuevo conocimiento técnico sino que también ha promovido la recuperación del conocimiento ancestral.

En términos de perspectiva género, el proceso de recuperación de estas técnicas, ha significado el reconocimiento de la mujer como agente de cambio de su territorio. Esta visión y reconocimiento social de la mujer individual y colectiva, ha reconfigurado los procesos organizativos y ha recuperado los significados comunitarios de la vivienda y el hábitat con la participación activa de la mujer en cada espacio. La voz de la mujer se escucha a través del nuevo hábitat.

2 OBJETIVOS

- a) Visibilizar la participación de la mujer, como agente de transformación de su territorio, en la construcción de la vivienda y el hábitat rural en El Salvador desde el caso de estudio de las mujeres constructoras de Alegría.
- b) Empoderar a las mujeres de Alegría a través del fortalecimiento de sus capacidades constructivas y la recuperación del conocimiento ancestral, en torno al rescate de la cultura constructiva local.

3 FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES DE LAS MUJERES DE ALEGRÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA Y EL HÁBITAT

3.1 Contexto

Los roles que socialmente han sido asignados a las mujeres en la historia, corresponden a los que se describen dentro del concepto de economía del cuidado, y se desarrollan como actividades de reproducción no remuneradas dentro del hogar. Por ello resulta llamativo cuando se abren espacios donde las mujeres, principalmente las que se encuentran en condiciones de vulnerabilidad socioeconómica, desarrollan diferentes capacidades que las acercan a oportunidades laborales remuneradas y al reconocimiento de sus capacidades.

Es importante enfatizar que, incluso, dentro del mercado laboral la participación de la mujer también ha estado condicionada por el sistema capitalista y patriarcal que la enmarcan exclusivamente en labores de cuidado. Según Segovia (2016), esta inadecuada “repartición de roles”, es parte de los grandes obstáculos a los que se enfrentan las mujeres para hacer efectiva su incorporación a espacios dominados por hombres, y deja entrever la existencia de “la resistencia social a los cambios en la división sexual del trabajo” (CEPAL, 2015, citado en Segovia, 2016, p.15). Esta realidad social, permite visualizar brechas importantes entre hombre y mujeres, por ejemplo, hay una considerable diferencia entre las oportunidades que cada uno tiene para el fortalecimiento de las capacidades, que les permitan igualmente, acceder a un empleo o autoconstruir de forma segura. La premisa para decidir quién es apto para capacitarse, se basa en la utilidad que tiene para una u otro el conocimiento. Por lo que se llega a creer, que no es importante para una mujer saber de construcción, si sus labores se limitan a las actividades de cuidado dentro y fuera del hogar.

Es importante no perder de vista este fenómeno social que explica por qué las mujeres son relegadas de espacios laborales “exclusivos para hombres”. La obra constructiva es, precisamente, uno de estos espacios. Por ello, no impresiona que la participación de la mujer en este campo vaya de reducida a nula (PISG, 2019, p. 40). Según FUSADES (2015), solo el 10.5% de las actividades que tiene que ver con industria y construcción son realizadas por mujeres en El Salvador.

Actualmente, se puede encontrar en trabajos en carreteras, a las primeras mujeres que sin haber tenido acceso a educación especializada, han sido incluidas en estos equipos. Es

importante reconocer que las labores para las que han sido contratadas se limitan a actividades que requieren poca calificación. Difícilmente se encuentra una mujer con el cargo de albañil, maestra de obra, electricista o plomero. Esta exclusión se debe a diversas razones, entre ellas la creencia social de “carecer de fuerza física” requerida en el rubro, el peligro que corre la integridad sexual en un ambiente dominado por hombres, y como ya se mencionó el limitado acceso a la formación para estos cargos.

Sin embargo, existen casos en los que las mujeres luego de arduas jornadas de capacitación logran incorporarse a las actividades de producción constructiva. Tal es el caso de las mujeres constructoras de La Palma, Chalatenango. Quienes son parte del proyecto Cuna de La Paz que utilizando el sistema constructivo adobe reforzado han construido a la fecha un centro comunitario y seis de 62 viviendas (FUNDASAL, 2019).

3.2 Fortalecimiento de capacidades técnico constructivas de las mujeres de Alegría

Basados en el ejemplo de las mujeres de Chalatenango, se consolidó la estrategia de fortalecimiento de capacidades técnico constructivas de las mujeres de caserío Potrerillos, en Alegría, Usulután, quienes han participado de forma activa en la construcción de un hábitat digno y seguro para ellas.

La metodología basada en la participación activa de la mujer, abrió espacios de formación teórico y práctica; dando inicio con un diagnóstico que incluye aspectos socio-económicos; el reconocimiento del territorio, en tanto a la vulnerabilidad del mismo, identificación de bancos de materiales naturales locales, reconocimientos de tipos de sistemas constructivos implementados y los tipos de participación comunitario implementados hasta antes de las capacitaciones.

4 RESULTADOS: LAS MUJERES CONSTRUCTORAS DE ALEGRÍA

El proceso de fortalecimiento de capacidades técnico constructivas participativas, derivaron en la formación de seis mujeres expertas constructoras, especialistas en sistemas constructivos de tierra como la quincha, bahareque y bahareque cerén. Además, se conforma la primera brigada constructora de mujeres quienes logran el reconocimiento de la mujer en espacios de trabajo remunerado.



Figura 1. Izquierda: Capacitación a brigada constructora de mujeres de Potrerillos, Alegría; derecha: Bersaides participando de la construcción de su vivienda. (crédito: S. Pineda-FUNDASAL)

A través del diagnóstico comunitario participativo, liderado por mujeres, se realizó la construcción integral del hábitat con: la construcción de cuatro viviendas, un centro comunitario, mejoras de la red de agua potable de la comunidad y reparaciones de vivienda de Adobe y bahareque (APH, 2020). Además, se construyen cocinas ecológicas, letrinas aboneras y se implementan huertos familiares y comunitarios.

Esto ha significado para las mujeres, nuevas oportunidades de aprendizaje, participación activa en sus proyectos y transferencia de conocimiento. Son ahora lideresas conocidas en sus comunidades, y en algunos casos se ha dado la contratación en el cargo de albañil, lo que implica el reconocimiento, por parte de la sociedad, de la capacidad de la mujer para desarrollar dicha actividad, a través de remuneración económica.

En el caso de Potrerillos, de un total de 15 mujeres que participaron en el proceso de capacitación técnico constructivo, al menos 10 mujeres han sido contratadas en diferentes periodos y con diferentes cargos de responsabilidad por parte de la Alcaldía Municipal de Alegría, instituciones privadas y como capacitadoras técnico constructivas por parte del proyecto. Además, en los territorios la incorporación de este grupo de mujeres empoderadas, como actores endógenos activos, ha provocado el fortalecimiento de la organización comunitaria.

En el caso de Alegría, por ejemplo, se gestionó fondos que han mejorado, la red de agua potable y las cocinas, esto debido a la fuerte participación de la mujer en consideración a las necesidades particulares que ellas mismas expusieron en las asambleas comunales. Según Segovia (2016, p.24), esto sucede debido a que “la división y desigualdad entre los géneros se expresan en el territorio. Mujeres y hombres tienen distintas necesidades y aspiraciones y distintas posibilidades de usar y acceder a los bienes y recursos del espacio que habitan”.

4.1 Caso de estudio: bahareque tradicional de Alegría

a) Exploración al territorio construido

La construcción de bahareque en caserío Potrerillos ha sido vista, por años, como la forma accesible para construir, es decir, la opción “temporal” de vivienda mientras se mejora la capacidad económica para construir una vivienda “formal”. Esta realidad se ha consolidado en la medida se van perdiendo la aplicación de buenas prácticas constructivas, como la utilización de cimientos adecuados, protección de horcones de madera en su base, procesos de corta y curación de maderas y varas, o las técnicas adecuadas para el embarre de las paredes, entre otras.

- Cimientos

La vivienda de bahareque tradicional de Potrerillos, se caracteriza por carecer de fundaciones para sus paredes, lo que significa que la base de la pared de barro se construye sobre el suelo en contacto directo. Esto genera que la mayor vulnerabilidad de la pared se encuentre en su base.



Figura 2. Izquierda: Base de pared de bahareque; derecha: Para el envarillado también se han encontrado prácticas de utilización de tablas de madera aserrada (crédito: T. Juárez – FUNDASAL)

Para los horcones de la estructura principal, en algunos casos, se identifica la utilización de plástico como aislante de la humedad del suelo; y en otros casos menos comunes, se utiliza una suerte de lechada de cemento para la misma función. Sin embargo, en la mayoría de casos, se ha encontrado el horcón enterrado sin protección.

- Paredes

El bahareque tradicional se implementa en Potrerillos con una estructura portante de madera rolliza (sin aserrar). Para el envarillado, suele utilizarse mayormente, bambú, ramas de árbol de Tigüilote o vara de castilla, cortadas con hasta 3 m de largo. Esto da como resultado paredes carentes de estabilidad estructural. Algunas viviendas colocan postes de madera rolliza a la mitad del largo de la pared, como soporte de las varas.

No se identifica ningún tipo de tratamiento previo a la colocación del envarillado para el control de plagas, a pesar de que estas quedan expuestas a la intemperie, por la falta de repellos.

El embarre se caracteriza por la utilización, de “terrones” tierra y/o piedras, para agilizar la construcción de la pared (figura 3). Los habitantes establecen que esto se da por la falta de tierra adecuada en la zona, en las cantidades necesarias para la construcción.

A pesar de la falta de curado para el envarillado de Tigüilote, se identifica que este tiene una alta resistencia a la humedad y a las plagas. Sin embargo, suele ceder en sus extremos, ante el peso del embarre. La utilización de este tipo de envarillado es muy común en la zona. Se pueden encontrar arboles de Tigüilote en el entorno inmediato al asentamiento.



Figura 3. Viviendas existentes en Potrerillos, Alegría. Izquierda: relleno de pared con “terron” y piedra; derecha: bahareque con varas de árbol de Tigüilote (crédito: T. Juárez - FUNDASAL)

b) La participación de la mujer en el territorio construido

En el caserío Potrerillos la dinámica de construcción de vivienda siempre se ha realizado de forma participativa. Sin embargo, esta participación ha sido sesgada por la asignación de roles basados en el género. En el caso de la mujer, su participación ha derivado en tareas supuestas como “menos importantes” o que requieren menor fuerza física, por ser consideradas débiles en comparación a un hombre.

La corta de las piezas de vara (bambú o Tigüilote), el acarreo de materiales de construcción “livianos”, o la elaboración de repellos –principalmente de tierra–; son las principales tareas asignadas a las mujeres.

Sin embargo en la práctica las se ve involucradas en el acarreo de agua para la construcción, en bidones o cantaros, teniendo que caminar distancias considerables; además participan de la embarre en el caso de las viviendas de bahareque. El problema identificado en el proceso es el no reconocimiento de esta participación. Las mismas mujeres del caserío, hasta antes del proyecto, no se reconocían capaces de participar en la construcción.

4.2 Bahareque de Alegría: Bersaides Ramírez construye su nueva vivienda

La experiencia constructiva de Bersaides Ramírez es solo el primer paso para la mejora integral de su propia vida. Las mujeres siempre fueron relegadas al trabajo doméstico en términos de oportunidades para el desarrollo integral. Sin embargo, esta perspectiva cambia en el momento en el que Bersaides comienza a involucrarse en el proceso constructivo de su vivienda y el fortalecimiento de sus capacidades se dota, además, de buena autoestima.

Es verdad que el espacio físico puede influir en la perspectiva de vida de una persona, ahora Bersaides ha dispuesto en su vivienda un nuevo mueble para la ropa, sillas y mesas que combinan con el color de las paredes, que ella misma escogió.

La vivienda de Bersaides, originalmente denotaba inseguridad y vulnerabilidad y esto se reflejaba, incluso en la forma en que Bersaides se integraba a la dinámica social de su entorno (figura 4). Esta realidad cambió en el momento en el que Bersaides se incorpora a los procesos de capacitación. En un primer momento se involucra en el aprendizaje de su letrina abonera y cocina ecológica, esto la prepara para asumir la responsabilidad de lo que conlleva la construcción de su vivienda. Bersaides, no estuvo sola en el proceso, su familia y sus compañeras de la brigada constructora lo hicieron junto a ella; y el resultado trasciende el espacio físico de la vivienda misma.

El bahareque mejorado incorpora técnicas constructivas y buenas prácticas que permiten un resultado de vivienda seguro y saludable. Los cimientos de piedra cuarta con mortero de cemento, son para Bersaides la estabilidad de su vivienda; seguidos de un sobre cimiento de bloque de concreto, que reduce la posibilidad de daños en la base de las paredes ya que la vivienda se encuentra en ubicada en una zona de alto flujo de escorrentías en época de invierno. Para la estructura primaria de las paredes, se utilizaron horcones de Conacaste aserrado, y para el envarillado a diferencia de la vivienda original, se utilizó bambú, muy abundante en la zona y muy utilizado para la construcción de viviendas de bahareque. La cubierta finalmente incorpora lámina, como una cubierta ligera (figura 5).

Todo el proceso desde el diseño de la vivienda, hasta la selección del color de las paredes se dio de forma participativa. Se incorpora en una suerte de construcción colectiva, los conocimientos otorgados por Bersaides, su familia y la comunidad, sobre la construcción de vivienda de bahareque tradicional de Potrerillos: tipos de envarillado, tipos de embarre, tipos de madera; junto a los conocimientos técnicos que incorpora el bahareque mejorado: cimiento, sobre cimiento, piso de concreto, repellos, cubierta ligera (figura 6).



Figura 4. Antes, vivienda de Bersaides Ramírez. Sistema bahareque tradicional identificado en Potrerillos (crédito: T. Juárez - FUNDASAL)



Figura 5. Proceso constructivo de vivienda de Bersaides con el sistema constructivo bahareque mejorado. Izquierda: envarillado con vara de bambú; derecha: proceso de embarre de vivienda (crédito: T. Juárez - FUNDASAL)



Figura 6. Vivienda de Bersaides Ramírez, bahareque mejorado, Caserío Potrerillos, Alegría, Usulután (crédito: T. Juárez - FUNDASAL)

5 DISCUSIONES: LA MUJER CONSTRUCTORA EN ESCENARIOS DE DESIGUALDAD

Al analizar con detenimiento la vida de las mujeres constructoras, se observa que su inclusión en estos espacios si bien significó una alta participación, exposición de sus necesidades particulares y el rompimiento de prejuicios sobre las capacidades de las mujeres para realizar las tareas constructivas, ha provocado también la sobre carga de trabajo, pues al finalizar la jornada laboral, capacitaciones o reuniones, regresan a sus viviendas, donde se sigue perpetuando la división sexual del trabajo. Según Esquivel (2011), esto sucede pues “el cuidado sigue asociándose a lo femenino”. Es decir que, a pesar de los avances de la inclusión de la mujer a nuevos espacios constructivos en la comunidad, estas siguen siendo las responsables del cuidado en el hogar.

Esto sucedió con las mujeres de Alegría, quienes realizaron un sobre esfuerzo para fortalecer sus nuevos conocimientos, lo que implicó jornadas más extensas para preparar los alimentos antes de realizar las labores productivas, cargar con sus hijos en las capacitaciones y aprovechar el paso por la pila de regreso a casa para acarrear agua o lavar la ropa de sus familias. Esto evidencia que las mujeres que desean especializarse en rubros como la construcción no tienen únicamente un limitado acceso al conocimiento también luchan continuamente para romper esquemas demostrando su capacidad de aprender y hacer.

Entonces, ¿es posible cambiar esta realidad? ¿Puede una mujer en condición de vulnerabilidad socioeconómica incorporarse a las labores de producción sin ser explotada por la sociedad? La respuesta parece sencilla. Sí, podría; pero para ello, es necesaria la

creación de planes de “desarrollo” territorial con perspectiva de género², cuyos procesos contemplen la sensibilización a nivel comunitario y familiar, sobre la división sexual del trabajo y la repartición de las actividades de cuidado dentro y fuera del hogar; y tengan un fuerte componente de fortalecimiento de diversas capacidades en las mujeres. Es decir, el simple traslado de conocimientos y la creación de oportunidades, en un contexto de desigualdad entre hombres y mujeres, puede ampliar más las brechas de desigualdad si no se contempla un plan que desde la base de la sociedad garantice la equidad de género.

El trabajo con las mujeres constructoras de Alegría es la representación de esa planificación con enfoque de género que va rompiendo esquemas y abriendo verdaderas oportunidades de desarrollo del territorio con la participación activa de la mujer en el proceso.

6 CONCLUSIONES

a) El fortalecimiento de capacidades técnicas constructivas en las mujeres, promueve la participación activa de ellas como sujeto de cambio en el territorio y genera espacios de aprendizaje colectivo en los que su voz tiene valor, conocimiento e independencia. Esto potencia la Producción Social del Hábitat desde la valorización del rol de la mujer en el proceso.

b) La promoción de la recuperación de las buenas prácticas constructivas basadas en los saberes ancestrales y la incorporación de nuevas técnicas, facilita la construcción de viviendas que recuperan el valor de los sistemas constructivos de tierra en territorios donde su uso ha sido relegado por la imagen de “desarrollo” en términos de lo que se entiende como “modernidad”.

c) Las mujeres que participan de los procesos de capacitación, al finalizar los procesos, tienen una visión diferente de su hábitat y su vida misma. Saberse en una casa de tierra bien construida, limpia y saludable, retorna en ellas la esperanza de participar en la construcción de un hábitat mejor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APH- Proyecto Acción por el Hábitat (2020). Recuperado de: <https://www.facebook.com/ActionHabitat>

Carrillo, E.; De la Rica, J. (2019). Construir con tierra hoy en Mesoamérica. Experiencias de prevención de riesgos de reconstrucción social del hábitat en México. Red MesoAmeri-Kaab.

FUNDASAL (2019). Cooperativismo de vivienda por ayuda mutua. Recuperado de: <https://fundasal.org.sv/programas-institucionales/programa-cooperativismo-de-vivienda-por-ayuda-mutua/>

FUSADES (2015). Dinámica del mercado laboral de mujeres y hombres en El Salvador. Recuperado de: <http://fusades.org/sites/default/files/Din%C3%A1mica%20del%20mercado%20laboral%20de%20mujeres%20y%20hombres%20en%20El%20Salvador.pdf>

PISG – Plan de Integración Social y Género (2019). FOMILENIO II. Recuperado de: https://www.fomilenioii.gob.sv/asset/documents/Plan_de_Integraci%C3%B3n_Social_y_de_G%C3%A9nero__02_04_2019.pdf

Segovia, O. (2016). Territorio e igualdad: planificación del desarrollo con perspectiva de género. Manuales de la CEPAL, n.4. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40665/1/S1601000_es.pdf

AGRADECIMIENTOS

A las mujeres constructoras de Potrerillos, Alegría; a FUNDASAL y al equipo del proyecto APH

AUTORA

Tatiana Juárez, Arquitecta especialista en Desarrollo Territorial Rural y capacitadora en Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima; referente institucional de FUNDASAL ante la Red Iberoamericana PROTERRA; miembro de la Red MAK; miembro de la Junta Directiva del Instituto Salvadoreño de la Construcción.

² Según Carrillo y De la Rica (2019), la perspectiva de género “(...) implica un proceso de trabajo participativo que cree las condiciones para una participación real de las mujeres”

NARRATIVAS EN COLABORACIÓN: PROYECTO PARTICIPATIVO DE INTERPRETACIÓN PARA EL TEMPLO DE SANTIAGO APÓSTOL DE KUÑOTAMBO, PERÚ

Elena Macchioni¹, Alessandra Sprega², Luís Villacorta Santamato³, Claudia Cancino⁴

Getty Conservation Institute, Estados Unidos, ¹emacchioni@getty.edu; ⁴ccancino@getty.edu

²Consultora del Getty Conservation Institute, Reino Unido, alessandrasprega@gmail.com

³Consultor del Getty Conservation Institute, Perú, luisvillacortasantamato@gmail.com

Palabras clave: interpretación, participación comunal, colaboración, patrimonio cultural, arquitectura de tierra

Resumen

El artículo presenta el proceso participativo de diseño del material interpretativo para el templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú, tras la conclusión del proyecto de conservación y estabilización sismorresistente del monumento. La obra se llevó a cabo en el marco del Proyecto Getty de Estabilización Sismorresistente, en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco. En junio de 2019, luego de concluida la restauración, el templo fue dedicado nuevamente a las celebraciones litúrgicas. Como parte de la fase de post-inversión, que incluye acciones de monitoreo y mantenimiento, las partes interesadas decidieron desarrollar un proyecto de interpretación para el monumento. Los contenidos y la forma del material interpretativo se desarrollaron de forma participativa, tomando en cuenta los hallazgos del componente de difusión y sensibilización del proyecto realizado por la Dirección Desconcentrada de Cultura, e involucrando activamente a los miembros de la comunidad de Kuñotambo a través de diversas actividades participativas y entrevistas grupales, donde los mismos pobladores narraban sus experiencias en relación con la edificación (historias, vivencias, expectativas, entre otras). El proyecto comprende la realización de paneles de gran formato, que serán exhibidos en el baptisterio del templo y que podrán ser usados para actividades educativas, además de la elaboración de material didáctico para estudiantes de nivel escolar. Este material presenta de forma accesible los contenidos técnicos y transmite el significado del monumento para los miembros de la comunidad local, además de describir las etapas de su participación a lo largo del proyecto.

1 INTRODUCCIÓN

El templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo se ubica en el distrito de Rondocan al sureste de Cusco y representa un foco a nivel urbano e identitario para los miembros de la comunidad campesina (figura 1). El monumento remonta su origen al siglo XVI y es un ejemplo de las construcciones religiosas de las zonas rurales andinas, construidas durante el virreinato, con muros de adobe, techo de par y nudillo y pinturas murales en su interior.

El edificio fue seleccionado entre los casos de estudio del Proyecto Getty de Estabilización Sismorresistente (SRP, por sus siglas en inglés), en colaboración con el Ministerio de Cultura del Perú, la Escuela de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú en Lima y la Universidad del Minho en Portugal.¹ El SRP tiene como objetivo diseñar, probar y modelar técnicas de estabilización adecuadas para los edificios patrimoniales de tierra utilizando materiales tradicionales y experiencia local (Getty, s.f.).

La Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco (DDC-C), parte del Ministerio de Cultura del Perú, decidió implementar las intervenciones propuestas en la fase de investigación del SRP. Esta decisión fue en gran parte impulsada por el interés de los pobladores que

¹ El Departamento de Arquitectura e Ingeniería Civil de la University of Bath y el Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Geomática del University College London también colaboraron con el SRP del 2010 al 2012 y del 2013 al 2014, respectivamente.

deseaban volver a tener un lugar donde celebrar los sacramentos y las fiestas religiosas (Cancino et al., 2022). La DDC-C llevó a cabo obras de conservación y estabilización sismorresistente entre 2016 y 2019 y varios pobladores participaron en la implementación como mano de obra de apoyo (Cancino et al., 2020). Tras la conclusión de la obra, representantes de la comunidad y de las partes interesadas están colaborando para implementar un plan participativo de monitoreo y mantenimiento del monumento histórico, con el apoyo del Getty Conservation Institute (GCI) y sus asesores (Macchioni et al., próxima publicación). Entre las acciones de esta fase, las partes interesadas decidieron realizar un proyecto de interpretación para el monumento.



Figura 1. Izquierda: Vista del pueblo de Kuñotambo. Fotografía Villacorta Santamato, Luis © 2021, J. Paul Getty Trust. Derecha: Vista del templo de Kuñotambo. Fotografía Macchioni, Elena © 2019, J. Paul Getty Trust

1.1 Marco teórico

El patrimonio cultural es un producto de la interacción de las personas con su entorno social y natural basado en la propia interpretación del pasado y su sistema de valores. Debido a la naturaleza contextual de este término, no existe un consenso universal sobre lo que define el patrimonio y sus valores (Harvey, 2001). Del mismo modo, existen múltiples definiciones de interpretación del patrimonio. La primera definición proporcionada por Tilden (1977, p. 8) resalta los aspectos educativos de la interpretación para revelar y comunicar significados. Las prácticas de interpretación están íntimamente relacionadas con la evolución del concepto de patrimonio cultural. Por lo tanto, es importante aclarar cómo la noción de patrimonio y sus valores asociados han evolucionado para proporcionar una visión más profunda de las prácticas de interpretación.

Las teorías tradicionales de la conservación resaltaron los valores estéticos e históricos, influenciados por un interés anticuario en el material definido como auténtico y original. De la Torre (2013, p. 155) describe estos valores como “intrínsecos y evidentes” que sustentan una visión estática de los objetos culturales y de sus significados. Emblemática es la definición de la noción de patrimonio delineada en la Carta de Venecia (ICOMOS, 1964), que se enfocaba en los monumentos y su preservación física. Esta interpretación más restringida del concepto de patrimonio cultural favoreció el papel de los expertos como los principales actores en reconocer y validar los valores y la importancia del patrimonio. Smith (2006) teorizó esta dinámica, introduciendo la noción de *Authorized Heritage Discourse* (Discurso del Patrimonio Autorizado, en castellano), concebido como una visión del patrimonio centrada en Occidente donde la perspectiva de los expertos influye en gran medida y domina las prácticas del patrimonio y la interpretación de su significado cultural.

Las cartas y directrices internacionales de conservación como la Carta de Burra (ICOMOS Australia, 2013), el Documento de Nara sobre Autenticidad (ICOMOS 2014) y la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial de UNESCO (2003) han marcado un profundo cambio de paradigma en el campo de la conservación que incluye valores que son

relativos y atribuibles según el contexto cultural (Mason, 2006; de la Torre, 2013). El patrimonio se describe como parte de un proceso cultural dinámico. Este desarrollo del concepto de patrimonio mina la noción de estabilidad de significados, introduciendo aspectos tangibles e intangibles. Además, se reconocen valores culturales y sociales de minorías y grupos locales que dan forma a un sentido de identidad, pertenencia e interacción social. El valor social del patrimonio cultural, definido como un apego colectivo de la comunidad local, incluye recuerdos, historias orales, simbolismos y prácticas espirituales asociadas al entorno histórico (Jones; Leech, 2015, p. 6). La creciente importancia del conocimiento tradicional y del interés hacia múltiples perspectivas pone en primer plano las prácticas de conservación que buscan la colaboración entre los profesionales del patrimonio y la comunidad local. Esto también se refleja en la práctica de la interpretación del patrimonio.

En el art. 25 de la Carta de Burra (1999), la interpretación es reconocida como una herramienta integral para la conservación de los lugares patrimoniales, ya que mejora su comprensión y sensibiliza a las personas que los visitan. Sin embargo, las pautas específicas para interpretar el patrimonio y los sitios culturales subrayan la importancia de reconocer la colaboración con las organizaciones y la comunidad local (por ejemplo, Carter, 2001; NSW Heritage Office, 2005). La Carta del ICOMOS para la Interpretación y Presentación del Patrimonio Cultural (2008) establece siete principios para desarrollar actividades destinadas a aumentar la conciencia pública y mejorar la comprensión del sitio del patrimonio cultural; el sexto principio señala: “fomenta la inclusión en la interpretación de los sitios del patrimonio cultural, facilitando la participación de las partes interesadas y las comunidades asociadas en el desarrollo y la implementación de programas interpretativos” (ICOMOS, 2008, p. 6). Por lo tanto, los métodos y actividades participativos con las comunidades locales son fundamentales para representar los aspectos intangibles del patrimonio, trazando una comprensión e interpretación fluida y mutable.

1.2 Antecedentes

En la realización del proyecto de interpretación se tomaron en cuenta todas las acciones realizadas previamente que pudieran dar forma al diseño de las actividades y los productos finales.

El Expediente Técnico Integral de la obra, desarrollado por la DDC-C², incluyó un apartado específico sobre Difusión y Sensibilización, orientado a la defensa del patrimonio cultural material e inmaterial (Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco 2015). Este componente quería promover la participación de todas las partes interesadas con atención específica en los miembros de la comunidad campesina. Entre otras, se desarrollaron actividades para investigar el significado del monumento para los pobladores y talleres sobre la protección del sitio. No solo este material se tomó en consideración en cuanto punto de partida útil, sino también se consultó a los profesionales de la DDC-C, junto al equipo del Arzobispado del Cusco (propietario del monumento), durante todo el proceso, así como para revisar los resultados obtenidos.

Adicionalmente, se tomaron en cuenta las entrevistas y videgrabaciones realizadas por el equipo de *Digital Content Strategy* del J. Paul Getty Trust en los días de la ceremonia de inauguración del monumento en junio 2019. El equipo entrevistó a varios miembros de la comunidad campesina, con preguntas alrededor del uso del templo en el pasado, la obra de restauración y sus expectativas futuras.

² La DDC-C desarrolló las especificaciones técnicas del proyecto, tomando como base los resultados de la fase de investigación del SRP y contando con la colaboración del GCI y sus asesores para el diseño de las intervenciones estructurales.

2 OBJETIVO

El proyecto de elaboración del material de interpretación del templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo tiene como objetivo contribuir a dar a conocer y valorar el monumento, así como fomentar su uso y conservación. De acuerdo con el enfoque participativo de las actividades del SRP, todas las partes interesadas fueron involucradas, incluyendo las comunidades campesinas de Kuñotambo y Rondocan, los profesionales de la DDC-C, del Arzobispado del Cusco y del GCI. Su implicación dependió de una consideración y evaluación de sus roles y responsabilidades.

El GCI actuó de promotor y organizador de las actividades, además de facilitar contenidos técnicos relativos al SRP. La DDC-C y el Arzobispado proporcionaron informaciones valiosas sobre los antecedentes haciendo de revisores a lo largo del proceso. Finalmente, los miembros de la comunidad se constituyeron a la vez en actores y el público objetivo, contribuyendo de forma activa al desarrollo del proyecto de interpretación del monumento.

El proyecto de interpretación permitirá, además, llegar a una audiencia más amplia, que por limitaciones logísticas no se ha incluido en esta fase, como podrían ser miembros de las comunidades campesinas de los pueblos cercanos, residentes³ y turistas que visiten el sitio.

3 METODOLOGÍA

La metodología del proyecto de interpretación utiliza un enfoque de constructivismo social (Crotty, 1998) para transmitir los valores y el significado del templo de Kuñotambo desde la perspectiva de la comunidad. Según la teoría constructivista, la interacción entre los participantes y los expertos en patrimonio es fundamental para producir y construir diferentes significados. Este marco metodológico utiliza métodos de entrevistas grupales con la narración de historias personales y talleres para estimular una discusión que produzca nuevas narrativas acerca del monumento. Alineado con los principios de la carta de ICOMOS (2008), el proyecto de interpretación involucra a la comunidad de Kuñotambo en diferentes fases a fin de promover una visión de abajo hacia arriba. De esta manera, se documenta una evaluación del valor de la iglesia desde el punto de vista de la comunidad que contribuye al proceso general para su conservación y mantenimiento.

El proyecto se estructuró en base a una serie de actividades con miembros de la comunidad para desarrollar el material de interpretación; además, se organizaron reuniones regulares con la DDC-C y el Arzobispado del Cusco a lo largo del proceso para garantizar un intercambio continuo de la información sobre el desarrollo del proyecto y sus contenidos.

En la primera fase, el proyecto se presentó a la comunidad en forma de consulta para recibir sus comentarios (figura 2). El objetivo de esta fase fue describir la idea del proyecto de interpretación a la comunidad y darle forma de acuerdo a sus necesidades y opiniones. Se asumió que aunque la consulta con la comunidad coincidiría con la visión de los profesionales a cargo de la elaboración del material, fuera necesario garantizar su participación desde el principio.

La segunda fase del proyecto consistió en recopilar información sobre el monumento a partir de sus recuerdos y opiniones. El público objetivo en esta fase fueron dos grupos de diferentes edades. El primer grupo estuvo formado por cuatro adultos (dos parejas de esposos), quienes han nacido y vivido toda su vida en Kuñotambo. Para ellos, se organizó una reunión de preguntas abiertas divididas en tres temas: primero, recuerdos y significados sobre la iglesia; segundo, evaluación del proyecto de conservación y estabilización sismorresistente; y tercero, perspectivas y usos futuros del monumento.

³ Nombre que en la región identifica los miembros de las comunidades campesinas que residen fuera del pueblo, normalmente en otras ciudades del país, que sin embargo suelen mantener lazos muy fuertes con el lugar de origen.



Figura 2. Izquierda: Presentación del proyecto de interpretación a un grupo de la comunidad de Kuñotambo. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust. Derecha: Reunión con los comuneros a las 4:30 de la mañana, antes del inicio de las labores en el campo, a fin de presentar parte del material de interpretación. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust.

Para el segundo grupo, compuesto de jóvenes y escolares, en junio de 2021 se organizaron actividades creativas a través de dibujos y modelación con plastilina, de forma que ellos pudieran representar su percepción del templo (figura 3). La primera actividad fue con un grupo de siete niños entre 9 y 12 años de edad (6 varones y una niña) del vecino pueblo de Rondocan donde se les pidió dibujar, desde lo alto de una colina, ambos pueblos. En la segunda actividad hubo cuarenta y un participantes según los siguientes grupos: ocho niños de entre 4 y 5 años (3 varones, 5 mujeres) quienes trabajaron con plastilina; dieciocho niños entre 7 y 10 años de edad (11 mujeres y 7 varones) y quince entre 11 y 15 años de edad (todos varones); en total cuarenta y un participantes de los cuales siete eran de Rondocan y treinta y cuatro de Kuñotambo.



Figura 3. Izquierda: Resultado de la segunda actividad con los niños de las comunidades de Rondocan y Kuñotambo. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust. Derecha: Dibujo del campanario de Kuñotambo. Obra de Salomón Arnado Puma, 10 años de edad. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust.

Los datos recolectados y el material seleccionado en las fases previas del proyecto se analizaron de manera cualitativa identificando temas comunes con el fin de evaluar los valores del monumento. Los diferentes datos demográficos y métodos de recolección permiten una interpretación original que abarca diferentes perspectivas y aumenta la conciencia cultural dentro de los diferentes grupos.

El último paso metodológico está dedicado a una evaluación *in situ* del proyecto de interpretación y a la difusión de sus resultados. La finalidad de esta fase es determinar que los objetivos del proyecto interpretativo hayan sido alcanzados y mejorar el proyecto para aplicaciones futuras. Según Carter (2001, p.35) se pueden aplicar diferentes métodos para

evaluar el éxito de un proyecto dependiendo de qué preguntas se necesita responder, el tipo de interpretación que se ha desarrollado, el presupuesto y los conocimientos técnicos requeridos en la recopilación de datos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección resume el análisis de los resultados de las conversaciones con grupos de pobladores y las entrevistas individuales realizadas por el equipo de GCI en 2019. A partir de los datos recopilados, surgieron diferentes temas relacionados con el uso y los valores del templo. Durante la primera parte de la discusión, los participantes compartieron sus recuerdos anteriores al proyecto de intervención.

El valor del edificio está íntimamente entrelazado con las tradiciones locales y las prácticas religiosas celebradas en la iglesia y en el espacio que lo rodea. Durante el año se realizan diferentes procesiones, como puede ser en Semana Santa y otras actividades de participación comunitaria como armar el Nacimiento para Navidad (25 de diciembre), la velada de la Cruz (3 de mayo) y sobre todo la Fiesta Patronal de Santiago Apóstol (25 de julio). La comunidad se reúne alrededor del templo para compartir platos locales como el cuy, panes, caldo, o tomar ponche de habas o chicha de jora (figura 4). Algunos miembros de la comunidad acompañan las procesiones tocando instrumentos tradicionales como las trompetas, los tambores, el bombo, la quena y el acordeón, mientras que el arpa y el violín, así como el órgano, se solían tocar durante las ceremonias litúrgicas dentro de la iglesia.



Figura 4. Izquierda: Celebración de la Fiesta Patronal de Santiago Apóstol del 25 de julio frente al templo. Fotografía Villacorta Santamato, Luis © 2021, J. Paul Getty Trust. Derecha: Preparación de comidas tradicionales para la celebración de la Fiesta Patronal. Fotografía Villacorta Santamato, Luis © 2021, J. Paul Getty Trust.

Otro aspecto que surgió fue el apego de la comunidad al templo. Tradicionalmente, este sentido de conexión se manifestaba a través de actividades desarrolladas por los mayordomos y obreros. Estas figuras son personas clave elegidas para el mantenimiento y el cuidado del edificio durante las fiestas tradicionales y también en actividades habituales de protección de la edificación. Por ejemplo, un participante recordó que, cuando era niño, solía dormir en el templo junto con su padre, quien era un mayordomo, para garantizar la seguridad de los objetos y del edificio. Además, cada domingo, los mayordomos y obreros llevaban flores de los campos circundantes al templo como ofrenda.

Los participantes confirmaron que el templo siempre se consideró de gran valor dentro de la misma comunidad y parte de su vida diaria. Otra participante comentó que, de pequeña, aprendió a cantar con sus amigas en la iglesia y aún recuerda esas canciones religiosas como Apuyaya, Salve Salve, Apu Taytayku y otras en quechua. Los participantes tenían también claro que la iglesia es el lugar donde se administran los sacramentos. Para los funerales, el ritual implicaba el uso del “filicio”, una caja de madera con soportes que se usaba para velar el cuerpo del difunto en el templo y luego transportarlo al cementerio. Con el paso del tiempo, en las últimas décadas, el mal estado del templo y los daños

posteriores hicieron imposible su uso por parte de la comunidad, limitando su acceso y las celebraciones de las tradiciones locales y religiosas. La restauración del edificio y de su patrimonio artístico, concluida en junio de 2019, fomentó un sentimiento de orgullo y alegría en la comunidad, mejorando su valor estético. La nueva pintura de cal blanca hace que el monumento sea visible desde los pueblos circundantes, convirtiéndose en un símbolo distintivo y un punto de atracción. Algunos de los miembros de la comunidad, tanto mujeres como hombres, participaron activamente en las intervenciones como mano de obra de apoyo, lo que mejoró las habilidades constructivas de los participantes y contribuyó a la preservación de técnicas tradicionales.

En cuanto al futuro del monumento, existe un gran entusiasmo por integrar nuevamente su uso con las tradiciones de la comunidad como la celebración de los sacramentos y de las fiestas religiosas. De hecho, el valor del edificio y su importancia surgieron enraizados en las tradiciones culturales y religiosas locales. Debido a la pandemia del covid-19, las actividades desarrolladas en el monumento han sido limitadas; sin embargo, muchos participantes compartieron su deseo de celebrar pronto bodas en el templo restaurado. Los participantes reconocieron el potencial de atractivo turístico del monumento conservado que puede contribuir al desarrollo de la economía local. Adicionalmente, los miembros de la comunidad destacaron su apego hacia la iglesia ya que es la herencia de sus antepasados. Un participante expresó su deseo de poder recibir clases sobre la historia de la edificación y sus superficies decoradas. Por otro lado, otro participante reflexionó sobre su rol activo para transmitir el significado del monumento a las generaciones más jóvenes:

Nosotros mismos tenemos que hablar a los niños para que lo cuiden este templo, porque no pierdan contacto, porque si nosotros no los vamos a educar de repente lo van a dejar y se puede caer. Este templo tiene su valor y nosotros tenemos que valorar este templo.

La información recopilada durante las entrevistas y las actividades del taller con los niños se ha combinado con los contenidos elaborados por el personal de GCI. Juntas, las diferentes partes interesadas definieron los productos del proyecto de interpretación. Primero, ocho paneles móviles de gran formato (2 m de alto por 1 m de ancho) en forma de exposición en el baptisterio del templo. Cada panel ilustra y elabora un tema que describe los diferentes elementos tangibles e intangibles conectados con la edificación⁴. Los contenidos técnicos son presentados de forma accesible y son integrados con las visiones y memoria locales. Los textos de los paneles están escritos en castellano y quechua, para garantizar el acceso y el intercambio de información entre todos los miembros de la comunidad. Los paneles resultantes proporcionan una interpretación del templo que abarca diferentes perspectivas, incluidas citas de los participantes, fotografías de la comunidad infantil y dibujos de los niños. Este enfoque participativo nutre el sentido de pertenencia e identidad de la comunidad, creando conciencia sobre la importancia del monumento.

Además, con el fin de transmitir y promover estos valores a las nuevas generaciones, se han elaborado diversos materiales educativos para alumnos de primaria y de secundaria de las comunidades de Kuñotambo y vecinas. Este material incluye la realización de tres mil trípticos, mil ejemplares de un folleto informativo de 20 páginas y mil ejemplares de un cuaderno de actividades para estudiantes de colegio.

Antes de su finalización, todo el material se ha presentado a la comunidad para recibir sus comentarios (figura 5).

⁴ Los títulos de los paneles son: 1) En el corazón de los Andes: Expresión del patrimonio natural y cultural, material e inmaterial; 2) Historia del templo de Kuñotambo; 3) El templo de Kuñotambo: descripción del edificio; 4) He visto la belleza de tu casa; 5) Adobe: material noble; 6) La conservación del templo de Kuñotambo; 7) La consolidación y preservación de la pintura mural y de las obras de arte; 8) Conservación tarea de todos: el rol de la comunidad.



Figura 5. Izquierda: Discusión sobre el material de interpretación con algunos miembros de la comunidad. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust. Derecha: Niños de la comunidad de Kuñotambo viendo las muestras de los paneles interpretativos. Fotografía Neyra, Jorge © 2021, J. Paul Getty Trust

La última etapa del proyecto de interpretación, a partir del otoño de 2021, será dedicada a su evaluación, la cual tiene como objetivo determinar la efectividad del material de interpretación desarrollado y registrar su impacto en diferentes públicos. La primera fase de evaluación se llevará a cabo durante el evento organizado para la inauguración de los paneles y la distribución del material didáctico, incluyendo entrevistas individuales y encuestas a los miembros de la comunidad y a los visitantes (por ejemplo, sobre los contenidos más apreciados, informaciones que hayan aprendido y temas adicionales que deberían ser incluidos). La segunda fase se llevará a cabo luego de 18 meses para verificar el uso del material interpretativo dentro de la comunidad y el logro del objetivo del proyecto. Finalmente, los resultados de la evaluación serán difundidos entre las diferentes partes interesadas que han contribuido a la realización del proyecto de interpretación.

5 CONCLUSIONES

El proyecto de interpretación para el templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, desarrollado de manera participativa, refleja los múltiples conocimientos y valores del patrimonio. El proyecto de interpretación se estructuró en diferentes fases y se desarrolló en conjunto con la comunidad campesina, la DDC-C y el Arzobispado del Cusco. La colaboración entre la comunidad y los expertos fue crucial para documentar historias y recuerdos que nutren la comprensión del templo en su dimensión intangible. A través de las conversaciones con grupos de pobladores, entrevistas, así como de los talleres participativos, la comunidad ha contribuido a la co-creación de los temas interpretativos representados en los paneles expositivos. Los resultados de las discusiones con la comunidad resaltan la profunda conexión entre el templo y el desarrollo de tradiciones locales y espirituales. Por tanto, el mantenimiento y conservación del monumento son fundamentales para preservar el patrimonio inmaterial de la comunidad. Además, el proyecto se centró en la educación e inclusión de las generaciones más jóvenes para crear conciencia sobre su patrimonio local. Los materiales didácticos contribuyen a establecer un vínculo con el monumento transmitiendo su significado y valores.

El artículo demuestra la oportunidad de involucrar a todas las partes interesadas en el desarrollo del proyecto de interpretación, tal como se ha hecho a lo largo del proyecto y de la obra de restauración. El proyecto de interpretación refleja la necesidad de incluir múltiples voces en la evaluación del valor y de la importancia de los lugares patrimoniales. El resultado integra las diferentes narrativas sobre el monumento, destacando el punto de vista de los miembros de la comunidad campesina, al lado de la voz y de los contenidos técnicos de los profesionales de la conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Australia ICOMOS. (2013). The Burra charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance. Disponible en: <https://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Burra-Charter-2013-Adopted-31.10.2013.pdf>.

Cancino, C.; Cárdenas Fuentes, R.; Macchioni, E.; Mellado, J. C.; Miranda Sotomayor, C.; Paliza Flores, V. S. (próxima publicación). La Importancia de Ser el Señor Cárdenas: El Rol de la Comunidad en la Conservación y Mantenimiento del Templo de Kuñotambo, Perú. Proceedings of TERRA 2022 International Conference, Santa Fe, New México.

Cancino, C.; Macchioni, E.; Marcus, B.; Mellado, J. C.; Menéndez, J. C. (2020). Seismic retrofitting using local materials and expertise at a church in Kuñotambo, Peru. APT Bulletin v. 51 n. 2/3 p. 23-30, 2020.

Carter, J. (2001). A Sense of Place: An Interpretive Planning Handbook, 2da ed. Inverness: Tourism & Environment Initiative.

Crotty, M. (1998). The foundations of social research: meaning and perspective in the research process. London; Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.

de la Torre, M. (2013). Values and Heritage Conservation. Heritage & Society, 6 (2), pp.155–166. doi:10.1179/2159032X13Z.00000000011.

Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco (2015). Proyecto de Inversión Pública: Recuperación del templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, distrito de Rondocan, provincia de Acomayo, departamento de Cusco. Archivo Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco – Área Funcional de Gestión de Proyectos.

Getty. (s.f.) Seismic Retrofitting Project. Disponible en: https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/seismic/index.html.

Harvey, D. C. (2001). Heritage Pasts and Heritage Presents: temporality, meaning and the scope of heritage studies. International Journal of Heritage Studies, 7 (4), pp.319–338. doi:10.1080/13581650120105534.

ICOMOS. (1964). International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites: The Venice Charter 1964. Disponible en: https://www.icomos.org/charters/venice_e.pdf.

ICOMOS. (1994). The Nara document on authenticity. Disponible en: <https://www.icomos.org/charters/nara-e.pdf>.

ICOMOS (2008). The ICOMOS Charter on the Interpretation and Presentation of Cultural Heritage Sites. Disponible en: http://icip.icomos.org/downloads/ICOMOS_Interpretation_Charter_ENG_04_10_08.pdf.

Jones, S.; Leech, S. (2015). Valuing the Historic Environment. University of Manchester: AHRC Cultural Value Project.

Macchioni, E.; Karanikoloudis, G.; Lourenço, P. B.; Mellado Flores, J. C.; Miranda Sotomayor, C.; Paliza Flores, V. S.; Rainer, L.; Reina Ortiz, M.; Santana Quintero, M.; Vernaza, C.; Cancino, C. (próxima publicación). Construyendo el cuidado a Largo Plazo: Plan de Monitoreo Multidisciplinario para el Templo de Kuñotambo, Perú. Proceedings of TERRA 2022 International Conference, Santa Fe, New México.

Mason, R. (2006). Theoretical and Practical Arguments for Values-Centered Preservation. CRM: The Journal of Heritage Stewardship, 3 (2). Disponible en: <https://home1.nps.gov/CRMJournal/Summer2006/view2.html>.

NSW Heritage Office. (2005). Interpreting heritage places and items: guidelines. Parramatta, N.S.W.: NSW Heritage Office. Disponible en: http://www.heritage.nsw.gov.au/03_index.htm#G-I.

Smith, L. (2006). Uses of heritage. Repr. London: Routledge.

Tilden, F. (1977). Interpreting Our Heritage. 3ra ed. Chapel Hill: University of North Carolina Press.

UNESCO (2003). Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage. Disponible en: <https://ich.unesco.org/en/convention>.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los miembros de las comunidades de Kuñotambo y Rondocan, en particular los participantes de los grupos con los que se mantuvieron conversaciones y entrevistas: Felicitas Titto, Flora Fuentes, Raúl Cárdenas y Abel Quispe; las niñas y niños de Kuñotambo participantes en las actividades: Joel Cruz Huilca, Ciro Quispe Fuentes, Salomón Arnado Puma, Ángel Valer Paucar, Yomelin Fuentes Titto, Jeremías Cruz Oviedo, Jhon Titto Suturaura, Elizabeth Chavarria Laurente, Yomelin Valer Titto, Rosalinda Santos Titto, Waldir Andrade Cruz, Edgard Fuentes Cruz, Josmer Titto Sotauraura, Jhon Bogarin Fuentes, Freddy Fuentes Cruz, Tiago Bogarin Fuentes, Deysi Cárdenas Roque, Kimberly Bogarin Fuentes, Saida Cruz Wilca, Milagro Itto Paucar, Ingrid Arnado Puma, Yahaira Villafuerte, Deira Valer Itto, Abigail Quispe Bravo, Kelly Itto Paucar, Daniela Tinco Huamán, Ana Quispe Bravo, Axel Ramírez Andrade, Mario Ramírez Andrade, Arón Titto Chutaraura, Rome Ramirez Andrade, Cruz Oviedo David, Bryan Villafuerte Cruz; las niñas y niños de Rondocan: Brayan Quispe Malli, Jean Pierre Puma Quispe, Aldo Anderson Yucra Estrada, Harold Josué Gayoso Laurente, Dino Álvaro Puma Quispe, Nayruth Quispe Magli y Luna Fabiola Díaz Sanabria. Se agradece a las profesoras Alegría Hinojosa Fernández y Andrea Tejada Farfán por su colaboración durante las actividades con las comunidades, a Jorge Pablo Neyra Lévano por la documentación fotográfica de los encuentros y a Álex Ramos Gamarra por el soporte logístico. Agradecemos también a Claudia Miranda Sotomayor, directora de la Sub-dirección de Patrimonio Cultural y Defensa del Patrimonio Cultural de la DDC-C; Juan Carlos Mellado Flores, arquitecto de la DDC-C y residente de obra en Kuñotambo; Violeta Socorro Paliza Flores, responsable del equipo técnico del Arzobispado del Cusco; y a todo el personal de la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco y del Arzobispado del Cusco que ha colaborado con el proyecto de Kuñotambo. Finalmente, a Christopher Sprinkle, *lead creative producer* del J. Paul Getty Trust.

AUTORES

Elena Macchioni es arquitecta, especialista en patrimonio arquitectónico y paisajístico (Università degli Studi di Genova) y doctora en conservación del patrimonio arquitectónico (Politecnico di Milano). Ha trabajado en proyectos de conservación de patrimonio arquitectónico y arqueológico. Desde 2019 es especialista asociada de proyectos del Departamento de Edificios y Sitios del Getty Conservation Institute y colabora con el Proyecto de Estabilización Sismorresistente liderando el proyecto de monitoreo y mantenimiento del templo de Kuñotambo.

Alessandra Sprega es arquitecta, especializada en restauración por la Universidad Roma Tre y doctora en estudios de conservación por la Universidad de York. Su investigación doctoral se centró en el uso de métodos de mapeo participativo para comprender la resiliencia de los centros urbanos históricos y sus comunidades amenazadas por peligros naturales. Trabaja como consultora para el Getty Conservation Institute, colaborando en proyectos dentro del Proyecto de Estabilización Sismorresistente.

Luis Villacorta Santamato, es arquitecto por la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú. Ha realizado estudios de postgrado en Historia de la Arquitectura en la Università degli Studi di Roma La Sapienza y en la Universitat Politècnica de Catalunya en Barcelona. Ha seguido cursos de gestión de proyectos culturales para el desarrollo en el International Labour Organization Training Centre de Turín, Italia, y de gestión de edificaciones históricas en la Universidad de Lund, Suecia. Actualmente es docente de Historia de la Arquitectura y consultor del Getty Conservation Institute.

Claudia Cancino es especialista senior de proyectos del Departamento de Edificios y Sitios en el Getty Conservation Institute y dirige la Iniciativa de la Arquitectura de Tierra, que incluye el Proyecto de Estabilización Sismorresistente en Perú. Es arquitecta colegiada del Perú con un certificado en Conservación (ARC 95 ICCROM) y tiene maestrías en administración de empresas (ESAN) y preservación histórica y un certificado avanzado en conservación (University of Pennsylvania).

LA MUJER TRABAJADORA: DE LA TIERRA AL MURO

Lorena Herrera Fuchs, Irati Golvano Escobal

cuchara. Taller de Arquitectura, Morelos, México, cucharaxcuchara@gmail.com

Palabras clave: materiales naturales, murales, género, patrimonio

Resumen

La mujer trabajadora: de la tierra al muro, recurre al muralismo como detonador de intervenciones urbanas participativas, particularmente al incluir y priorizar a las mujeres en los procesos de diseño y mejoramiento del espacio público. El proyecto consiste en retratar a la mujer trabajadora en espacios abiertos y visibles dentro de comunidades en situación de discriminación, utilizando tierras y arenas como materia pictórica principal. De manera complementaria a la elaboración del mural y para incrementar la participación por parte de las mujeres locales, se efectúan talleres de revoque y pintura de cal en el mismo entorno público donde se plasma el mural. Consecuentemente, se lleva el arte al espacio público y se narran las historias de las mujeres locales a través de la pintura, creando nuevos patrimonios y valores, nuevas ideologías y fomentando la diversidad de pensamiento.

1 INTRODUCCIÓN

Las mujeres han estado aparentemente ausentes en distintos ámbitos laborales a lo largo de los siglos. Por ello, difundir la imagen de mujeres trabajando, incluso en profesiones u oficios considerados históricamente masculinos, es una estrategia para contrarrestar la invisibilidad histórica que han sufrido las mujeres en el campo laboral. Por otro lado, la representación de mujeres en oficios considerados femeninos, es también fundamental para poner en valor los métodos que las mujeres utilizan como medio de sustento para lograr independencia económica y familiar.

Por otro lado, desde la revolución industrial y de manera acelerada, el manejo de los recursos naturales ha sido desafortunado, (Elizalde, 2009). Junto con esto, la tierra y la cal como materiales dignos de construcción han sufrido un gran desprestigio. Hoy acontece una crisis ambiental global de la cual la actividad humana es sin duda culpable (Foladori, 2001). Por ello es importante disminuir el uso de pinturas sintéticas que contienen disolventes tóxicos (Trischler y Partner, 1999) y que son perjudiciales para los ecosistemas, y retomar el uso de materiales locales y de bajo impacto ambiental, así como el desarrollo de proyectos que busquen transformar la imagen urbana desde una visión ecológica. Para esto, la capacitación y la transmisión de saberes en el uso de técnicas artesanales con materiales naturales es un esfuerzo muy relevante.

Este proyecto de muralismo tiene dos características importantes. Por una parte se utilizan tierras de colores como materia pictórica principal y por otro lado se presenta la imagen de mujeres ejerciendo distintos oficios. A través de la vinculación con mujeres organizadas de comunidades en alerta de discriminación, se procede a dinámicas de integración con la comunidad que ofrecen un entendimiento de la forma de vida de dichas comunidades. Todo el proceso de elaboración del mural, el cual incluye talleres de revoque de cal para mujeres locales, se lleva a cabo de manera participativa con las habitantes.

Es importante recalcar que este proyecto es un proyecto a largo plazo ejecutable mediante metas a corto plazo. Es decir, el proyecto completo consiste en hacer una serie de murales retratando a la mujer trabajadora de comunidades específicas. Cada mural es una meta a corto plazo y hasta ahora se ha conseguido recurso para ejecutar cuatro murales, de los cuales se han realizado dos, y dos están en proceso. Con esto se ha logrado establecer una metodología de trabajo para cada mural, con costos, tiempos y objetivos claros. Aunque la serie no tiene un límite de murales a realizar, se ha empezado por el Estado de Morelos y

con la convicción de que cada mural adquiere mayor fuerza al pertenecer a una red que pueda trascender fronteras políticas.

2 OBJETIVOS

Los objetivos principales de este proyecto son la difusión de la imagen de la mujer trabajadora que ha sido invisibilizada durante tanto tiempo y promover el uso de materiales naturales para construcción y acabados. De esta forma se promueven también el uso de técnicas artesanales dentro del campo de la construcción. La intención es revalorizar los oficios desde un enfoque de género contemporáneo y participar en la renovación de la imagen urbana, en el mejoramiento del espacio público y en la creación de nuevos patrimonios.

3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para elaborar una relación estrecha entre la obra y el sitio donde se elabora se procura un análisis profundo del lugar donde se proyectará y una vinculación importante con la gente y actividad local. Es a partir de este reconocimiento que se procede al diseño participativo, a la preparación de la pintura y a la ejecución del mural.

3.1 Vínculo con la comunidad

La elección del lugar para plasmar el mural comienza con la exploración de comunidades en situación de discriminación que tengan alerta de violencia de género y donde existan mujeres previamente organizadas.

Para establecer el vínculo con las comunidades se establece una búsqueda de centros culturales y organismos públicos que trabajen por los derechos de la mujer. Uno de los organismos que se contactó fue el Instituto de la Mujer para el Estado de Morelos (IMM) que tiene entre otras misiones, el fortalecimiento del Centro para los Derechos de la Mujer (CDM). En Morelos existen nueve CDM, de los cuales siete cuentan con alerta por violencia de género. Es a través de los CDM, que ya cuentan con una evaluación previa con perspectiva de género e interseccionalidad para los espacios públicos, que se obtuvo el contacto con las comunidades de Huatecalco y Tequesquitengo. En el caso de Huitzilac, el vínculo se generó a partir del interés de una trabajadora del ayuntamiento, del área de turismo y cultura, de promover proyectos de obra mural en su municipio. En el caso de Xoxocotla, se estableció el vínculo a través del Centro Cultural Yankuik Kuikamatlistli, el cual es conocido por su larga trayectoria social en la comunidad.

Una vez instituido el vínculo con las comunidades, se investigan las costumbres locales a través de conversaciones con la gente, dinámicas con las mujeres (figuras 1 y 2) y búsquedas en línea. Además, se indaga sobre las necesidades de representación de algún oficio elaborado por mujeres. Es a través de estas conversaciones que se entiende la forma de vida, los oficios tradicionales, la pérdida de ellos y la infraestructura de la comunidad, y las actividades, las preocupaciones y la participación en el cuidado ambiental por parte de las mujeres. Tras distintas reuniones y diálogos surgen las temáticas de cada mural.



Figura 1. Reunión con las mujeres de Huatecalco



Figura 2. Reunión con las mujeres de Tequesquitengo

La vinculación con la comunidad se completa con la implementación de talleres de revoque y pintura de cal para las habitantes de la comunidad. Para ello se selecciona un muro cercano al mural en malas condiciones como en figura 3. Durante el taller se explican las patologías del muro, se quita el revoque deteriorado, se aplica revoque base y fino y se hace un acabado decorativo a base de pinturas, como se muestra de la figura 3 a la 8.



Figura 3. Muro cercano al mural elegido para el taller de Huatecalco



Figura 4. Mujeres quitando el revoque dañado en Huatecalco



Figura 5. Aplicación de revoque base de cal-arena



Figura 6. Aplicación de revoque fino de cal-arena



Figura 7. Aplicación de pintura a la cal



Figura 8. Técnicas de decoración

La implementación de estos talleres genera mayor integración de las mujeres al proceso de ejecución del mural y de intervención urbana. Además, a través de la capacitación y la transferencia de tecnología, es como la tierra y la cal se consigue concebir como materiales actuales de construcción. Con esto, las mujeres pueden posteriormente mejorar tanto los espacios públicos de sus comunidades como los privados de sus viviendas, que en muchas ocasiones no están acabadas y tienen la mampostería a vista. Por último, las mujeres que asisten a los talleres ponen en práctica el objetivo buscado a través de la imagen del mural: romper con los estereotipos.

3.2 Preparación del sitio de trabajo

De manera paralela a las reuniones se hacen recorridos con las mujeres para elegir el muro a intervenir. En las figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran los muros de Huitzilac, Huatecalco, Tequesquitengo y Xoxocotla, respectivamente. Son ellas las que muestran diferentes

espacios de su comunidad que les gustaría mejorar. Una vez elegido el sitio, se hace el diagnóstico del estado físico del muro y se establecen las premisas necesarias para su preparación:



Figura 9. Muro en la calle principal de Huitzilac



Figura 10. Muro en el auditorio de Huatecalco



Figura 11. Muro en la cancha, frente al ayuntamiento de Tequesquitengo



Figura 12. Muro en Xoxocotla.

Uno de los soportes más habituales es muro de block, revocado con cemento y pintado con pintura sintética. En este caso, se aplica como puente de agarre un adhesivo acrílico mezclado con arena, para generar agarre mecánico, tal como se muestra en la figura 13. Sobre el puente de agarre se puede aplicar un revoque de tierra de 2-3 mm, como en la figura 14, o directamente las pinturas. Al revoque de tierra se le añadió un 3% de resina acrílica para continuar el puente de agarre.

Tras la preparación del soporte se realizan pruebas de las pinturas elaboradas, figura 15, para comprobar que funcionan adecuadamente sobre el soporte. Una vez hechas las pruebas se comienza la ejecución del mural. Para ello se hace una cuadrícula sobre el muro, figura 16, que servirá como guía para proyectar el trazo del dibujo, figura 17. Después se comienza a aplicar la pintura desde los detalles más generales hasta los más particulares, figura 18



Figura 13. Puente de agarre para revoque de tierra en Huatecalco. Crédito: Alexis Yael



Figura 14. Revoque de tierra sobre puente de agarre. Crédito: Alexis Yael



Figura 15 Pruebas de pintura sobre soporte.
Crédito: Alexis Yael



Figura 16. Cuadrícula. Crédito: Alexis Yael



Figura 17 Elaboración del trazo. Crédito: Alexis Yael



Figura 18 Revoque de tierra sobre muro con cuadrícula. Crédito: Alexis Yael

Una vez acabado el mural se organiza la inauguración y presentación para la comunidad y se dan los reconocimientos a las mujeres que asistieron al taller.

Finalmente, se organiza un foro de discusión con las asistentes enfocado en generar propuestas de intervención urbana que puedan ejecutar las mujeres en otros espacios públicos de la comunidad.

3.3 Preparación de material de trabajo

Una vez establecida la temática del mural se diseña la imagen que se proyectará sobre el muro.

La preparación de pinturas utilizadas para este proyecto se efectúa de manera artesanal. Tener el control sobre el proceso de elaboración de las pinturas permite obtener un repertorio en consistencia y textura: desde una veladura hasta una jabelga espesa y cubriente. Las pinturas utilizadas fueron obtenidas de mezclar la tierra cernida por mosquitero y añadir agua hasta lograr la consistencia adecuada.

La materia prima utilizada para las pinturas es la tierra, por lo que la preparación comienza recorriendo diferentes zonas del país recolectando bultos de tierra como en la figura 19. Particularmente, ha sido la zona de la Mixteca en Oaxaca donde se han podido recoger gran variedad de tierras de diferentes colores y tonalidades. La tierra recolectada se compone de piedra, grava, arena, limo y arcilla, algunas veces esta se presenta en forma de aglomeraciones rocosas de gran dureza mientras que otras ocasiones se encuentra aún sin compactar, como se ve en la figura 20.



Figura 19. Recolección de tierra ocre en la mixteca oaxacaqueña



Figura 20. Bultos de tierra recolectada en la Mixteca, en Oaxaca

Una vez recogido el material en bruto, se procede a un molido manual en seco utilizando pisonos y/o molcajetes en función del estado de la tierra, figura 21. Si el material recogido se compone de aglomeraciones rocosas que presenten dificultades a la hora de la molienda en seco, estas se sumergen en agua durante varios días y después se muele con mezcladora eléctrica, en este caso la mezcladora Stanley de 1400W. Tras el molido se la tierra se cuela con diferentes cribas, empezando desde 4 mm hasta 1 mm, figura 22. De esta manera, se descarta la grava, la piedra y la arena con diámetro mayor a 1 mm y se obtiene un polvo fino compuesto por áridos (arenas menores de 1mm y limos) y arcillas, figura 23.



Figura 21. Molido manual de la tierra



Figura 22. Cribado de la tierra

La arcilla actúa como aglutinante para pegar las partículas más grandes. Limo y arena constituyen la carga de la pintura. Dada la infinita variedad de tierras existentes, la proporción entre áridos y arcilla es variable, por lo que cada tierra aportará además de su color característico una textura diferente. Dependiendo de cuál de estos tres componentes sea el predominante se puede hablar de pinturas arcillosas, limosas o arenosas. Los tres componentes aportan además el color de cada tierra a la pintura.

El polvo fino resultante se mezcla con agua y se revuelve con una batidora de cocina hasta lograr la consistencia deseada, figura 23. Además, se le añade un aglutinante en relación a los componentes del soporte sobre el que se pintará el mural. En el caso de soporte acrílico, se le añade resina acrílica.



Figura 23. Polvo fino utilizado para hacer las pinturas

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

La elaboración de pinturas de tierra reveló la importancia de la molienda a la hora de obtener pinturas con una consistencia adecuada para su correcta aplicación. Las tierras arenosas presentaban más dificultad que las tierras arcillosas para obtener una molienda fina. En los murales mostrados en el presente artículo, al partir sobre un soporte acrílica se añadió a las pinturas hasta un 10 % de resina acrílica.

Por otro lado, las experiencias puntuales que se han tenido hasta ahora con el proyecto han generado impacto en dos rubros distintos. Por una parte, en el ámbito socio cultural y por otra en la transformación de la imagen urbana.

La metodología participativa de ejecución ha permitido la integración de las mujeres al proceso de diseño y modificación de un espacio público, generando una mayor apropiación de lo urbano por parte de ellas. Aunado a lo anterior, hacer de la práctica mural un evento de enseñanza y aprendizaje fomenta la transferencia de técnicas que tiene como resultado la conservación del patrimonio inmaterial, es decir, del “saber hacer”. Asimismo, las mujeres que participan en el proyecto salen con herramientas que les permiten tomar acción (a nivel técnico) sobre sus propias construcciones y motivadas de tener la capacidad para lograr otras metas.

Una parte sumamente importante del proyecto es la ejecución de talleres, ya que a través de éstos se ve de manera práctica cómo se logra el objetivo de los murales: romper estereotipos. Un taller de albañilería para mujeres es un evento que sigue sorprendiendo a distintas comunidades, sin embargo, la capacidad de convocatoria que han tenido estos talleres es una prueba del interés que existe por parte de las mujeres de conocer el oficio y la falta de espacios que existen para lograrlo.



Figura 24. Taller de revoque en Huatecalco

Es la suma de las actividades mencionadas la que finalmente da pie al diálogo dentro de las comunidades entorno a la capacidad laboral que tienen las mujeres. De manera similar, el uso de materiales naturales tanto en el mural como en los talleres, genera ante el público curiosidad y en algunos casos interés por emplearlos en obras de construcción.

Por otro lado, hay que mencionar el impacto que tienen los murales en términos de imagen urbana. La Tlachiquera, obra de pintura mural, fue hecha con la participación de nueve mujeres utilizando 8 tonos de tierras verdes. El mural se plasmó en el centro de Huitzilac, en la calle principal, en un área de 75m² sobre una fachada histórica. Huitzilac es un pueblo en el Estado de Morelos que a pesar de estar en un entorno privilegiado forestal, tiene la característica de ser gris y sucio. Hay poco interés por parte de las autoridades de conservar el patrimonio histórico o la identidad cultural del sitio. La Tlachiquera se alcanza a ver desde el punto más alto del pueblo, es el único muro que se integra al ambiente boscoso. Los tonos verdes, al ser terrosos, tienen la característica de ser tonalidades de la naturaleza. Además de sus colores, el mural destaca la imagen de una mujer de campo que extrae el aguamiel del maguey para convertirlo en pulque, bebida tradicional mexicana. La tlachiquera, a diferencia del tlachiquero, es una imagen difícilmente propagada. Por lo general se retrata y se piensa al tlachiquero como el encargado principal de la producción del pulque. Tanto es así que se cree el oficio es específicamente de hombres. Sin embargo, hay muchos relatos y testimonios de mujeres realizando esta actividad, con la contraparte de que a nivel iconográfico no aparecen y resultando en que se les considere “inexistentes”. Reincorporar la imagen de la tlachiquera en el imaginario colectivo de Huitzilac generó una discusión entre los habitantes entorno al rol de género, donde algunos aseguraban que la actividad era exclusivamente masculina. Sin embargo, durante la inauguración del mural, la cual sirvió de incentivo para organizar un mercado de productos locales, asistieron varias tlachiqueras. Se comprobó así que sí hay mujeres que ejercen el oficio y lo invisibilizadas que están. Además del impacto en cuanto a género, el mural tuvo una respuesta positiva por parte del pueblo ya que retrata uno de los oficios de mayor identidad para la gente de Huitzilac y el cual se está luchando por conservar.



Figura 25. Proceso de ejecución de mural La Tlachiquera



Figura 26 Mural de La Tlachiquera

Bordadoras, mural que se ejecutó en Huatecalco, pueblo productor de caña de azúcar, también en el Estado de Morelos, es una obra de pintura mural de 40m², hecha con tierras de colores sobre un revoque fino de tierra en un muro revocado anteriormente de cemento y pintado con pintura vinílica. Al centro del pueblo, dentro del auditorio abierto de la ayudantía, se retrataron tres generaciones de mujeres bordando una manta y entretejiéndose. El bordado, la costura y el tejido, son para las mujeres de Huatecalco una herramienta de sustento que se enseña de generación en generación de mujeres para permitirse una mayor independencia económica y familiar, ya que, en este pueblo, cualquier mujer que trabaja fuera de casa, es mal vista. El taller de revoque se llevó a cabo dentro del mismo espacio, en un muro opuesto al mural. La elección de este último lugar fue a partir de la necesidad que existía por mejorar el muro. El espacio donde quedaron plasmadas ambas intervenciones es un espacio concurrido, de reunión y también de transición ya que por ahí pasa el transporte público que sale del pueblo. De esta forma, el recordatorio de la complicidad que existente entre las mujeres de Huatecalco y su fortaleza como mujeres trabajadoras queda presente en la vida cotidiana de toda la comunidad a través de una

imagen pública. Al concluir las actividades de mural y taller, las mujeres, que en el caso de Huatecalco, están organizadas para limpiar las calles, vislumbran la posibilidad de, tal como ellas expresan, “poner su pueblo bonito”, utilizando los materiales y técnicas que aprendieron durante el proceso del proyecto en Huatecalco.



Figura 28. Resultado del taller de revoque en Huatecalco



Figura 29. Mural bordadoras. Crédito: Alexis Yael.

Existen dos murales más en proceso. Durante el mes de septiembre se estará ejecutando el mural de la Lanchera, en Tequesquitengo, Morelos. Una representación que rompe estereotipos y fomenta la idea de una mujer con libertad para elegir su trabajo. El oficio de lanchero es el mejor remunerado de la zona y está destinado exclusivamente para los hombres. En el mes de octubre se estará realizando la Tlakualera en Xoxoxotla, Morelos. Ésta es la persona que reparte la comida, sana y persigna la cazuela para que alcance para todas, esta persona cuida y resguarda a su comunidad. Es un trabajo de alto rango que desempeñan únicamente las mujeres y que no es reconocido bajo ningún registro oficial ya que es desarrollado por mujeres.

5 CONCLUSIONES

Las experiencias previas han demostrado la enorme capacidad que tiene la tierra para sorprender y lo escondida que continúa como material utilizable para construcción y acabados.

De una manera similar la capacidad que tienen las mujeres de participar en la transformación de la imagen urbana y de participar en actividades consideradas históricamente masculinas genera una gran admiración y asombro por parte de las comunidades, incluso de ellas mismas. Este fenómeno indudablemente resulta en el empoderamiento de las habitantes de las comunidades. Es importante subrayar que a diferencia de prejuicio negativo que tienen los albañiles al uso de materiales naturales, entre las mujeres hay una aceptación absoluta de éstos.

Difundir en el espacio público la imagen de las mujeres en el mundo laboral, incluso en profesiones u oficios que se han considerado históricamente masculinos es participar en la transformación social que tenga como objetivo la equidad y los derechos de la mujer. Además, retomar la imagen de los oficios es una manera de revalorizarlos en un contexto urbano contemporáneo, con una visión de género actual y utilizando técnicas de representación que manifiestan el respeto que hoy en día es imprescindible ante el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Elizalde, A. (2009). ¿Qué desarrollo puede llamarse sostenible en el siglo XXI? La cuestión de los límites y las necesidades humanas. *Revista de Educación*, Número Extraordinario, 53-75.

Foladori, Guillermo (2001). *Controversias sobre la sustentabilidad. La coevolución sociedad y naturaleza*. Zacatecas, Porrúa

Trischler y Partner (1999). *Balance del impacto mediambiental de pinturas de silicato y pinturas de dispersión sintéticas*.

AGRADECIMIENTOS

Los murales realizados por las autoras se llevaron a cabo con financiamiento del Concurso Proyecto Social 2020 de Desarrollando Morelos y el Programa de Estímulos a la Creación y Desarrollo Artístico del Estado de Morelos (PECDA). Las autoras agradecen la donación de pintura de Marcos Sánchez de Eco constructores Oaxaca, las asesorías de Laurent Coquemont para la correcta ejecución de los murales y diagnósticos de los lugares y a Pel Wenu por el aporte en sus experiencias con el muralismo.

NOTA

Los créditos de las imágenes son de cuchara. Taller de Arquitectura, con excepción de las 13 al 18.

AUTORES

Lorena Herrera Fuchs arquitecta por la Universidad Nacional Autónoma de México, maestra en patrimonio por la Sorbonne de París y cofundadora de *cuchara. Taller de Arquitectura*.

Irati Golvano Escobal ingeniera técnica en electrónica por la Universidad de Mondragón, doctora en materiales por la Universidad Autónoma de Barcelona y cofundadora de *cuchara. Taller de Arquitectura*.

SOLUCIONES DE TIERRA EN LA VIVETECA: UNA PLATAFORMA DE SELECCIÓN, DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA ECOTECNOLÓGICA

Belén Olaya-García¹, Sara Navia Espinoza², Fernando de Lara Martínez³, Freddy Yáñez Cerda⁴

Grupo de Trabajo sobre Vivienda Ecotecnológica, Grupo de Innovación Ecotecnológica y Bioenergía, Universidad Nacional Autónoma de México, ¹b.olaya@cieco.unam.mx; ²sara2794@hotmail.com; ³ferdelaramartinez@gmail.com

⁴ Universidad Austral de Chile, Chile, ffyaner@uc.cl

Palabras clave: vivienda, ecotecnias, herramienta, identificación, diagnóstico

Resumen

Para reducir algunos de los problemas relacionados con la vivienda y sus servicios básicos, como son el agua limpia, saneamiento, energía, residuos, alimentación y cobijo, se llevan a cabo intervenciones o proyectos de mejora basados en ecotecnias. Estas, que tienen como objetivo reducir las necesidades habitacionales, son los dispositivos, métodos o procesos que buscan una relación armónica con el medio adaptadas a un contexto socioeconómico específico, buscando beneficios sociales y económicos tangibles las personas usuarias. Sin embargo, en ocasiones se implementan ecotecnias que no están contextualizadas o no se eligen las soluciones pertinentes en cada caso. Es por esto que se crea la herramienta VIVETECA, como apoyo a un proceso sistémico de identificación de necesidades, que permitirá albergar información sobre cada modelo de ecotecnia y filtrarlo por una serie de información recopilada. La VIVETECA, actualmente en desarrollo, permitirá, en primer lugar, identificar cuáles son las soluciones con mayor potencial de mejora para cada necesidad identificada, y también fungir como herramienta de divulgación y transferencia del conocimiento. En este panorama, se realiza una búsqueda y clasificación de soluciones construidas con tierra, para poder adaptar la VIVETECA a ellas, sus características y que se de visibilidad, específicamente, a las distintas ecotecnias construidas con este material.

1 ANTECEDENTES

Existen graves problemas a nivel global relacionados con la vivienda, donde se entrelazan actividades, procesos o materiales, la arquitectura, el cobijo y el acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento, energía (para cocinar, electrificar, calefactar o enfriar), alimentación, residuos y su disposición. Se puede entender la vivienda como un sistema complejo, ya que a la vez resuelve y genera funciones y necesidades y, aunque se encuentre aislada, está inmersa en una infraestructura de la cual se sirve y a la que sirve (Lucely; Castro, 2006).

El rezago habitacional afecta principalmente a los grupos más vulnerables de la población: hogares con bajos ingresos, trabajos informales, mujeres, indígenas, jóvenes y desplazados por la violencia, para quienes el acceso a una vivienda adecuada se produce en condiciones de mayor dificultad (ONU Hábitat, 2018). En México, indígenas y afrodescendientes tienen la tasa de acceso a servicios básicos menor que la media nacional (INEGI, 2015). Esto sucede en asentamientos informales, con formas propias de operar respecto a la construcción o al acceso a servicios básicos, a la economía informal que se da en ellos o a la forma en que los gobiernos responden a sus necesidades o abordan sus problemas.

Ante estos problemas se realizan intervenciones o proyectos de mejora para reducir la precariedad en las distintas necesidades de la vivienda o sus servicios básicos, ya sea de forma autónoma, o a través de asociaciones civiles, ONGs o instituciones gubernamentales. En numerosas ocasiones, en estas intervenciones se implementan ecotecnias.

Como indican Ortiz et al. (2014), la ecotecnología busca a través de dispositivos, métodos y procesos -que una vez aplicados de forma práctica se definen como ecotecnias- una

relación armónica con el ambiente, brindar beneficios sociales y económicos tangibles a las personas usuarias, con referencia a un contexto socio ecológico específico.

Éstas resuelven necesidades, desarrollan capacidades humanas, son adecuadas al contexto socio ecológico local (no hay soluciones universales) y utilizan eficientemente los recursos para conservarlos y prevenir problemas, por lo que tienen un potencial de impacto en la sostenibilidad (Ortiz et al. 2015).

Sin embargo, muchas de las ecotecnias que se implementan no están contextualizadas, no se adaptan a las necesidades reales, no se implementan adecuadamente o no se les da mantenimiento o seguimiento a las intervenciones, por lo que quedan en desuso. No suele haber una posibilidad de selección de ecotecnias y las alternativas suelen venir dadas, sin participación ni transferencia de tecnologías en la implementación de proyectos (Álvarez-Castañón; Tagle-Zamora, 2019), con desequilibrios de poder generalizados (Díaz et al., 2016). Además, como indican Gavito et al. (2017), se presentan fuertes limitaciones ante la falta de registro de datos, las diferencias de procedimientos o las metodologías y posiciones personales que impiden el desarrollo, el aprendizaje y la transmisión del conocimiento generado.

Bajo esta premisa, el Grupo de Trabajo sobre Vivienda Ecotecnológica (VIVE), dentro del Grupo de Innovación Ecotecnológica y Bioenergía (GIEB), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), está desarrollando actualmente la VIVETECA: una plataforma interactiva, colaborativa y de código abierto, para recopilar, clasificar y categorizar las soluciones ecotecnológicas asociadas a la mejora de la vivienda.

La VIVETECA se crea como herramienta de apoyo a un marco metodológico actualmente en desarrollo¹. Partiendo de un proceso sistemático en desarrollo, se busca con esta herramienta reducir el universo de ecotecnias recopiladas y así arrojar una serie de resultados que tengan el potencial de adaptarse a cada contexto de estudio. Tras esto, se realizaría un proceso participativo con las familias usuarias que permita seleccionar las soluciones idóneas para implementar en cada vivienda y cubrir sus necesidades habitacionales.

Dentro de este panorama, se busca integrar en la VIVETECA las soluciones ecotecnológicas relacionadas con la tierra, con el objetivo de promover la arquitectura y construcción con tierra, y dar a conocer las posibilidades que este material ofrece para reducir las necesidades habitacionales en las viviendas precarias.

2 MEMORIA DESCRIPTIVA

Se contextualiza el desarrollo inicial de la VIVETECA considerando la recopilación de ecotecnias que tengan el potencial de implementación en México, donde el grupo de trabajo está llevando a cabo su investigación. Para ello, se incluirán ecotecnias que se estén desarrollando en todo el país y, a través de una serie de filtros, se reducirá la cantidad de soluciones ecotecnológicas idóneas para desarrollarse en cada comunidad o caso de estudio específico.

En primer lugar, se definieron seis líneas estratégicas de estudio dentro de la vivienda, de forma que se pudiera analizar e identificar las necesidades habitacionales de forma integral, y una subclasificación variable para cada una de ellas, según las necesidades, usos, flujos y tareas dentro de la vivienda. Estas líneas estratégicas parten de la concepción de CONEVAL (2019) y de Ortiz et al. (2014) y se definen de la siguiente manera:

- Agua limpia: se contempla el abastecimiento de agua (tanto de un predio como de la vivienda), el acceso a ella y su estado o calidad, tanto para el uso en la vivienda (lavar,

¹ Dentro de la tesis doctoral en desarrollo por una de las autoras: "Vivienda Ecotecnológica Básica. Marco metodológico para transitar de viviendas precarias a viviendas más sostenibles".

higiene, regar) como para consumo humano (agua potable y tratamiento). También contempla la captación o el almacenamiento, entre otras.

- Saneamiento: se considera cómo se procesan y evacúan las aguas grises (jabonosas y de uso doméstico, de cocina, lavadero y procedentes de la higiene personal), aguas negras (excretas en letrinas o inodoros y excretas de animales). También se considera si se les realiza algún tipo de tratamiento (físico o biológico) y su reutilización o disposición final (alcantarillado, drenaje o almacenaje).
- Energía: se contempla la energía para cocinar (desde los combustibles y su almacenamiento, estufas o tecnologías de cocinado, hasta el espacio arquitectónico de la cocina). También se considera la energía para electrificar y sus medios de acceso (fuente a nivel comunitario o individual a través de energía renovable o biocombustibles), así como para la iluminación y la energía necesaria para enfriar o calefactar un espacio.
- Residuos: se centra en los residuos inorgánicos y orgánicos, su producción, recolección y desecho, si se almacenan o si existe reutilización, reciclaje y otros procesos de tratamiento (tanto a nivel vivienda como a nivel comunitario).
- Alimentos: se limita al autoabastecimiento en el predio mediante huertos y/o la cría de animales a pequeña escala (gallinas, cerdos, cabras, etc.). Así mismo contemplan los espacios asociados a los alimentos, su producción, preparación, consumo y almacenamiento.
- Cobijo: se contempla la arquitectura, construcción, cuestiones legales de la tenencia y otras de habitabilidad como calidad, confort interior (respecto a humedad y temperatura), hacinamiento, seguridad estructural o privacidad. También la higiene, ventilación, estética, procesos constructivos (estructura, tipo, calidad y pertinencia de materiales) o el entorno de la vivienda y el predio.

Este último punto, que considera la composición del objeto arquitectónico, se identifica como el principal receptor de soluciones de tierra que, además de configurarse con diversas cualidades físicas, tienen una gran importancia cultural relacionada con el patrimonio vernáculo en México y América Latina (Correia et al., 2016).

Tras identificar las tareas asociadas, se analizaron de forma participativa, en el grupo de trabajo GIEB, las relaciones existentes entre las líneas estratégicas propuestas desde la visión de distintas disciplinas, fomentando de esta forma la divulgación y la integración de conocimientos de distintos actores (figura 1). Se buscan los beneficios asociados de implementar soluciones que puedan cubrir de la manera más eficiente las necesidades habitacionales en la vivienda y que contemplen y aborden la interacción entre ejes (figura 2).



Figura 1. Taller virtual para la identificación de interacciones entre ejes de estudio de la vivienda (crédito: Navia, S.)



Figura 2. Tareas asociadas en cada eje y ejemplo de interacción (crédito: Olaya, B.)

Se trabajó de manera continua la herramienta, en varias etapas de desarrollo. En la primera etapa se identificó, para cada eje, el origen de las necesidades, sus clasificaciones y características necesarias para encontrar y organizar las soluciones que suplieran estas necesidades. Esto dio como resultado la matriz inicial con necesidades, subcategorías, tipos y clasificación de las posibles soluciones genéricas (figura 3; anexo 1).

Simultáneamente, se fueron recopilando las soluciones específicas en una base de datos donde se incluían la subclasificación de las líneas estratégicas en las que se insertaban: título de solución o nombre comercial, referencias y relación con otros ejes (figura 4). Para este proceso, hasta el momento se han consultado 71 publicaciones relacionadas con la ecotecnología.

LÍNEA ESTRATÉGICA	ORIGEN/CAUSAS	FUENTE	INTERFAZ DE RECOLECCIÓN	ALMACENAMIENTO / TRATAMIENTO	PRODUCTO RESULTADO PARA LOS USUARIOS DEL AGUA
AGUA LIMPIA	1. Sector / Ciudad / Área personal / Límite físico 2. Fuga / Impacto de espacio y Objeto	* Captación puntal * Captación por contaminación * Descarga directa Procesamiento de aguas grises/NO LIMPA	* Subterránea * Superficial	1. Descontaminación * Storage 2. Descontaminación / Descontaminación	* Filtro biológico de agua * Filtro físico
SANEAMIENTO	ORDEN	ESPECIFICACIONES	INTERFAZ DE RECOLECCIÓN	ALMACENAMIENTO / TRATAMIENTO	PRODUCTO RESULTADO
	Aguas grises	Impacto de tipo físico: espacio, drenajes, alcantarillas y otros previos		* Contenedor / proceso de aligeración	* Compostos plásticos de estado
	Aguas negras / excretas	Sanitario orgánico, fecal y otros: SANEAMIENTO	* Disposición de excretas	* Contenedor / proceso de tratamiento	* Lodos de tratamiento
	Excretas humanas	Sistemas de desechos de reglamento	* Disposición de excretas de reglamento	* Contenedor / proceso de tratamiento	* Lodos de tratamiento
	Excretas de animales domésticos			* Sistema de filtración biológica y tratamiento	* Agua para riego * Agua para uso
ENERGÍA	SPQ	ABASTECIMIENTO	DISPOSITIVOS EXISTENTES EN LA LÍNEA ESPECÍFICA		
	* Electricidad * Combustible * Tracción	* Radios de calor * Generadores eléctricos * Sistema de almacenamiento * Combustibles: leña, carbón, gas LP, Gasoleno * Sistema de almacenamiento	* Llave * Cables eléctricos * Cables de agua * Cables de gas		

Figura 3. Fragmento de la matriz de la clasificación inicial de la VIVETECA y las necesidades habitacionales que corresponden a los 3 primeros ejes: Agua limpia, Saneamiento y Energía (completo en Anexo 1).

SUB-CLAS LÍNEA ESTRATÉGICA	TÍTULO DE SOLUCIÓN	REFERENCIA	LINEAS ESTRATÉGICAS APLICABLES									
			AGUA LIMPIA	SANEAMIENTO	ENERGÍA	RESIDUOS	ALIMENTACIÓN	CORPIO	PROTECCIÓN	SAÚDE	COMFORT	
EXPOSICIÓN DE LÍNEA	SCALL	https://www.scall.com.mx/	X	X	X							
SUBSTRATOS	TALLOQUE	https://www.tallock.com.mx/	X	X								
FLTRACION	Carbón activado	https://www.carbon-activated.com.mx/		X								
DESINFECCION	Congelación	https://www.congelacion.com.mx/		X								
BIODIGESTION	Sanitario ahorrador	https://www.sanitario-ahorrador.com.mx/		X								
SEPARADOR DE EXCRETAS	Sanitario ecológico seco	https://www.sanitario-ecologico-seco.com.mx/		X	X	X		X				
SEPARADOR DE EXCRETAS	Megafono seco	https://www.megafono-seco.com.mx/		X	X	X		X				
SEPARADOR DE EXCRETAS	Inodoro deshidratador	https://www.inodoro-deshidratador.com.mx/		X	X	X		X				
CONTENEDOR DE FLUIDOS	Trampa de grasas	https://www.trampa-de-grasas.com.mx/	X	X		X		X				
SEPARADOR DE EXCRETAS	Inodoro LOWWATT	https://www.inodoro-lowwatt.com.mx/		X	X	X		X				
CONTENEDOR / PROCESADOR BIOLÓGICO	Biofibr + vermicultivo	https://www.biofibr-vermicultivo.com.mx/	X	X	X		X	X				X
CONTENEDOR / PROCESADOR BIOLÓGICO	Sanitario SARAT	https://www.sanitario-sarat.com.mx/		X	X	X		X	X			X
CONTENEDOR / PROCESADOR BIOLÓGICO	Bioigestor	https://www.bioigestor.com.mx/		X	X	X		X	X			X
FLTRACION BIOLÓGICA Y SANEAMIENTO	Humedal artificial	https://www.humedal-artificial.com.mx/	X	X	X	X	X	X				X

Figura 4. Recopilación de las soluciones ecotecnológicas, información y relación con los ejes.

Bajo este mismo proceso, se abordó la clasificación propuesta en el eje de cobijo desde las soluciones desarrolladas con tierra, con base en la matriz inicial.

Para ello se utilizó principalmente Guerrero (2019) con motivo del evento 19° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra realizado Oaxaca, México. Se entiende por bioconstrucción, la disciplina que busca generar condiciones apropiadas para el hábitat humano a partir de la transformación de recursos materiales locales, por medio de procedimientos afines al medio natural y cultural en el que se sitúa (Ídem).

También se revisaron otras 11 publicaciones y manuales relacionados con este término (Cid, Mazarrón y Cañas, 2011; Correia et al., 2016; Edwards, 2005; Gatti, 2012; Minke, 2001; Neves et al., 2019; Neves; Faria, 2011; Rodríguez, 2008; Sassi, 2006; Van Lengen, 2002; Yahyane; 2019).

Se identificaron un total de 76 soluciones de tierra y se clasificaron en función de su relación con las necesidades planteadas y con los elementos de la vivienda. Esto permitió, en primer lugar, hacer una aproximación a las características de la construcción con tierra y las ventajas y desventajas que podrían plantearse al utilizarse para resolver cada una de las necesidades y que deberían ser tenidas en cuenta.

Asimismo, se fue definiendo la clasificación en cuanto a las técnicas generales de construcción con tierra, partiendo de la clasificación de las soluciones del libro "BIOconstrucción a detalle" y complementándose con otras no incluidas en él. En la matriz se incluyeron ejemplos de ecotecnias convencionales construidas con otros materiales distintos a la tierra, así como la relación de todas estas soluciones con el resto de las líneas estratégicas de estudio distintas al cobijo. Por último, se propusieron una serie de soluciones mixtas, no contempladas en las columnas anteriores, con potencial de construirse con tierra (figura 5; anexo 2).



Figura 5. Simplificación del seguimiento en la Identificación y clasificación de soluciones en el eje de cobijo en relación con una técnica de construcción con tierra: Adobe (crédito: Navia, S.).

De forma paralela al desarrollo de la matriz general y la base de datos, y partiendo del listado generado en esta última, se crean unas fichas informativas de cada una de las ecotecnias, usando para su sistematización la plataforma online Zoho. En ella se incluye su descripción, ventajas y desventajas, utilidad, requerimiento contextuales, como escala de uso y bioclima aplicable, requerimientos técnicos, como instalación, operación y mantenimiento, datos de acceso, referencias e información complementaria. Esta ficha permitirá filtrar las posibles soluciones según algunos de los datos recopilados y así identificar las soluciones más adaptadas al contexto de trabajo. Paralelo a esto, se diseñó un modelo de ficha, de forma que fuese más atractiva, donde se incluye toda esta información sistematizada y permite la divulgación del conocimiento de manera visual (anexo 3).

3 ANÁLISIS CRÍTICO

La construcción con tierra presenta una amplia gama de soluciones con grandes cualidades, como ser un buen aislante térmico, ahorrar energía, regular la humedad ambiental, absorber contaminantes o ser reutilizable, entre otras (Minke, 1994) y, además, de gran importancia

cultural en muchas regiones de México y Latinoamérica. Por ello se reconoce y analiza como una solución muy completa, no solo con base en las necesidades de cobijo, sino también en la interacción con el resto de los ejes estratégicos en la vivienda que aquí se plantean, por sus capacidades de adaptabilidad, flexibilidad y transformación de acuerdo con las diversas necesidades y contextos que se presenten.

En la etapa actual del desarrollo de la VIVETECA, se reconoce como una herramienta que contempla la vivienda desde una visión integral de flujos, necesidades y soluciones para su futura consolidación. Por tanto, uno de los beneficios de esta es que se plantean las soluciones con tierra y ecotecnológicas integradas en un mismo sistema y no como soluciones aisladas, donde puedan estar agrupadas según las líneas de estudio y definidas mediante fichas informativas, que permitan filtrar por las características contextuales las soluciones idóneas a implementar.

Aunque se comenzó recopilando ecotecnia con potencial de implementación en México, el desarrollo del trabajo fomentó la inclusión de información sobre soluciones procedentes de otros países de Latinoamérica, debido a los contextos socioeconómicos y ambientales similares en algunos de los casos. De esta forma, se prevé que, a futuro, se continúe recopilando información de ecotecnia de toda la región y la VIVETECA tenga el potencial de replicarse y utilizarse para todo el contexto latinoamericano.

Esto podría suponer un reto debido al alto número de soluciones y modelos de ecotecnia que se pueden llegar a identificar, por lo que para un correcto manejo, clasificación y recopilación de las soluciones se comenzará a trabajar con especialistas en programación y manejo de base de datos para avanzar en el desarrollo de la herramienta digital.

En el proceso de identificación de las necesidades y las relaciones con las distintas líneas estratégicas de estudio, se identifican varias de las clasificaciones propuestas sin relación directa con otros ejes más allá del cobijo. Estas son, dentro de salubridad, las necesidades de seguridad estructural, accesibilidad, privacidad y seguridad; y dentro de confort, acústico, orden y estética.

Las que tienen mayor potencial de cubrir necesidades de otros ejes de estudio y fomentar la interrelación entre ellos, muestran que la construcción con tierra tendría la capacidad de integrar soluciones con posibilidad de generar mayores beneficios.

Estas son, dentro de salubridad: higiene y vectores/enfermedades, las soluciones específicas de tierra como recubrimientos y soluciones ecotecnológicas tradicionales, como son sanitarios secos, biodigestores, humedales o trituradores de basura. Se proponen algunas soluciones mixtas a partir del uso de tierra como filtros o canaletas de tierra cocida, o la construcción de estas soluciones ecotecnológicas incluyendo distintas técnicas de construcción con tierra.

Dentro de confort: mobiliario, las soluciones construidas con tierra, como mobiliario fijo de tapia pisada u hornos de barro, y las soluciones ecotecnológicas tradicionales como cocinas solares, o mobiliario de materiales orgánicos como bambú o palma. Se proponen, en este caso, soluciones mixtas a partir del uso de tierra como hornos o estufas de tierra, filtros de tierra cocida o la reutilización de fragmentos de tierra cocida.

En este proceso de desarrollo de la VIVETECA, crear las fichas informativas permitirá que se incluya información de manera más gráfica y accesible en esta herramienta, sirviendo para dar difusión a las ecotecnia convencionales y a las que se pueden construir con tierra, de forma que se fomente la divulgación y la transferencia de conocimientos.

Esto es algo que la VIVETECA pretende promover, de modo que tanto desarrolladores de tecnología, implementadores de proyectos, personas usuarias interesadas, líderes comunitarios, académicos, actores gubernamentales o de asociaciones civiles puedan acceder a esta información, contactar con personas con la capacidad de vender, transferir o divulgar conocimiento específico sobre una solución y así establecer relaciones de incidencia en comunidades con viviendas precarias. La innovación aunada a esto viene de

la mano de poder filtrar las posibles soluciones por la información recopilada, incluyendo las distintas necesidades que cubre cada ecotecnía, lo que permitiría implementar aquellas que se adapten mejor a cada caso y potenciar los beneficios asociados mediante soluciones integrales.

4 CONSIDERACIONES FINALES

La VIVETECA se crea como una herramienta para poder seleccionar ecotecnías que cubran una serie de necesidades habitacionales identificadas y que se adapten a cada contexto de estudio. Se enfoca en cuestiones arquitectónicas y en los servicios básicos de las viviendas, mostrando soluciones estratégicas con posibilidad de adaptación a cada contexto, como apoyo a un proceso sistemático de análisis de necesidades y selección de soluciones, actualmente en definición.

Dentro del desarrollo de esta herramienta, se ha profundizado en cómo clasificar y filtrar las soluciones ecotecnológicas construidas con tierra, de forma que se configura una clasificación que permita seguir recopilando otras soluciones y filtrarlas en función de los datos recabados.

El trabajo realizado estuvo y continúa en constante iteración y modificación, adaptándose continuamente a las necesidades y la información recopilada. Aunque todavía no se aplica en un caso práctico para seleccionar las soluciones que se implementarán en las mejoras de las viviendas, está abierto a retroalimentación continua, a incluir distintos tipos de conocimientos y se mantiene en proceso de construcción y definición para poder fortalecer el proceso sistemático que se pretende conseguir.

Con el fin de dar visibilidad a las distintas soluciones y fomentar también su difusión y transferencia, se recopilaron datos relacionados con cada solución y quienes tienen la capacidad de construirlas y/o implementarlas. De esta forma, se pretende la divulgación, transferencia y accesibilidad a estos conocimientos de forma cooperativa y participativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Castañón, L.C.; Tagle-Zamora, D. (2019). Transferencia de ecotecnologías y su adopción social en localidades vulnerables: una metodología para valorar su viabilidad. *CienciaUAT*, 13(2):83–99. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1121>. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582019000100083&script=sci_abstract&lng=pt
- Cid, J.; Mazarrón, F.; Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la construcción* 63(523):159-169. <https://doi.org/10.3989/ic.10.011>
- CONEVAL – Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2019). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/InformesPublicaciones/Documents/Metodologia-medicion-multidimensional-3er-edicion.pdf>
- Correia, M.; Neves, C.; Guerrero, L.F.; Pereira, H. (edit.) (2016). *Arquitectura de tierra en América Latina*. Portugal: ARGUMENTUM, Red Iberoamericana PROTERRA. ISBN 978-972-8479-96-1.
- Díaz, L.; Chan, G.; Harley, A.G.; Matus, K.; Moon, S.; Murthy, S.L.; Clark, W.C. (2016). Making technological innovation work for sustainable development. *PNAS*, 113(35):9682-9690. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525004113>
- Edwards, B. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad*. Editorial Gustavo Gili, SA. ISBN: 84-252-1951-5.
- Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. Tesina de Master. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41807254.pdf>
- Gavito, M.E.; van der Wal, H.; Aldasoro, E.M.; Ayala-Orozco, B.; Bullén, A.A.; Cach-Pérez, M.; Casas-Fernández, A.; Fuentes, A.; González-Esquivel, C.; Jaramillo-López, P.; Martínez, P.; Masera-Cerutti, O.; Pascual, F.; Pérez-Salicrup, D.R.; Robles, R.; Ruiz-Mercado, I.; Villanueva, G. (2017). *Ecología*,

tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 8(1):150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>

Guerrero, L. F. (2019) (comp.). *BIOconstrucción a detalle: Una experiencia compartida*. Oaxaca, México: IBOMEX, Carteles Editores.

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Principales resultados. Encuesta intercensal 2015. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic_2015_presentacion.pdf

Lucely, N.; Castro, H. (2006). *La conformación del hábitat de la vivienda informal desde la técnica constructiva*. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 958-701-700-5. Disponible en: <https://bit.ly/2REepDR>

Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Universidad de Kassel, Alemania.

Minke, G. (1994). *Manual de construcción en tierra*. Montevideo, Uruguay: Fin de siglo. ISBN: 9974-49-347-1.

Neves, C.; Faria, O. B. (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru- Sao Paulo: RED IBEROAMERICANA PROTERRA. ISBN: 978-85-64472-01-3. Disponible en: https://www.academia.edu/35702284/Técnicas_de_construcción_con_tierra

Neves, C.; Salcedo, Z.; Faria, O. B. (Eds.) (2019). *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias*. San Salvador, El Salvador: FUNDASAL/ PROTERRA. 974 p. ISBN: 978-99923-880-6-8. Disponible en: http://ibomex.org/archivos/memorias/SIACOT2019_Memorias_completo.pdf

ONU Hábitat (2018). *Vivienda y ODS en México*. Disponible en: http://70.35.196.242/onuhabitatmexico/VIVIENDA_Y_ODS.pdf

Ortiz, J.A.; Malagón, S.L.; Masera, O.R. (2015). *Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el Sur global*. *Inter Disciplina*, 3(7). DOI: 10.22201/ceiich.24485705e.2015.7.52391

Ortiz, J. A.; Masera, O. R.; Fuentes, A. F. (2014). *La ecotecnología en México*. Unidad Ecotecnologías, IIES, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-8389-03-3. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272682146_La_Ecotecnologia_en_Mexico

Rodríguez, M. (coord.) (2008). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México: Limusa: Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco. ISBN: 978-968-18-6212-1.

Sassi, P. (2006). *Strategies for sustainable architecture*. Taylor & Francis. ISBN ISBN10: 0-415-34142-6 (pbk). Disponible en: https://library.uniteddiversity.coop/Ecological_Building/Strategies_for_Sustainable_Architecture.pdf

Van Lengen, J. (2002). *Manual del arquitecto descalzo*. ISBN: 968-860-617-0. Disponible en: <https://bit.ly/31Cm7UL>

Yahyane, F. (2019) *Guía de bioconstrucción: materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8177/tfg-yah-gui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Omar Masera Cerutti, investigador responsable del Grupo de Innovación Ecotecnológica y Bioenergía (GIEB), por la supervisión y apoyo ofrecido para desarrollar la presente investigación, así como a la Unidad de Ecotecnologías del IIES-UNAM por la información brindada de la ECOTECA, que sirvió como inspiración y base de la actual VIVETECA en desarrollo, y a los y las integrantes del GIEB que participaron en los distintos talleres y seminarios realizados dentro del proyecto.

AUTORES

Belén Olaya-García, candidata a doctora en ciencias de la sostenibilidad por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestra en estrategias y tecnologías para el desarrollo y arquitecta. Responsable del Grupo de Trabajo sobre Vivienda Ecotecnológica (VIVE), dentro del Grupo de

Innovación sobre Ecotecnología y Bioenergía (GIEB) del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES)-UNAM.

Sara Navia Espinoza, maestra en arquitectura, desarrollo y sustentabilidad por la UNAM, arquitecta, técnica por proyectos en el VIVE, GIEB-IIES-UNAM y asistente de investigación en el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA A.C.) con principales líneas de investigación en sostenibilidad y arquitectura vernácula. Artista independiente en medios digitales y artes plásticas.

Fernando De Lara Martínez, diseñador industrial por la Universidad Autónoma Metropolitana y asistente de investigación en el VIVE, GIEB-IIES-UNAM. Diseñador independiente enfocado al desarrollo de cerramientos arquitectónicos y mobiliario residencial.

Freddy Yáñez Cerda, magíster en desarrollo a escala humana y economía ecológica por la Universidad Austral de Chile, experto en cooperación para el desarrollo de asentamientos humanos precarios y constructor civil, con 14 años de experiencia en la gestión y construcción de viviendas de interés social, equipamiento comunitario y tecnologías apropiadas en Haití, Kenia, Chile y Bolivia. Instructor adjunto en la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

ANEXO 1. Matriz con categorías y clasificación de la VIVETECA

TIPO DE ESTRATEGIA	OBJETIVO GENERAL	PLANTEO	INTERVENCIÓN ALTERNATIVA PRINCIPAL	TRANSVERSO	DISPOSITIVO PARA USO DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN
ALIMENTACIÓN	1. Alimentación / Alimentación / Alimentación	1. Alimentación / Alimentación / Alimentación	1. Alimentación / Alimentación / Alimentación	1. Alimentación / Alimentación / Alimentación	1. Alimentación / Alimentación / Alimentación
	2. Alimentación / Alimentación / Alimentación	2. Alimentación / Alimentación / Alimentación	2. Alimentación / Alimentación / Alimentación	2. Alimentación / Alimentación / Alimentación	2. Alimentación / Alimentación / Alimentación
SANEAMIENTO	1. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	1. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	1. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	1. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	1. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento
	2. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	2. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	2. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	2. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento	2. Saneamiento / Saneamiento / Saneamiento
ENERGÍA	1. Energía / Energía / Energía	1. Energía / Energía / Energía	1. Energía / Energía / Energía	1. Energía / Energía / Energía	1. Energía / Energía / Energía
	2. Energía / Energía / Energía	2. Energía / Energía / Energía	2. Energía / Energía / Energía	2. Energía / Energía / Energía	2. Energía / Energía / Energía
RECREACIÓN	1. Recreación / Recreación / Recreación	1. Recreación / Recreación / Recreación	1. Recreación / Recreación / Recreación	1. Recreación / Recreación / Recreación	1. Recreación / Recreación / Recreación
	2. Recreación / Recreación / Recreación	2. Recreación / Recreación / Recreación	2. Recreación / Recreación / Recreación	2. Recreación / Recreación / Recreación	2. Recreación / Recreación / Recreación
EDUCACIÓN	1. Educación / Educación / Educación	1. Educación / Educación / Educación	1. Educación / Educación / Educación	1. Educación / Educación / Educación	1. Educación / Educación / Educación
	2. Educación / Educación / Educación	2. Educación / Educación / Educación	2. Educación / Educación / Educación	2. Educación / Educación / Educación	2. Educación / Educación / Educación
CULTURA	1. Cultura / Cultura / Cultura	1. Cultura / Cultura / Cultura	1. Cultura / Cultura / Cultura	1. Cultura / Cultura / Cultura	1. Cultura / Cultura / Cultura
	2. Cultura / Cultura / Cultura	2. Cultura / Cultura / Cultura	2. Cultura / Cultura / Cultura	2. Cultura / Cultura / Cultura	2. Cultura / Cultura / Cultura

ANEXO 2: Tabla con clasificación de las necesidades y las soluciones relacionadas con el cobijo

LINEA ESTRATEGICA				SOLUCIONES											
NOMBRE DEL PROYECTO	MISIONES DE EXPERIENCIAS	ELEMENTOS DEL DISEÑO ARQUITECTONICO	CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA	SOLUCIONES GENERALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA		SOLUCIONES ESPECIFICAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA									
				TECNICAS GENERALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA	SOLUCIONES ESPECIFICAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA	EJEMPLOS DE CONSTRUCCION Y MATERIALES CONSTRUCCIONALES	MATERIALES CONSTRUCCIONALES					SOLUCIONES DE MATERIALES CONSTRUCCIONALES			

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA DIFUSIÓN DE LA TÉCNICA DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA EN ARGENTINA

Santiago Cabrera¹, Ariel González², Santiago Noguera³

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina,

¹spcabrera@outlook.com; ²agonzalez@frsf.utn.edu.ar; ³santiago_noguera98@hotmail.com

Palabras clave: BTC, SIG, red, mapeo, difusión

Resumen

El desarrollo técnico de la construcción con BTC en Argentina cuenta con más de 25 años de trayectoria. Sin embargo, actualmente en Argentina esta producto presenta una baja aceptación, utilización y demanda, y no ha logrado aún afianzarse como una alternativa confiable para la construcción de viviendas en el país. En este trabajo se comparten las experiencias llevadas a cabo por el Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra “Tierra Firme” de la FRSF-UTN. Se pretende relacionar la oferta nacional de BTC con la demanda, y vincular a los diferentes actores involucrados en el sector (fabricantes de prensas, productores de BTC y constructores). Esto permitiría ayudar a potenciar el uso de esta técnica de construcción. Se exponen los resultados de la sistematización lograda mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) de los diferentes actores involucrados en la tecnología del BTC en la República Argentina. Estos datos se volcaron en un mapa interactivo (empleando para ello la herramienta de información geográfica *Google My Maps*) con diferentes capas. Si bien el trabajo se encuentra en permanente actualización – en función de la incorporación de nuevos interesados en participar –, se puede mencionar como resultado principal una base de datos bastante completa y actualizada de gran utilidad para la comunicación entre los actores de la tecnología del BTC en Argentina. Esto posibilita reforzar y crear nuevos lazos entre los productores de bloques, fabricantes de equipos, constructores de viviendas, laboratorios y nuevos emprendedores que quieran iniciarse en este ámbito.

1 INTRODUCCIÓN

Durante milenios, los seres humanos han utilizado la tierra como material de construcción en diversas formas: encofrada y compactada; mezclado con paja y puesta a mano, ya sea sola o como relleno y recubrimiento en estructuras de madera; o como bloques de mampostería, generalmente moldeados a mano y secados al aire (Aubert et al., 2013). La arquitectura y construcción con tierra posee una larga trayectoria en la historia de la humanidad, y aunque sus primeros antecedentes se remontan a más de 9 mil años de antigüedad, en diversos contextos sigue estando tan vigente como en su origen. Tal es así que más de un tercio de las habitantes del planeta viven, estudian y trabajan en edificios de tierra (Houben; Guillaud, 2006).

1.1 El bloque de tierra comprimida

El bloque de tierra comprimida (BTC) es un mampuesto fabricado mediante la compresión de tierra húmeda, generalmente estabilizada con cal o cemento, en el interior de una prensa específicamente diseñada para tal fin, cuyo accionamiento puede ser manual o automatizado, dependiendo del nivel de producción requerido (Fontaine; Agner, 2009). La forma de estos bloques es variable y depende de la matriz empleada durante su fabricación, pudiendo ser macizos, huecos y encastrables.

A diferencia del resto de las técnicas de construcción con tierra, la cuales poseen cientos e incluso miles de años de historia, esta tecnología fue desarrollada en Colombia a comienzos de los años '50 en el Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) como una alternativa

económica para la fabricación de bloques de construcción, siendo considerada actualmente como una de las tecnologías latinoamericanas más difundidas en el mundo (Ángulo Jaramillo; Carreño Carry, 2017). Debido a algunas similitudes con el tradicional adobe, el BTC es considerado por algunos autores como un salto tecnológico respecto de éste. Si bien tales similitudes se basan en la posibilidad de producción manual de ambos y las formas en las cuales son empleados para la construcción de muros y cubiertas, este mampuesto presenta aspectos que lo diferencian sustancialmente del tradicional adobe: en su fabricación interviene maquinaria especializada; particularidad que permite al BTC integrarse de manera más acorde a los contextos de producción vigentes en la actualidad, posibilitando además su fabricación de manera industrializada (Salas Serrano, 1995). Es preciso remarcar que, a pesar de que existen sistemas industrializados para la fabricación de adobes, éstos pueden ser producidos manualmente; por el contrario, la producción de BTC no puede realizarse sin la presencia de maquinaria especializada (prensas).

Las principales ventajas del BTC con respecto a los mampuestos de uso frecuente en el país se resumen a continuación:

- Requieren para su fabricación una cantidad de energía menor a la precisada por otros bloques de mampostería (Roux Gutierrez et al., 2015; Vázquez Espi, 2001).
- Su resistencia térmica es mayor al de otros mampuestos empleados en la construcción de muros. Por otra parte, su inercia térmica es superior a la de sus homólogos de menor peso y muy similar a la del hormigón monolítico, el ladrillo cerámico macizo y el adobe (Volhard, 2016).
- Regularn naturalmente la humedad del aire alojado en los ambientes interiores, lo cual presenta significativas ventajas en cuanto al consumo energético destinado al mantenimiento de la construcción y al confort de los habitantes.
- Pueden emplearse para construir muros tanto de cerramiento como portantes, interiores y exteriores (Cabrera et al., 2020).
- Una de las principales características de la producción de BTC es su posibilidad de escalado, pudiendo ser fabricados en emprendimientos de muy pequeña escala y en grandes fábricas con altos grados de automatismos, superando los 2.500 BTC/día (Benvenuto et al., 2019; Butynsky et al., 2017).

1.2 La tecnología del BTC en Argentina

El desarrollo técnico de la construcción con BTC en Argentina cuenta con una larga trayectoria. Sin embargo, su empleo se intensificó durante los años 80, motivado por el inicio de su investigación en ámbitos científicos y académicos, y su utilización en la construcción de viviendas rurales y suburbanas - muchas de ellas por la metodología de autoconstrucción - impulsadas por organismos estatales (Dorado et al., 2019). Actualmente en Argentina, las obras construidas con BTC incluyen barrios de vivienda FONAVI (construidos con financiamiento estatal del Fondo Nacional de la Vivienda), viviendas particulares y financiadas por créditos del programa PROCREAR, edificios destinados a la prestación de servicios de todo tipo (salones comunitarios, centros culturales, museos, puestos de salud, oficinas, depósitos, escuelas) y edificios turísticos como cabañas, posadas, y hoteles.

En los últimos años se han explorado en el país diversas mejoras e innovaciones tecnológicas vinculadas a la producción y uso del BTC: en la elaboración de los elementos constructivos, en los procesos de producción y en las formas de organización de las unidades productivas avocadas a la tarea. Estas actividades se articulan principalmente en los centros universitarios de Santa Fe, Buenos Aires, San Juan, Tucumán y Salta, donde se dedica esfuerzo a su estudio y posible normalización de esta tecnología. Estos antecedentes han recibido aportes sustanciales de la experiencia práctica de profesionales, pequeños y grandes comerciantes y constructores que utilizan esta tecnología (Dorado et al., 2019). Debe remarcar, además, la creciente industrialización de esta tecnología en lo que respecta a las plantas de producción, existiendo actualmente en el país al menos 3 plantas

con capacidad para producir más de 1.000 BTC/día (Benvenuto et al., 2019), equipadas con prensas de accionamiento hidráulico semiautomáticas y equipos auxiliares completamente mecanizados: mezcladoras, zarandas, moledoras, cintas transportadoras y autoelevadores.

1.3 Problemática detectada

A pesar de estos antecedentes, actualmente en Argentina esta tecnología presenta una baja aceptación, utilización y demanda. Tras la realización del 1° Encuentro Nacional de BTCeros, realizado en 2017 en la ciudad de Santa Fe por el Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra “Tierra Firme” (González et al., 2020), el contacto estrecho con productores, constructores, desarrolladores inmobiliarios y fabricantes de equipos vinculados con la tecnología del BTC posibilitó identificar un común denominador a los problemas del sector: la falta de difusión de las actividades llevadas a cabo por los diferentes actores involucrados y su falta de articulación.

2 OBJETIVOS

En función de la baja utilización y el desconocimiento de este tipo de bloques en el sector de la construcción en Argentina, desde el Grupo Tierra Firme de la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, (FRSF-UTN), se propone aportar a la difusión e interconexión entre los diferentes actores involucrados en la cadena productiva y comercial del BTC. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y contactar a los diferentes actores involucrados en la técnica del BTC en Argentina.
- Clasificar en categorías las diferentes actividades realizadas por los actores identificados.
- Volcar la información recopilada en un “Mapa Interactivo de BTCeros en Argentina”.
- Difundir el “Mapa Interactivo” entre los diferentes actores para “hacerlo crecer”.
- Actualizar de manera permanente la información sistematizada.

3 METODOLOGÍA

Para llevar adelante el objetivo propuesto, se procedió a identificar los diferentes agentes involucrados en la cadena productiva del BTC, identificando la actividad particular que desarrollan dentro del sector. Para ello, se compartió un formulario online a través de diferentes grupos de *WhatsApp* vinculados a la bioconstrucción y la producción de materiales sustentables, destacándose entre ellos el grupo LADRIARG, promovido por un fabricante y vendedor de prensas. Este grupo de difusión específico sobre esta técnica del BTC cuenta en la actualidad con aproximadamente 250 integrantes de todo el país y de Latinoamérica. Además, se solicitó información sobre actores involucrados en la producción de BTC en Argentina a los miembros de la Red Argentina de Construcción con Tierra PROTIERRA¹, aplicando la técnica de “bola de nieve” (Gutiérrez Lozano; 2021). Finalmente, se consultaron fuentes web de sitios comerciales.

Esta recopilación inicial permitió conocer y elaborar una base de datos de actores involucrados en el desarrollo de esta tecnología y establecer cuatro categorías de agrupamiento, a saber:

- Productores: actores dedicados a la fabricación y venta de BTC.
- Constructores: agentes abocados a la construcción con BTC
- Fabricantes de equipos: actores que fabrican y venden prensas y equipos auxiliares para la producción de BTC.

¹ <http://redprotierra.com.ar/>

- Laboratorios e instituciones de apoyo y asesoramiento: centros de investigación abocados a la investigación y realización de ensayos sobre BTC.

A continuación, se contactó de manera telefónica a cada uno de los interesados en participar del Mapa Interactivo, solicitándoles la información de contacto que puede apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1: Datos de contacto relevados a cada actor vinculado con la tecnología del BTC.

Datos de contacto	
Nombre	De la persona y/o de la empresa
Ubicación	Lugar donde desarrolla la actividad, Ciudad y Provincia
Teléfono de contacto	N° de teléfono y/o WhatsApp
Página Web	Dirección en Internet
Redes Sociales	Facebook, Instagram, YouTube
Correo electrónico	Hotmail, Gmail
Rubro	Fabricante, Constructor, Fabricante de equipos, Centro I+D
Forma de contacto establecida	¿Cómo se lo contacto?
¿Actualmente está en actividad?	Activo - Inactivo
Fotos	Que envíe 10 o más fotos de su actividad

De manera paralela al relevamiento de actores involucrados en la producción de BTC, se realizó un relevamiento de obras construidas con este tipo de bloques, aprovechando para ello la experiencia y contactos de los integrantes del Grupo Tierra Firme.

4 RESULTADOS

4.1 Mapa interactivo de BTC

Se desarrolló un mapa interactivo empleando la herramienta *Google My Maps*. Ésta la plataforma fue elegida por su posibilidad de adaptación a cualquier dispositivo móvil, por no requerir de almacenamiento en dispositivos propios ni la descarga de ningún aplicativo o extensión; sumando a esto el sencillo método de carga de datos y visualización. Además, mediante los “permisos” se puede restringir la edición del mapa, lo que permite que usuarios sean los editores del mapa o centralizar la tarea en un editor general, a quien corresponderá moderar y administrar el contenido.

Los puntos en el mapa fueron asignados en cinco capas que pueden activarse o desactivarse en función del tipo de la información requerida: Fabricantes de equipos, Productores, Constructores, Venta de equipos, Laboratorios, Obras Construidas. Además, pueden filtrarse los emprendimientos en función de su nivel de actividad, “desactivándose” los emprendimientos actualmente inactivos.

Finalmente, el *Mapa Interactivo de BTCeros de Argentina* puede visualizarse a través del Google Maps².

Evaluando la distribución por provincia de los actores incluidos en el mapa (tabla 2) puede apreciarse cómo en las provincias de Córdoba y Santa Fe, Buenos Aires y Tucumán se encuentra la mayor densidad de agentes vinculados a esta tecnología; contando todas ellas con fabricantes de bloques, constructores, fabricantes de equipos e institutos de investigación.

² https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1QRjymuEk44S9d_p7_unFoWt_-aFWLK9l&usp=sharing

Es importante mencionar que todos los actores vinculados a la producción de BTC también fueron incluidos en la categoría “constructores” ya que no se detectó ningún emprendimiento abocado únicamente a la fabricación y venta. Finalmente, en la tabla 3 se indica el porcentaje de actores incluidos en cada categoría, predominando el rubro productores y constructores.

Tabla 2: Distribución por provincia de los 39 actores incluidos en el mapa

Provincia	Cantidad	% de participación
Córdoba	8	21%
Santa Fe	9	23%
Buenos Aires	7	18%
Tucumán	4	10%
Entre Ríos	3	8%
La Rioja	2	5%
Salta	2	5%
Chaco	1	3%
Corrientes	1	3%
La Pampa	1	3%
Santiago del Estero	1	3%

Tabla 3: Distribución por rubro de los 39 actores incluidos en el mapa

Rubro	Cantidad	% de participación
Productores y constructores	28	72%
Laboratorios e instituciones de apoyo y asesoramiento	6	15%
Venta de equipos	5	13%
Obras construidas	27	-

En las figuras 1, 2 y 3 pueden apreciarse los diferentes actores relevados e incorporados al mapa con sus correspondientes categorías de inclusión, como así también la información asignada a cada uno de ellos (tabla 1), además de diversas obras construidas con BTC incluidas en el mapa.

Finalmente, en los Anexos I y II se incluyen las tablas con la totalidad de los datos relevados e incluidos al mapa al día de la fecha (septiembre de 2021).

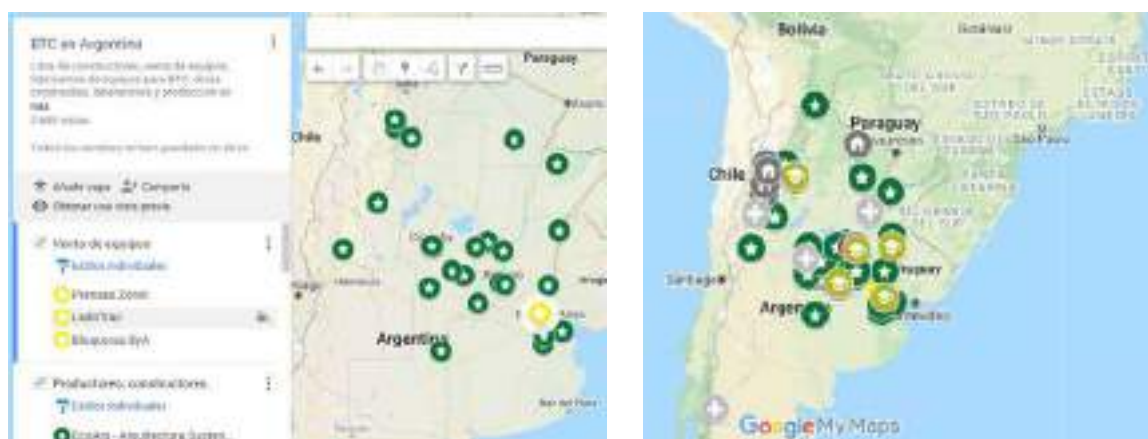


Figura 1. Puntos incluidos en el mapa de BTCeros de Argentina



Figura 2. Galería de fotos e información incluida en cada punto del mapa de BTceros



Figura 3. Ejemplo de la galería de fotos e información incluida en cada punto del mapa de BTceros

4.2 Utilización del mapa interactivo

Para ejemplificar las potencialidades del mapa interactivo, se comentan cuatro situaciones específicas detectadas por el Grupo Tierra Firme que pudieron solucionarse mediante la utilización del mapa interactivo, sirviendo así mismo para ampliar la base de datos que lo alimenta:

- A principios del año 2021 un empresario de la construcción radicado en la ciudad de Bariloche (Río Negro) solicita al Grupo Tierra Firme, con sede en la ciudad de Santa Fe (a más de 1.700 km de distancia), la realización de ensayos para la caracterización de la tierra disponible Bariloche y la evaluación de su aptitud para ser empleada en la fabricación de BTC. Además, solicito información sobre posibles fabricantes y vendedores de prensas y equipos auxiliares para la fabricación de estos bloques, ya que, según informó, no resultó posible encontrar dicha información - confiable y actualizada - en internet.
- Durante la confección de un proyecto para la construcción de viviendas con BTC financiadas por el estado en la Provincia de Santa Fe, luego de planificar y cotizar la compra de los BTC en una fábrica emplazada 250 km del lugar donde se ejecutarán las

obras, se detectó que a menos de 30 km de la ciudad existe una fábrica abocada a la producción de estos bloques, activa desde hace ya 3 años.

- Buscando fabricantes de prensas y equipos auxiliares para la producción de BTC, en el año 2019, integrantes del Grupo Tierra Firme detectaron que actualmente coexisten en una misma ciudad de la provincia de Córdoba dos fabricantes de equipos con más de 10 años de trayectoria cada uno.
- Durante el dictado de un curso específico sobre BTC en la Provincia de Entre Ríos en el año 2019, se detectó que en dicha provincia existían al menos dos emprendimientos abocados a la fabricación y construcción con BTC.

5 CONCLUSIONES

El relevamiento realizado por el Grupo Tierra Firme de la FRSF-UTN indicó que actualmente en Argentina existen numerosos emprendimientos de variada envergadura y nivel de desarrollo abocados a la fabricación y construcción con BTC, distribuidos en todo el territorio nacional con excepción de las regiones patagónica y cuyana. En lo que respecta a la fabricación y comercialización de prensas y equipos auxiliares para la producción de estos bloques (moledoras de tierra, zarandas y mezcladoras) existen cinco empresas metalúrgicas abocadas a la tarea, las cuales se encuentran radicadas en las provincias de Tucumán, Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires.

En lo que respecta a la utilidad del mapa, diversos intercambios realizados con productores y constructores, en su mayoría principiantes, indican que los datos incluidos en él resultan ser de gran utilidad a la hora de recabar información sobre esta tecnología, principalmente en lo que respecta a la localización de proveedores, emprendimientos de envergadura similar (que permitan comparar procesos productivos y preciso de venta) y particularmente a instituciones en las que puedan realizarse de laboratorio que permitan validar la calidad de los elementos producidos.

Puede concluirse que la herramienta virtual desarrollada es útil para la comunicación entre los diversos actores de la tecnología del BTC en Argentina, reforzando y creando nuevos lazos entre los productores de bloques, fabricantes de equipos, constructores de viviendas, laboratorios y nuevos emprendedores que quieran iniciarse en este ámbito; siendo además una herramienta de gran utilidad para aquellos emprendedores o particulares que quieran incursionar en esta tecnología, quienes pueden consultarlo como fuente de información. Finalmente debe remarcarse el hecho que la herramienta se mantiene en permanente crecimiento, sumando nuevos actores y actualizando la información de los ya cargados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángulo Jaramillo, D. E.; Carreño Carry, A. (2017). El bloque de tierra comprimido o BTC. Una alternativa de construcción para la arquitectura contemporánea. NODO, 12(23), 31–37. <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/655>
- Aubert, J. E.; Fabbri, A.; Morel, J. C.; Maillard, P. (2013). An earth block with a compressive strength higher than 45 MPa! Construction and Building Materials, 47, 366–369. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.068>
- Benvenuto, C.; Darrás, G.; Cabrera, S.; González, A. (2019). Analisis de una unidad productiva para la fabricacion industrializada de bloques de tierra comprimida (BTC). Seminario Iberoamericano deArquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p.292-301.
- Butynsky, E.; Díaz Belzunegui, F.; Lloret, L. (2017). Producción de bloques eco modulares suelo cemento en Argentina. Estudio de pre-factibilidad. Universidad Tecnológica Nacional.
- Cabrera, S.; González, A.; Rotondaro, R. (2020). Resistencia a compresión en bloques de tierra comprimida. Comparación entre diferentes métodos de ensayo. Informes de La Construcción, 72(560). <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.70462>

Dorado, P.; Cabrera, S.; Barrozo, G.; Rolón, G. (2019). Problemáticas asociadas al desarrollo de la tecnología de construcción con BTC en Argentina. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p.590-603

González, A., Cabrera, S., Losa N. (2020). Investigación y desarrollo para el mejoramiento en la producción de BTC: 1º Congreso Nacional BTCeros. Construcción con Tierra, 9, 31–38. <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/construccioncointierra/article/view/1002>

Fontaine, L.; Agner, R. (2009). Batir en terre. Du grain de sable à l'architecture. BELIN.

Gutiérrez Lozano, J. F. (2021). La metodología cualitativa para el estudio de la recepción televisiva entre las audiencias españolas emigradas, Comunicación y Métodos, 3 (2021) 67-83. <https://doi.org/10.35951/v3i1.104>

Houben, H.; Guillaud, H. (2006). Traité de construction en terre (Edición Pa). Craterre - Parentèses.

Roux Gutierrez, R. S.; García Izaguirre, V. M.; Espuna Mujica, J. A. (2015). Los materiales alternativos estabilizados y su impacto ambiental. Nova Scientia, 7(13), 243–266.

Salas Serrano, J. (coord.) (1995). Habiterre, exposición Iberoamericana de construcción con tierra. Colombia: CYTED/Escala.

Vázquez Espi, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. Informes de La Construcción, 52(471), 29–43. <https://doi.org/10.3989/ic>

Volhard, F. (2016). Construire en terre allégée. Francia: Actes Sud/Craterre.

AUTORES

Santiago Cabrera, Ing. Civil, doctorando en Ingeniería, mención Ing. Industrial. Becario CONICET. Docente investigador abocado a las técnicas constructivas en tierra, con énfasis en los bloques de tierra comprimida. Actualmente desempeña sus actividades laborales en el Laboratorio de Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil en FRSF – UTN.

Ariel González, Ing. en Construcciones, Mg. en Metodología de la Investigación. Docente investigador de la FRSF – UTN. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONG que abordan el tema hábitat urbano y rural y técnicas constructivas con tierra; capacitado en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Santiago Noguera: Técnico Constructor Nacional, estudiante avanzado de ingeniería civil en la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.

ANEXO I: OBRAS CONSTRUIDAS CON BTC INCLUIDAS EN EL MAPA INTERACTIVO

OBRA	UBICACIÓN	ESTADO	AÑO DE CONST.	FINANCIAMIENTO	CONSTRUCTOR	CONTACTO (constructor)
Escuela Secundaria N°39	Antofagasta de la Sierra - Catamarca	En pie	2011	Programa Nacional Mas Escuelas II - Préstamo BID 2424	Huasi Construcciones S.R.L. (Contratista)	Teléfono: +543834441171
Escuela Especial N° 3	RN60, Tinogasta - Catamarca	En pie	-	Programa Nacional Mas Escuelas II - Préstamo BID 2424	Hormicat S.A. (Contratista)	Email: info@hormicat.com.ar Teléfono: 3834-603055
Jardín de Infantes N° 31	El Peñon - Catamarca	En pie	-	Programa Nacional Plan de Obras - Ministerio de Educación de la Nación	ITALCA S.R.L. (Contratista)	Teléfono: 0383 452-1429
Escuela Primaria N° 299	Tatón - Catamarca	En pie	-	Programa Nacional Plan de Obras - Ministerio de Educación de la Nación	Huasi Construcciones S.R.L. (Contratista)	Teléfono: +543834441171
Escuela Secundaria Rural N° 27	El Peñon - Catamarca	En pie	2020	Empresa Minera Galaxy Lithium - Responsabilidad social Empresarial	DIMEN S.R.L. (Contratista)	-
Vivienda	Las Lomitas - Formosa	En pie	-	Fondo Privado	Obra construida por privado	-
Sede Cooperativa Teko	Calle 64, Arroyo Leyes - Santa Fe	En Pie	-	ProCreAr	Cooperativa Teko	Email: cooperativateko@gmail.com Teléfono: 0342 - 154456783
Vivienda Privada	Calle 18, Arroyo Leyes - Santa Fe	En pie	2009	ProCreAr	Cooperativa Teko; Quique	Email: cooperativateko@gmail.com Teléfono: 0342 - 154456783
Vivienda Privada	Calle Coronadae, Colastiné Norte - Santa Fe	En pie	2016	ProCreAr	Obra construida por privado	-
Vivienda Privada	Calle Laprida, Arroyo Aguair - Santa Fe	En pie	2017	Fondo privado	Obra construida por Privado.	-
Ampliación de Fabrica GS Block	Egusquiza - Santa Fe	En pie	-	Fondo propio	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Laboratorio GS Block	Egusquiza - Santa Fe	En pie	-	Fondo propio	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Vivienda Privada - Revestimiento exterior	Egusquiza - Santa Fe	En pie	-	Fondo privado	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Vivienda privada - Ampliación	Lincoln 696, Rafaela - Santa Fe	En construcción	-	Fondo Privado	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Vivienda privada - Proyecto completo	Pavetti s/n, Presidente Roca - Santa Fe	En construcción	-	Fondo privado	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Vivienda privada - Ampliación	M. Quiroz 1243, Rafaela - Santa Fe	En construcción	-	Fondo Privado	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Complejo de viviendas - Proyecto Nuevo	500 Millas Argentinas 242, Rafaela - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo propio	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
2 Viviendas - Proyecto Nuevo	Lorenzatti 678, Rafaela - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo propio	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
2 Viviendas - Proyecto Nuevo	Los Sauces 140, Bella Italia - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo propio	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Centro de salud SAMCo - Ampliación	Egusquiza - Santa Fe	En pie	2019	-	GS Block	Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834 Wsp: (3492) 518204
Vivienda privada - Proyecto completo	Lavalle y Brasil, San Eduardo - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo Privado	EcoBricks Construcciones	Email: ecobricksconstrucciones@gmail.com Teléfono/Wsp: (3462) 622447
Vivienda Privada - Proyecto completo	Valle de Anisacate - Cordoba	En construcción	2021	Fondo Privado	Ecoblock	Web: https://ecoblockba.com.ar/ Teléfono/Wsp: (351) 156 000-149
Vivienda privada - Proyecto completo	Valle del Golf, Malagueño - Cordoba	En pie	2017	Fondo privado	Ecoblock	Web: https://ecoblockba.com.ar/ Teléfono/Wsp: (351) 156 000-149
Vivienda privada - Proyecto completo	Colonia Tirolesa - Cordoba	En construcción	2021	Fondo privado	Ecoblock	Web: https://ecoblockba.com.ar/ Teléfono/Wsp: (351) 156 000-149
Vivienda privada - Proyecto completo	Villa Catalina, Rio Ceballos - Cordoba	En pie	2019	Fondo privado	Ecoblock	Web: https://ecoblockba.com.ar/ Teléfono/Wsp: (351) 156 000-149
Vivienda privada - Proyecto completo	Roldan - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo privado	Bramaraz	Teléfono: +54 9 3412 52 24 11 Email: info@bramaraz.com Web: http://www.bramaraz.com/
Vivienda privada - Proyecto completo	Toma de Agua Colastine - Santa Fe	En construcción	2021	Fondo privado	O y E Ingeniería. Proyecto: Grupo Tierra Firme	Proveedor de BTC Email: info@gsblock.com.ar Teléfono: (03492) 421834

ANEXO II: DATOS DE PRODUCTORES, CONSTRUCTORES Y FABRICANTES DE EQUIPOS

APELLIDO	NOMBRE	EMPRESA	DIRECCIÓN	LOCALIDAD	PROVINCIA	RUBRO	ESTADO	CONTACTO
AGUIRRE	CARLOS	EcoArq - Arquitectura Sustentable	Zona rural	Colalao del Valle	Tucumán	Productor, constructor	ACTIVO	381 300-7638
JAIME	NESTOR	Eco - Ladrillo	Juarez 359	Cañuelas	Buenos Aires	Productor. constructor	ACTIVO	11 5729-4236
DORENA	LUIS	Eco - Berisso	Buenos Aires 1133, Berisso	la Plata	Buenos Aires	Productor, constructor	ACTIVO	221 436-6427
PETRI	DAMIAN	EcoBlock - Ladrillos Ecológicos	-	Villa Retiro	Córdoba	Productor, constructor	ACTIVO	351 600-0149
FARIAS	JORGE	Ladrillos Ecológicos El Bajo	Pasaje Calchines 1528	Villa Urquiza	Tucumán	Productor. constructor	ACTIVO	381 576-9146
SPAGGIARI	-	GS Block	Jorge Newbery 244	Rafaela / Egusquiza	Santa Fe	Productor de bloques y constructor	ACTIVO	(3492) 518204
SANTA CRUZ	PATRICIA	Prensas Zonni	José Manuel Estada 2712	Rio Cuarto	Córdoba	Venta de equipos y moldes	ACTIVO	358 4242-459
BAKER	ALEJANDRO	EcoBrick	-	Santa Fe	Santa Fe	Productor y venta de prensas	DETENIDO	342 614-4120
GARCÍA	ESTEBAN	-	Joaquín V. González 250	Villa Unión	la Rioja	Desarrollador inmobiliario	DETENIDO	386 848-0202
-	-	Bloqueras Falu	Sucre 60	Florencio Varela	Buenos Aires	Venta de equipos y moldes	ACTIVO	011 5612-2451
CAZES	JAVIER	Eco 3 Ingeniería	-	Esperanza	Santa Fe	Productor y venta de prensas	ACTIVO	342 631-7350
PANOZZO	JONATAN	Eco Ladrillo	Jerónimo Luis de Cabrera 500	Embalse	Córdoba	Productor y venta de prensas	DETENIDO	351 635-8998
MOINE	JERONIMO	-	-	Chajari	Entre Ríos	Productor, constructor	DETENIDO	345 640-0741
MACIELO	MAURICIO	Bramaraz	Correa 530	Roldán	Santa Fe	Productor. constructor	ACTIVO	341 252-2411
CISNEROS	JORGE	-	-	Valles Calchaquies	Salta	Productor, constructor	DETENIDO	381 552-1627
GOMEZ	NICOLÁS	EcoConstructor	-	Salvador Mazza	Salta	Productor, constructor	DETENIDO	387 357-5781
ESCOBAR	EDGARDO	Infotec Riojana	-	La Rioja	La Rioja	Productor. constructor	DETENIDO	380 480-0734
VICENS	PAMELA	-	-	San Pedro	Buenos Aires	Interesada en Producir BTC	INICIANDO	332 951-1502
LLUG DAR	NAHUEL	-	-	La Banda	Santiago del Estero	Interesado en construir con BTC	INICIANDO	381-6011885
RICO	NICOLÁS	-	-	San Cristobal	Santa Fe	Interesado en producir y vender BTC	INICIANDO	340 867-1099
MARCIESE	RICARDO	LadriTrac	Matheu 1070	Campana	Buenos Aires	Venta de equipos y moldes	ACTIVO	1531662303
VALLEJO	LUCAS	Eco valle	Santiago del Estero 315	Quitilipi	Chaco	Productor, constructor	ACTIVO	364 441-4988
Coop. Los del Fondo Ltda.	-	Ladrillos ecologicos Rosario	-	Rosario	Santa Fe	Productor, constructor	ACTIVO	-
DIVOTTI	JUAN	Ladrillos Ecológicos La Primera	Alta Gracia 5186	Alta Gracia	Córdoba	Productor, constructor	ACTIVO	03547 59-3173
PÁEZ	ALBERTO	Bloqueras ByA	Darwin Passaponti 6002	Moreno	Buenos Aires	Venta de equipos y moldes	ACTIVO	1151324416
FARIÑA	CLAUDIO	Eco Tec Advance	10 de Junio 1977	Gualectuaychu	Entre Ríos	Productor, constructor	ACTIVO	3446515177
-	-	CRIATIC	Av. Kichner (ex Av. Roca) 1900	San Miguel de Tucumán	Tucumán	Laboratorio	ACTIVO	0381 436-4093
-	-	Construirtre Soluciones	Diego de Torres 721	Córdoba	Córdoba	Productor. constructor	ACTIVO	0351 384-9409
-	-	LEME	Frias Silva 1000	San Miguel de Tucumán	Tucumán	Laboratorio	ACTIVO	381 464 0350
OLIVA	EMLIANO ARIEL	ANUN Ladrillos Ecológicos	Calle 221 esquina 264	General Pico	La Pampa	Productor, constructor	INICIANDO	2302558762
COCCHIARALE	CRISTIAN	INTI	Parque Tecnológico Miguelete. N° 33	San Martín	Buenos Aires	Laboratorio	ACTIVO	011 47246200
REGIS	GABRIEL	EcoBricks Construcciones	Presidente Perón 1150	Venado Tuerto	Santa Fe	Productor, constructor	ACTIVO	034262 62-2447
SPAHN	-	Grupo Spahn	Europa 6835	Santa Fe	Santa Fe	Productor, constructor	ACTIVO	0342 489-7878
CARDOZO	NICOLAS	GROWCO Constructora Sustentable	Alberdi 766	Villa María	Córdoba	Productor, constructor	ACTIVO	0353-4270956
OLMOS	DARIO	Olmos Constructora Inmobiliaria	Maestro Bianchi 63	Bell Ville	Córdoba	Productor, constructor	ACTIVO	03537-15670095
ZARNICHNWOSKY	CARLOS MARCELO	Eco del Norte	Zona rural	Manantiales Mburucuyá	Corrientes	Productor, constructor	ACTIVO	3624548540
PABLO DANIEL	OTTO	-	Zona rural	Nogoyá	Entre Ríos	Interesado en producir y vender BTC	INICIANDO	1165855895
GALLARDO	PATRICIO	Ladrillos Modula	Dean Funes 2523	Córdoba	Córdoba	Productor, constructor	ACTIVO	3513194779
-	-	Bramaraz - Planta Villa Gdor. Galvez	-	Villa Gdor. Galvez	Santa Fe	Productor, constructor	ACTIVO	5493412522411

PROGRAMA DE FORMACIÓN DE BIOARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA “DIALOGANDO CON LA TIERRA”

Lucia Esperanza Garzón

Instituciones: Escuela de vida / Dialogando con la tierra y Escuela Radical (México), luciagarzon@gmail.com

Palabras clave: transferencia tecnológica, bioconstrucción, técnicas de construcción, arquitectura sostenible, ciencia abierta

Resumen

La situación de pandemia mundial condujo a reflexionar aspectos profundos de la sociedad contemporánea y estímulo a cambios de vida, generando transformaciones profundas sobre los aspectos de la sostenibilidad. Esta crisis con el confinamiento global, visibilizó la necesidad de cambiar patrones de convivencia en el campo y la ciudad y con ello, de paradigmas, buscar alternativas para hábitats más saludables, que hoy se reflejan en una nueva producción, intercambio y consumo de una prioritaria necesidad como lo es la vivienda, incluso se requiere la expresión de otra arquitectura, y es aquí donde la educación juega un nuevo papel y motiva a explorar otras formas de abordar la bioarquitectura. A nivel global esto despertó en algunos nichos de la población el deseo de retornar al origen que permite la reconexión con la tierra y retomar a una vida más sana, incluyendo un hábitat integral con una visión holística de frente al cambio climático, para asumir el presente. Profesionalmente este periodo de confinamiento nos llevó como sociedad a agilizar el uso y aplicar las técnicas de información y comunicación (TIC) y fue casi el único mecanismo de interacción social, que movilizó la economía, incluso se convirtió en la alternativa para continuar la formación y la educación a diferentes niveles. Esta motivación abrió nuevos espacios para colectivizar el capital social y particular acumulado de la bioarquitectura con la experiencia profesional, y de esta manera se generó el programa de bioarquitectura online, que se definió en unos módulos temáticos, cuyo centro es la eco-sostenibilidad como eje para hacer la transferencia tecnológica estructurando el programa de formación virtual de bioarquitectura y construcción con tierra desde el 2020, que ahora hace un giro para convertirse en una escuela de bioarquitectura y de vida.

1. INTRODUCCIÓN

La situación de pandemia mundial con el covid-19 generó cambios en la sociedad global contemporánea, motivando a transformaciones profundas que promuevan una nueva forma de vida, donde se evidenció la importancia de vivir sanamente hacia la reconexión con la tierra integralmente y en todos los aspectos, incluyendo el hábitat holístico y especialmente saludable. Como profesional con experiencia de tres décadas en la construcción con tierra y otros materiales naturales, en constante reflexión ante esta difícil transición civilizatoria, afloró internamente la necesidad interior de colectivizar los conocimientos y compartir socialmente un camino, para promover colectivamente la bioarquitectura como otra forma de asumir la vida y que hoy, exaltando la “vivenciología” como motor del programa de formación, integra diversidad de miradas dentro de la visión biocéntrica. La Escuela surge como resultado social de la crisis global y como exploración humana y colectiva, encontrar espacios donde poder alimentar temas profundos del ser con soluciones para hábitats dignos y ecológicos.

Este momento histórico ha evidenciado muchos aspectos de la frágil estabilidad social del sistema socioeconómico, donde la producción, consumo, intercambio y servicios están transformando la sociedad, e incluso ha modificado la comprensión del mundo que se está proyectando con innovadoras formas de educación y formación para las generaciones que vienen. Es así que también la academia y la formación del arquitecto merecen ser evaluadas en búsqueda de nuevas propuestas que integren con otra conciencia el servicio de ofrecer soluciones al hábitat. Paralelamente el aprovechamiento de las redes sociales, se posicionó

ya que han sido una alternativa también para la educación, la recreación en incluso para el uso del tiempo libre (ocio) que está transformando nuestros comportamientos humanos como consecuencia del difícil confinamiento.

Esta propuesta no ajena a estos cambios surgió de forma online desde julio del año 2020, en alianza y apoyo con una escuela de formación en arquitectura, registrada como Escuela Radical, del Ministerio de educación en México y cuyos principios y visión son compatibles con la ciencia abierta, como movimiento busca la apertura de la investigación científica – con nuevos métodos e instrumentos, para beneficio de toda la sociedad y son un medio capaz de articular y dinamizar las políticas de ciencia, tecnología e Innovación.

Este primer programa online denominado “Bioarquitectura y Construcción con Tierra” estuvo dirigido abiertamente a un público conectado por las redes y donde se aprovecharon las TIC; se convocó por el medio virtual y los interesados han sido personas de diversos lugares del planeta, cuyo común denominador es la búsqueda de otras formas de habitar, motivados por retornar al campo que desean aprender a construir y autogestionar su vivienda de forma más independiente de los sistemas convencionales, con una conciencia de la arquitectura sostenible para obtener un producto más holístico y respetuoso con el entorno.

Durante estos casi dos años de pandemia y confinamiento se ha venido fortaleciendo la propuesta pedagógica y se han realizado ya cuatro experiencias trimestrales y semestrales, que han permitido conocer, un exploratorio que genere una carta de navegación para la formación y de esta forma, ofrecer soluciones para diversos grupos, países, propuestas metodológicas y niveles de conocimientos, que conformo la visión de la “Escuela de vida: Dialogando con la tierra”.

El programa de la Escuela de Vida está dirigido a un público diverso, no tiene restricciones de edad, ni de formación, los participantes convergen por principios y valores eco sostenibles y siguen su intuición e interés por vivir y construir sus vidas con una arquitectura viva y reconectada con la tierra, donde la casa hace parte del proceso de crecimiento del ser en el hacer, y donde el hacer, hace crecer el ser.

Dentro de este proceso pedagógico y después del último trimestre del 2021, donde se retoman los talleres presenciales, que son consecuencia de dos décadas de ejercicio profesional y que han sido realizados como una metodología pedagógica de “aprender haciendo” y que promueve el oficio noble de la construcción con tierra y de forma particular también esta inmersa en principios filosóficos y epistemológicos, generada por el método deductivo que hoy se ofrece como “tecnosofía” (técnicas sociales para la sabiduría) que son el resultado del proceso relacional con el ser y el entorno, por ser una necesidad personal y social revitalizadora.

El proceso de formación online, permite “tejer” la comunidad virtual y convocar a los interesados, retornar al sentido colectivo que implica el trabajo de “construir la casa”, pues “Uno es la casa y la casa es uno mismo”, donde se fundamenta, se cimenta, se envuelve, se cubre, se instala y se habita.

Como de principios de la Escuela de Vida al integrar la construcción del ser en el hacer para de esta forma trascender la tecnocracia y para construir comunidades autogestionadas que en comunión aporten al crecimiento social y se enraícen en los territorios con la memoria originaria del pensamiento latinoamericano.

Es así que en esta búsqueda metodológica se ha consolidado el equipo profesional multidisciplinario con arquitecto, antropólogo, matemático, tecnólogo de bambú, diseñador industrial y fotógrafo. En este momento del año 2021, nace y se consolida la Escuela de Vida: Dialogando con la Tierra.

En primera instancia se gestó el Programa online de bioarquitectura y construcción con tierra, que convocó globalmente interesados y personas motivadas por la bioconstrucción, profesionales de la arquitectura y la ingeniería, y público en general.

El programa trascendió el espacio académico y pretende realizar otra forma de compartir el conocimiento, con el objetivo de sensibilizar, crear confianza en la construcción con tierra, transferir tecnología de forma horizontal y acompañar la realización de proyectos de los interesados con una nueva filosofía de vida, promoviendo el trabajo en equipo (mingas) y asumir la arquitectura desde la transdisciplinariedad, estimulando la construcción de nuevos vínculos humanos y abordar el error de la visión antropocéntrica, con el fin de promover un compromiso ético y ecológico.

Surge entonces el reto de como transferir este bagaje y experiencia profesional, crear las estrategias pedagógicas y metodológicas para relacionar los sistemas constructivos, con las diversas técnicas de la construcción con tierra, haciendo énfasis en el desarrollo e innovación tecnológica, compartir los avances científicos que promuevan en los participantes un mayor interés y conciencia por la ecología de la construcción, estimular la creatividad, ser pertinente al contexto latinoamericano y promover una nueva educación de valores que hoy requiere la sociedad y ojala se manifieste en el trabajo cooperativo, así como fusionar la teoría y la práctica y que la experiencia se convierta en un laboratorio permanente en lo social y en lo pedagógico.

Todas estas premisas debían estar integradas en la propuesta del programa pedagógico online, que ahora se transforma mixto y presencial para ofrecer una formación con currículo abierto y que busca formar nuevos seres humanos reconectados a la tierra!

2. PRINCIPIOS

Con los recursos tecnológicos en tiempo de pandemia, este programa de formación buscó:

- Promover una visión biocéntrica, científica y *glocal* de la arquitectura y la construcción con tierra.
- Vincular las TIC, con la formación de los profesionales del gremio, así como de los bioconstructores y personas interesadas, todo con el fin de establecer un nuevo diálogo en la enseñanza y aprendizaje, motivar a un nicho social emergente de bioconstructores, que, por el momento histórico, viene despertado para desarrollar otra forma en la producción social del hábitat.
- Las TIC brindan un mayor acceso a la información, logrando que las personas interesadas en la arquitectura con tierra, accedan y se popularice la información, con criterios que promuevan la comunicación, interacción, creando redes humanas sin importar la distancia, al ver y oír situaciones que ocurren en muchos lugares del globo e incluso realizar actividades prácticas en colectivos de forma virtual.
- Desarrollar con los participantes habilidades técnicas con criterio holístico y construir con los alumnos algunos principios y conceptos arquitectónicos comprensibles para todos, que permitan adquirir conocimientos tangibles y aplicables y entre todos comenzar a crear una ciencia colectiva, explorando soluciones a partir de la necesidad fundamental que es la vivienda.
- Sensibilizar y construir confianza en la arquitectura con tierra, que exige un cambio de interacción, forma integralmente, pero con respuesta a ideas concisas, promueve el dialogo para realizar proyectos en equipo, aprender con el cuerpo al expresar las prácticas en modelos a escala que permite construir vínculos que promueven el compromiso ético y ecológico de los participantes.

3. OBJETIVOS

Estimular la construcción colectiva de pensamiento transformador, enfocado a la solución de proyectos arquitectónicos: integrando diversos ámbitos y disciplinas, exaltando valores como la solidaridad y participación ciudadanía, a través de la construcción del conocimiento aplicado al ser y a la producción social del hábitat, y creando un espacio para brindar el empoderamiento para la realización personal.

Construir una concepción educativa que propugne por comprender las lógicas, desde la cultura científica, y la filosofía del pensamiento latinoamericano, entendido esto como un conocimiento fundamentado en los valores y actos humanos propios de la actividad vivencial de la cultura, como búsqueda de la verdad, la libertad y el disenso, la tolerancia y el respeto a la originalidad, desde un pensamiento independiente.

Ofrecer herramientas prácticas y científicas a los arquitectos y los bio-constructores para experimentar una formación integral con el objeto de realizar proyectos arquitectónicos y constructivos de menor impacto ambiental, en equipos competentes, con recursos locales y naturales, donde se dimensione la tierra como un potencial material.

Estimular desde un plan de estudio lúdico el pensar, proyectar, crear, hacer y transformar la arquitectura con tierra en el contexto latinoamericano, exaltando la intuición y complementando lo científico.

4. RECURSOS TECNOLÓGICOS Y MOMENTO HISTÓRICO

Como recurso tecnológico, el cerebro y la cultura en estos momentos de confinamiento mundial del siglo XXI están cambiando, se transforman en otras formas de comunicación social, como también van evolucionando algunos conceptos.

- El intercambio de información entre la gente a partir de los dispositivos para la Interactividad: ante la situación del encierro global y la necesidad de aprovechar el tiempo libre, se generó una nueva disposición de los participantes, por la necesidad afectiva de contacto social, promovida con estos canales como espacios innovadores de la comunicación, que con estos medios interactivos de aprendizaje ofrecen un potencial que se está descubriendo creativamente.



Figura 1: Paneles de bahareque en escala 1:1 y con la expresión de cada autor (créditos dos ejecutores: Pablo Noble, Marcela Isaza, Patricia Caro)

- La velocidad con la que se transfiere la información: en la instantaneidad que cambio la relación con la realidad, de lo presencial a lo virtual. El programa online viene cambiando también la relación con el tiempo y la disposición para adquirir conocimientos y al ofrecer alternativas para la educación no formal, con una relación más directa y espontánea, desde los cursos se exploró la sincronía y asincronías de los encuentros, donde todo parte de la motivación, pilar del proyecto pedagógico.
- La unión de las diferentes tecnologías de comunicación: como un computador o el teléfono, que posibilitaron la creación de otras herramientas para la interconexión, a pesar de las limitaciones y desequilibrio actual entre campo y ciudad, estas experiencias han permitido acceder y participación de personas diversas. Solo en este momento de desarrollo tecnológico se podía promover esta forma de educación alternativa, que, con la covid-19, aceleró el empoderamiento y uso de estos recursos.
- Al tener una información que se traslada de forma inmediata y en cualquier lugar del planeta con múltiples usuarios se ha creado la inmaterialidad, que paralelamente con la

propuesta y recursos pedagógicos de materializar las técnicas en juegos de modelación real (maquetas) se plasma, creando un puente entre estos nuevos paradigmas tecnológicos y las antiguas formas de aprender (Bachelard, 1965). Desde que se inició la era informática, están cambiando las dimensiones con la materia y lo virtual y se van modificando las relaciones humanas, pues la globalización espacialmente aproxima las personas de otra forma y en esta condición con la tierra, que, como concepto, converge a la sociedad de forma global y que trasciende a lo local.

- Se ha demostrado otro alcance, al ampliar la capacidad de impactar en diferentes áreas que incluyen la arquitectura y la educación: una nueva estrategia en la enseñanza de la arquitectura con tierra, como un desafío por cambio de visión desde la óptica del concepto de lo *global*.
- Los recursos tecnológicos están creciendo y cambiando para crear nuevos medios de comunicación a partir de la innovación: de lo tradicional a lo innovador en la bioarquitectura y que se extrapola a la construcción con tierra, pues son conceptos que están muy cercanos desde la historia de la humanidad y tienen espacios propios de expresión en la aproximación a las culturas y filosofías indo-afro-latinoamericanas.



Figura 2: Recursos de las TIC generados por el momento histórico

- Estas nuevas tendencias inclusivas que promueven la diversidad permiten aprovechar y ejecutar más de la función de estas tecnologías de informática, que además facilitan diferentes propósitos sociales. En un mundo donde las condiciones establecidas, creadas por este convenio social, han generado un modo de producción y de organización social, que evidencia lo cambiante y dinámico, al mantener la exclusión de un derecho constitucional, como es la vivienda, así mismo la educación. Con estas nuevas propuestas se puede demostrar ser técnicas inclusivas y aportar como se puede empoderar una sociedad con otra nueva interacción social y se puede ver reflejada en la experiencia pedagógica de la arquitectura.
- Estas herramientas de la información y de la comunicación facilitaron la sistematización de procesos y es posible que vayan mejorando, en corto plazo, con la productividad social del hábitat y esto facilite nuevos tiempos de ejecución, propiciando que estas actividades técnicas de obra vayan desarrolladas con la automatización.

Por la heterogeneidad, la interdependencia, así como la complementariedad de los procesos en la bioarquitectura y construcción con materiales no convencionales, este proceso de enseñanza – aprendizaje, promueve generar nuevos esquemas mentales de análisis, conceptualización, y valoración crítica de estos recursos. Así como interacción para la construcción del conocimiento.

La Escuela Radical de Arquitectura, México, es una escuela de arquitectura que pretende transformar los modelos de conocimientos de las arquitecturas de una forma radical, recuperando la pasión por lo habitable, generando plataformas que permitan el análisis, crítica y denuncia de los retos de lo contexto actual. Forma expertos con un alto nivel de sensibilidad y compromiso con su entorno, y con una capacidad de abordar los problemas del medio físico, cultural, político y social e intelectual, generando con esto, conocimiento radical a partir de los potenciales y retos de cada contexto.

Parte de principios como pensar, crear, hacer y transformar. Esta filosofía se comparte con el programa online de Bioarquitectura y construcción con tierra. El programa inicia desde agosto del 2020, se estableció como una alianza para desarrollar el tema de las arquitecturas con tierra y con las plataformas “Nodolab” y aprovecha otros desarrollos tecnomogicos como Moodle y Zoom por donde se difunde el programa, todo con el enfoque de la tierra como material eco-sostenible.

5. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS Y PEDAGÓGICAS

Uno de los principios pedagógicos y filosóficos que surge de la experiencia es que existe un tránsito de la información al conocimiento y esta transformación aborda de lo general a lo particular, donde pensar, crear, hacer y transformar se aplica en diferentes niveles y en los diversos módulos.



Figura 3: Maquetas de aprendizaje realizados con tutoriales desde el programa online: paneles de quincha prefabricada, pruebas de suelos y bóveda de adobe recargado sin cimbra (fotografías de estudiantes del curso)

Paralelamente a la transferencia de conocimientos, el programa pretende que en la formación colectiva se desarrolle la capacidad reflexiva, crítica y analítica, para que fortalezca el avance científico y tecnológico. Como la arquitectura y construcción con tierra no son un conocimiento hegemónico, ni son materiales estandarizados, es importante buscar alternativas para conocer y solucionar los problemas desde las propias particularidades, con respuestas específicas.

La diversidad de lugares y de profesiones que aportan en cada módulo temático, las particularidades del territorio, la identificación de los suelos en cada lugar, la experiencia del laboratorio casero y la investigación de algunas técnicas locales, son recursos pedagógicos, que con la elaboración de prototipo o maquetas a escala, y la dinámica con tecnologías sociales que integran a los participantes, facilita el desarrollo cognitivo que parte de integrar la emoción y el interés de los proyectos, propicia el trabajo grupal, que, a través del “coaching arquitectónico”, son actividades que motivan la participación transdisciplinaria, exaltan las diversas miradas profesionales y estimulan los liderazgos y consolidación de equipos.

6. DESARROLLO

6.1 Bioarquitectura y construcción con tierra on line (Bioarq)

Este programa está estructurado por niveles y por módulos trimestrales, con una intensidad de 80 horas de actividad, en cada uno.

Son cuarenta horas sincrónicas de actividades realizadas de forma interactiva a través de la plataforma de Zoom y de la red social como Facebook, con una actividad cíclica y quincenal de invitados que complementan los temas que se están desarrollando. Este espacio se le ha denominado como “Encuentros de Saberes”, espacio que se extiende a las comunidades virtuales públicamente, ampliando los conocimientos a otro público de participantes.

Las otras cuarenta horas asincrónicas se realizan a través de la plataforma de Moodle y, durante ese tiempo administrado de forma libre, el participante realiza lecturas, asiste a videos y prepara los materiales para realizar las prácticas.

Las prácticas son tres, una por mes y en cada modulo se abarcan diferentes técnicas de construcción con tierra:

- la primera es el laboratorio de suelos, donde cada participante descubre el dialogo con la tierra, e inicia un proceso de observación y sensibilización con el material;
- la segunda práctica, después de conocer los suelos, se avanza con el componente para la envoltura y para ello se elaboran adobes en escalas diversas, unos de tamaño estándar o local y otros de acuerdo con algunas de las normas de construcción con adobe, que permiten conocer principios de la mampostería en áreas sísmicas;
- la tercera práctica es la elaboración del componente de cubiertas de adobe recargado sin cimbra, y tiene como objetivo conocer las posibilidades de la tierra para techos.

Al concluir este nivel, se realizan algunos test de carga y de calidad del elemento constructivo realizado por el participantes con el fin de auto evaluar el conocimiento y sistematizar el proceso de producción, además de conocer las cualidades de dicho recurso constructivo.

En el segundo nivel, para las prácticas en maqueta, se abordan otros temas como la agilización de procesos, y esto se realiza a partir de las técnicas mixtas. Para ello se elabora un panel a escala de la quinchá prefabricada y posteriormente se realiza un panel a escala real (1 x 1 m) y, paso a paso en las diferentes clases virtuales, se va realizando las capas de revestimiento, que incluye tres capas: con los bajo relieves y sobre relieves, hasta llegar a la pintura de este elemento constructivo.

Adicionalmente se realiza la maqueta a escala de una cúpula con la técnica de domocaña, cuya finalidad es conocer los principios de la técnica, identificar esfuerzos y comportamiento estructural, todo a partir del acercamiento a los materiales: guadua y tierra.

Temas de los niveles del curso Bioarq (virtuales)

BIOARQ 1	BIOARQ 2
- Eco sostenibilidad y construcción con tierra - Universalidad de la arquitectura con tierra - Identificación de los suelos con la práctica de un laboratorio casero para la caracterización - Técnicas monolíticas - elaboración de dos tamaños de adobes a escala, para paredes y cubiertas; realización de tapia pisada con los suelos locales - Sistemas constructivos, sistema monolítico aparejos de paredes de adobe - Componentes en la arquitectura que se plasma en un módulo de un panel prefabricado en técnica mixta a escala. - Cubiertas de adobe recargado sin cimbra, con la elaboración de la maqueta de una cúpula	- Técnicas mixtas, tipos de bahareque, elaboración de un panel a escala 1:1 - Revestimientos para paredes - Acabados e impermeabilidad con cal - Pinturas con tierra - Técnica mixta de cubierta con la modelación del domo caña

Esta elaboración de prototipos a escala y abordar algunas técnicas evidenciaron el potencial innovador y transformador de la educación virtual.

Para finalizar este segundo nivel se realizan test de resistencia mecánica al impacto y de absorción de humedad de la pared realizada. Como el programa solo se ha realizado en un primer año, se propone un tercer nivel, que es el del encuentro presencial de los

participantes, abordando una técnica específica en un proyecto de un participante, que va a concretar si proyecto arquitectónico. Fue así que en el mes de agosto 2021, se realizó el primero taller presencial con participación de algunos de los asistentes de los talleres.

6.2 Talleres presenciales

El objetivo general de los talleres es la integración de la comunidad y el empoderamiento de los participantes donde, a través del aprender-haciendo con tecnología como son los recursos de la bioconstrucción, se bio-construyen como seres que se expresan en la obras de paredes y cubiertas con estructura, acompañando la apropiación de estas técnicas arquitectónica con reflexiones y ejercicios y de despertar de la conciencia desde la memoria ancestral del territorio.

Programa de los talleres presenciales
- Último trimestre de formación; agosto, octubre y diciembre de 2021 - Tema del primer taller: cubiertas ligeras / domocaña – talleres realizados entre el 26 y 29 de agosto de 2021, intensidad 30 horas prácticas - Tema del segundo y tercer taller: técnicas mixtas y cubiertas eco-sostenibles, entre el 4 y 6 de diciembre de 2021

Los participantes trabajan la guadua, la tierra, la mente y el cuerpo, así como las manos, reconociendo pautas que conectan el diseño y la construcción de la casa con el diseño y la construcción del ser, en diálogo con el territorio.

Los objetivos específicos de los talleres son:

1. Reconocer la guadua y la tierra como materias que pueden ser aprovechados para generar innovaciones constructivas sostenibles, inspiradas en saberes ancestrales.
2. Apropiar la tecnología de diseño y montaje de cubiertas tipo domo-caña, identificando la rapidez del montaje, las cualidades y dificultades de este sistema constructivo, y aproximándose al saber-hacer de una técnica con ventajas sociales, económicas y ambientales.
3. Participar del método de bio-construirse como base de la escuela-taller de bioconstrucción y cultivo del ser; método para re-ligar y armonizar cielo y tierra en la construcción de la vivienda y el crecimiento personal.



Figura 4: Taller presencial realizado en las RNSC Arcaluna y Ieiasca gestionado por la Escuela de vida Dialogando con la Tierra

En los talleres se abordan:

- los principios del diseño y sostenibilidad de la técnica del domocaña, fundamentos del proyecto en este tipo de técnicas y la apropiación de los materiales a usar, en diálogo con el territorio.

- la construcción de cubiertas livianas sostenibles, realizadas paso a paso durante las prácticas de los talleres ya en un montaje (escala 1:1) de cubiertas con estas técnicas: con diversas formas y recursos.
- se conoció el proceso constructivo de este tipo de coberturas con cintas de guadua como estructura portante cobertura de tierra como aislante térmico y acústico, además de trabajar en equipo, aprender a relacionarse desde otros valores y comprender el proceso de cada acción, genera reflexión y crecimiento como sociedad.

6.3 Encuentros de saberes

Este es un espacio paralelo al programa online, se creó con el objetivo de ampliar a otros públicos de las redes sociales, aprovechando la participación de los estudiantes en el programa online y por ello se transmite por Facebook y para ello se creó una sesión cada quincenal, y el eje de este espacio es invitar a diversos profesionales con temas articulados a la temática que se esté tratando en los niveles del programa online.

Se han realizado once sesiones durante el primer año de Bioarq 1 y 2, donde participaron profesionales reconocidos con los siguientes títulos y alcance de personas que hacen parte de la red de Facebook en la comunidad Dialogando con la Tierra.

Realizaciones de Encuentro de Saberes

Sesión	Invitado	Asistente*
Regionalidad y arquitectura sostenible	Dr. Arq. Alfonso Ramírez Ponce, México	7.587
El territorio desde la ley de origen de los pueblos ancestrales	Arq. Roberto Santos, Colombia	10.172
Un enfoque de paisaje y cultura en la construcción de la ruralidad	Arq. María Inez García Reyes, Colombia	9.823
La arquitectura con tierra una nueva concepción para crear espacios habitables y saludables	Arq. Andrés Dionisio, México	11.622
La técnica: tierra vertida, pasado y futuro	Dra. Arq. Yolanda Aranda, México	9.354
Como proyectar y construir cubiertas de ladrillo recargado sin cimbra en el siglo XXI	Dr. Arq. Alfonso Ramírez Ponce, México	8.316
Producción de pinturas con tierra	Dr. Arq. Fernando Cardoso, Brasil	4.969
Muralismo con tierra experiencia educativa y herramienta colectiva para la reactivación de técnicas constructivas	Nisse Ramírez y Camila Montoya, Chile	2.450
Bio-capacidad estructural y comportamiento estático de la guadua	Tec. Luis Fernando Ramírez, Colombia	4.425
Como construir una bóveda de ladrillo recargado	Dr. Arq. Alfonso Ramírez Ponce, México	1.995
Pensar y hacer una técnica de cubierta como el domocaña	Participantes del taller práctico	2.111

* cantidad de personas alcanzadas por datos del registro de Facebook en enero de 2022

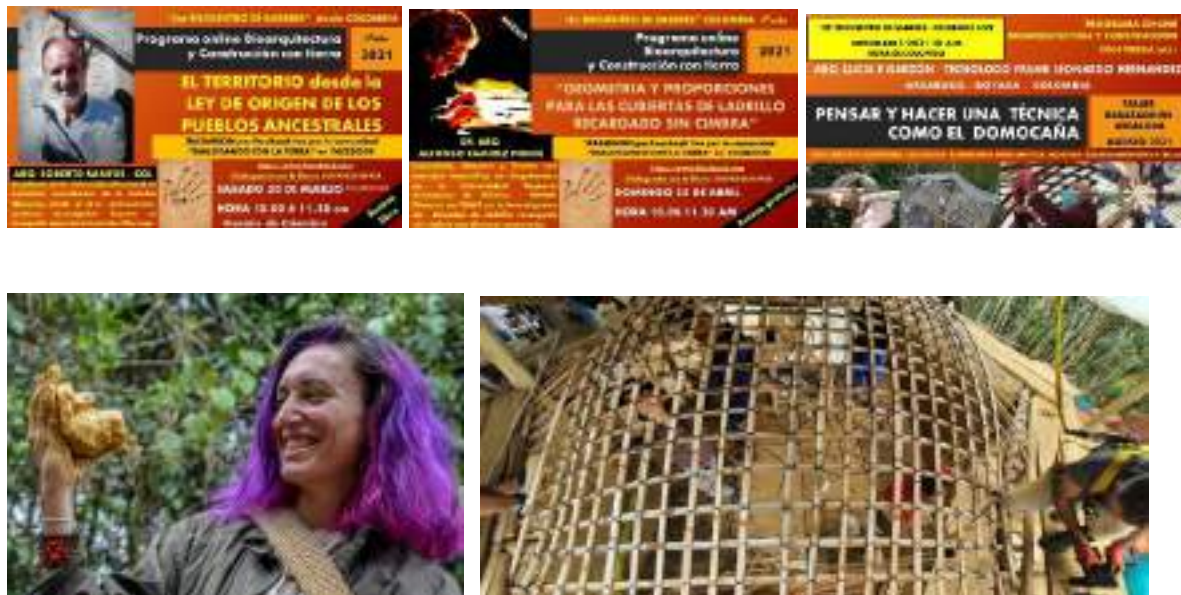


Figura 5: Difusión para los “Encuentros de saberes” y momentos de los talleres presenciales (Crédito: CamaraPolar)

Todos estos “Encuentros de Saberes” fueron transmitidos por Facebook Live y están disponibles en esta red, quedando como dominio público al ser grabadas en el momento de la realización. A través de estos encuentros con expertos, hasta enero de 2022, se tiene la referencia de que cerca de 80.000 personas han seguido alguno de estas transmisiones, siendo de un amplio impacto y que aporta a la sensibilización social sobre el tema de la arquitectura y construcción con tierra. En los talleres presenciales ya han pasado 60 personas de diversas naciones, Francia, México, Bolivia, Colombia entre muchos.

6.4 Coaching arquitectónico

Este es otro espacio creado paralelo al programa de Bioarq es un servicio que se presta dentro de las actividades y tiene como objetivo acompañar los proyectos de los diferentes participantes, la metodología se realiza haciendo una exposición particular para colectivizarla con los compañeros de grupo, y después del encuentro se suman los interesados en interactuar y aportar en el avance del proyecto, donde todos de forma autogestionada se integran y se reúnen.

Este “acompañamiento de un proyecto arquitectónico” es de participación libre y hace parte de un tiempo extra dentro del programa, aparte de las sesiones de clases del programa, y se convoca por los propios interesados para construir un pensamiento colectivo y al participar y generar reuniones, se intercambian saberes y culturas donde se inicia un tejido social entre los compañeros y maestros, al ser grupos con diversas disciplinas, oficios y profesiones, que al finalizar el nivel, se ha construido un pensamiento con los aportes y maduración de las ideas iniciales, todo con el fin de aprender a planificar un proyecto, trabajar en equipo y generar un pretexto para construir comunidades de intereses.

Conocer las particularidades de los proyectos en diversos lugares amplía el espectro temático y proyecta de otra forma la valoración de la arquitectura sostenible, estimula la mirada global y exalta la importancia de lo local.

7. CONSIDERACIONES

- El proyecto de formación técnica informal con la bioarquitectura que incluyó la teoría y la práctica, respondió a la necesidad de muchos profesionales y bio constructores que están interesados en cualificar sus conocimientos, debido a que estos temas no los aborda la formación académica y se evidencia un vacío.

- El programa online de Bioarquitectura y construcción con tierra es un espacio complementario a la formación de arquitectos y constructores que están buscando integrar prácticas, como otra forma de aprender y de construir con tierra, evidenciando la necesidad de crear innovadores espacios formativos. El proceso a generado una nueva Escuela de formación que se consolidara en el año 2022.
- Algunos efectos secundarios de la pandemia es la tendencia del retorno al campo, y un movimiento migratorio de la ciudad al campo, hecho que genera una mayor demanda de vivienda rural y amplía el mercado de trabajo en esta área de la construcción eco-sostenible
- Durante la pandemia de COVID 19, la posibilidad de realizar otro tipo de cursos de formación en el campo técnico, fue un reto a la creatividad, y como se va observando en el contexto global, muchos de estos programas continuaran más allá de la situación de confinamiento.
- Este programa evidencio el potencial que ofrecen las redes con las TICs que permiten visibilizar el tema de la arquitectura con tierra para lograr mayor cobertura.
- Lo recursos didácticos como son las maquetas permitió que las prácticas y la aproximación al material tierra, sea más accesible, económico y eco sostenible
- Este primer año de cursos de formación, la experiencia se ha venido proyectando como un programa académico más formal, que incluya algunas estrategias pedagógicas y recursos didácticos exitosos en el proceso de enseñanza aprendizaje.
- La transferencia tecnológica con los recursos pedagógicos experimentados en esta vivencia, demuestra la viabilidad de colectivizar conocimientos y construir comunidades con temas vitales, como es la necesidad de la vivienda.
- Fomentar la arquitectura con tierra abre nuevas posibilidades como consecuencia del despertar de la sociedad, y es urgente tener profesionales con experiencia práctica y técnica de la construcción con tierra.
- Este programa esta consolidando una comunidad virtual conectada por las redes y con la cual se puede seguir la formación, son profesionales que, al pasar por los dos niveles de los cursos, tienen una base y principios comunes, creando una red global de gente comprometida.
- La experiencia de relacionarse de forma virtual y después pasar a un encuentro presencial ya trayendo un bagaje y una experiencia técnica con una maqueta, ofrece un aprendizaje muy efectivo y de menor complejidad.
- El programa armoniza la actividad online con la presencial que establece otros vínculos de interacción humana, así como el juego de la poética del espacio de trabajar a escala para pasar a la realidad, también propicia el trabajo de motricidad fina y actividad manual muy personal con el encuentro e intercambio con el coaching arquitectónico, todas, dinámicas y estrategias que cumplen funciones diferentes como proceso pedagógico.
- Los talleres prácticos y el proceso del Encuentro de saberes propicia un trabajo en equipo y la creación de una comunidad autogestionada para producir su propio conocimiento que parte de la cobertura de las necesidades reales de una colectividad.
- De la experiencia del programa online para el 2022 se esta consolidando una Escuela de Bioarquitectura que espera ofrecer una formación integral y biocéntrica.

8. RESULTADOS Y ALCANCES

Se han realizado cinco programas online de Bioarquitectura y construcción entre en el periodo de agosto de 2020 al 2021, y tres talleres prácticos:

1. Tres cursos de nivel inicial: 80 horas cada uno

2. Dos cursos de segundo nivel: 80 horas cada uno
3. Un taller práctico de cubiertas de técnicas mixtas: 30 horas
4. Dos talleres prácticos de técnicas mixtas en cubiertas y paredes: 30 horas cada uno

En total ya se han realizado 430 horas dentro del programa online. La duración de los programas online de tres meses equivalentes a 80 horas, de las cuales la mitad son sincrónicas y la otra mitad asincrónica.

En los programas han estado aproximadamente 110 participantes de diversos países, entre ellos: Inglaterra, Bélgica, Tailandia, Francia, España, México, Puerto Rico, Guatemala, Panamá, Venezuela, Ecuador, Perú, Chile, Argentina, Bolivia, Paraguay, Brasil y Colombia. El programa se realiza en español y los asistentes de Europa son de habla hispana.

El 30% de los participantes son profesionales del área de la arquitectura y un 15% profesiones afines, un 25% son tecnólogos y 35% bio constructores en formación o profesionales.

La experiencia ha demostrado que muchos de los participantes participan en el programa por la curiosidad de explorar temas técnicos, sin embargo una mayoría de personas se mantienen dinámicamente y cumpliendo a su ritmo con los objetivos pedagógicos de apropiación de técnicas de la bioarquitectura con tierra. Se podría pensar ya en un programa de formación, realizar temas con profundización desde diversos aspectos del conocimiento.

Hay muchas aristas que se van perfilando con nuevos proyectos de formación y en la medida que se está realizando el programa online, con las facilidades y limitaciones que esto ofrece, en especial por la diversidad por ser de culturas diferentes, las distancias tampoco propician la presencialidad por estar en diversos continentes, pero ofrecen el potencial de una cobertura muy amplia por lo virtual.

La expectativa de atender a publico bioconstructor se cumplió, y ya que este nicho de población es el que requiere mayor formación y acercamiento técnico, ya que desconoce temas científicos y parte de procesos empírico (40 % han sido los partícipes del proceso), se considera que el programa con el lenguaje simple y la ciencia ciudadana, les aborda el interés de investigar y se tornan más precavidos frente a la aplicación de algunas técnicas que se ofrecen sin criterios de seguridad.

A partir de este programa se está proyectando a corto plazo desde el 21 de diciembre del 2021 nació la Escuela de Vida: Dialogando con la tierra (Colombia), con oferta de una formación holística de hacer arquitectura eco-sostenible. Con la Escuela Radical (México), se proyecta una maestría de formación superior con el enfoque de la arquitectura sostenible y con énfasis en los materiales naturales y específicamente en la construcción con tierra, ofreciendo otros nichos para la formación que las universidades aún no han integrado.



Figura 6: Maquetas o prototipos realizados por los participantes del programa online
(créditos: Marcela Isaza, Lady Ruiz y Pablo Noble)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, Gaston (1965). La poetica del espacio. Fondo de Cultura Económico

AUTORA

Lucia Esperanza Garzón, arquitecta egresada de la Universidad Piloto de Colombia, con 30 años de experiencia en diseño, construcción, investigación y transferencia tecnológica en arquitectura y construcción con tierra. Miembro de la Red PROTERRA y ex participante del consejo consultivo. Gestora de eventos y de diplomados y programas de formación sobre la bioarquitectura con tierra. Tallerista y conferencista durante 20 años en diversos países y escuelas. Docente de la Escuela Radical de Arquitectura Latinoamericana y gestora de la Escuela de Vida: Dialogando con la tierra 2021.

LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL CONTEXTO DE LA PANDEMIA COVID-19

Verónica Mariana Vargas¹, Eduardo Enrique Brizuela²

¹Directora General de Patrimonio Cultural y Museos Secretaria de Culturas de la Provincia de La Rioja, Argentina, arquivargas@gmail.com

²Laboratorio de Construcciones con Tierra Cruda, Escuela de Arquitectura –Universidad Nacional de La Rioja, Argentina, enribrizu@yahoo.com.ar

Palabras clave: emergencia, virtualidad, remota, hibridación

Resumen

Este documento presenta la metodología empleada para la enseñanza universitaria de la construcción con tierra en la Universidad Nacional de la Rioja, antes de la pandemia covid-19 y las acciones realizadas de este espacio de conocimiento que han permitido su continuidad a pesar de las restricciones de presencialidad que hubo en la enseñanza universitaria argentina. Los medios utilizados, las dificultades encontradas para su implementación, los resultados obtenidos, como así también posibles nuevas acciones según cómo evoluciona la situación sanitaria.

1. INTRODUCCION

Desde el año 2011 la enseñanza de la construcción con tierra forma parte del plan de estudios de la carrera de arquitectura de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR), Argentina, al incorporarse la materia optativa “Construcciones con Tierra” a su ciclo superior. Este espacio curricular capacita a los estudiantes en la comprensión integral de la arquitectura con tierra, en el manejo de su material y técnicas constructivas (Brizuela, Vargas 2016). A comienzos del año 2020 se realizaron cambios en el programa de este espacio curricular que posibilitaron su cursado remoto, debido a las condiciones generadas por la pandemia covid-19.

2. OBJETIVOS

Exponer las adaptaciones realizadas en la metodología de enseñanza-aprendizaje de la materia optativa “Construcciones con Tierra” de la currícula de la carrera de arquitectura de la UNLaR que han permitido su continuidad a pesar de las restricciones impuestas por la pandemia covid-19. Contribuir a perfeccionar la enseñanza de la construcción con tierra de manera remota o no presencial.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La estrategia empleada permite exponer la situación pre pandemia de este espacio curricular universitario, en donde se enseña construcciones con tierra, el proceso de migración a la enseñanza remota que tuvieron las universidades argentinas y las adaptaciones realizadas en las actividades de esta cátedra, que han permitido su continuidad en el marco de la pandemia covid-19.

4. LA ENSEÑANZA PRESENCIAL

Desde su implementación en el año 2011 hasta la irrupción de la pandemia covid-19, la materia se desarrollaba en clases expositivas y talleres de capacitación presenciales.

4.1. Contenidos teóricos

Los contenidos teóricos que se desarrollan son:

- a) La arquitectura con tierra: conceptos, definición, alcances e historia, la arquitectura con tierra en el mundo y en la región, presente y futuro de la arquitectura de tierra.
- b) El material suelo: características, propiedades físicas y mecánicas, la tierra un material trifásico.
- c) Los sistemas constructivos con tierra: clasificación (monolíticos, mampuesto y mixtos), elementos constructivos no estructurales, terminaciones.
- d) Diseño apropiado en construcción con tierra: factores geográficos, culturales y climáticos, pautas de diseño y para lograr sismo resistencia.

4.2. Prácticas con el material y sus técnicas constructivas

Las prácticas que se realizan son:

- a) Taller de identificación de suelos aptos para la construcción: mediante la realización de distintos test o pruebas, los alumnos aprenden a reconocer las propiedades físicas-mecánicas del material y a seleccionar el suelo más adecuado para cada técnica constructiva (figura 1).
- b) Test Carazas: es un ejercicio que sirve para comprender la naturaleza trifásica de la materia tierra y reconocer sus variaciones cuantitativas y cualitativas, utilizando todos los sentidos (visual, olfato, tacto), además de realizar mediciones y cálculos simples (Carazas, 2017 p.7). El ejercicio consiste en combinaciones sucesivas utilizando la variable hídrica, o sea incrementando un determinado porcentaje de agua al componente sólido e igualmente verificar la variable gaseosa (aire) mediante la acción mecánica (llenando, presionando y compactando) y así verificar las variaciones máxima y mínima de porosidad (figura 1).



Figura1. Talleres de identificación de suelos y test Carazas, materia construcciones con tierra, carrera de arquitectura, UNLaR (Crédito: E.E. Brizuela)

- c) Taller de adobe¹: práctica en la cual los estudiantes adquieren los conocimientos básicos sobre la técnica de producción de adobe en todas sus etapas: preparación de material, equipos, espacios, preparación de mezclas, fabricación de adobes, secado, acopio y control de calidad (figura 2).
- d) Taller de BTC²: tiene el objetivo de impartir los conocimientos básicos sobre la técnica de fabricación de bloques de suelo cemento en todas sus etapas: selección de tierra, dosificación del estabilizante, proceso de fabricación del bloque, curado y control de calidad (figura 2).

¹ Técnica constructiva cuyo componente básico es el adobe y puede ser moldeado a mano gracias al estado plástico de la mezcla (Neves, 2004).

² BTC, Bloque de tierra comprimida, (CEB en Ingles) es un material de construcción fabricado con una mezcla de tierra y un material estabilizante, como cal aérea, cal hidráulica, cemento o arcilla, que es comprimida y moldeada utilizando una prensa (IMCyC, 2008)

e) Taller de albañilería de adobe y BTC. El objetivo de este taller es impartir los conceptos básicos para ejecutar mamposterías de adobe y bloques de suelo cemento: tipos de trabas, resolución de encuentros entre muros, entre muros y arrostramientos, morteros de asientos (figura 2).



Figura 2. Taller de adobe, taller de bloque de tierra comprimida, taller de albañilerías, materia construcciones con tierra, carrera de arquitectura, UNLaR (Créditos: L Caleri, C. Revuelta)

f) Taller de tapial³: brinda los conocimientos básicos sobre la técnica del tapial o tierra apisonada, además de presentar los conceptos para diseñar y construir con esta técnica, mostrando las principales características de este sistema constructivo mediante la ejecución de una sección de tapial (figura 3).

g) Taller de quinchá o bahareque: Tiene la finalidad de reconocer las diversas técnicas mixtas existentes, identificando las debilidades y fortalezas de cada una. Aprender a elaborar mezclas para rellenar y revestir con diversos materiales y con diferentes estabilizantes (figura 3).

h) Taller de revoques y revestimientos: Proporciona los conocimientos necesarios para la ejecución y aplicación de distintos tipos revestimientos y pinturas para muros de tierra, como así también para evaluar la calidad de su ejecución. Las actividades prácticas incluyen cuatro etapas sucesivas: la caracterización y estabilización de tierras, revestimientos de tierra, revestimientos de cal-arena y pinturas a la cal (figura 3).



Figura 3. Taller de tapial, taller de quinchá, taller de revoques y revestimientos, materia construcciones con tierra, carrera de arquitectura, UNLaR (Crédito: E.E. Brizuela)

³ Pared monolítica construida en base a la carga de material suelto, que es apisonado en el sitio para constituir así el muro, contándose para ello con el apoyo de un encofrado parcial o total (Ríos, 1994).

5. LAS UNIVERSIDADES ARGENTINA FRENTE A LA PANDEMIA COVID-19

El aislamiento social obligatorio dispuesto por el gobierno argentino a partir del 20 de marzo de 2020, coincidentes con el inicio del ciclo lectivo universitario, obligó a las universidades a brindar una rápida respuesta frente a un hecho imprevisto de tal magnitud que cambió las formas de relación y que provocó cambios sustantivos en el quehacer cotidiano de las personas e instituciones alrededor del planeta.

Como lo señala Cannellotto (2020)

Lo que algunos denominaron “educación remota de emergencia” fue un proceso que en Argentina se inició con el decreto presidencial N° 260/2020 del 12 de marzo de este año, un día después que la Organización Mundial de la Salud declarara al brote del nuevo coronavirus como una pandemia. La norma establecía el “aislamiento obligatorio” como acción preventiva y colocaba en el Ministerio de Educación la potestad para determinar las condiciones en las que se desarrollaría la escolaridad en todos los niveles durante la urgencia sanitaria.

Las universidades públicas argentinas han demostrado una enorme capacidad de resiliencia y adaptación a un contexto crítico, migrando casi la totalidad de sus acciones a formatos no presenciales mediados por tecnologías (Bernal; Falcón, 2020 p.2).

6. ENSEÑANZA REMOTA

Adhiriendo a las medidas dispuestas por el Ministerio de Educación de la Nación y a las recomendaciones realizadas por el Consejo Inter Universitario Nacional de la Argentina (CIN), la UNLaR suspende todas sus actividades académicas presenciales, migrando rápidamente a un sistema remoto mediante el uso de su campus virtual y de plataformas de video llamada tales como Google *Meet* o Zoom.

Como se mencionó anteriormente, la materia optativa construcciones con tierra se dicta en la carrera de arquitectura desde el año 2011, ocho años de manera presencial y el noveno año de manera virtual, sin interrumpir su dictado.

En el año 2020, se realizó como todos los años la convocatoria mediante flyers de difusión, solo que al hacerlo por redes sociales y al marcar la virtualidad como manera de cursado, no solo estudiantes de la carrera de arquitectura de la UNLaR se inscribieron sino que también se interesaron y asistieron profesionales y técnicos de otras provincias como Buenos Aires y Mendoza; también de países latinoamericanos como Colombia y Nicaragua.

6.1. Aplicaciones digitales empleadas para el dictado de la materia

El aula virtual empleada fue la aplicación *Meet* de Google, en la cual por video conferencia en tiempo real se compartían los conceptos, teorías y prácticas (figura 4); la aplicación *WhatsApp* permitió la comunicación constante y el envío de links para las clases. Los trabajos y resultados fueron recibidos por correo electrónico para su corrección, devolución y evaluación.

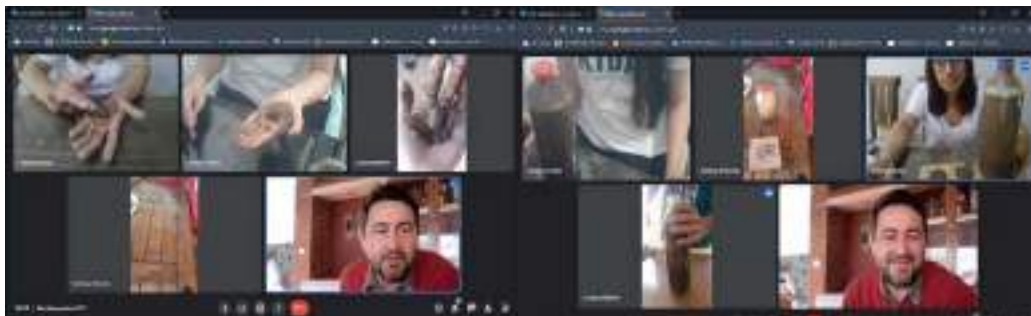


Figura 4. Taller virtual mediante la aplicación Google Meet (Crédito: E.E. Brizuela)

Cabe mencionar que los contenidos teóricos desarrollados fueron los mismos que en la presencialidad, realizándose adaptaciones en las prácticas.

6.2. Test de identificación de suelos hogareños

Para realizar los test de identificación de suelos de manera remota, se solicitó a los participantes del curso que extrajeran una pequeña cantidad de suelo de las cercanías de su domicilio, como así también una serie de utensilios tales como frascos de vidrio, recipientes de cocina, palo de amasar, los cuales generalmente se disponen en una vivienda.

Guiado por el docente a través de la plataforma de video conferencia, cada participante pudo realizar en su hogar los test tácticos-visuales de identificación de suelos tales como: test de la botella, test de la cinta, test de resistencia en seco, etc. (figura 5).



Figura 5. Test de la botella y test de la cinta realizado por participantes de la optativa desde su domicilio (Crédito: E.E. Brizuela)

6.3. Test Carazas de escritorio

Comprender su naturaleza trifásica es fundamental para el manejo y utilización de la tierra como materia de construcción, por tal motivo la adaptación de este ejercicio fue de vital importancia para la continuidad de curso. La estrategia fue reducir el ejercicio original a un tamaño que permita que cada participante pueda efectuarlo desde su hogar.

De igual manera que, para realizar los test de identificación de suelos, cada participante extrajo aproximadamente 5 kg de tierra de las cercanías de su hogar, la almacenó y dejó secar. Las dimensiones de tablero utilizado para realizar la matriz pedagógica fue de 90 cm x 50 cm, con 15 células de 15 cm x 15 cm. La fase gaseosa de la tierra, determinada por la acción mecánica, se explora en las filas y la fase hídrica, determinada por el incremento porcentual de agua, se explora en las columnas. Se utilizó una formaleta⁴ de madera cuyas medidas internas son 5 cm x 5 cm x 5 cm y un volumen de 125 cm³ (figura 6).

Para expulsar el aire presente en la tierra (fase gaseosa) se empleó un apisonador de madera de 2 cm x 2cm de ancho. Para manipular la fase hídrica fue utilizada una jeringa plástica milimetrada y recipientes de uso hogareño (figura 7).

⁴ Así se les llama a los elementos que funcionan como moldes, temporales o permanentes, los cuales pueden ser de diversos materiales (Zambrano, 2020).



Figura 6. Tablero, implementos, formaleta y apisonador utilizados (Crédito: T. Menepace)

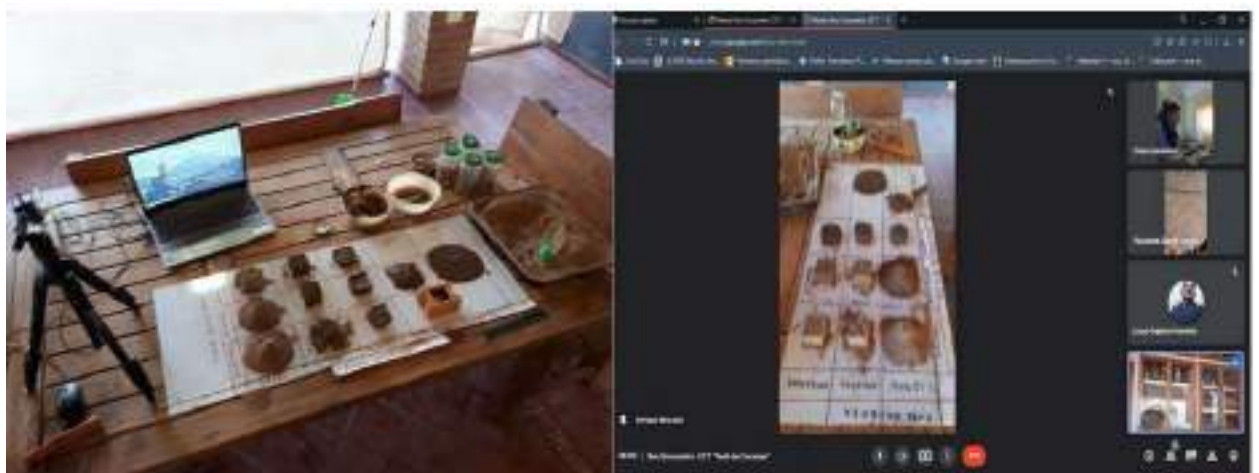


Figura 7 Test Carazas de escritorio completo (Crédito: E.E. Brizuela)

6.4. Sistemas constructivos con tierra a escala

Las prácticas presenciales con sistemas constructivos fueron reemplazadas por prácticas remotas con maquetas a escala reducida. Guiados mediante planos e instructivos elaborados por el docente, los asistentes al curso realizaron maquetas de una sección de quincha tradicional, quincha mejorada (figura 8), muro de adobe reforzado y molde para tapial (figura 9).



Figura 8. Maquetas a escala de una sección de quincha tradicional y quincha prefabricada (Crédito: S. Quiroga)

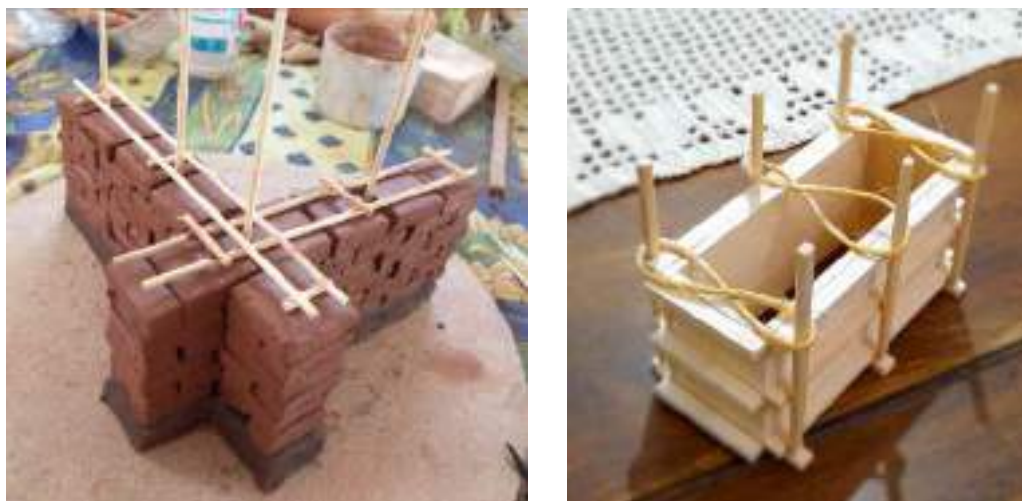


Figura 9. Maqueta a escala de una sección de muro de adobe reforzado y molde para tapial (Crédito D. Ferreira)

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Analizando la matrícula de este espacio curricular universitario en donde se enseña arquitectura y construcción con tierra, se puede observar que la cantidad de participantes durante el año 2020 no disminuyó respecto a los años anteriores de dictado presencial (tabla 1).

Tabla 1. Matricula en materia optativa Construcciones con Tierra

Año	Inscriptos	Ocupación	Lugar de residencia
2011	14	Estudiantes	La Rioja
2012	21	Estudiantes	La Rioja
2013	18	Estudiantes	La Rioja
2014	48	Estudiantes	La Rioja
2015	14	Estudiantes	La Rioja
2016	36	Estudiantes	La Rioja
2017	43	Estudiantes	La Rioja
2018	30	Estudiantes	La Rioja
2019	51	Estudiantes	La Rioja
Promedio (2011-2019)	32	Estudiantes	La Rioja
2020	35	Varios	Varios

Se destaca que este espacio curricular no solo tuvo una cantidad de asistentes estudiantes durante el año 2020 por arriba del promedio de los años anteriores, sino que también expandió su alcance ya que su virtualización permitió la participación de profesionales y técnicos de otros lugares de Argentina, tales como Buenos Aires, Mendoza como así también de otros países latinoamericanos, como Colombia y Nicaragua (tabla 2).

Tabla 2. Matricula en materia optativa Construcciones con Tierra, año 2020 según ocupación

Procedencia	Cantidad	Ocupación	Porcentaje
La Rioja	25	Estudiantes	71%
Argentina	7	Profesionales, docentes, interesados	20%
Latinoamérica	3	Bio constructores	9%
Total	35		100%

7. CONSIDERACIONES FINALES

Las restricciones de presencialidad impuestas a la enseñanza universitaria por la pandemia covid-19 han forzado a realizar cambios en la metodología de este espacio curricular universitario, generando una experiencia pedagógica inédita de enseñanza remota de construcción con tierra.

Según mejore la situación sanitaria, podría volver a realizarse las prácticas de manera presencial, debiéndose cumplir con los protocolos de bio seguridad recomendados: control de temperatura y sanitización de los participantes, disminución de la cantidad de personas reunidas, distanciamiento entre los asistentes y desinfección de los objetos utilizados. Es importante destacar que la implementación de protocolos de este tipo, tiene costos difíciles de solventar para una universidad pública, por lo que se podría volver a clases presenciales solo para las prácticas más importantes, adoptando en un futuro un formato híbrido (remoto-presencial), permitiendo de este modo una participación más amplia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brizuela, E., Vargas V. (2016). Enseñanza y difusión de la arquitectura con tierra en un ámbito universitario. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 16. Memorias... Asunción: PROTERRA/ FADA-UNA/ CEDES/hábitat, p 446-453

Bernal, M., Falcon, P. (2020). La respuesta de las universidades públicas argentinas frente al Covid 19. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revsint/article/view/32623>

Cannellotto A. (2020) La virtualización de las universidades, Disponible en <https://www.telam.com.ar/notas/202010/525087-la-virtualizacion-de-las-universidades.html>

Carazas Aedo, W. (2017) Test Carazas, Manual Pedagógico, Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra, México: A+Terre Ediciones

Neves, C. (2004). Proyecto 6 PROTERRA/CYTED. Seminario Internacional de Construcción con Tierra. San Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED.

Ríos, L. S. (1994). Paredes monolíticas. En: Viñuales G., Neves C., Flores M., Ríos S.. Arquitectura en tierra en Iberoamérica. Buenos Aires, Argentina: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). p. 13-36

IMCyC – Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (2008). Documento suelo cemento, parte 1. <http://www.imcyc.com/ct2008/mar08/ingenieria.htm>

Zambrano K. (2020). Encofrados, cimbras o formaleas: las múltiples formas del concreto. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/encofrados-cimbras-formaleas>

AGRADECIMIENTOS

A la memoria del arquitecto Luis Alfredo Orecchia 1931-2021 (Asti, Italia-La Rioja, Argentina). Quien llegó de muy lejos y se quedó en este terruño enamorado de su cultura y paisaje. Investigó y valoró su arquitectura vernácula y sus técnicas constructivas tradicionales, despertando el interés por esta en muchos jóvenes profesionales. Como delegado de la Comisión Nacional de Monumentos, Lugares y Bienes Históricos realizó una titánica tarea de preservación del patrimonio arquitectónico riojano.

AUTORES

Verónica Mariana Vargas, maestranda en Educación Superior por la Universidad Nacional de La Rioja, arquitecto por la FAUD-UNC, directora general de Patrimonio Cultural y Museos de la Secretaría de Culturas del Gobierno de la Provincia de La Rioja, docente de la cátedra "Morfología II" y "Sistemas de Representación", Escuela de Arquitectura, Universidad Nacional de La Rioja, Argentina. Miembro de la Red Argentina PROTIERRA.

Eduardo Enrique Brizuela, maestrando en Educación Superior por la Universidad Nacional de La Rioja, arquitecto por la FAUD-UNC, director del Laboratorio de Construcciones con tierra, docente de la asignatura Construcciones con Tierra Cruda, UNLaR. Subdelegado para La Rioja de la Comisión Nacional de Monumentos, Lugares, y Bienes Históricos Argentina. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Red Argentina PROTIERRA. Curriculum completo en: <https://eebrizuelarqs.com/index.php/sample-page/>

TIERRA DESDE CASA EN LA UNIVERSIDAD: TRANSMISIÓN DE SABERES EN ÉPOCA DE PANDEMIA

Magda Castellanos Ochoa¹, Alejandro Ferreiro Castelli², Pilar Silva Mondselewsky³, Pacha Yampara Blanco⁴

Escuela Taller de Construcción Alternativa, El Salvador, Red Iberoamericana PROTERRA, ¹magdacastellanos8a@gmail.com

FADU-UDELAR, Uruguay, Red Iberoamericana PROTERRA, ²fercas@adinet.com.uy

Universidad Central, Chile, Red Iberoamericana PROTERRA, ³ipilarsilvam@gmail.com

Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, ⁴pyampara.bl@gmail.com

Palabras clave: aprendizaje en pandemia, comunidad Internacional, seminario taller, maquetas a escala, enseñanza en línea

Resumen

Debido a la situación de pandemia vivida desde el 2020, todas las actividades cambiaron de manera obligatoria. Tras comprender que el retorno a las actividades presenciales no sería inmediato, las escuelas y academias tuvieron como único recurso de contacto las redes sociales y plataformas virtuales. Se aprendió a enfrentar la virtualidad a medida que la gestión académica se desarrollaba, con errores y aciertos. El artículo pretende mostrar la continuidad de la transmisión de saberes en tiempo de pandemia bajo la nueva 'normalidad' virtual, donde se descubrieron algunas ventajas, como el acercamiento con profesores de otros territorios. El Seminario taller *Construcción con tierra: adobe y bajareque*, fue organizado por la carrera de Arquitectura de la FAADU-UMSA en Bolivia con profesores invitados de Uruguay, El Salvador y Chile, quienes impartieron talleres, participaron en reuniones y trabajo previo al evento. Este Seminario taller toma como modelo el taller virtual desarrollado en el Volver a la tierra VIII del año 2020, pero con algunos lineamientos orientados a lo académico, como el registro de la práctica de los talleres a través de fichas que se diseñaron por cada taller y un producto final del evento, que se materializó con las maquetas elaboradas con tierra de manera individual en casa de cada participante del evento, aplicando el aprendizaje de las técnicas abordadas durante el seminario. La evaluación de la experiencia permitió relevar no sólo los alcances técnicos de las actividades y el potencial del trabajo virtual para la transmisión de saberes vinculados a la tierra, sino también aspectos que impactaron positivamente en el bienestar de los participantes, a través de la colaboración familiar en el desarrollo de la construcción de la maqueta, como la remisión a recuerdos de infancia y el efecto desestresante vinculado al sentir del material.

1 INTRODUCCIÓN

La coyuntura actual de la salud en el mundo ha enseñado a atender actividades desde casa y seguir la vida, dando nuevas alternativas en la transmisión de saberes para la academia. En la carrera de arquitectura de la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés (FAADU-UMSA), de La Paz en Bolivia, se organizó el *Seminario taller construcción con tierra: adobe y bajareque*, evento acreditado adaptado a la modalidad virtual, siguiendo la dinámica y experiencia del *Volver a la tierra VIII*, desarrollado de manera virtual en 2020 (figura 1).

En esta oportunidad se desarrollaron cuatro talleres sincrónicos: caracterización de suelos, bajareque, adobe y criterios de diseño en cinco sesiones virtuales. Estos talleres prácticos dieron continuidad a las exposiciones de cada tallerista. El gran desafío fue que los estudiantes de la carrera de arquitectura pudieran tocar y sentir la tierra, lo que fue particularmente importante considerando que, para muchos, fue el primer curso de tierra. Para este cometido se solicitó a cada estudiante conseguir sus materiales y herramientas a partir de una lista específica por cada taller.

El seminario taller tuvo como expectativa ir más allá de solo una explicación teórica y una parte práctica general. A diferencia de los talleres presenciales, la virtualidad presentaba la

dificultad de que los participantes se encontraban en distintos espacios bajo distintas condiciones de conexión a internet, pero con muchas ganas de aprender. Los talleres se desarrollaron a partir de la observación, y la réplica de las actividades explicadas y desarrolladas en los talleres. En esta modalidad resultó fundamental la visualización de los avances de cada estudiante mediante la habilitación de cámaras, y se logró una interacción directa con los y las expositoras para cualquier duda o consulta, así también ver y comparar el avance de otros participantes.

Finalmente, para una documentación y memoria de las actividades realizadas, se llenaron fichas explicativas del proceso en tres de los cuatro talleres. Los talleres de adobe y bajareque fueron útiles para aplicar la técnica en una maqueta a escala 1:20 considerado el resultado final del seminario taller. El taller criterios de diseño en construcción con tierra - sin ficha -, fue útil para realizar el diseño del proyecto final.



Figura 1. - Afiche del evento para la carrera de arquitectura FAADU-UMSA 2021

2. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

La carrera de arquitectura de la FAADU-UMSA tiene como modalidad de complementación de aprendizajes la realización de *workshops* acreditados, donde la mayoría de ellos son únicamente teóricos. Como parte de una continuidad de transmisión de saberes se realizó la propuesta de un seminario taller de construcción con tierra que incorporó actividades tanto teóricas como prácticas. Por la pandemia, la dificultad fue realizarlo de manera virtual, pero con la posibilidad de invitar a profesores internacionales. Es así que desde la organización de la carrera de arquitectura de la FAADU-UMSA se invitó a profesionales y expertos en la construcción con tierra de El Salvador, Uruguay y Chile.

El Seminario taller contemplaba una parte teórica expositiva para conocimiento de la técnica y también la realización de una parte práctica desarrollados como talleres virtuales. Junto a los profesores internacionales se trabajó el diseño de fichas de los talleres abordados (caracterización de suelos, bajareque y adobe) para ser llenadas por los estudiantes participantes como aprendizaje, respuesta a la explicación teórica y seguimiento sincrónico práctico de cada uno de los talleres. El resultado final de la comprensión y aplicación de estas técnicas fue realizar un proyecto de diseño vivienda mínima y la elaboración de una maqueta a escala, para este propósito se realizó el taller criterios de diseño en construcción con tierra.

2 OBJETIVOS

Compartir, con los estudiantes de la carrera de arquitectura de la FAADU-UMSA, bajo la modalidad virtual con facilitadores y expositores especialistas en la construcción con tierra de cuatro países, la experiencia virtual de la transmisión de saberes del seminario taller construcción con tierra de adobe y bahareque, como complemento en la formación profesional y sensibilización sobre los beneficios de este noble material.

Generar una continuidad en la transmisión de saberes de construcción con tierra, validando las técnicas desde los distintos países, que aportan la mirada particular desde cada lugar, enriqueciendo de esta manera la percepción de la práctica.

3 SEMINARIO TALLER CONSTRUCCIÓN CON TIERRA ADOBE Y BAHAREQUE

El seminario taller se presentó como una propuesta de evento acreditado a la carrera de arquitectura para complementar el aprendizaje de los y las estudiantes en su formación profesional. La aprobación de este seminario taller resulta importante por ser un evento acreditado que le da mayor seriedad por ser un curso de aprobación.

3.1. Inicio del seminario taller

El seminario taller surge como idea gracias al interés de estudiantes de la carrera de arquitectura como continuidad a la transmisión de saberes iniciada el 2019. Ese año se realizaron dos seminarios talleres presenciales, uno de innovación tecnológica en construcción con tierra con profesores de Chile y otro de bóvedas y cúpulas de tierra con un profesor boliviano (varios miembros de la red PROTERRA), eventos que no fueron acreditados por la carga horaria establecida, pero fueron parte inicial de la transmisión de saberes en la FAADU a la cual se pensaba dar continuidad en 2020. Pero, por la coyuntura en salud debido al covid-19, quedó pendiente.

En ese sentido, para dar continuidad a la transmisión de saberes, se presentó una propuesta a dirección de carrera, misma que se aprobó contemplando la realización de cuatro talleres bajo la responsabilidad de una persona. Pero, por la pandemia, la modalidad virtual abrió la posibilidad de invitar a otros profesores extranjeros especialistas en el tema.

3.2. Organización del seminario taller

La propuesta tuvo buena aceptación por parte de los estudiantes dado que, en menos de 24 horas de iniciar la difusión, las inscripciones se cerraron al alcanzar todos los cupos. El ser un evento acreditado dentro de la FAADU incidió en esta respuesta.

La organización para la modalidad virtual de los talleres de este evento tomó la experiencia de los talleres de Volver a la Tierra VIII con la diferencia de no tener la caja *CAHNEY¹ Terra Taller* (kit o caja pedagógica). El Volver a la Tierra VIII se desarrolló bajo la modalidad virtual el 2020 con un equipo de expertos en distintas técnicas de construcción con tierra de varios países, quienes crearon siete cajas pedagógicas a escala para poder entregar a los participantes inscritos conteniendo materiales y herramientas en condiciones similares elaborados por los responsables de cada país participante. Debido a que la mayoría de los inscritos no podía salir de casa para proveerse de los materiales, por las condiciones de la situación sanitaria del covid19, las cajas fueron fundamentales para ofrecer igualdad de condiciones para las prácticas. La creación de estas cajas insumió un proceso de prueba-error de los materiales a escala, donde se analizaron las granulometrías de tierra y sus aditivos para cada técnica, así como considerar los prototipos usados en las maquetas, a partir de planos y gráficos replicables en otros territorios que permitieran la entrega a participantes de distintos lugares de América Latina (Esquivel et al., 2022).

¹ La caja CAHNEY Terra Taller, nació en el Volver a la Tierra VIII después de construir siete cajas didácticas que forman un juego de cajas pedagógicas. El denominativo CAHNEY nace por representar las iniciales del primer apellido de los 8 talleristas.

En el seminario taller organizado en la FAADU no fue posible el acceso a la caja *CAHNEY Terra Taller* por el tiempo que se requería para la elaboración de cada una, considerando que, en el evento, se inscribieron cien estudiantes y principalmente por el costo de la caja. Para subsanar este aspecto, se solicitó a los y las participantes conseguir el material y herramientas para desarrollar los talleres, a partir de una lista elaborada previamente para cada taller.

Para esto, existió una coordinación previa entre los talleristas, donde se acordó el prototipo a elaborar para el taller de bajareque (figura 2). Como actividad previa a los talleres se verificaron las cantidades, tipos de materiales y herramientas a solicitar, en función de la facilidad de obtención, la practicidad en su manejo o la dificultad para su preparación, su resistencia, etc. Para el caso del taller de adobe y el de caracterización de suelos, las talleristas ya contaban con la experiencia del Volver a la Tierra VIII, y el taller de criterios de diseño en construcción con tierra, al ser teórico, no necesitó de trabajos previos.

Las reuniones previas, y virtuales de coordinación fueron necesarias para probar la ubicación de cámaras y encuadrar adecuadamente al tallerista y sus materiales. La ejecución de prototipos a escala para probar los materiales y la técnica fue parte del material pedagógico docente para utilizar durante la explicación de los talleres sincrónicos ya que por tiempos reducidos algunos pasos se debían mostrar casi concluidos.

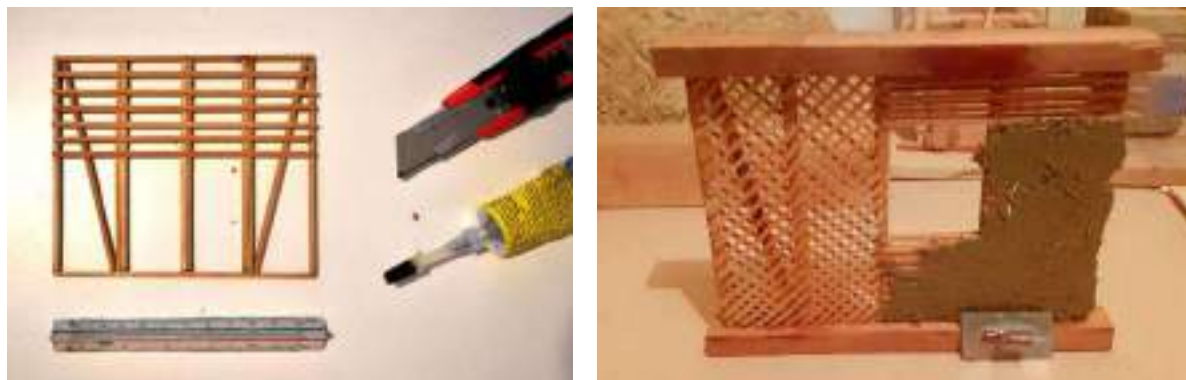


Figura 2. - Izquierda: estructura, trama en panel de bajareque a escala en Uruguay. Derecha: prueba de estructura y tramas en panel de bajareque a escala en Bolivia (crédito: Alejandro Ferreiro y Pacha Yampara Blanco)

Por otro lado, se desarrollaron fichas de cada taller previas a los días del evento (figuras 5, 6 y 7). Como se trataba de un evento acreditado, la carrera de arquitectura solicita tener resultados o productos del evento desarrollado. En ese sentido, para tener un registro del proceso de aprendizaje, las fichas permitieron a los y las estudiantes registrar el proceso de elaboración de cada técnica como constancia del aprendizaje virtual.

3.3. Desarrollo del seminario taller

El seminario taller se desarrolló con tres talleres teórico prácticos -caracterización de suelos, bajareque y adobe- y un taller teórico - criterios de diseño en construcción con tierra- en cinco sesiones de cuatro horas diarias.

El primer día se desarrolló en dos momentos: primero una presentación de dos horas para explicar la dinámica del evento, la presentación de los talleristas y la charla expositiva *Construcción con tierra mundial y Bolivia*, que brindó una aproximación y un panorama general de la construcción con tierra.

El segundo momento se inició con la exposición teórica del taller de caracterización de suelos, donde se detallaron las distintas pruebas recomendadas en la guía PROTERRA (Neves et al., 2009). Allí se abordó la clasificación de suelos, su composición granulométrica y la identificación de muestras de tierra a partir de pruebas táctiles y visuales, y los test de caída de la bola, del vidrio, del cordón, de la cinta, de exudación, de resistencia seca, del rollo y de la caja.

Luego de la explicación teórica se continuó con la parte práctica. Debido a que los participantes debían conseguir sus tierras y otros materiales, era importante verificar con ellos si las tierras obtenidas eran adecuadas para el desarrollo de los talleres. Por esto, y debido a la virtualidad de la actividad, se solicitó disponer las cámaras encendidas y mostrar sus tierras para iniciar el taller. A pesar de la recomendación inicial de la lista de materiales, en algunos casos faltaba cernir las tierras, otras estaban cernidas con granos muy finos. Para responder a las dudas de las condiciones de las tierras se fue mostrando en cámara de la tallerista una variedad de tierras para ejemplificar aspectos generales que resultaba fácil de entender porque se mostraba por la cámara. Para los participantes fue sorpresivo ver que el taller se desarrollaba de manera sincrónica, explicando y mostrando el desarrollo de las pruebas según el orden de la ficha del taller caracterización de suelos (figura 5). El seguimiento y acompañamiento en paralelo fue fundamental, ya que allí surgían las dudas que se respondía al instante. Si bien esta dinámica tuvo una participación reducida inicialmente, el intercambio estimuló a la mayoría para hacer la prueba en vivo para mostrar sus resultados y hacer la lectura para todos (figura 3). De esta manera, las dos horas previstas para el taller se extendieron debido a las preguntas que surgían y por el interés de mostrar sus pruebas y verificar si estaban por buen camino.

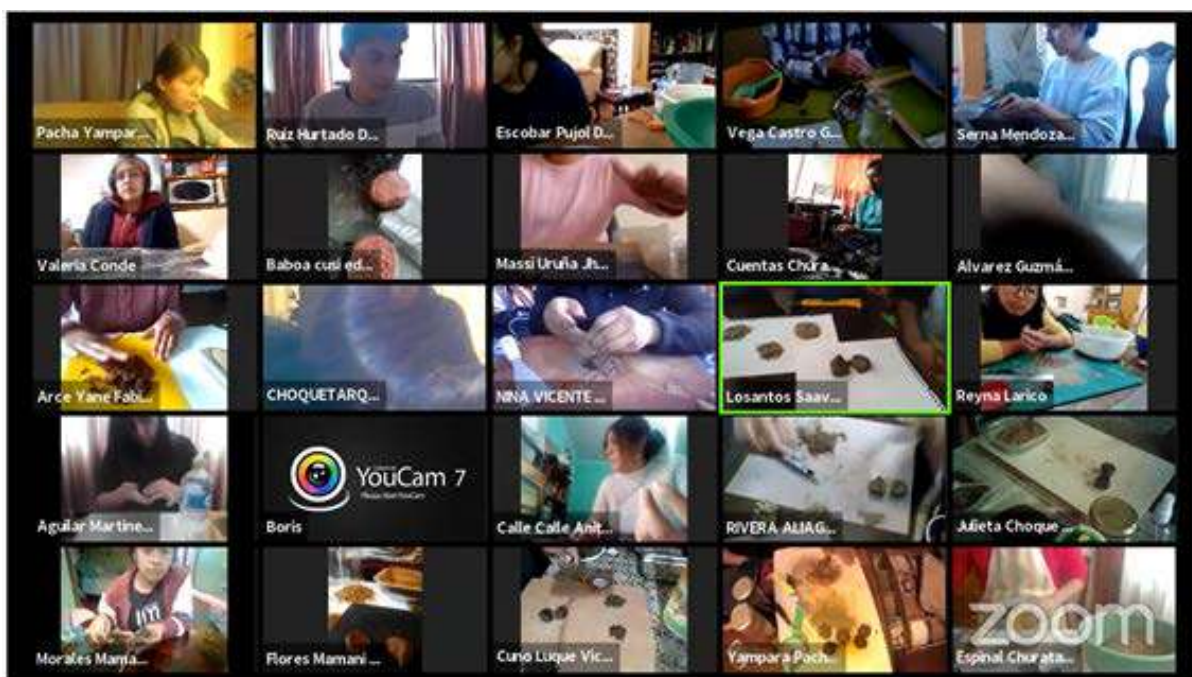


Figura 3. - Desarrollo del taller virtual de caracterización de suelos donde se muestra el avance con las pruebas sensitivas (crédito: Pacha Yampara Blanco)

El segundo día se realizaron los talleres de bajareque y adobe. Primero se desarrolló el taller de la técnica constructiva de bajareque, con una duración prevista de dos horas. Inició con una explicación teórica, donde se detalló el concepto del sistema mixto con sus componentes de estructura y trama. Para las tramas, se hizo notar que existen algunos criterios específicos para su desarrollo como aberturas máximas y mínimas que se debe respetar para realizar la técnica correctamente y la variedad de disposiciones para el entramado. Se continuó con recomendaciones para elegir la tierra, la explicación de la preparación de la tierra, y la colocación del relleno. Esta primera parte, permitió proseguir con la instancia práctica, cuando se solicitó activar las cámaras para ver los materiales conseguidos para el desarrollo del taller, específicamente el tipo de maderas que se consiguieron. Al tratarse de un prototipo de la técnica, hicieron falta algunas herramientas para trabajar las maquetas, por lo que se fue mostrando la ejecución de la técnica y las alternativas para los entramados. Luego se realizaron pruebas para elegir el tipo de tierra apto para esta técnica y se explicó el estado con la que se debe trabajar, haciendo notar las

diferentes capas: a) capa de relleno -tierra, arena y paja-, b) capa de revoque grueso y c) capa de revoque fino (figura 4).



Figura 4. - Relleno en panel de bajareque a escala (crédito: Alejandro Ferreiro)

El segundo momento, se inició con la exposición de la técnica constructiva del adobe, también contemplado para dos horas. Aquí se explicaron las especificaciones para realizar un buen adobe, y se dieron a conocer los beneficios de esta técnica, demostrando que es factible la construcción con este material en espacios sísmicos. Luego prosiguió el momento del taller sincrónico, donde se retomaron varias de las pruebas realizadas en el taller de caracterización de suelos a efecto de verificar el tipo de tierra a utilizar para la fabricación de adobes. Por otro lado, se hizo énfasis en la diferencia trabajada a escala, donde no se pudo utilizar la fibra (paja) por ser piezas muy pequeñas; en este caso, para simular la existencia de fibras, se aconsejó utilizar aserrín que, junto a la arena, son útiles para estabilizar la tierra. Por otro lado, tampoco se pudo utilizar la adobera (el molde) por la dificultad de la construcción a escala y la dificultad de extraer el adobito, como se hace a escala real. Al tratarse de adobitos con medidas 2 x 1 x 0,5 cm la mejor alternativa fue cortarlos con el estilete después de aplanar la masa de tierra (figura 7).

El tercer día se realizó el taller criterios de diseño. Allí se explicó los datos relevantes a considerar en el diseño de construcción con tierra, para que los y las estudiantes pudieran diseñar el proyecto de vivienda con mayor claridad sobre los aspectos que inciden en el buen resultado, según clima-orientación y los cuidados específicos para favorecer una buena y larga vida de los muros y su estructura en general, explicando las diferencias entre las técnicas. Esto permitió que los participantes cuenten con capacidad de justificación de las decisiones proyectuales que fueron decisivas para el aspecto constructivo de sus maquetas.

El cuarto día, los estudiantes mostraron la planta diseñada para sus viviendas. Allí se hicieron observaciones, recomendaciones para ajustar los diseños y estos respondan a los criterios explicados en cada técnica. También se explicó la correcta posición de los adobes -relación de espesor y altura- y la importancia de la trabe entre hiladas.

El quinto y último día se mostró la concreción del diseño de la vivienda y las maquetas, pero, por la dificultad del trabajo a escala, a la mayoría les faltaba concluir. Según los diseños elaborados, la cantidad de tierra y adobitos a utilizar era variable entre los proyectos. En algunas maquetas se requirió fabricar alrededor de 9000 adobitos, en otras maquetas que utilizaron la técnica de bajareque se demoró en el entramado o hizo falta más tierra, lo que demandaba mayor tiempo y trabajo, razón por la cual la presentación final se extendió; este tiempo fue importante para llegar a los resultados de las maquetas (figuras 8 y 9).

4 RESULTADOS.

El seminario taller, al contar con profesores invitados de otros territorios, generó una comunidad de conocimientos; la explicación de las técnicas desde distintas miradas enriqueció el aprendizaje. De esa manera los estudiantes conocieron el trabajo desarrollado en otros territorios. En los talleres prácticos se utilizaron fichas (figura 5); estas fueron útiles para el registro detallado del proceso y resultados, donde también se solicitó el registro de las dificultades que se observaron en el proceso del taller. Las fichas implicaron no solo el registro fotográfico y la descripción de lo observado sino la interpretación de los resultados.

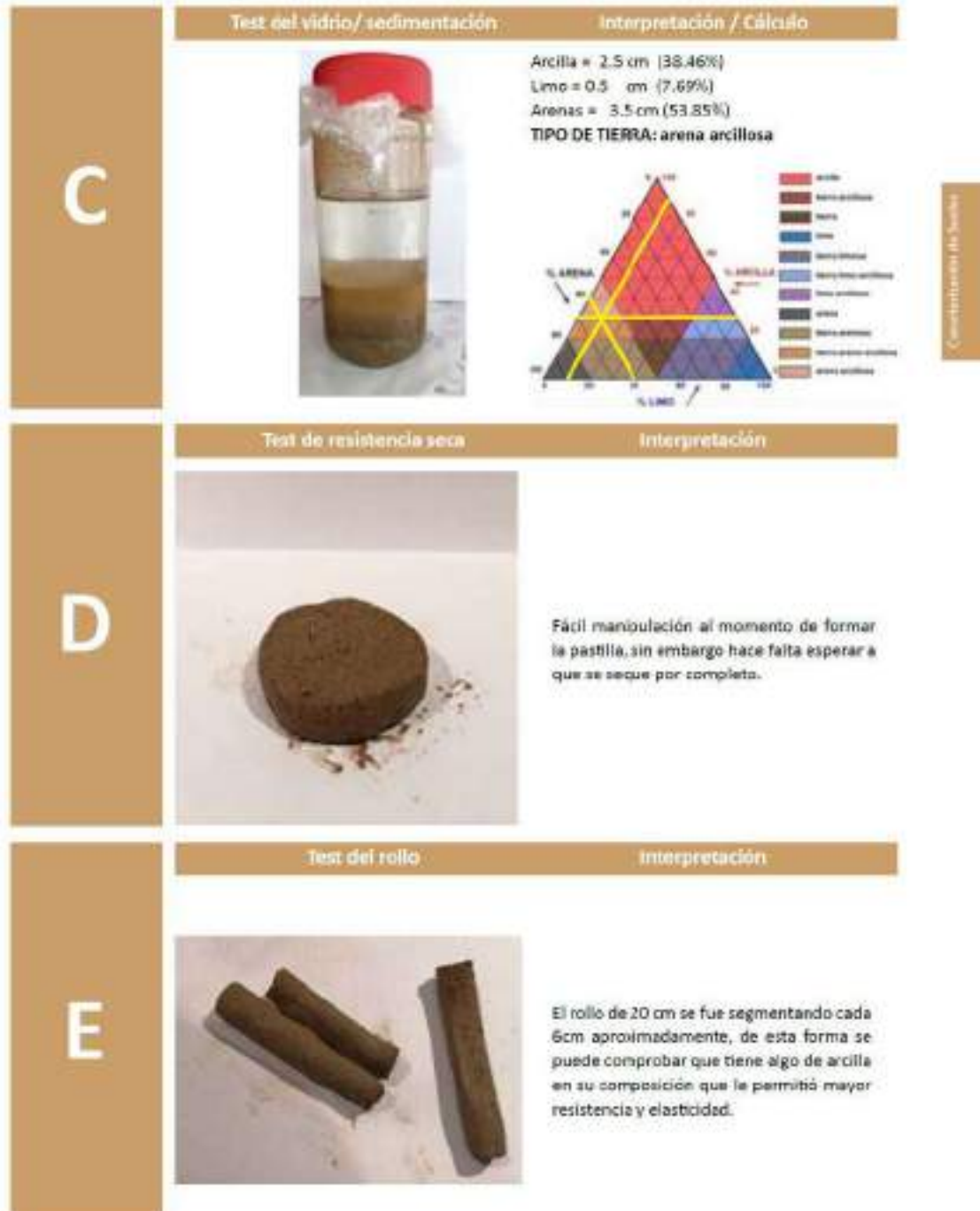


Figura 5. - Parte C, D y E de la ficha taller caracterización de suelos extraído del libro del evento (crédito: Serna, Camila)

En el primer taller de caracterización de suelos se debía registrar las cinco pruebas para cada tipo de tierra: A. test táctil visual, B. test caída de bola, C. test del vidrio, D. test de resistencia seca, E. test del rollo. En el desarrollo de estas pruebas se vio algunas

dificultades -a pesar de las recomendaciones y explicación- se presentó variación en la granulometría utilizada que incidió en la lectura, específicamente en el test del vidrio donde fue complicado distinguir las capas que se forman para determinar los porcentajes de arcillas, limos y arenas. Otra de las consultas frecuentes fue la seguridad de trabajar en el estado adecuado de la tierra para los test caída de bola, resistencia seca y del rollo. La interpretación de los resultados fue un indicador para saber si lo explicado en el taller sincrónico virtual se había comprendido y asimilado.

La ficha del taller de bajareque constaba de cuatro partes: A. preparación de la tierra, B. preparación de la estructura, C. elaboración del relleno del bajareque, D. conclusiones. Aquí se debía describir el proceso y adjuntar una foto final de la práctica. También se solicitó describir las dificultades del proceso para conocer si la explicación se había entendido. El registro de este taller puso en evidencia la gran variedad de resoluciones posibles en la ejecución de las tramas elaboradas por los participantes. Según las descripciones y fotos de las fichas, las dificultades se presentaron en la separación de los componentes del entramado, que, en algunos casos, estaban muy separadas, lo que dificultó la aplicación del relleno y, por otro lado, el estado de la tierra trabajada tampoco era la adecuada para la aplicación. La mayor duda fue el tema de revoques porque al ser un tema amplio en el taller se explicó de manera general (figura 6).

Construcción del Taller

C

Primero una capa de relleno y luego una capa más delgada para afinar la obra.



Identificar o describir dificultades en este proceso:
Para un trabajo más prolijo se debe de tener cuidado con las esquinas y los vértices.

D

Conclusión o reflexión final de la técnica:

Me agrada mucho trabajar esta técnica, se puede jugar mucho con el entramado y la estructura de madera.






Figura 6. - Arriba: Parte C y D de la ficha taller de bajareque extraído del libro del evento (crédito: Vega, Gabriela). Abajo: tramas y relleno prueba de los participantes del evento (crédito: Apaza, Diana)

La ficha del taller de adobe contenía cinco partes: A. preparación de la tierra, B. registro de resultados de pruebas, C. proceso de elaboración de adobitos, D. elaboración de adobitos, E. conclusiones. En cada parte debía describirse el procedimiento y adjuntar una foto de la práctica. Según las descripciones del llenado de las fichas las dificultades presentadas fue en el estado de tierra trabajado que no favoreció para el corte de las piezas porque estaban muy plásticas, si bien fue difícil llegar a un buen estado para elaborar los adobitos varios describieron que después de realizar la primera fabricación se fue corrigiendo los errores, por otro lado, algunos tuvieron la dificultad de no elegir una correcta composición granulométrica que fue evidente en el corte de las piezas.

Registro de resultados de pruebas
Visualización

B

Se hizo la dosificación de 3 de tierra y 1 de arena de la cual no fue tan resistente y se quebró al instante.

Para la segunda prueba se dosificó 3 de tierra y 2 de arena que efectivamente es más resistente.

Identificar o describir dificultades en este proceso:

Para las pruebas sería más eficiente colocar aserrín o bosta por la escala en la que se está trabajando, es un factor esencial por el cual se quebraron rápidamente los adobitos.



Figura 7. - Arriba: Parte B y C de la ficha de adobe extraído del libro del evento (crédito: Conde, Valeria). Abajo: Elaboración de adobitos para la maqueta (crédito: Castro, Esdenka)

En el caso del taller criterios de diseño en construcción con tierra, no se contaba con ficha de registro, sino que el objetivo era orientar a los y las estudiantes en el diseño de la vivienda mínima. El resultado de este taller se tradujo en un panel con el registro del trabajo final, que contenía el procedimiento del taller, el diseño en planta, las elevaciones y la foto de la maqueta como resultado final del seminario taller.

Los paneles presentados y publicados en el libro del evento hacen evidencia de los trabajos realizados, maquetas de mucha calidad y dedicación, considerando que para todos fue la primera experiencia de realizar una maqueta con el mismo material que se proyectaba el diseño de vivienda. Muchos indicaron que les faltó tiempo para fabricar adobitos, este aspecto invitó a la familia a colaborar en esta tarea, también recibieron recomendaciones por parte de los padres, abuelos que conocían la técnica. Así se valoró el gran trabajo que hicieron los abuelos al construir sus casas y el gran conocimiento que tenían para las construcciones. Uno de los aspectos interesantes fue saber que el manipular el material tuvo efectos des-estresantes.

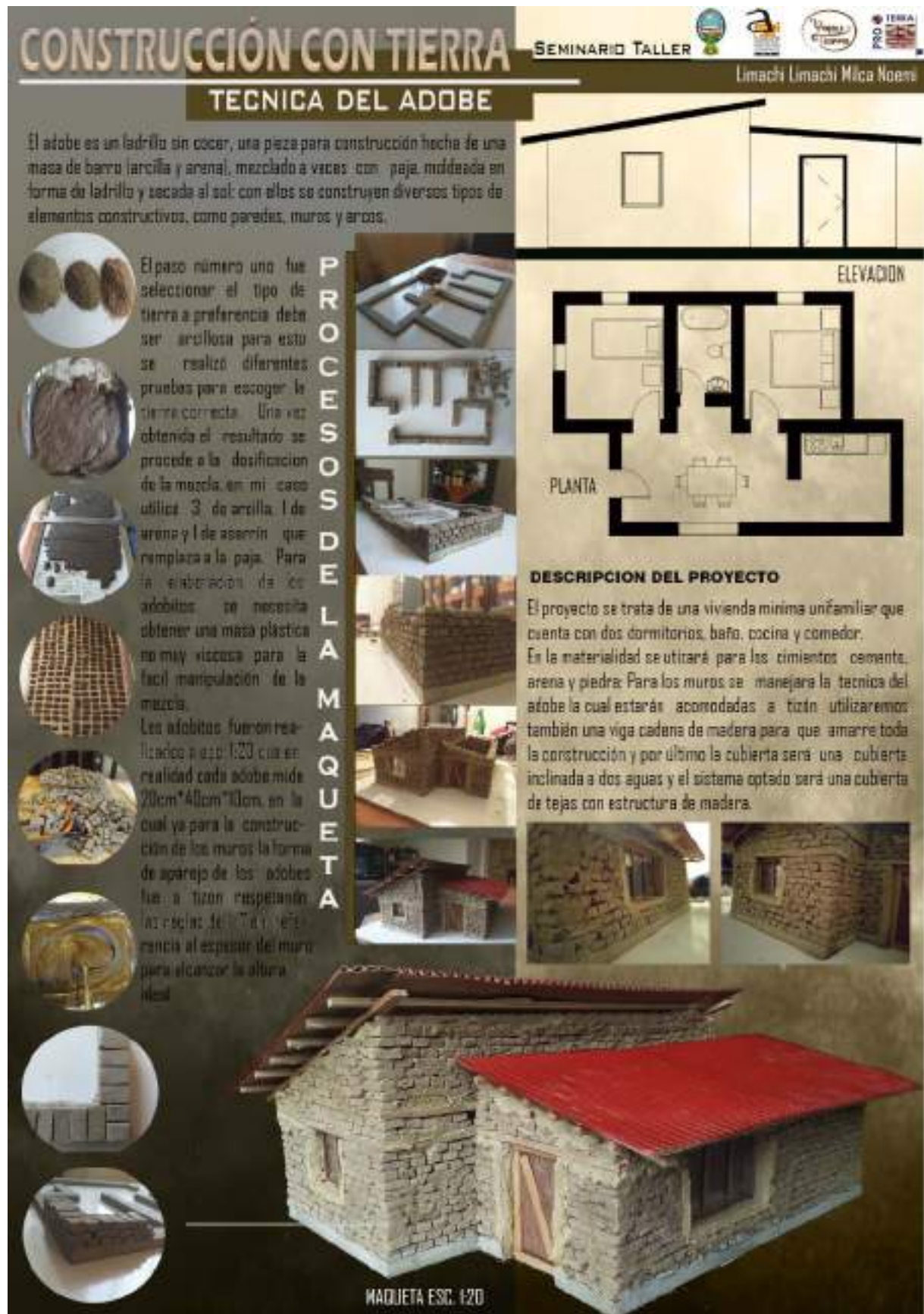


Figura 8. - Panel del trabajo final donde se visualiza la maqueta trabajada en la técnica adobe (crédito: Limachi, Milca)



Figura 9. - Panel del trabajo final donde se visualiza la maqueta trabajada en la técnica bajareque (crédito: Arce, Cristian)

Después de realizar una encuesta de evaluación del evento, se logró conocer que la transmisión de saberes a través de la virtualidad sobrepasó las expectativas iniciales de los

y las estudiantes, quienes pensaban que la parte práctica se iba a reducir a hacer un adobe y algo más, pero quedaron sorprendidos al conocer lo que se puede llegar a hacer con la tierra. El ver materializar sus maquetas poco a poco les llenó de gran satisfacción y trayendo recuerdos de su niñez. Fue interesante saber cómo la tierra invita a jugar y más aún cuando se trabaja a escala, varios comentaron que los niños y niñas de sus casas se quedaban a acompañar para hacerse una casita. Por otro lado, para los docentes fue gratificante ver el entusiasmo, atención y las ganas de aprender respecto de los sistemas constructivos con tierra.

5 CONCLUSIONES

A partir de este seminario taller, se puede concluir a nivel general que la necesidad de aprender genera las condiciones para adaptarse a situaciones extremas y reinventar las metodologías de enseñanza y transmisión de saberes. Este evento superó las expectativas de los y las participantes, quienes pensaban que la modalidad a distancia impediría generar una dinámica práctica real, sumado a que los antecedentes de estas actividades en la FAADU, se basaban solo en exposiciones teóricas.

Gracias a la recolección de tierras y preparación de materiales solicitados previamente lograron un contacto directo con la tierra, y enfrentarse a la situación de seleccionar y evaluar este material. Si bien algunos conocían parcialmente la teoría de los conceptos desarrollados, para la mayoría este fue un tema nuevo en su formación profesional ya que no existe mayor profundización sobre este material dentro del currículo de la carrera de arquitectura de la FAADU- UMSA.

Muchos estudiantes expresaron haber visto construcciones de adobe o saber de su existencia en Bolivia, pero manifestaron conocer muy poco de la técnica previo al evento. Además, en la evaluación del seminario taller, expresaron interés en continuar aprendiendo sobre esta técnica y otras más. Respecto al bajareque, a pesar de ser una técnica de poco uso en la región occidental de Bolivia y que el 60% de los participantes nunca había tenido contacto con la tierra como material, la técnica despertó gran interés y les resultó sencilla en su ejecución. De manera general la comprensión adecuada de lo expuesto en los talleres fue gracias a la realización de la actividad sincrónica con el acompañamiento y explicación simultánea. Si bien quedaron algunas dudas, particularmente en el estado de la tierra, se espera poder realizar talleres presenciales para una mejor comprensión.

Por otro lado, es importante mencionar que, al participar desde sus casas, la familia pudo presenciar e incluso participar, ayudando en el proceso de elaboración de adobitos y construcción de las maquetas, logrando unirlos como familia. Este aspecto refleja una perspectiva distinta de la construcción con tierra, que invita a la participación colectiva en el proceso de transmisión de saberes.

Por la coyuntura de salud y las condiciones de la pandemia, muchos indicaron que la modalidad del taller les resultó adecuada ya que la práctica resolvió las dudas que tenían, aprendieron sobre la importancia de la tierra en la construcción. Para muchos fue su primera experiencia y quedaron fascinados al conocer las propiedades térmicas, acústicas y más aún saber que es un material biodegradable que no contamina. Lo más interesante fue saber que para muchos participantes este tipo de talleres, que podrían parecer en primera instancia extensos y complejos por la diversidad de conceptos, les resultó sencillo, didáctico, fácil de entender y entretenido debido a poder experimentar con la tierra. Los asistentes comprendieron la importancia de este tipo de talleres, incluso se sintieron niños y niñas otra vez divirtiéndose, comprobando el tipo y calidad de tierra que tenían para luego elaborar y construir su maqueta, la cual era particular porque era la única que realizaron con los mismos materiales que se podía construir. Para otros además de ser didáctico y entretenido fue totalmente relajante y des-estresante, ya que no sentían presiones para ejecutarlo, sino solo saber sentir las bondades de la tierra, provocando sentimientos variados.

Las maquetas realizadas muestran el gran trabajo desarrollado por los y las participantes, producto que fue publicado en el libro del evento “Construcción con tierra: adobe y bajareque seminario taller teórico práctico”, libro que fue publicado gracias al apoyo de la FAADU - UMSA y fue entregado a todos y todas las participantes aprobadas. Al finalizar el evento y realizar una consulta sobre la apertura de una asignatura en la carrera relacionada a la construcción con tierra unánimemente la respuesta fue positiva, lo que motiva a seguir desarrollando este tipo de eventos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Esquivel, B.; Núñez, D. Yampara, P. Camacho, N. (2022). Caja CAHNEY terra taller: método de transmisión de saberes en pandemia. Seminario Iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra, 20. Trinidad, Cuba: PROTERRA/Oficina del Consejador

Neves, C.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P.; Hoffmann, M. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. Red Iberoamericana PROTERRA. Disponible en: <http://www.redproterra.org>

Yampara, P. (2021) Construcción con tierra adobe y bajareque, seminario taller teórico práctico. FAADU-UMSA, La Paz - Bolivia

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la posibilidad de experimentar esta forma de enseñar, y con ello confirmar que aun ante las innumerables dificultades para asuntos prácticos que presentaban las cuarentenas por pandemia para algo tan sencillo como salir a comprar los materiales, se ponía nuevamente en evidencia que la tierra es accesible para todas y todos, no fue difícil para quienes participaron del seminario taller conseguir la tierra, materia prima, ni tampoco aprender lo que hay que saber para poder trabajarla, pues nuevamente confirmamos con este ejercicio que la tierra es noble, nos enseña que se puede contar con ella para maravillosos fines sin gastar demás ni contaminar nuestro planeta.

AUTORES

Magda Castellanos, Ingeniera Civil y Maestra en Desarrollo Local por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Miembro de la Red PROTERRA y la Red Mesoamerikaab. Con experiencia en el desarrollo de programas formativos a través de la capacitación y transferencia de conocimientos para el uso de materiales de construcción y tecnologías constructivas alternativas principalmente para vivienda social y edificaciones, a diferentes niveles de la población: comunidades, estudiantes, técnicos y profesionales de la construcción. Asesoría y supervisión técnica para la construcción con materiales alternativos sísmo resistentes en Centroamérica.

Alejandro Ferreira, Arquitecto por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República. Expositor nacional e internacional sobre arquitectura y construcción con tierra, también es capacitador y organizador. Participó de proyectos y actividades de transferencia tecnológica a nivel universitario relacionadas con la tierra desde el año 2002. Desde el año 2007 comenzó a trabajar en proyectos de bioconstrucción a nivel privado. Profesor Asistente de la Cátedra de Tecnología Integrada y docente del curso de educación permanente “Diseño de arquitectura con tierra”, ambos de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República. Es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Pilar Silva, Arquitecta chilena por la Universidad Central, con estudios de Doctorado en la Universitat Politècnica de Catalunya, ha trabajado en Nueva York y Barcelona como colaboradora en otras oficinas hasta asociarse con Patricia Marchante en Tierractual en 2012, oficina especializada en investigación, diseño y construcción con tierra contemporáneos. Ha estado ligada a la docencia desde el año 2000, actualmente es profesora en la Universidad Central de Chile. Ha expuesto sus proyectos y dado charlas en diversos eventos internacionales y publicado obras propias en varios medios nacionales e internacionales.

Pacha Yampara Blanco, Máster en Psicopedagogía y Educación Superior, Candidata a Máster en Innovación tecnológica en proyectos urbanos sostenibles, estudió Arquitectura en la Universidad Mayor de San Andrés, se graduó por excelencia, diplomada en diálogo de saberes e investigación aplicada al cambio climático, investigación cualitativa. Investigadora en temas relacionados a los pueblos ancestrales milenarios. Actualmente combina actividades en la academia y conferencias nacionales e internacionales, es docente de la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo – UMSA. Co-fundadora y directora de YAPU TIERRA. Miembro PROTERRA red iberoamericana de Arquitectura y construcción con tierra.

MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS A PEQUEÑA ESCALA DE LA CAJA CAHNEY TERRA TALLER

Akemi Hijioka¹, Magda Castellanos², Natacha Hugón³, Ramón Aguirre⁴

¹Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Sao Paulo, Brasil, ahijiok@uol.com.br

²Escuela Taller de Construcción Alternativa, El Salvador, magdacastellanos8a@gmail.com

³Programa ARCONTI/IAA/FADU/UBA-CIDART, Argentina, natacha.hugon@fadu.uba.ar

⁴Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales, México, aguirre30@msn.com

Palabras clave: modelos didácticos, sistema constructivo, pandemia, adaptación de prototipos.

Resumen

El año 2020 fue un reto para el desarrollo de programas formativos que requieren la práctica para garantizar una apropiación adecuada del conocimiento, debido a la situación mundial de pandemia por covid-19 y las restricciones de movilidad y reuniones en grupo en la mayoría de países. El desarrollo de una caja didáctica que permite la implementación de talleres virtuales facilita seguir difundiendo la construcción con tierra e incluso permite llegar a cada rincón del mundo con acceso a internet. Tanto la planificación como la ejecución de la misma se dieron por medio de las tecnologías de la información y comunicación que facilitaron que los organizadores y los estudiantes pudieran comunicarse y participar en tiempo real, pudiendo llegar incluso a más lugares que al realizar los mismos encuentros de forma presencial. La Caja CAHNEY Terra Taller permitió contribuir a este objetivo, con esta metodología se logró un acompañamiento y aprendizaje mutuo incluso durante el pico más alto de la pandemia, superando los retos del confinamiento en cada uno de los países participantes. Debido a la limitación impuesta por la pandemia, se tuvieron que abrir nuevos caminos, crear conexiones y habilitar nuevas formas de hacer las cosas que no serían imprescindibles en situaciones normales, es decir sin pandemia. En esta primera experiencia se elaboró la primera versión de la Caja CAHNEY Terra Taller, la cual fue validada durante el desarrollo de los talleres virtuales y que permite que puedan mejorarse para continuar la difusión de la construcción con tierra, hasta poder desarrollar nuevamente talleres de forma presencial.

1 INTRODUCCIÓN

Hay eventos que marcan la vida y que la definen. Volver a la Tierra VIII es uno de ellos: es un encuentro entre hermanos que por azares del destino han coincidido para seguir soñando, buscando un mundo mejor donde trabajar respetuosamente desde el pasado, aplicando los conocimientos constructivos ancestrales en el presente, con visión a un futuro que permita estar en armonía con el entorno. Esta visión en común ha permitido que diferentes miembros de la Red PROTERRA y otras redes de construcción con tierra en Argentina, Brasil y Mesoamérica logran coincidir y plantearse en común crear nuevas alternativas de formación y capacitación.

En estos tiempos de profunda incertidumbre, la tierra ha convocado a los guardianes del medio ambiente para que cada uno tenga la oportunidad de poner su experiencia al servicio de la sociedad.

Es así como el octavo encuentro de Volver a la Tierra, se realiza por primera vez de forma virtual en el año 2020.

La Caja CAHNEY Terra Taller surge a partir de la sinergia de ocho profesionales de la construcción con tierra en el marco del VIII Volver a la Tierra 2020, con sede en Boyacá, Colombia, como una respuesta de adaptación a la situación mundial de pandemia, donde todos viven diferentes condiciones de confinamiento en sus países. Esta condición dio lugar a la conexión de forma virtual entre capacitadores y estudiantes, superando la barrera que existe al no poder coincidir en el mismo espacio y procurando el contacto con el material

tierra. Este trabajo a pequeña escala permitió precisar a detalle cada una de las técnicas desarrolladas.

2 OBJETIVOS

El principal objetivo de este artículo es dar a conocer las diferentes etapas de la experiencia creativa de la Caja CAHNEY Terra Taller implementada por primera vez en el VIII Volver a la Tierra 2020, desarrollado bajo una metodología virtual con sede en Boyacá, Colombia, que incluyó la creación de prototipos a pequeña escala de las técnicas de: caracterización de tierras, técnicas decorativas con revestimientos de tierra, restauración de edificaciones en tierra, tapia decorativa, bajareque japonés (*tsuchikabe*), adobe reforzado y bóvedas.

3 DESARROLLO

Los talleres virtuales desarrollados en el VIII Volver a la Tierra 2020 fueron diseñados por un equipo conformado por ocho profesionales de la construcción con tierra de diferentes países de Latinoamérica¹. Es aquí donde surge el nombre CAHNEY, como un acrónimo utilizando las primeras letras del apellido de cada uno de los miembros del equipo.

El equipo parte del entendimiento de que la práctica es de fundamental importancia para la transmisión de conocimientos y técnicas de los diferentes tipos de construcción con tierra. Estos espacios permiten que los aprendices logren, a través de la práctica, reconocer los diferentes materiales y comprender la función y el comportamiento de cada uno mientras los está utilizando, es decir como los materiales se transforman en un elemento constructivo al aplicar una técnica específica.

Gracias a la interacción fluida y empática entre los miembros del equipo se desarrollaron diferentes etapas durante la organización del seminario. Cada una de las etapas es muy importante y se describen a continuación.

3.1 Creación del concepto de la caja didáctica

Nace del deseo de hacer posible la práctica entre los participantes, para crear un espacio de interacción y diálogo simultáneo. La importancia de ver al otro y ser visto, como una forma de acercarse, estar juntos en la virtualidad y seguir los procesos constructivos a lo largo de los talleres.



Figura 1. Reuniones virtuales desarrolladas cada 7 o 15 días

¹ Ramón Aguirre, de México, Nancy Camacho, de Colombia, Bernadette Esquivel, de Costa Rica, Pacha Yampara, de Bolivia, Natacha Hugón, de Argentina, Delmy Núñez y Magda Castellanos, de El Salvador y Akemi Hijioka, de Brasil

Este proceso creativo se desarrolló mediante reuniones virtuales semanales durante casi seis meses antes de la realización del seminario, donde se fueron ajustando detalles hasta el día de implementación de los talleres en el VIII Volver a la Tierra. Durante estas primeras reuniones se definieron las técnicas a utilizar y se compartieron experiencias de talleres con materiales a escala que los talleristas habían realizados previamente de forma presencial.

Esta nueva metodología de enseñanza virtual requería una comunicación constante entre los organizadores, quienes acordaron en la necesidad de facilitar a los aprendices las herramientas y materiales para que los espacios de aprendizaje fueran mucho más enriquecedores.

3.2 Selección de técnicas constructivas en tierra

Las técnicas fueron escogidas con el fin de incluir una amplia diversidad de opciones para los participantes, y al mismo tiempo alineadas con el área de conocimiento y experiencia de cada capacitador. Por cada una de las técnicas seleccionadas se debía preparar una ficha para el diseño de la caja didáctica, así como desarrollar un taller virtual que incluyera introducción teórica y una parte práctica. La distribución de los talleres y talleristas se puede observar en la figura 2.



Figura 2. Talleristas y talleres seleccionados

3.3 Diseño de las cajas didácticas

Se elaboraron fichas de cada prototipo por cada una de las técnicas, las cuales incluyen los materiales y herramientas que se requieren en cada taller, a fin de contar con todos los recursos necesarios para la difusión del conocimiento.

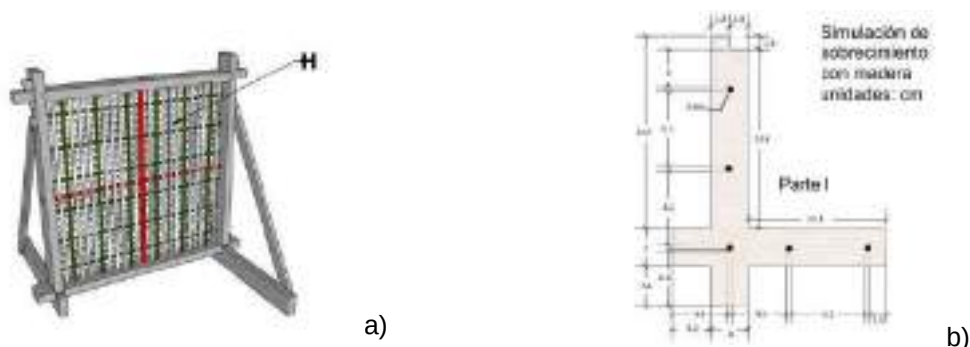


Figura 3. Ejemplo de algunos esquemas preparados para la elaboración de maquetas: a) taller de *tsuchikabe*; b) adobe reforzado

Además, se elaboraron los planos de cada prototipo, para sintetizar los distintos elementos que componen la práctica a escala real y hacer posible el desarrollo del taller de forma virtual, con la posibilidad de que los aprendices accedan a materiales y herramientas dentro de una caja portátil.

3.4 Creación de los prototipos a pequeña escala

Las reuniones quincenales y luego semanales fueron importantes para compartir ideas e información sobre los avances de cada frente de trabajo. Al inicio, la idea fue que cada taller fuera responsabilidad de los respectivos capacitadores; pero dada la imposibilidad de envíos internacionales de las cajas por restricciones durante la pandemia, fue necesario compartir esta responsabilidad con los demás miembros para que cada representante del país se encargara de preparar todas las cajas solicitadas por las personas que desearan participar en sus países. Por esta razón los aprendices participantes tuvieron que limitarse a los países donde se encontraban los capacitadores, ya que estos también se encargarían de a construir las cajas y posteriormente se hicieron cargo de los envíos locales.

Los prototipos fueron montados y desmontados varias veces, pensando en la trabajabilidad, producción y reproducción por parte de los demás miembros del equipo. En esta etapa, también se calculó el tiempo necesario para la práctica; así como el análisis minucioso de todos los elementos y materiales que se requerían, y las condiciones del área de trabajo, lo que llamamos durante el trabajo en campo: la preparación del terreno.

Para esto, cada uno de los talleristas realizó estas pruebas muchas veces antes del desarrollo de los talleres y se compartieron estos resultados durante las sesiones virtuales de preparación, hasta comprobar la dosis de los materiales que se requería en cada país por los diferentes tipos de tierra, los resultados de las pruebas de caracterización de cada material, incluso el peso que alcanzaban las cajas. Además, se fue calculando el tiempo de taller en la simulación y así tener una base para marcar el avance en el propio taller.

Esta preparación previa y el compartir de los resultados previos entre los talleristas también permitió retroalimentar estos saberes y mejorar los diferentes prototipos, abonando al conocimiento de los talleristas.



Figura 4. a) Países de participantes inscritos en los talleres virtuales y que recibieron sus cajas CAHNEY Terra Taller; b) Ejemplo de una caja CAHNEY Terra Taller lista para el envío

3.5 Desarrollo de los talleres

A pesar de las innumerables pruebas que se realizaron previos a los talleres virtuales, fue hasta ese momento cuando, junto a los participantes, fueron validados los prototipos elaborados a pequeña escala.

A partir de los talleres virtuales los participantes pudieron aprender con sus manos y los materiales proporcionados a pesar de la distancia.

Previo a los talleres se presentaron conferencias virtuales los días 15, 16 y 17 de octubre de 2020, desde la transmisión en vivo de la *fanpage* de la Escuela Taller de Boyacá, en Facebook como @escueladeboyaca.

Posteriormente se desarrollaron los talleres virtuales, iniciando con el taller de Caracterización de tierras, el cual era de carácter obligatorio para garantizar una base de conocimiento necesaria para la comprensión de los demás talleres, a los cuales los aprendices podrían inscribirse según su preferencia. Este primer taller se desarrolló el 14 de noviembre.

Para dar la oportunidad de que los aprendices pudieran inscribirse a cualquiera de los seis talleres restantes, se diseñó un horario para que los talleres se desarrollaran en dos sesiones teórico prácticas con una duración de 2 horas y 45 minutos cada una, tal como se muestra en la figura 5. Los primeros tres talleres se realizaron en las sesiones de los sábados 21 y 28 de noviembre y los otros tres en las sesiones de los domingos 22 y 29 de noviembre. De esta manera cualquier persona tenía la libertad de inscribirse a un taller o a los seis talleres si quisiera. La clausura se realizó al final del taller de Bóvedas Mexicanas el domingo 29 de noviembre.

Previo al inicio de los talleres también se crearon diferentes grupos en WhatsApp, uno por cada taller a realizar, para que los talleristas fueran comprobando que todos los participantes contaban con los materiales y herramientas necesarias, realizar chequeos de última hora a cada prototipo e incluso evaluar como estos había llegado después de ser enviados vía terrestre. En estos grupos también se logró mostrar los resultados que los participantes obtenían en sus prototipos incluso después de finalizado el evento, ya que la mayoría quedó con mucho entusiasmo por seguir practicando.

PROGRAMACIÓN

SÁBADO 14 DE NOVIEMBRE

9:00 - 11:45 hrs Colombia
WENDY CAMACHO - Colombia
Caracterización de Tierras

SÁBADOS 21 y 28 DE NOVIEMBRE

9:00 - 11:45 hrs Colombia
MARICELA PUSÓN - Argentina
Técnicas Constructivas con Bóvedas de Tierra

9:00 - 11:45 hrs Colombia
BERNABETTE BIQUEL - Costa Rica
Bóvedas de Muros de Tabique

9:00 - 11:45 hrs Colombia
DUNY VALERO - INGENIERO EXPEDIENTE - D. NARCISO
Alfaro (Colombia)

DOMINGOS 22 y 29 DE NOVIEMBRE

9:00 - 11:45 hrs Colombia
ALVARO FERRER - Brasil
Bóvedas (Muros de Tabique)

9:00 - 11:45 hrs Colombia
PATRICIA GUERRA BLANCO - Bolivia
Bóvedas de Muros de Tabique

9:00 - 11:45 hrs Colombia
SANDY ACURIO - México
Bóvedas Mexicanas

Información e inscripciones al email:
volvematerra8.tunja2020@gmail.com

Figura 5. Afiche de talleres virtuales realizados en el VIII Volver a la Tierra

4 CAJA CAHNEY TERRA TALLER

Con espíritu resiliente, mucho trabajo y alegría, se logró adaptar el seminario a la nueva normalidad. La Caja CAHNEY Terra Taller incluye los materiales, herramientas y recursos que se requieren para elaboración de prototipos a pequeña escala para la transmisión de conocimientos de técnicas constructivas. A continuación se describen las técnicas desarrolladas en la primera Caja CAHNEY Terra Taller implementada por primera vez en el VIII Volver a la Tierra en 2020 durante el confinamiento por covid-19.

4.1 Caracterización de tierras

El taller de Caracterización de tierras tiene como objetivo acercar a los participantes al reconocimiento de la tierra como elemento apto para construir, reconocer desde la percepción y desde unas sencillas pruebas de campo que se realizan con el mínimo de implementos necesarios. Con este taller se espera realizar las pruebas de sedimentación, retracción, rotura o falla de cilindro, lavado de manos, pastilla utilizando tacto, olfato, visión, gusto y oído.

El taller de caracterización de tierras se llevó a cabo en dos partes, en la primera se desarrollaron los conceptos teóricos y en la segunda se realizaron las pruebas de retracción y sedimentación, así como las demás pruebas para la identificación de las características de la tierra.

Este taller se considera fundamental, sobre todo cuando el aprendiz participa por primera vez en talleres de construcción con tierra, ya que permite un primer acercamiento al material. Igualmente, si el aprendiz ya tiene un conocimiento previo, el taller sirve para reforzar los conocimientos adquiridos.

El desarrollo de este taller permitió que los talleristas de los demás talleres pudieran enfocarse en aspectos específicos de cada técnica, aprovechando al máximo el tiempo disponible para cada taller.

En este caso la tallerista solicitó a los aprendices que recolectaran localmente diferentes tipos de tierras, para dar a conocer la diversidad de tierras en los territorios. Además, mostró como con el uso de herramientas que tenemos en casa podemos realizar las diferentes pruebas de caracterización de las tierras, y como al mismo tiempo podemos crear una ficha y registrar los resultados obtenidos durante las diferentes pruebas descritas anteriormente.



Figura 6. Taller virtual de Caracterización de tierras

4.2 Técnicas decorativas con revoques de tierra

En este espacio de capacitación se desarrollaron actividades mediante las cuales nos apropiamos de recursos creativos, decorativos y artísticos para demostrar las propiedades de las tierras estabilizadas y pigmentadas para su uso apropiado en las terminaciones naturales (revoques, aplanados, repellos) en muros de tierra, sus ventajas, sus límites y sus potencialidades.

El desafío en el proceso de generación del prototipo de esta caja fue que cada integrante del equipo de capacitadores debía realizar a las tierras disponibles en su país los ensayos de caracterización pertinentes. De esta forma ya estarían adecuadamente estabilizadas al enviarlas en las cajas, y así, en el momento de realizar el taller, todos los aprendices contarán con un material medianamente homogéneo y así evitar que durante el taller los revoques no tuvieran daños, debido a la falta de preparación del material. Y dado que el horario disponible para el mismo no permitía esperar los tiempos de secado, era muy

importante la calidad de la tierra para que no se fisuren los revoques que realizarían durante el taller.

También, fue un desafío seleccionar herramientas más pequeñas que reemplacen las que se utilizan en la aplicación de revocos en obra.

En los talleres presenciales la actividad se realiza en un mural, pero para la adaptación a escala de las técnicas, trabajamos sobre superficies más pequeñas como el reverso de unidades de pisos cerámicos de 40x40cm.

El taller se elaboró en dos sesiones de trabajo donde se desarrolló al inicio una clase teórica que serviría de apoyo a las actividades de práctica. En la primera sesión se realizaron las mezclas para morteros de revoque de tierra, la estabilización y pigmentación adecuada de los mismos y la aplicación de las capas de base, y en una segunda sesión se realizaron la aplicación de las demás capas y la realización de las técnicas decorativas. Para esto el aprendiz debía seleccionar el diseño que plasmaría en su trabajo, para lo cual podría utilizar las plantillas proporcionadas en la caja.



Figura 7. Taller virtual Técnicas decorativas con revocos de tierras

4.3 Restauración de muros de adobe

El taller de Restauración muros de adobe tiene el objetivo de mostrar los daños más frecuentes en las construcciones de adobe y bahareque y algunas soluciones prácticas para devolverle su resistencia y apariencia. El taller consta de dos partes: Una parte teórica en la cual se tratarán los pasos iniciales de una restauración, la identificación de daños, sus causas y técnicas de restauración tanto en muros de adobe como de bahareque. Posteriormente se realiza una parte práctica, donde los participantes contarán con una caja didáctica para poner en práctica las acciones de restauración.

Por medio del taller virtual se desarrolla la identificación de daños y las técnicas para remediarlos, en este caso la tallerista da las indicaciones para que los participantes apliquen algunas técnicas en el modelo de muros de adobe que recibieron en su caja. Uno de los retos más grandes en este taller fue que todos los modelos tenían daños diferentes causados por el traslado de las cajas o su manipulación, a pesar de que estas fueron enviadas con la etiqueta de “material frágil”.

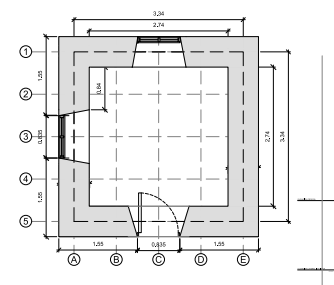


Figura 8. Taller virtual de Restauración de muros de adobe

Una vez identificados los daños se realiza la preparación de los materiales adecuados para intervenir los muros. El resultado esperado es que los aprendices puedan tener una maqueta de una sección de un muro de tierra, que muestre las características constructivas de las técnicas y la forma de repararlas.

4.4 Tapia pisada decorativa

El taller de tapia pisada decorativa es un aprendizaje complementario al taller de tapia que generalmente se realiza. En este taller se pretende dar a conocer las formas o métodos para realizar formas orgánicas con tierras de colores de manera que queden decorativas en muros interiores o medio muros.

Durante el taller se desarrolla la explicación del tipo de tierra a utilizar y es estado de tierra para realizar la técnica de tapia pisada. Uno de los mayores retos fue encontrar junto a los aprendices la humedad adecuada para la tierra que se había entregado a cada uno de ellos.

Para esta caja didáctica se diseñó una tapialera de madera a escala 1:10, para la cual se diseñaron planos de los moldes, pisonos y las barras para fijar la tapialera. También durante los talleres fue un reto lograr el armado de los moldes, ya que en muchos casos las barras no quedaban muy fijas y debían utilizarse cuerdas y otros materiales para volverlas más estables y que no se desarmaran durante el apisonado.

Debido a que se trata de un taller de tapia decorativa, en cada caja se enviaron diferentes colores de tierra, para que cada aprendiz lograra realizar diseños creativos.



Figura 9. Taller virtual de Tapia pisada decorativa

4.5 *Tsuchikabe* (bajareque japonés)

De una manera muy particular, el trabajo sobre *tsuchikabe* fue como rescatar algunos de los principios del aprendizaje de las técnicas tradicionales japonesas. Con el fin de transmitir parte del universo de conocimientos ancestrales, se preparó la estructura prototipo con el fin de permitir el montaje y desmontaje de vigas y pilares. No utilizar clavos ni tornillos en las estructuras intenta hacer referencia a la forma de la carpintería japonesa. Otro punto que fue bastante evidente en el más alto fue hacer la pared muy delgada. En este punto, es necesario retroceder y explicar un poco sobre el sistema constructivo de técnica mixta en el país de origen.

La arquitectura con tierra en Japón se divide básicamente en dos modalidades principales, el muro de tierra que necesita una estructura, es decir, una especie de retícula sobre la que se aplica la tierra en capas posteriores para fijarse en ella. Y el otro son los muros de tierra, que tienen una función estructural, correspondiente al muro de mortero; recordando que esta modalidad se utiliza tradicionalmente para la construcción de muros.

En talleres reales in situ se realizan estructuras de 1,80 m X 1,80 m para delimitar la superficie del muro. Dentro de este marco se colocan estructuras verticales y horizontales sobre las que se amarran las piezas que forman una especie de malla horizontal y vertical a una distancia aproximada de 6 a 7 cm. Para el taller se realizaron dos intentos de reducción, el primero se realizó en una escala 1:3 donde se redujeron proporcionalmente todas las partes.

La caja didáctica de madera, con todas las piezas menos la tierra, rondaba los 5 kg, lo que la haría factible y facilitaría el envío a los respectivos participantes.

Después de aplicar el suelo, se calculó el tiempo de secado y luego se pesó todo el conjunto de prototipos. En el primer prototipo, el peso total fue de 18,5 kg. El segundo prototipo se hizo de la misma forma, pero reduciendo a escala 1: 4, aun así, la reducción de peso no fue muy significativa, llegando a poco más de 15 kg. Por tanto, se definió que la tierra, el elemento más importante, en la mayoría de los casos la aportarían los propios aprendices.



Figura 10. Taller virtual de *tsuchikabe* (bajareque japonés)

4.6 Adobe reforzado

Con el taller de Adobe reforzado se busca dar a conocer las especificaciones técnicas y principales criterios constructivos de una vivienda de adobe reforzado, aplicando los avances en la investigación de vivienda sismo resistente en El Salvador, a partir del uso de herramientas y materiales creados para reproducir a escala los principios básicos de dicho sistema constructivo.

El taller se elaboró en dos sesiones de trabajo donde se desarrollaba al inicio una parte teórica y luego una parte práctica. La primera sesión se abordaron los temas de: elaboración de adobes, cimientos, colocación de refuerzo vertical en paredes. En la segunda sesión se desarrollaron los temas de: modulación de adobes, refuerzo horizontal, soleras de cargadero y de coronamiento.

Para la elaboración de esta caja era necesario el envío de adobes a escala. Al inicio se pensó en una escala 1:5 pero debido al peso de los adobes la mayoría de las cajas se elaboraron en una escala de 1:10. Uno de los retos más grandes fue el material para elaborar los adobes, se buscó una tierra arcillosa de alta plasticidad para lograr resistencia y estabilizar con un material que permitiera aligerar su peso. En algunos casos se logró aligerar con papel, agregados finos e incluso fibras muy finas y picadas en tamaños muy pequeños.



Figura 11. Taller virtual de Adobe reforzado

Además, se diseñó la maqueta con cuatro cruces y en la caja se enviaban dos cruces que simulaban dos esquinas de las fundaciones de la casa. Durante el taller se trabajaron las

dos esquinas, las cuales eran replicables para el resto de la maqueta en caso que el aprendiz deseara completarla, estos esquineros podían ensamblarse de tal forma que se conformaran las paredes. Se decidió también dejar unos agujeros en las fundaciones, para poder colocar las varas de madera que representaban el refuerzo vertical de las paredes. En algunos casos, durante el taller tuvimos que reubicar algunas varas, ya que, tal como pasa cuando se construye a escala real, la ubicación de las varas debe ser muy precisa para no afectar la modulación de los adobes.

4.7 Bóvedas mexicanas

El taller virtual de Bóvedas mexicanas de adobe y ladrillo consta de una caja CAHNEY que contiene el material necesario a escala; dicho material ha sido diseñado para facilitar el aprendizaje de la técnica constructiva y el manejo de los materiales de manera práctica.

La caja de bóvedas mexicanas contiene un marco de madera, llamado bastidor, conformado por piezas diseñadas para ensamblarse en las esquinas. Además, en la caja debían incluirse 1,000 adobitos de 1cmx2cmx0.5cm, los cuales fueron elaborados con tierra arcillosa y estabilizados con diferentes materiales como papel y agregados finos.

Uno de los retos más grandes del taller es comprender la configuración geométrica de la bóveda y garantizar la transmisión de cargas a la base, con un pegado adecuado de los adobitos y el cierre adecuado en los encuentros.



Figura 12. Taller virtual de Bóvedas Mexicanas

5 RESULTADOS

Para la Caja CAHNEY Terra Taller se elaboraron siete prototipos a pequeña escala, los cuales fueron validados a partir del desarrollo de los talleres virtuales.

Para el desarrollo de los talleres virtuales se prepararon y enviaron 88 cajas didácticas para la transmisión las siete técnicas constructivas con tierra. Se contó con la participación de 30 personas de 8 países de Latinoamérica: México, Colombia, Bolivia, Argentina, El Salvador, Costa Rica, Brasil y Nicaragua.

Los participantes tuvieron la oportunidad de experimentar y aprender a través de la práctica con la guía y transmisión virtual del conocimiento.

A lo largo del proceso de construcción de las cajas, fue posible experimentar un camino creativo muy intenso de construcción colectiva de un proyecto. La limitación impuesta por la pandemia hizo que se tuviera que abrir nuevos caminos, crear conexiones y habilitar formas de hacer las cosas que no serían posibles en situaciones normales. En este sentido, el grupo tenía grandes retos que requerían un constante refinamiento, ayuda mutua y un intenso y constante intercambio de información.

Por ejemplo, en cuanto se enteró de la imposibilidad del transporte marítimo internacional y los costos altos que implicaría el envío de estos materiales entre los países participantes, se

tuve que hacer pruebas con las tierras disponibles en cada uno de los lugares con el fin de hacerlos viables para las distintas modalidades de los siete talleres. Así, la práctica temprana de acondicionamiento del terreno, dosis adecuadas, ensayos de encogimiento, preparación de ladrillos, volumen y peso de cada uno, y otros ítems fueron fundamentales para la realización del taller.

La incertidumbre del número hasta poco antes del cierre de inscripciones hizo que algunos kits fueran entregues con antelación. Ya que los apoyos que tenía cada miembro del equipo eran bastante diversos, y muchos kits requerían la preparación previa de 2,000 adobitos en el caso de las bóvedas mexicanas o 500 adobes de diferentes tamaños, entre otros.

Al final del trabajo, se puede sentir que resultó en una experiencia de aprendizaje única para todos y, a pesar que no se registraron las evaluaciones de cada taller, los comentarios obtenidos en los cierres de sesión, durante la clausura y los diferentes chats creados por cada taller entre participantes y talleristas, mostraban la satisfacción de los participantes. La tierra, una vez más, enseñó acerca de la unidad y la resiliencia.

6 CONSIDERACIONES FINALES

A partir de esta primera experiencia de la creación de las cajas CAHNEY Terra Taller y su primera implementación en el Volver a la Tierra VIII se considera que se realizaran algunos ajustes para mejorar la experiencia de aprendizaje en el futuro, tales como: preparación previa del material, tiempos que se requieren en cada uno de los espacios del taller, ajustes en las medidas de los prototipos y los planos, mejora de las fichas de registro de datos e incluso ajustes de cámara y espacio para desarrollar el taller con mayor comodidad.

Las participaciones se limitaron a los países donde se encontraban los capacitadores, que además de crear su propia caja debían construir las cajas de los participantes que se inscribieran a los talleres; únicamente Nicaragua fue incluido por estar cerca de El Salvador, quienes se encargaron de elaborar las cajas y hacer el envío.

La experiencia permitió profundizar el conocimiento de técnicas a pesar de los desafíos de producción a pequeña escala.

NOTA

El crédito de las imágenes presentadas es de VIII Volver a la Tierra 2020.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del equipo de expositores y talleristas que participaron en el Volver a la Tierra VIII, quienes dedicaron el tiempo para el diseño y presentación de las diferentes técnicas constructivas.

Al mismo tiempo se agradece el interés de todos los inscritos de al menos ocho países en Latinoamérica, que, a pesar de la pandemia, depositaron su confianza en las nuevas metodologías desarrolladas para la realización de los talleres virtuales.

AUTORES

Akemi Hijioka, Arquitecta, profesora del Instituto Federal de educación, Ciencia y tecnología de São Paulo - Campus Registro. Doctora en arquitectura por la Universidad de São Paulo, Maestría en Urbanismo por la Universidad PUC-Campinas. Investigadora del Grupo Habis (Habitad y Sustentabilidad) del IAU-USP, investigadora de la Universidad de Kanagawa. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, de Red de Tierra Brasil y de Architectural Institute of Japan (AIJ).

Magda Castellanos, Ingeniera Civil y Máster en Desarrollo Local por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA). Co-dinamizadora y miembro de la Plataforma Mesoameri-kaab para la construcción con tierra. Co-directora de la Escuela Taller de Construcción Alternativa (ETCA). Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Natacha Hugón, Constructora, capacitadora y artista. Docente en FADU de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Miembro fundador y Co-directora del Centro CIDART (Centro de Capacitación,

Investigación y Diseño de Arquitecturas en Tierra). Investigadora de proyecto en programa ARCONTI del Instituto de Arte Americano|FADU|UBA. Miembro de la Red Nacional PROTIERRA Argentina e integrante de la Comisión de Capacitaciones.

Ramón Aguirre, Arquitecto por la Universidad Nacional de México. Autor del libro *Bóvedas Mexicanas de adobe y ladrillo*, 2016 y el libro *BIOconstrucción a detalle*, 2019. Director del Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (IBOMEX). Asesor del PNUD. Catedrático en Diseño y Geometría en la Universidad Autónoma Benito Juárez, Oaxaca, México. Director de proyectos de la firma Arcilla y Arquitectura S.C. y más de 28 años de experiencia en elaboración de bóvedas. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

CAJA CAHNEY TERRA TALLER: MÉTODO DE TRANSMISIÓN DE SABERES EN PANDEMIA

**Bernadette Esquivel Morales¹, Delmy Núñez Treminio², Pacha Yampara Blanco³
Nancy Camacho Pérez⁴**

¹Red Iberoamericana PROTERRA/ICOMOS Costa Rica, ISCEAH, CIAV, Costa Rica, bernadette.esquivel@gmail.com

²Red Iberoamericana PROTERRA-Escuela Taller de Construcción Alternativa, El Salvador, delmynut@yahoo.es

³Red Iberoamericana PROTERRA, Universidad Mayor de San Andrés-YAPU Tierra, Bolivia, pyampara.bl@gmail.com

⁴Escuela Taller de Boyacá, Tunja, Colombia, ncamachop@unal.edu.co

Palabras clave: Adaptación; confinamiento; transferencia; comunidad internacional; interacción.

Resumen

El año 2020 trajo consigo un cambio significativo para la humanidad. La propagación del virus SARS-CoV-2 generó una crisis sanitaria que transformó las condiciones ambientales, económicas, sociales y culturales a nivel mundial. La incertidumbre dio paso a la paralización y el aplazamiento de muchas actividades proyectadas con antelación, tales como el evento anual Volver a la Tierra VIII, organizado por Ibomex en Oaxaca, México, instituto que cedió su organización a la Escuela Taller de Boyacá, ubicada en Tunja, Colombia, durante 2020. La capacidad de resiliencia del equipo organizador motivó la creación de una comunidad de indagación como alternativa para la formación en tiempos de pandemia mediante el uso de las TIC. De esta manera, se transmitieron técnicas constructivas tradicionales y sus desarrollos en la actualidad y se facilitó la interacción entre talleristas y participantes ubicados en ocho países de Latinoamérica. En este artículo se comparten las experiencias aprendidas.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo da cuenta de la experiencia de adaptación de un evento presencial a nuevas condiciones mediante la conformación de una comunidad de indagación. Primero, se explican los aspectos metodológicos que se emplearon durante su desarrollo y los aportes recabados a la distancia. Posteriormente, se describe en detalle la secuencia de acciones realizadas desde el momento en el cual se decidió organizar Volver a la Tierra VIII hasta la finalización de los talleres. Por último, se consignan las conclusiones y aprendizajes obtenidos junto con una breve descripción de cada una de las experiencias formativas.

2. OBJETIVO

Compartir los resultados derivados de la creación de una comunidad de indagación, constituida como alternativa de formación en tiempos de pandemia, mediante el uso de las TIC —talleres virtuales, concretamente—, a través de las cuales se logró transmitir técnicas constructivas tradicionales y sus desarrollos en la actualidad.

3. VOLVER A LA TIERRA VIII

3.1 Organización y equipo CAHNEY

Volver a la Tierra es un evento anual organizado por el Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (Ibomex), con sede en la ciudad de Oaxaca. Para el desarrollo de su versión VIII en 2020, la sede y la organización del evento fueron asignadas a la Escuela Taller de Boyacá, ubicada en Tunja, Colombia, como preparación para el Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (21º SIACOT), de 2023, que se llevará a cabo en Colombia. Ibomex y la Escuela Taller convocaron a profesionales con

conocimiento y experiencia en la construcción con tierra de distintos territorios de América Latina para poder conformar un equipo caracterizado por la confianza, la complicidad y la generosidad en la transmisión de sus saberes y comprometido con el desarrollo de alternativas para la formación durante la pandemia. Vale la pena destacar que todos los talleristas del equipo pertenecen a la Red PROTERRA y que es visible, como consecuencia de ello, la impronta del trabajo colectivo. Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, El Salvador, Costa Rica y México contaron con un profesional que lideró el trabajo en su respectivo país (las profesionales de El Salvador atendieron, además, solicitudes de una asociación de mujeres constructoras en Nicaragua).

Los confinamientos obligatorios y la incertidumbre en relación con el tema de la salud nos condujeron a buscar plataformas en línea que permitieran registrar sistemáticamente los aprendizajes en los espacios de redes: el desafío era “extrapolar” la experiencia de los talleres presenciales a la virtualidad y al trabajo en casa, para lo cual se pensó en el desarrollo de prácticas mediante modelos a escala que fueron enviados mediante mensajería. El pago de estos envíos estuvo a cargo de cada participante, mientras que el valor de la inscripción permitió costear la elaboración de los kits o cajas didácticas. Para facilitar la remisión de estos kits se controlaron dimensiones en volumen y peso de los mismos, se evaluaron las restricciones de circulación de materiales por las condiciones de sanidad y se procuró el desarrollo de empaques adecuados.

3.2 Caja CAHNEY Terra Taller

El equipo de Volver a la Tierra VIII logró diseñar siete cajas didácticas que forman parte de la Caja CAHNEY Terra Taller, a saber:

- *Tsuchikabe*
- Adobe reforzado
- Técnicas decorativas con revoques de tierra
- Tapia pisada decorativa
- Restauración de muros de adobe
- Bóvedas mexicanas
- Caracterización de tierras

Cada una de estas cajas didácticas cuenta con todas las herramientas y materiales específicos para el trabajo a escala. Las escalas trabajadas fueron 1:10 y 1:20.

Una gran sorpresa para el equipo fue percibir la emoción y asombro de los participantes al recibir las cajas con los materiales y herramientas necesarios para los talleres, lo que facilitó su participación, ya que todo estaba incluido en el kit y solo necesitaban recipientes y agua para el aprendizaje.

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La vida en confinamiento y el cierre de fronteras de la mayoría de los países impidió la realización de los talleres presenciales de Volver a la Tierra VIII. Debido a estas circunstancias, los organizadores del evento evaluaron la posibilidad de cancelarlo, dado que uno de sus aspectos fundamentales consiste, justamente, en el “encuentro”. Se temía, además, que las reuniones virtuales, tan abundantes en el momento, deshumanizaran o afectaran la esencia de Volver a la Tierra. Sin embargo, era un hecho que la virtualidad, como único canal de comunicación disponible, era la opción que debía utilizarse si se decidía seguir adelante con el evento, que busca potenciar el desarrollo de competencias de comprensión en torno a técnicas de construcción con tierra mediante la experiencia de la construcción. Un reto metodológico, entonces, consistió en humanizar el encuentro a partir de la virtualidad. Este desafío se expresó en el subtítulo del evento, “Tecnologías y culturas

constructivas”, y también en las conferencias de los historiadores, arquitectos y teóricos que se encargaron de abrir el evento, pues estas giraron en torno a temas fuertemente anclados territorial y culturalmente.

Un primer aspecto por destacar en la metodología es el concepto de comunidad de indagación (Cruz Vargas et al., 2020), esto es, una comunidad preocupada por indagar y no dar por hecho la veracidad de ciertos conocimientos. Su creación fue posible al complementar las sesiones sincrónicas de encuentro con salas de chat temporales y al compartir mediante las redes sociales las novedades de Volver a la Tierra VIII. Se manejaron, entonces, tres niveles comunicativos, cada uno con diferentes direccionalidades: uno general y más amplio desarrollado a través de las redes y liderado por Ibomex y la Escuela Taller de Boyacá; uno intermedio, efectuado en los encuentros sincrónicos liderados por cada uno de los talleristas; y uno particular o personal, gestionado mediante las salas de chat creadas para cada una de las experiencias y dinamizado por el liderazgo de los participantes, quienes compartieron sus preguntas para que fueran resueltas durante la semana de receso en las dos sesiones de encuentro sincrónico — el último de estos encuentros se desarrolló de manera más horizontal y bidireccional—. Estas tres escalas de comunicación fueron fundamentales en la creación de esta comunidad porque permitieron descentralizar el liderazgo y la toma de decisiones, lo cual es un rasgo esencial de las formas de organización comunitaria tradicionales, que constan de una gobernanza policéntrica (Ostrom, 2014).

Un segundo aspecto metodológico consistió en complementar la virtualidad con una experiencia presencial fundamentada en la disposición subjetiva de la comunidad a la indagación (Gómez Ramos, 2021). Para ello, se desarrolló material didáctico que pudiera ser enviado a la casa de los participantes, en vista del interés de cada uno por interactuar con él, dado que las competencias en los oficios se adquieren mediante una experiencia dirigida a la comprensión y producción de sentido.

Este material didáctico se denominó Caja CAHNEY Terra Taller. El término CAHNEY surgió de la unión de las iniciales de los primeros apellidos del equipo conformado, pero guarda relación también con el evento y su temática. “Caney” es una palabra de origen taíno y se utiliza en el Caribe para denominar un cobertizo con techo de palma o paja sostenido por horcones. En Colombia se llama caney a los secaderos de tabaco, que, en la zona de Santander, se construyen con tapia pisada y teja de barro. CAHNEY es también un refugio común, un nuevo ámbito de enseñanza-aprendizaje que llamó a cada persona a poner en común en el marco de los talleres su conocimiento y experiencia. La caja se elaboró con base en la metodología aprender haciendo, de acuerdo con la cual un porcentaje cercano al 30 % del tiempo total de las formaciones es de carácter teórico y el 70 % del tiempo restante es de carácter práctico.

La organización de Volver a la Tierra VIII convocó a profesionales comprometidos con la construcción con tierra y con la transmisión de este saber y logró conformar un equipo de talleristas especialistas en diferentes técnicas de esta modalidad de construcción, aprovechando la sinergia y experiencia precedente formada a partir de la Red PROTERRA. Tras muchas videoconferencias se identificó como alternativa para la formación el desarrollo de talleres virtuales sincrónicos que permitieran interactuar con los y las participantes. Se tomaron como modelo de trabajo una serie de talleres de cocina que se desarrollaron en la Escuela Taller de Boyacá y que destacaban las experiencias derivadas del Programa Nacional Escuelas Taller de Colombia. En este punto cabe destacar la voluntad manifiesta del grupo por superar la dificultad del confinamiento y seguir adelante con creatividad.

La Escuela Taller de Boyacá lideró un diseño colaborativo de fichas por cada taller en los que se especificaban los materiales, herramientas e indicaciones necesarias para fabricar la caja didáctica de cada sistema constructivo: *tsuchikabe* o bahareque japonés, adobe reforzado, bóvedas mexicanas, restauración de muros de adobe, acabados decorativos y caracterización de tierras (en la mayoría de casos, se incluían planos, aportados por los talleristas). Estas fichas y planos fueron la guía metodológica para el desarrollo de los

demás talleres y para los respectivos equipos de trabajo voluntario, quienes replicaron la caja didáctica en sus respectivos países, lo que permitió que, posteriormente, fueran enviadas a los participantes de diferentes puntos de cada país, abarcando un amplio espectro geográfico, desde la Patagonia argentina hasta Chihuahua, México. El objetivo didáctico de cada uno de los modelos a escala que conforman la caja es el de facilitar la práctica desde casa, guiada paso a paso de manera virtual, para realizar los procedimientos de cada técnica constructiva.

En esta labor, resultó clave el compromiso asumido por los talleristas, quienes tuvieron que preparar un volumen importante de elementos como pequeños adobes, implementos de madera, entre otros materiales. Su trabajo se realizó con la certeza de que se lograría un gran aprendizaje mediante el intercambio, lo que es sumamente valioso, pues difícilmente se cuenta en los encuentros presenciales con la asistencia de talleristas a otros espacios formativos, ya que cada persona se concentra en su propia actividad.

Las cajas didácticas, en ese sentido, fueron importantes para la transmisión de saberes, pues permitieron el avance de los aprendices sobre sus modelos durante la semana de receso, es decir, entre la primera y la segunda sesión de cada uno de los encuentros virtuales, donde se intercambiaron criterios y experiencias propias. Las salas de chat facilitaron, asimismo, el crecimiento continuo de las experiencias personales desde casa con asesoría permanente.

4.1. Preparación de los talleres

Durante la fase preparatoria y de diseño, cada tallerista enfrentó el desafío de lograr una fácil comprensión con los equipos de otros países, para lo cual fue necesario establecer acuerdos en las denominaciones de los materiales, herramientas y procedimientos previos al envío de las cajas didácticas. Estos aspectos se unificaron y concretaron mediante la elaboración de fichas y planos que mostraban las dimensiones del material didáctico. Las dos herramientas se diseñaron y desarrollaron para cada sistema y técnica y se intercambiaron entre todos los talleristas, con el fin de que en cada país se alistarán las mismas cajas o muy similares (figura 1). Un primer acuerdo se dio en el cuidado de la preparación de los kits para que estos invitaran a los participantes a un acercamiento sensible a ellos: se emplearon, para ello, cajas de madera cuidadosamente terminadas con aromáticos acabados naturales, se incluyeron herramientas especialmente fabricadas en los países de cada tallerista, tales como las llanas de madera para el *tsuchikabe* o los bruñidores para el taller de revoques decorativos. Otro reto radicó en la complejidad del embalaje de materiales, tales como los muros de adobe para el taller de restauración.



Figura 1. Detalles de la preparación de los talleres de Volver a la Tierra VIII (2020): llana de madera, adobes, herramientas

Aunque la elaboración de la caja didáctica para cada sistema y técnica parece una tarea sencilla por el conocimiento de materiales y herramientas previos, resultó lo más interesante y complicado desde el punto de vista del desarrollo de la metodología, porque fue necesario

trabajar a escala y las granulometrías cambian. Este fue, sin duda, el mayor aporte técnico realizado para el evento.

Cada tallerista tuvo que recolectar tierra y, por causa de la pandemia y de las restricciones derivadas de ella para una circulación normal, algunas personas debieron llevar a cabo esta labor en horarios imprevistos. Con la tierra en casa, se procedió a realizar distintas pruebas para saber si era apta para el taller que se estaba diseñando: dado que en cada taller las especificaciones eran distintas, los talleristas trabajaron de manera independiente y luego compartieron experiencias.

Además de la tierra, se necesitaban otros materiales complementarios para el desarrollo de los talleres, por lo que resultó indispensable diseñarlos a escala, tales como bastidores, bases, muros complementarios, elementos de entramado, formaletas y otros, que se construyeron y consolidaron gracias a la prueba y error y dieron lugar a las fichas de los talleres y los planos. Un gran desafío fue construir buenos adobitos, para lo cual se llevaron a cabo análisis y ensayos para conseguir buenas dosificaciones a escala: los talleristas probaron tierra con paja, tierra más fina, la mezcla con papel o aserrín, la elaboración de adobitos con gaveras o adoberitas a escala, entre otras opciones, hasta que se encontró un método propicio para producirlos fácilmente y en gran cantidad. Estos momentos fueron los más productivos ya que cada uno aprendió sobre el sistema y técnica del otro, y fue en este punto donde tuvo inicio la conformación de la comunidad de indagación.

Al compartir las fichas y los planos para que se pudiera replicar la caja de cada taller en otros países se observó que todavía hacía falta ajustar algunos detalles del kit gracias a consultas y observaciones de los y las compañeras talleristas.

Una vez armado cada kit, fue preciso establecer la mejor manera de desarrollar el taller en dos componentes, uno teórico y otro práctico. El primero no suponía mayor dificultad, ya que muchos de nosotros habíamos participado en conferencias virtuales. El segundo componente, el práctico, fue el desafiante, porque demandaba pensar y definir cómo se podría desarrollar a distancia, qué equipos se requeriría utilizar, cuál sería la denominación común de las herramientas y materiales, cómo solventar, en fin, las condiciones técnicas necesarias para su exitoso despliegue. Con este propósito se adelantó un trabajo grupal interno extenso y comprometido: se organizaron reuniones para realizar prácticas y evaluar si la explicación y desarrollo del taller era comprensible para los participantes (figura 2).



Figura 2. Reunión virtual de los organizadores de Volver a la Tierra VIII (2020)

4.2 Difusión del evento

El equipo de la Escuela Taller de Boyacá, como ente organizador, se encargó de diseñar los afiches para la difusión del evento (figura 3). Por redes sociales se promocionaron 7 talleres variados. Dado que se implementó una nueva modalidad de prácticas sobre modelos a escala, para difundir el evento fue necesario dar una explicación amplia sobre la metodología en desarrollo y sobre la entrega de cajas didácticas a los participantes. También se produjeron videos de cada uno de los talleres para promocionar y motivar el aprendizaje.

Gracias a la difusión y modalidad del evento se pudo llegar a distintos territorios y contar con la participación de personas que antes no podían hacer parte de Volver a la Tierra por tratarse de un evento presencial con sede en Oaxaca.



Figura 3. Afiche de Volver a la Tierra VIII (2020)

4.3 Programación de los talleres virtuales

En consideración del tiempo disponible de los participantes, los talleres virtuales se realizaron durante dos fines de semana consecutivos (sábados y domingos). Cada taller se desarrolló en dos sesiones de 2 horas y 45 minutos, uno después de otro, con 15 minutos de descanso entre sí. Los horarios de los talleres de la primera semana se repitieron durante la segunda (figura 4).



Figura 4. Exposición teórica del taller de tsuchikabe

Gracias a esta programación (figura 5), cada tallerista y su respectivo equipo de trabajo pudieron asistir a las otras sesiones, lo que no hubiera sido posible en los talleres presenciales, dado que estos se desarrollaban de manera simultánea. Los aprendices también pudieron asistir a más de un taller.



Figura 5. Cronograma de sesiones sincrónicas virtuales de Volver a la Tierra VIII (2020)

5. PRINCIPALES RESULTADOS

La adaptación a las circunstancias permitió ampliar la cobertura en la participación con respecto a versiones anteriores realizadas en México, la metodología empleada incentivó a los participantes de distintos territorios a conocer y comprender los sistemas constructivos desde su propia sensibilidad.

En su texto *Alegoría del patrimonio*, Choay (2007) se refiere al carácter orgánico de la memoria y hace un llamado a recobrar la capacidad de construir. Es mediante la experiencia del hacer que se establece una relación con los materiales y herramientas.

A partir de este encuentro, se originó una comunidad de indagación entre los talleristas en el diseño, la reproducción de los modelos a escala y herramientas, y la participación en todos los talleres con los aprendices a partir de la práctica de los oficios. Se profundizó en el conocimiento de las personas involucradas en cada una de las técnicas aprendidas: por ejemplo, se aprendió que los tapieros, aguateros y zurroneros participan en la elaboración de una tapia pisada; los bovederos, ayudantes, oficiales y maestros generales son quienes trabajan en la construcción de una bóveda; los constructores de *tsuchikabe* en Japón, por su parte, son considerados baluartes de la cultura por cuanto su formación comienza desde la niñez y dan cuenta de su experiencia en la colección de llanas metálicas que poseen. También se evidenció que los participantes de Volver a la Tierra VIII tenían diferentes perfiles profesionales: contamos con aprendices de programas técnicos laborales en construcción, oficiales de obra, constructores experimentados, bioconstructores, profesionales de la ingeniería y la arquitectura, restauradores, entre otros. Participaron también, en algunos casos, los niños de las familias inscritas.

La interacción con los participantes mediante las reuniones virtuales y la Caja CAHNEY facilitó la construcción de experiencias desde lo sensible: ver, oler, escuchar y tocar para transformar el material dio forma a una nueva alternativa educativa, que evoca el sueño del *villaggio telematico*, o aldea telemática, expresado por el profesor Giorgio Ceragioli en la Scuola PVS del Politécnico de Turín, en Italia¹: se creó un lugar que actúa desde lo local, pero tiene conexión con el resto del globo por medio de las TIC.

¹ Esta es la misma escuela en la que dictó clases el arquitecto Roberto Mattone y en la cual trabajan actualmente Gloria Passero y Manuela Mattone.

5.1 Desarrollo de habilidades mediante talleres virtuales

Los talleres se desarrollaron durante noviembre de 2020. El primer taller facilitado, el de “Caracterización de tierras”, fue el único que se desarrolló en una única sesión sincrónica. El componente teórico del evento constituyó un elemento muy importante para el propósito de explicar conceptos fundamentales, tales como la formación del suelo, los componentes de la tierra y sus dimensiones, las maneras de clasificarla, entre otros temas. Esta instrucción se complementó con el desarrollo de la parte práctica, donde se pidió a los participantes realizar pruebas de campo, a saber, retracción, sedimentación, lavado de manos, rollo y esfera. Posteriormente, se les invitó a habilitar sus cámaras para mostrar los resultados obtenidos y sacar conclusiones, así se fueron respondiendo de manera sincrónica las dudas y consultas que iban surgiendo en los talleres. Se constató, así, la potencia del acercamiento sensible que cada persona logró porque, a través del uso de sencillas pruebas de campo, los participantes pudieron identificar, por ejemplo, cuáles eran los componentes friccionantes y cuáles los componentes aglutinantes o cohesivos.



Figura 6. Aprendices constatando la cohesión de la arcilla en las tierras y realizando pruebas de campo en los talleres de “Bóvedas mexicanas” y de “Caracterización de tierras”

En las primeras sesiones se asignaron tareas para el trabajo en casa y su posterior revisión durante las siguientes sesiones: por ejemplo, en el taller de “Bóvedas mexicanas” se solicitó avanzar en el tejido de las cuatro esquinas y en el taller de “Restauración de muros de adobe” se pidió a los participantes que armaran algunos muros que se habían caído. De esta manera, logró constatarse que la modalidad virtual cuenta con la ventaja de permitir que se complete mediante el trabajo autónomo algunos elementos en los modelos, lo que no se puede hacer en la modalidad presencial. Cabe destacar que en la sesión final se expusieron las maquetas realizadas y mediante esta actividad se evidenció el compromiso de los aprendices, pues ya habían terminado sus modelos.

5.2 Acciones posteriores a los talleres virtuales

Después de concluir el evento, se mantuvo activa la comunicación de los grupos conformados en las redes sociales y en ellas los participantes compartieron los resultados de su trabajo en algunos talleres mediante fotografías (como en el taller de “Restauración de muros de adobe”, donde se terminó de armar toda la casita, concluyendo la cubierta e, incluso, adicionando la carpintería de puertas. Se explicita, así, la ventaja de trabajar en una maqueta individual, en la cual se pueden adicionar o terminar elementos que no se lograron concluir en el horario del taller.

6. ADAPTACIÓN DE LOS TALLERES DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN MODALIDAD VIRTUAL

La emergencia sanitaria demandó acciones de adaptación necesarias para sobreponernos a las restricciones impuestas en los niveles económico, social, laboral, educativo, de ocio, etc. La organización de Volver a la Tierra VIII enfrentó el mismo desafío y tuvo que acondicionar los talleres de diversas técnicas de construcción con tierra en la modalidad virtual, lo cual implicó, como se ha mencionado, que se diseñaran las cajas didácticas y se construyeran

los insumos necesarios para hacer las prácticas en casa y poner a conocimiento de los participantes una gran variedad de sistemas constructivos.

La visión integral de las experiencias desarrolladas en talleres prácticos, las competencias en la docencia y la creatividad que surge a raíz de un problema de salud mundial permitieron crear nuevas formas de transmisión y generación de saberes. Para lograr la adaptación, el grupo organizador actuó como un organismo vivo, en permanente movimiento, empático, dada la necesidad de ponerse en los zapatos de los otros para pensar en los procesos de aprendizaje de los participantes y construir los prototipos diseñados mediante la elaboración de fichas claras con indicaciones que permitieran estandarizar los diferentes talleres.

Las adaptaciones propiciaron, pese a la lejanía física, cambios en la percepción de las distancias mediante el acercamiento virtual; además, se suscitó curiosidad sobre la territorialidad que rodea y alberga a cada sistema constructivo, así como sobre las culturas de origen. Por tanto, este fue un tema tratado por los talleristas en sus sesiones teóricas y en las sesiones prácticas: en estas últimas circuló información sobre las características locales de los materiales, las condiciones climáticas de cada territorio e, incluso, los entornos sonoros que permearon las sesiones.

6.1 Talleres de construcción con tierra

Los talleres de construcción con tierra se han generalizado como una práctica de enseñanza que favorece la transferencia tecnológica desde los usuarios de este tipo de construcciones, pasando por los profesionales, hasta los trabajadores que buscan especializarse. Los talleres combinan la clase teórica con la actividad práctica (Neves; Borges, 2011). Las experiencias de los talleres realizados durante los SIACOT y en anteriores ediciones del evento Volver a la Tierra, han permitido una transferencia directa, con la posibilidad de intercambio de experiencias, siguiendo una metodología de rotación para dar oportunidad a todos los participantes de trabajar con la tierra en sus diferentes aplicaciones.

6.2 Talleres virtuales

Cada uno de los talleristas realizó la adaptación de los talleres al entorno virtual, no solamente en los contenidos teóricos y prácticos, sino también en la instalación y manejo de plataformas tecnológicas y equipos para lograr transmitir las diversas actividades de los talleres (figuras 7 y 8).

Además de las dos sesiones sincrónicas de cada taller, se dió seguimiento a los participantes entre los talleres y después de haber finalizado el evento mediante grupos de mensajes que se mantienen aún un año después de realizado.

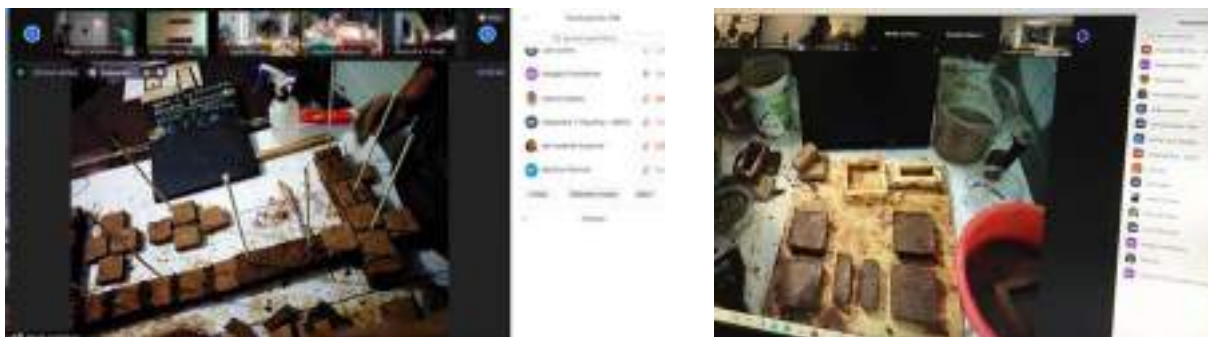


Figura 7. Taller virtual de “Adobe reforzado” y detalle de la elaboración de los adobes a escala



Figura 8. Producción con cámaras para la transmisión de talleres de Volver a la Tierra VIII en el Centro CIDART, Argentina

La adaptación de los talleres requirió de un proceso de diseño detallado. Las características de cada técnica y sistema constructivo ofrecido determinó la composición de la Caja CAHNEY Taller Terra de cada taller. La construcción de los talleres y de las cajas didácticas se basó en el objetivo de transmitir los conocimientos básicos de cada técnica o sistema constructivo y de animar a cada participante a aplicarlos en casa: este propósito se cumplió y ello no hubiera sido posible sin la generosa retroalimentación de las personas inscritas al evento.

6.2.1 Taller de Tsuchikabe (*bahareque japonés*)

Objetivo: El objetivo de este taller consistió en introducir a los participantes en el amplio universo de la tapia japonesa, mostrando los principios de la técnica mixta tradicional del *tsuchikabe*.

Diseño de la Caja CAHNEY: Se diseñó una estructura de madera, con ensambles para el armado por parte de los participantes y para proporcionar una pared a escala autosoportante. La caja incluyó el marco, las diagonales, las trabas, las piezas centrales y para el entramado, así como la sogá para armarla, la tierra base, la arena para estabilizar y la fibra de paja picada para mezclar y aplicar las capas de repello.

Desarrollo del taller: Se inició con un montaje de estructura, las etapas de confección del entramado y la aplicación de tierra. El trabajo contempló la explicación de las etapas de montaje, los cuidados para que el entramado permanezca firme y delgado y, finalmente, la tierra preparada que es aplicada en etapas con uso de herramientas específicas a fin de dejar una superficie lisa (figura 9).

Retos: El mayor desafío fue sintetizar el vasto universo de *tsuchikabe* de manera que se pudiera transmitir la esencia de la técnica en un formato pequeño. Como en los talleres tradicionales, la construcción tarda una semana en completarse, compactar esta labor en tiempo y en escala fue un ejercicio arduo y muy interesante.

Aprendizaje: La mayor experiencia de aprendizaje fue la preparación de los materiales con el equipo organizador, conformado por miembros de diferentes países. Los participantes pudieron ver las peculiaridades de la técnica ancestral japonesa, el uso de herramientas, la preparación de la tierra que en Japón se realiza con meses de anticipación y su uso en poco volumen en una pared muy delgada, entre otros aspectos relevantes. La estructura de la pared donde se aplica la tierra se diseñó de tal manera que no fuera necesario el empleo de clavos y pegamento y que se pudiera desmontar, lo que atrajo el interés de los participantes del curso.

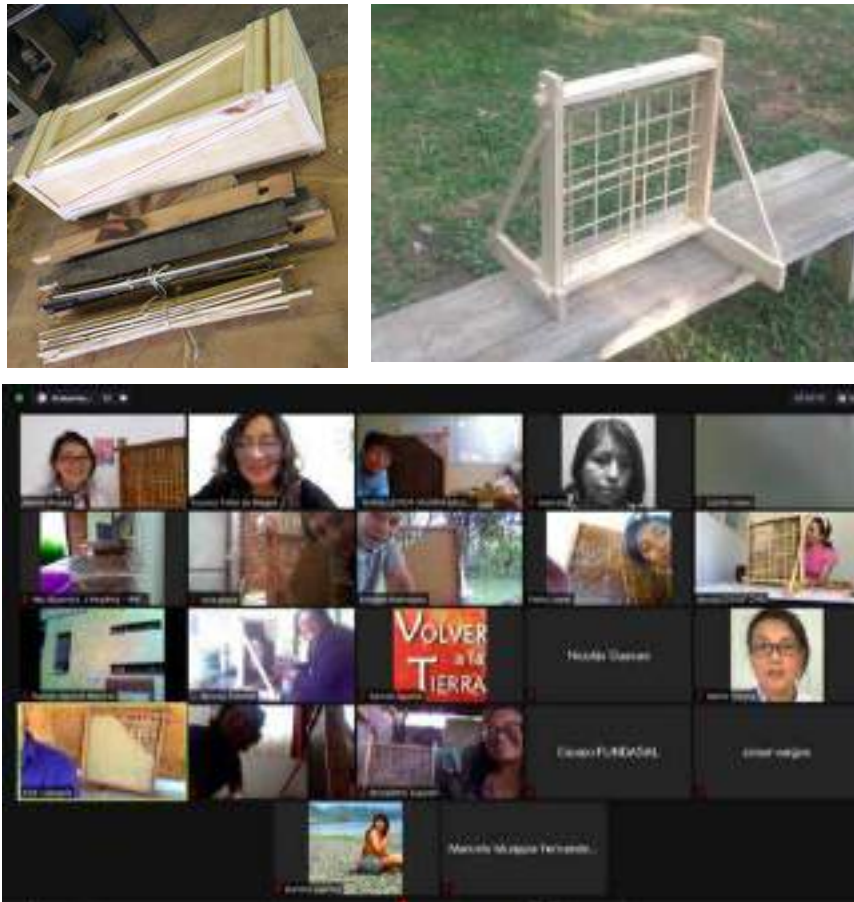


Figura 9. Caja didáctica de tsuchikabe en Brasil y armado de prototipo en Argentina

6.2.2 Taller de adobe reforzado

Objetivo: Dar a conocer las especificaciones técnicas y principales criterios de construcción de una vivienda de adobe reforzado, aplicando los avances en la investigación de vivienda sismorresistente en El Salvador a partir del uso de herramientas y materiales creados para reproducir a escala los principios básicos de dicho sistema constructivo.

Diseño de la Caja CAHNEY: El modelo de adobe reforzado incluye una cimentación en madera, adobes completos de 3 x 3 cm y mitades de 3 x 1,4 cm, moldes en madera para confeccionar más adobes, palillos de madera circular para los refuerzos verticales y horizontales, sogas para amarres e instrumentos como espátula, cinta métrica, nivel, sierra y recipientes para mezclar.

Desarrollo del taller: Se realizaron dos talleres: el primer taller, teórico y práctico, abarcó la elaboración de adobes y cimientos y la colocación de refuerzos verticales. En el segundo taller se trabajó con la modulación de los adobes, el refuerzo horizontal y las soleras.

Retos: Un gran reto consistió en el traslado de los kits por la condición de los materiales, tomando en cuenta que los adobes tienen un peso considerable y que, además, debía enviarse material para su pegado. Se hicieron adobes en dos escalas 1:10 y 1:5 y debían remitirse alrededor de 200 adobitos. Por este motivo, se buscaron alternativas para aligerar su peso y se utilizó una cruz de madera para simular los cimientos y el sobrecimiento. Además se diseñó la maqueta con cuatro cruces o esquineros de las fundaciones: en la caja se enviaron dos esquineros para que se trabajarán durante el taller (replicables para el resto de la maqueta). Las fundaciones permitían ensamblar las cuatro esquinas y esta forma determinó las dimensiones y la modulación de las paredes. Se tomó la decisión, asimismo, de dejar unos agujeros en las fundaciones para poder colocar las varas que representaban el refuerzo vertical de las paredes, pero fue necesario reubicar algunos durante el taller.

porque, tal como ocurre en la escala natural, su ubicación debe ser muy precisa para no afectar la colocación de los adobes.

Aprendizaje: El aprendizaje en la facilitación del taller inició desde su planificación y diseño en modalidad virtual, ya que debió plantearse una propuesta innovadora para poder mantener el interés de los participantes en el conocimiento de la construcción con adobe reforzado, propósito que se alcanzó, dado que se pudo notar en los talleres su entusiasmo para construir el mejor adobe y aprender la técnica (figura 10).

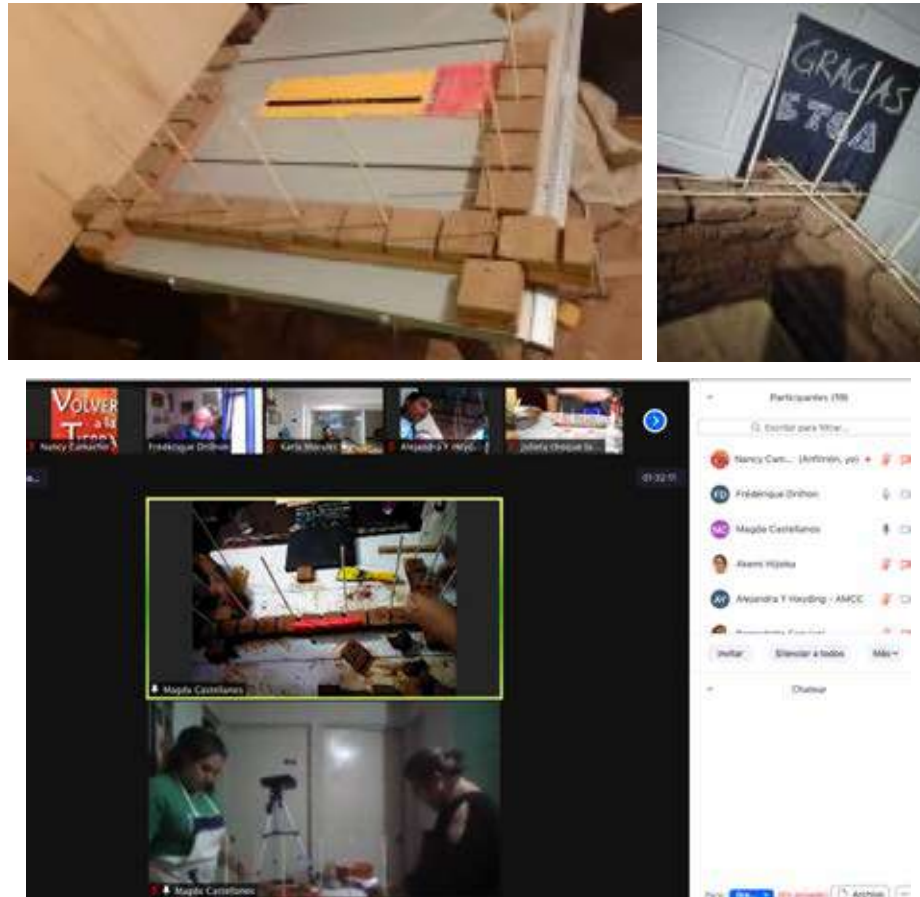


Figura 10. Prueba de la reproducción de la caja del taller de “Adobe reforzado” en Bolivia con base en el prototipo de El Salvador.

6.2.3 Taller de técnicas decorativas con revoques de tierra

Objetivo: Desarrollar actividades que fomentaran el reconocimiento de la tierra como material constructivo, así como sus propiedades, ventajas, límites y potencialidades para los usos apropiados de las terminaciones naturales, es decir, los revoques, repellos y aplanados realizados con tierra estabilizada, mediante recursos creativos, decorativos y artísticos.

Diseño de la Caja CAHNEY: La caja didáctica incluyó un bastidor de cerámica para aplicar los diseños, tierras de colores y/o pigmentos, espátulas y desvastadores, piedras o pulidores.

Desarrollo del taller: El taller se elaboró en dos sesiones de trabajo: la primera de ellas contó con un componente teórico en apoyo a las posteriores actividades de práctica. Durante la primera sesión se realizaron las mezclas para morteros de revoque de tierra, la estabilización y pigmentación adecuada de los mismos y la aplicación de las capas de base, y en la segunda se aplicaron las demás capas y se llevaron a cabo las técnicas decorativas (figura 11). Vale la pena señalar que cada participante seleccionó el diseño que plasmaría en su trabajo.

Retos: El desafío en el proceso de generación del prototipo de este kit consistió en que cada integrante del equipo de capacitadores debía recolectar y preparar las tierras disponibles en

su país y llevar a cabo los ensayos de caracterización pertinentes para que estuvieran adecuadamente estabilizadas al enviarlas en las cajas, para que al momento de realizar el taller todos los participantes contaran con un material medianamente homogéneo y asegurar que no se fisuraran los revoques durante el taller, dado que el horario disponible para su desarrollo no permitía esperar los tiempos de secado que esta actividad hubiera requerido. También fue un reto seleccionar herramientas más pequeñas que reemplazaran las que se utilizan en la aplicación de revoques en obra. En los talleres presenciales la actividad se realiza en un mural, pero para la adaptación a escala de las técnicas se trabajó sobre superficies más pequeñas como el reverso de unidades de pisos cerámicos de 40 x 40 cm.

Aprendizaje: Se utilizaron recursos creativos, decorativos y artísticos a fin de demostrar las propiedades de las tierras para un uso apropiado de estas en las terminaciones naturales (revoques, aplanados, repellos) de muros de tierra.



Figura 11. Materiales para el taller de técnicas decorativas con revoques de tierra (Argentina) y resultados de algunos participantes

6.2.4 Taller de tapia pisada decorativa

Objetivo: Dar a conocer los métodos utilizados para realizar el diseño decorativo de formas orgánicas con tierras de colores en muros interiores o medio muros en la tapia pisada.

Diseño de la Caja CAHNEY: Se diseñó con material de madera la formaleta para un muro recto con las siguientes dimensiones: 15 x 5 x 9 cm. La caja incluía el tapial o formaleta con todos los elementos, compuertas, puertas laterales, agujas, pasadores, base (sobrecimiento en madera), pisón, tierra arenosa común y tres tierras de colores para hacer la decoración. También incluyó una pala o espátula y un atomizador.

Desarrollo del taller: Al inicio de la primera sesión se presentó la explicación y el panorama general de la técnica de tapia pisada. En la parte práctica, se dio inicio al armado del tapial o formaleta y se comentó que uno de los primeros pasos consiste en la estabilización de la formaleta. Luego se habló del tipo de tierra y del estado óptimo de humedad mediante pruebas de puño. En la parte del vertido de tierra se explicó la importancia, primero, del orden de compactación desde el centro hacia afuera y, segundo, de detenerse hasta escuchar el sonido metálico con el pisón. En las siguientes tongadas se expuso cuál era la forma de realizar la decoración en el muro de tapia, tarea que requiere de paciencia y práctica para lograr formas más delineadas (figura 12).

Retos: Se realizaron pruebas de las condiciones del tapial a escala 1:10. Para facilitar el compactado se pensó, inicialmente, en unir las puertas con tornillos, pero al final se tomó la decisión de replicar un tapial que solo llevara elementos de madera y cuyo armado no resultara complicado para los participantes.

Aprendizaje: Las condiciones de granulometría en las maquetas consistió en el cambio más significativo, razón por la que se tuvo que realizar pruebas para saber si la tierra que se empleara podía ser más fina. Otra condición que tuvo que adaptarse fue la estabilidad de la formaleta con la base, para lo cual se generaron orificios en esta última a fin de que la formaleta no se moviera en el momento de apisonado gracias a las agujas.

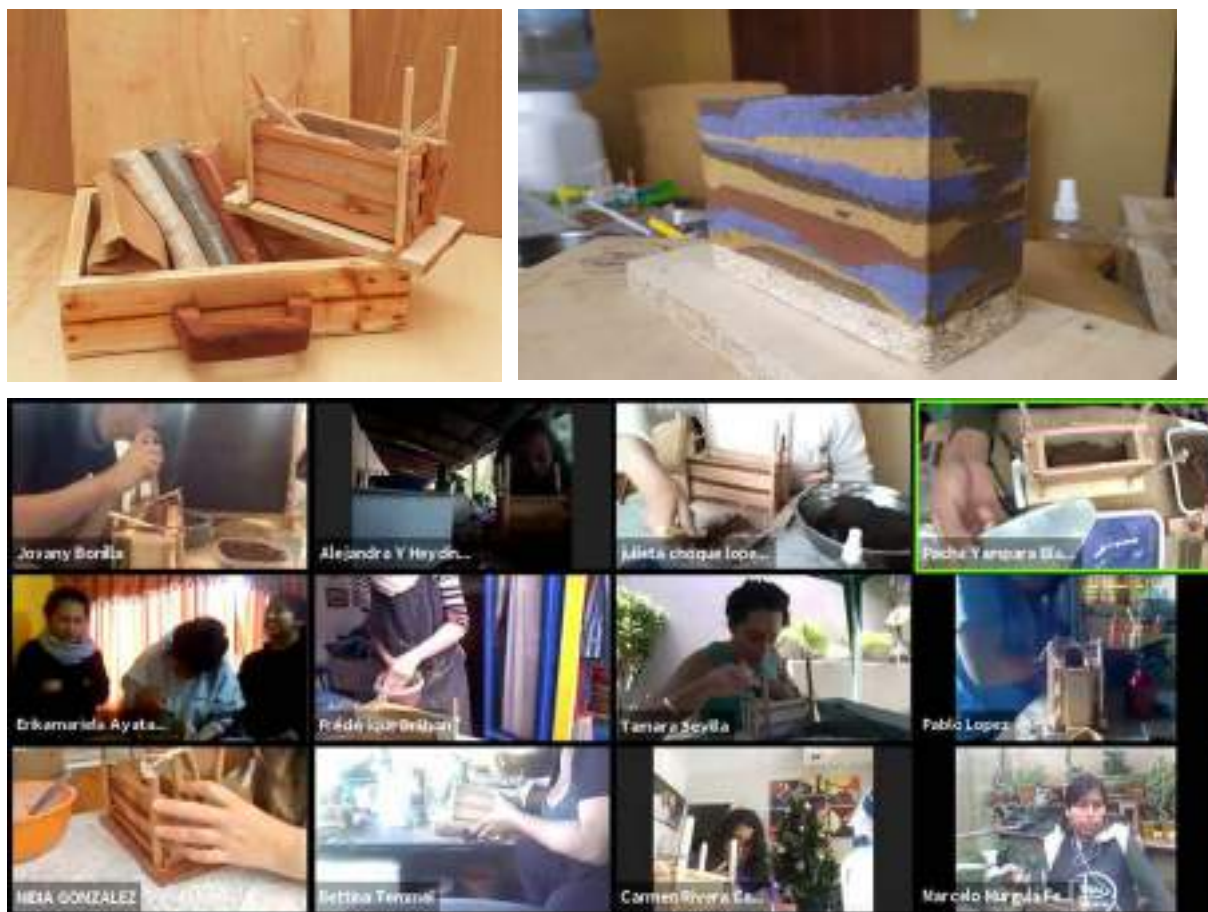


Figura 12. Arriba: Caja didáctica de "Tapia pisada decorativa" en Bolivia. Resultado de tapia decorativa. Abajo: Taller sincrónico

6.2.5 Taller de restauración de muros de adobe

Objetivo: Identificar los daños más frecuentes en las construcciones de adobe y bahareque y proponer algunas soluciones prácticas para mejorar su resistencia y apariencia.

Diseño de Caja CAHNEY: Se diseñó un modelo de construcción en adobe y bahareque que incluía los elementos básicos de una buena construcción en tierra, pero con daños en su

base, paredes, cargadores de puertas, ventanas y vigas soleras. La caja incluyó la maqueta completa, los planos de restauración, las maderas para refuerzo y para soleras, las cañas para el bahareque, amarras de cabuya, adobes sueltos para sustituciones, tierra y cal. El kit también contenía algunas herramientas y utensilios como gubia, martillo, nivel, jeringa, esponja, escuadra, atomizador y recipientes para la mezcla de tierras. Para minimizar el peso de la maqueta, se diseñó la mitad en adobe y la mitad en cartón, lo que permitió cerrar el espacio y facilitar la comprensión del sistema constructivo completo.

Desarrollo del taller: El taller constó de dos partes: una teórica en la cual se revisaron los pasos iniciales de una restauración, esto es, la identificación de daños, sus causas y técnicas de restauración tanto en muros de adobe como de bahareque. En la parte práctica, los participantes recibieron la caja didáctica para poner en práctica las acciones de restauración. Se revisó la preparación adecuada de los materiales para intervenir los muros. Se identificaron los daños y los procedimientos para remediarlos, todo mediante una plataforma en vivo en donde se dieron las indicaciones para que los participantes aplicaran en tiempo real algunas técnicas en el modelo.

Retos: Diseñar una maqueta 1:10 con todos los elementos necesarios para trabajar en técnicas de restauración con la menor dificultad y peso posible. Debió contemplarse que pudiera ser elaborada en cada país por los facilitadores de los talleres y transportada a casa de los participantes. El taller requirió enviar el modelo armado con algunos daños básicos para restaurarlo. Sin embargo, los daños generados por el transporte de las maquetas fueron mayores a los previstos por lo que se requirió de la implementación de obras de restauración mayores e, incluso, de reconstrucción.

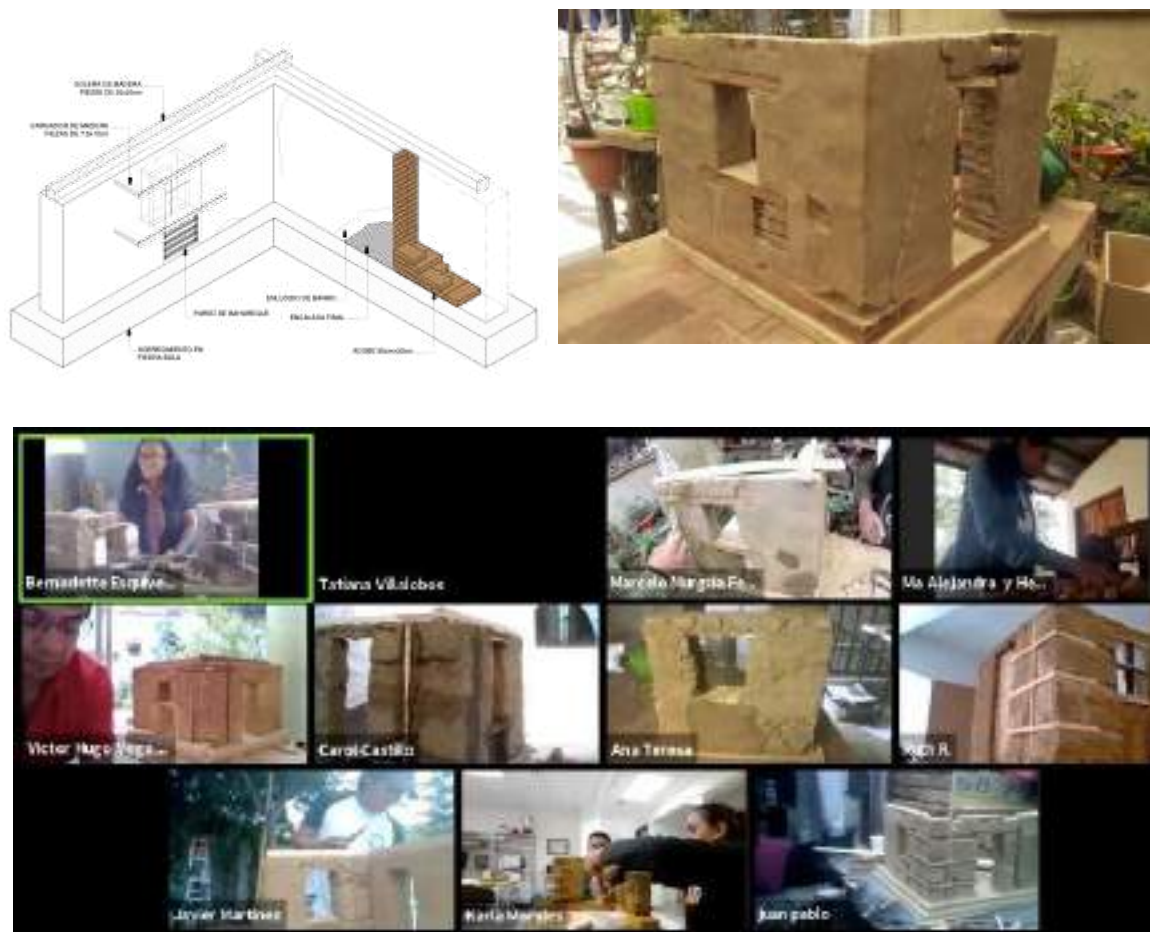


Figura 13. Arriba a la izquierda: Prototipo compartido desde Costa Rica. Arriba a la derecha: Réplica de la maqueta del taller en Bolivia. Abajo: Taller sincrónico

Aprendizaje: Gracias al diseño de la maqueta, se conocieron los cambios en las proporciones de la tierra y agregados para mantener la calidad de los adobes a escala, la

necesidad de contar con un modelo confinado para soportar los movimientos del transporte (similares a un sismo), así como la emoción que produce un aprendizaje sensorial de trabajar a la par a pesar de la distancia. Una gran lección la dieron los participantes a quienes les llegó la maqueta casi destruida y lograron levantarla de nuevo: es decir, alcanzaron los objetivos del taller y los superaron. Asumir estos imprevistos sin desánimo, aprovechando y reciclando los insumos disponibles, reafirmó las bondades de la tierra como material de construcción y amplió la transmisión de conocimientos.

6.2.6 Taller de bóvedas mexicanas

Objetivo: Construir una bóveda de pañuelo a escala con las mismas características de una real, lo que implica aprender a hacer el trazo y colocar los adobes, así como identificar las ventajas y desventajas de este sistema constructivo.

Diseño de la Caja CAHNEY: La caja contenía un bastidor o marco en madera para el soporte de la bóveda, 1.000 adobitos de 1 x 2 cm, la tierra para la pega, y herramientas como espátulas, cinta de medir y lápiz para el trazo.



Figura 14. Arriba: Caja didáctica de bóvedas mexicanas y maqueta prototipo en México. Abajo: Taller sincrónico

Desarrollo del taller: El taller incluyó dos sesiones teórico-prácticas en las cuales se profundizó en los principios de la física que permiten la construcción de bóvedas y en los puntos importantes acerca de los arranques y ángulos para lograr las alturas y pendientes adecuadas dando forma a detalles como los encontrados en Guerrero Baca (2019).

Retos: El reto más grande fue estabilizar las tierras para los diferentes talleres, que después se utilizarían en la producción de los adobes y en las mezclas para los muros, así como manejar la tecnología para transmitir en tiempo real los talleres desde cada país.

Aprendizaje: La solidaridad, el compañerismo y el compromiso mutuos fueron herramientas esenciales para transmitir con calidad y profesionalismo los conocimientos ancestrales.

6.2.7 Taller de Caracterización de tierras

Objetivo: Propiciar el acercamiento de los participantes a fuentes de tierra locales para la caracterización de sus componentes y motivar, así, el examen en profundidad de la naturaleza de las tierras y el establecimiento de hipótesis sobre su estabilización. En adición a lo anterior, se buscó transmitir la conciencia de la importancia del capote o capa fértil y de su cuidado.

Diseño de la Caja CAHNEY: Al tratarse de un taller que no requería moldes o herramientas especiales, se solicitó que cada participante consiguiera cuatro muestras diferentes de tierra extraída de sus propios contextos geográficos, así como botellas y agua para realizar la prueba de sedimentación y observar la composición de cada muestra de tierra. También se solicitó un cortador para marcar y cinta métrica para medir la retracción de las muestras (figura 15). Todas las pruebas se realizaron con el mínimo de herramientas posible.

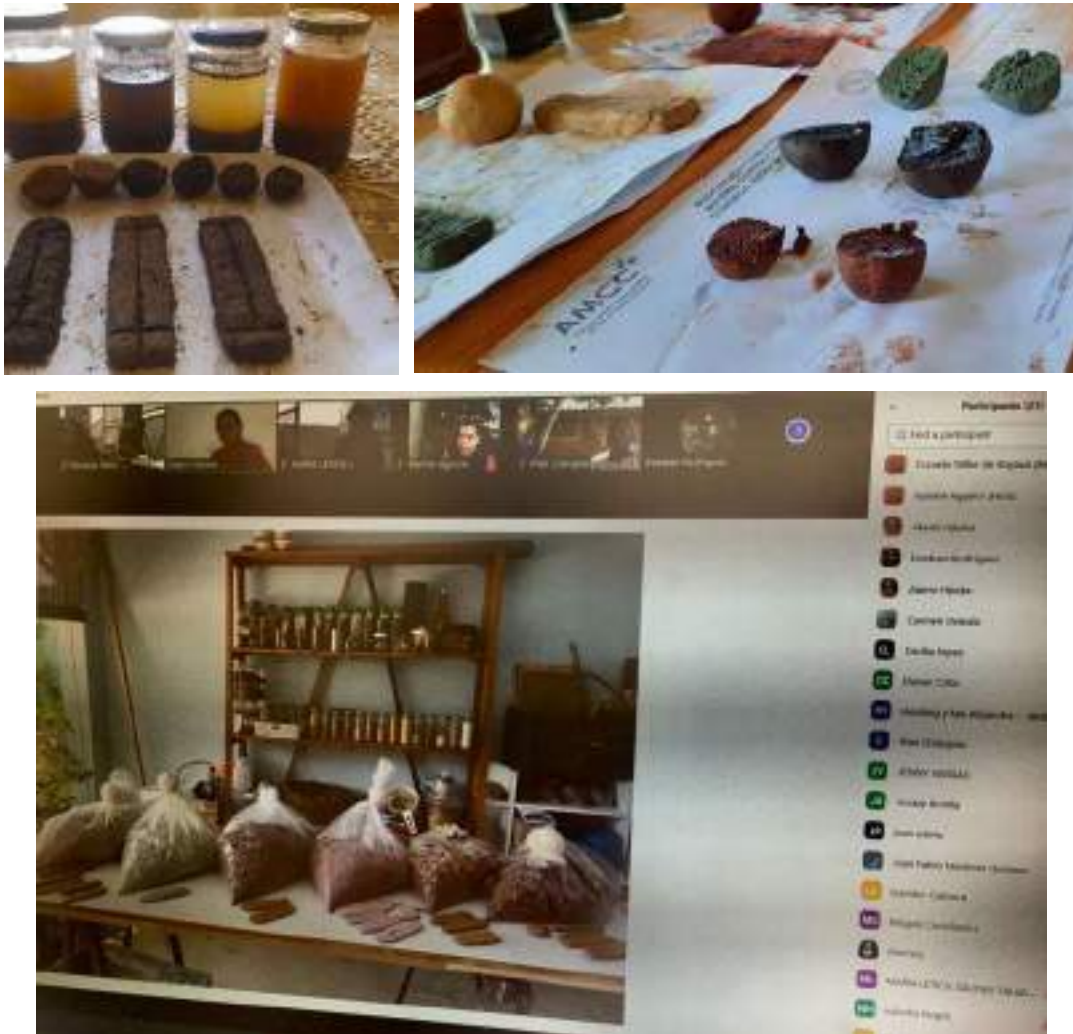


Figura 15. Pruebas de sedimentación, resistencia y retracción realizadas en Colombia

Desarrollo del taller: Este taller, que contó con una única sesión, marcó el inicio del evento dada la importancia del conocimiento de las tierras con las cuales trabajar las diferentes técnicas. Se facilitó a todas las personas inscritas y, a pedido de los participantes, fue

repetida luego de finalizados los demás talleres. Algunos participantes no pudieron conseguir las muestras necesarias y se comunicaron con la organización para que les fueran enviadas.

Retos: La prueba de la retracción constituyó un reto porque normalmente se realiza con una caja de madera y para este ejercicio se tomó una sencilla pero eficaz regleta de tierra que permitió, mediante muescas o líneas de marca, verificar la retracción de las arcillas después del secado. Esta prueba fue retomada del taller de *tsuchikabe*. Se adelantaron pruebas táctil visuales de acuerdo Neves y otros (2009)

Aprendizaje: Con el taller, se constató el acercamiento sensible por parte de los participantes a las características de la tierra, algo de lo que dieron cuenta las conversaciones sostenidas por la sala de chat.

7 CONCLUSIONES

La incertidumbre producida por la emergencia sanitaria mundial motivó una reacción propositiva para lograr llegar a la casa de cada una de las personas interesadas en participar en los talleres de Volver a la Tierra VIII, sentir la tierra y aprender diversas técnicas de construcción.

La experiencia de diseñar y desarrollar la Caja CAHNEY Taller Terra es una muestra de resiliencia, adaptación y solidaridad que se materializó al cabo de un intenso intercambio de conocimientos y experiencias para lograr el objetivo de llevar los talleres a varios países de América, simultáneamente. El trabajo de coordinación a través de plataformas virtuales como Zoom y WhatsApp facilitó la puesta en marcha de nuevas formas de transmisión de conocimientos. Sin embargo, el éxito del evento no hubiera sido posible sin el compromiso, la empatía y la unión del equipo organizador hizo posible que los participantes contaran con lo necesario para el desarrollo de cada taller y posibilitó el despliegue de una transmisión estandarizada de los saberes que encierra cada técnica y sistema constructivo desarrollado

Los avances tecnológicos y la adaptación lograda a pesar de las dificultades evidenciaron que el intercambio de conocimientos a través de métodos poco convencionales ha llegado para quedarse. Además, se ha fortalecido la colaboración entre los integrantes del equipo organizador de Volver a la Tierra y se ha impulsado la visibilidad y presencia de las instituciones participantes, que han retomado las actividades presenciales y están aplicando la experiencia y los conocimientos adquiridos en los talleres en escenarios como la escuela y la Universidad.

La práctica propicia los movimientos repetitivos que generan los gestos habituales y los modos de hacer delinean rasgos característicos reconocibles en las obras que se emprenden. Teniendo en cuenta que la pandemia significó remplazar, por ejemplo, el gesto del saludo entre las personas para evitar el indeseado acercamiento físico por una venia o una simple seña a distancia, nos planteamos modificar gestos propios de la construcción: por ejemplo, el de aplicar un mortero de pega. Lo importante aquí era comprobar el poder cohesivo de las arcillas y aún así conservar el carácter de la experiencia sensible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Choay, F. (2007). Alegoria do patrimônio. Brasil: LTC editora

Cruz Vargas, I. D.; Castro Patarroyo, L. X.; Ojeda Suárez, M. A. (2020). Comunidad de indagación como ambiente de aprendizaje: una propuesta y una apuesta. *Educación y Ciencia*, 24. <https://doi.org/10.19053/0120-7105.eyc.2020.24.e11404>

Gómez-Ramos, D. (2021). Los gestos de hospitalidad en el oficio de educar. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 14, 1-24.

Guerrero Baca, L. F. (comp.). (2019). *BIOconstrucción a detalle: una experiencia compartida*. Oaxaca: Carteles Editoriales; Ibomex; Escuela Taller de Boyacá.

Neves, C. M.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P.; Hoffmann, M. V. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra. Prácticas de campo*. Red PROTERRA.

Neves, C. M.; Faria, O. B. (coords). (2011). Talleres PROTERRA: instructivo para la organización. Bauru-SP; FEB-UNESP/PROTERRA.

Ostrom, E. (2014). Más allá de los mercados y los Estados: gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos. *Revista Mexicana de Sociología*, 76. Obtenido en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032014000600002

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la generosidad de todos los integrantes de la comunidad de indagación que se conformó a partir de esta octava versión de Volver a la Tierra, así como a sus familias y a las redes cercanas que participaron en las sesiones virtuales de formación. Queremos rendir un especial reconocimiento a la Red PROTERRA en Iberoamérica que precedió y nutrió la formación del equipo y a los cuerpos directivos del Ibomex en Oaxaca, México, y de la Fundación Escuela Taller de Boyacá en Tunja, Colombia. Agradecemos, también, las condiciones adversas que, de manera indirecta, motivaron este esfuerzo creativo como una celebración a la vida.

AUTORES

Bernadette Esquivel Morales es arquitecta de la Universidad de Costa Rica, magíster en Gestión Ambiental y Ecoturismo de la Universidad de Costa Rica y magíster en Conservación del Patrimonio Cultural para el Desarrollo cursada en varias universidades centroamericanas (La Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Autónoma de Honduras, Universidad de Ingeniería de Nicaragua y la Universidad de Panamá con el auspicio de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Politécnica de Madrid, España). Ha trabajado como docente, restauradora, consultora en gestión del patrimonio cultural, formulación de proyectos culturales y gestión del riesgo de desastres para el patrimonio cultural. Es miembro de ICOMOS, ISCEAH, CIAV, la Red Iberoamericana PROTERRA y ADEPA Santo Domingo Cultural. Es, también, facilitadora en talleres y cursos de sensibilización sobre patrimonio y arquitectura de tierra.

Delmy Nuñez es ingeniera civil de la Universidad de El Salvador, especialista en construcción con materiales naturales y consultora en el área de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnologías Constructivas. También es coordinadora de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de la Plataforma Mesoameri-kaab para la construcción con tierra.

Pacha Yampara Blanco es arquitecta de la Universidad Mayor de San Andrés, diplomada en diálogo de saberes e investigación aplicada al cambio climático, máster en Psicopedagogía y Educación Superior y candidata al Máster en Innovación Tecnológica en Proyectos Urbanos Sostenibles. También es docente de la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés, directora de YAPU TIERRA, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA e investigadora en temas relacionados con los pueblos ancestrales milenarios.

Nancy Camacho es arquitecta de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Tecnología, Arquitectura y Ciudad para Países en Vías de Desarrollo del Politécnico de Turín, en Italia, y cofundadora y directora de la Escuela Taller de Boyacá. Es colaboradora del Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (Ibomex) desde 2012, integrante de la Red Iberoamericana PROTERRA, formadora de técnicas de construcción con tierra desde el nivel técnico hasta el profesional y consultora en temas de patrimonio material e inmaterial.

ANEXO

Ejemplo de ficha de diseño de Caja CAHNEY Terra Taller

[illegible]

ARQUITECTURA TRADICIONAL E IDENTIDAD LOCAL. EXPERIENCIAS EN EL CONTEXTO RURAL DE ESPAÑA

Pilar Diez Rodríguez¹, Àngels Castellarnau Visús²

¹Made in tierra Spain / Assur Laboratorio Cultural, España, pilar10rodriguez@hotmail.com

²Made in tierra Spain / Edra Cultura y Natura, España, angels@edraculturaynatura.com

Palabras clave: sostenibilidad, diseño colaborativo, interdisciplinar, espacio público

Resumen

El espacio urbano en el contexto rural de la España interior tiene sus propias dinámicas y se encuentra de forma general en un momento de enorme fragilidad debido a la despoblación y a la pérdida de uso. Bajo las premisas de repensar el espacio público de la arquitectura tradicional y ofrecer una aproximación práctica a la arquitectura de tierra, desde la plataforma "*Made in tierra Spain*" se diseñó el *Workshop "Arquitectura tradicional & identidad local"* para Paredes de Nava. Con este taller se pretende poner en evidencias algunas de las consecuencias de estas dinámicas, evidenciar la complejidad del diseño de estos espacios y ensayar estrategias de diseño sistémico a una escala urbana. Los resultados obtenidos en las ediciones desarrolladas son una serie de propuestas que suman entre todas unas directrices de actuación, en las que a través del espacio público se genera una puesta en valor del municipio, con operaciones de marketing territorial, de estrategia de desarrollo, de captación de fondos y actividad, de arquitectura y de regeneración que las convierten en un referente al que se suma la activación del contexto social en el que se producen.

1 INTRODUCCIÓN

Las comunidades rurales donde la carga identitaria tiene un fuerte componente matérico, donde el vínculo con la técnica constructiva trasciende la tecnología para formar parte del quehacer doméstico, donde las nuevas dinámicas se adaptan a los ritmos naturales son terreno fértil para realizar iniciativas que provoquen cambios hacia la reconexión del hombre con su territorio.

El espacio urbano en el contexto rural de la España de interior es el gran olvidado, muchas veces víctima del feísmo de intervenciones poco apropiadas, tanto por el uso de materiales totalmente ajenos al contexto, como puede ser el asfaltado de las calles bordeado de aceras de hormigón con anchuras ridículas que las hacen impracticables, como por la trasposición de elementos mueble de catálogo y soluciones replicadas de contextos urbanos "de ciudad".

También hay que considerar que los territorios que sufren un fenómeno de despoblación además de la arquitectura que se deteriora (se mantienen sólo los edificios habitados) es el espacio urbano el primero que pierde todas sus funciones: de relación, de encuentro, de desarrollo económico y social... sin personas, sin habitantes el espacio público deja de ser lugar, por lo que la situación actual ha desembocado en un contexto de fragilidad para la mayoría de los municipios de la España interior.

El municipio de Paredes de Nava no es ajeno a estos procesos de despoblación. En este espacio urbano, es la arquitectura en tierra sobre la que recae la carga identitaria del municipio, al recorrer sus calles encontramos numerosos ejemplos de esta arquitectura en mejor y peor estado, pero, sin embargo, el espacio público urbano ya ha sido abandonado a los procesos de deterioro formal y estético antes descritos.

Es la arquitectura en tierra y su carga identitaria la que nos va a servir como catalizador de la transformación del contexto, entendido no sólo como una estrategia de protección e intervención arquitectónica, sino como una estrategia de activación de la comunidad y reapropiación del espacio público, reconectando a las personas con su propio territorio.

1.1 Made in tierra Spain

“Made in tierra Spain” es una agrupación interdisciplinar de profesionales con objetivos comunes, como son la recuperación e internacionalización de las técnicas constructivas y arquitectura de tierra de España.

Se desarrollan acciones colaborativas a escala real con el objeto de:

- Formar a profesionales sobre construcción contemporánea, restauración y conservación del patrimonio todo ello en tierra cruda.
- Investigar técnicas constructivas y materiales.
- Divulgar el patrimonio construido en tierra, comenzando por paliar el desconocimiento de la propia población local.
- Tejer redes, inducir cambios y cruzar caminos. Todas las acciones están abiertas a la colaboración de otros profesionales con perfiles diferentes, que integran sus acciones, investigaciones, proyectos y resultados.

El Workshop Arquitectura tradicional e identidad local es una acción colaborativa que se comienza a desarrollar en el año 2018 y se repite en el año 2019, en Paredes de Nava, con el apoyo institucional de su Ayuntamiento y la participación de los profesores del departamento de Arquitectura y Urbanística de la Universidad de Catania en Italia.

En cada una de las ediciones presenciales, durante una semana, 30 participantes con perfiles muy diversos: arquitectos, historiadores, estudiantes, ingenieros, agentes de desarrollo, licenciados en Bellas Arte, venidos de Italia, Francia, España y Bélgica, junto a los tres colaboradores de la Universidad de Catania (Italia), uno de Chipre y nueve colaboradores españoles de diferentes puntos del país, junto con la organización (cuatro integrantes de la plataforma “Made in tierra Spain”), han convivido en el municipio compaginando las sesiones teóricas, prácticas y experimentales en contacto directo con el pueblo y compartiendo las sesiones abiertas.

1.2 Contexto

Paredes de Nava se convierte en el escenario objeto del desarrollo de este workshop. Se trata de un municipio en plena meseta castellana, cuya época de esplendor fue el Renacimiento, y que ahora se encuentra, como el interior de la península, aquejado del fenómeno de la despoblación.

Recorriendo sus calles se puede encontrar un importante catálogo de edificios de arquitectura tradicional con diferentes técnicas de tierra cruda, que han llegado a nuestros días en un estado bastante aceptable.

Sin embargo, la cualificación del espacio público, como en la mayoría de los municipios, no da respuesta a las necesidades de esta arquitectura.

2 OBJETIVOS

Se propone una formación intensiva abierta a la comunidad que a través de la experiencia arquitectónica permita por un lado, re dignificar las técnicas y sus soluciones constructivas en tierra locales y por el otro hilar un nuevo discurso ligado al lugar que a partir de un análisis de las preexistencias construya una nueva imagen de espacio urbano rural.

2.1 Objetivos generales

- a) Reflexionar sobre la entidad del espacio público: las calles, plazas, jardines, de los pueblos en relación directa con la arquitectura tradicional que lo contextualiza.
- b) Generar soluciones que tengan que ver tanto con la estética como con la compatibilidad técnica y de materiales de la arquitectura del entorno.

- c) Regenerar el espacio público en consonancia a su realidad, dotándolo de carácter, evitando transferir soluciones urbanas “de ciudad” o simplemente “de catálogo”
- d) Divulgar el conocimiento de las técnicas constructivas propias de la arquitectura tradicional que configura el municipio, fomentando así su puesta en valor y la rehabilitación conservativa con técnicas adecuadas y compatibles.
- e) Poner en valor el espacio público al mismo tiempo que la arquitectura tradicional propia del municipio.
- f) Recuperar el conocimiento técnico, y transmitirlo tanto a los proyectistas como a investigadores, profesionales de la construcción e interesados, de forma que se capacite a los participantes en la regeneración urbana integral, tanto para nuevas obras como para restauraciones, acercándolos también al uso de la tierra como material de construcción contemporáneo, que cumple todos los parámetros de sostenibilidad.

2.2 Objetivos específicos

- a) Desarrollar el anteproyecto, a nivel de concurso de ideas, de un área de espacio público local, caracterizado por un recorrido a través de una serie de ejemplos de arquitectura tradicional del municipio que la confiere un especial carácter.
- b) Aprender de una forma práctica las diferentes técnicas constructivas locales, presentes en los edificios del área de actuación, simultáneamente a la realización de un proyecto colectivo de configuración y rehabilitación del espacio público

3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Se desarrolla una estrategia metodológica que cubre la aproximación y la formación a través de bloques, un bloque experimental que se desarrolla a través de talleres dirigidos a los diferentes agentes que intervienen en el proceso de diseño de espacio público. Un bloque de sesiones de formación abiertas al público en general que pretende la participación de los residentes del municipio para abrir un foro de reflexión en torno a la arquitectura local, su espacio público, sus técnicas constructivas y su identidad y una ruta de reconocimiento del patrimonio.

Los tres talleres iniciales; un taller de reconocimiento del medio, un taller experimental de materiales y técnicas constructivas y un taller de diseño del espacio urbano, pretenden identificar los instrumentos de trabajo a través de la observación y la representación, la manipulación y los sentidos y la propuesta colaborativa.

4 DESARROLLO DE LOS BLOQUES DEL WORKSHOP

4.1 Talleres (observar-representar- manipular-proponer)

a) Taller de reconocimiento del medio

Este taller inicial genera una dinámica de aproximación al contexto a través del dibujo como medio de conocimiento. El fluir de los apuntes de calle rápidos, en la hora de mayor temperatura con la mínima brisa castellana de agosto, en la que predominan los tonos ocres, los amarillos y las tierras conlleva no sólo fijar ideas de la arquitectura y el color sino también experimentar el clima y el contexto.

Se lleva a los participantes a salir de su zona de confort y experimentar el material (figura1). Dirigidos por Macho y otros (2020, p.10), que así define la actividad:

Invadir, las calles, recorrerlas, buscar el detalle o la vista general, dibujar incluso cuando nunca lo has hecho, cuando el dibujo es sólo un recuerdo de tu infancia o, al contrario, es tu herramienta o medio de expresión.



Figura 1. Momentos del taller de conocimiento del medio (crédito: M. Macho)

b) Talleres experimentales de materiales y técnicas constructivas

La utilización de los sentidos, la observación, el oído, el olor, el gusto, el tacto y el contacto con el material permite acercarnos a la materia, y a través de ella a la técnica.

Estos talleres son una aproximación práctica a las técnicas de construcción con tierra, permiten introducir a los participantes en un nuevo paradigma: la tierra omnipresente, usada como material de construcción y la puesta en obra, por ellos mismos con sus propias manos (figuras 2 y 3).



Figura 2. Taller de adobe



Figura 3. Taller de tapia

Según la disponibilidad de espacios y edificios se ha abordado este taller con objetivos diferentes:

- La caracterización de tierras y mezclas (Test Carazas) como aproximación a la materia.
- La fabricación de adobe como forma de recuperación de un conocimiento ancestral que liga el pasado con el futuro.
- La comprensión de la técnica de la tapia, a través de la experiencia física, comunitaria y sensorial.
- La preparación de las diferentes capas de revocos, como proceso colectivo de restauración.

- La preparación y aplicación de la trulla, revestimiento a base de tierra y paja característica de la comarca, como recuperación de un conocimiento ancestral ligado al lugar y al edificio.

La restauración del palomar, la puesta en obra a una escala real en un edificio de gran envergadura, como reto colectivo de aprendizaje y esfuerzo conjunto.

c) Taller de diseño del espacio urbano

Este taller se desarrolla de forma transversal durante todo el proceso.

El cómo dar respuesta al espacio urbano rural, la apuesta por ideas y el desarrollo de las mismas, de una manera colectiva, se convierte en un proceso, que pasa por el reconocimiento y descubrimiento de los valores patrimoniales, funcionales y estéticos que nos ofrece el contexto rural en la materialidad de sus construcciones junto a la vida que se desarrolla en ellas, detalles que para quienes son ajenos al contexto, o para quienes lo ven cotidianamente, a simple vista podrían pasar inadvertidos. Un cambio de escala del mundo aprehendido de la ciudad y el vehículo donde hay que ordenar flujos continuos de peatones y vehículos, mientras en el contexto rural se rompen las estadísticas, los números son escasos y debemos plantarnos facilitar la coexistencia de usos.

Deambular por las calles de Paredes de Nava y empaparse de los vestigios del pasado tiene algo de viaje introspectivo y sensorial que más tarde aflorará en el desarrollo de las propuestas que cada uno de los equipos desarrolla de manera colectiva (figura4).

Al mismo tiempo tocar, sentir, y hablar con el paisanaje, los actores de la vida cotidiana que se acercan curiosos a compartir sus vivencias y necesidades.



Figura 4. Taller de diseño del espacio urbano: trabajo de equipos



Figura 5. Taller de diseño del espacio urbano: propuesta en planta con el lema "Tierra en movimiento". Equipo 2: Iacono, R.; Giuffida, G.; Randisi, G.; Leonardi, R.; Muñoz, M.; Arenillas, S.

4.2 Sesiones abiertas

Las sesiones abiertas al público se convierten en un auténtico foro de intercambio multidisciplinar, al que acude gente del pueblo y de la zona, abordan desde las dinámicas de apropiación de los espacios públicos rurales, a través de la contextualización y exposición de materias concretas como pueden ser el urbanismo rural y la arquitectura, pero también el paisaje cultural, la identidad local, la despoblación y la lectura de la superposición del tiempo y el cambio social.

Las sesiones abiertas al público se conciben con carácter multidisciplinar y se estructuran en acciones de formación, información y debate.

Los participantes invitados comparten sus experiencias reales, y esto transforma el lugar en un foco de interés para vecinos y personas interesadas que desde otras localidades se desplazan para participar sumándose a los integrantes del workshop (figura 6).



Figura 6. Sesiones abiertas

4.3 Ruta tierra: patrimonio vivido

Los recorridos a través del patrimonio construido de tierra nos permiten buscar los puentes entre las culturas constructivas tradicionales y las nuevas técnicas.

Aprender del patrimonio nos permite entender el contexto social y ambiental de las propias técnicas constructivas.



Figura 7. Interior de palomar

5 RESULTADOS

Se ofrece un resumen de los resultados del Taller, considerando la importancia del proceso y la experiencia de crecimiento personal y colectivo de cada individuo como parte del resultado en sí mismo.

5.1 El acercamiento a un territorio y su patrimonio

La experiencia de conocer un territorio rural “desde dentro”, significa no sólo recorrer o conocer una historia y un patrimonio, sino la integración en este conocimiento de las perspectivas locales, las costumbres, modos de hacer, las necesidades que resuelven día a día los propios habitantes y que muchas veces desafían el sentir de los profesionales en torno al patrimonio y su valoración, y nos sirven para acotar los retos.

5.2 La aproximación a las técnicas constructivas

Las dinámicas de “aprender haciendo” y la experiencia a escala real ofrecen un aprendizaje experiencial que abre la puerta al cuestionamiento de lo aprendido y la apertura a un conocimiento lejano al que pueden ofrecer las enseñanzas regladas.



Figura 8. Taller de restauración de palomar (crédito: M. Macho)

5.3 Los proyectos de diseño urbano

Los proyectos de diseño colaborativo del espacio urbano abordan tanto una serie de posibilidades de diseño, materiales, recorridos, etc. como de estrategias de desarrollo. La calidad de las propuestas hizo que desde nuestra Plataforma se abordará la publicación de los resultados, de modo que toda la experiencia quedara registrada como directrices de futuro a la hora de intervenir, o quizás, memoria de un proceso que trasciende el ámbito rural, y lo sitúa como estrategia referente de activación urbana.

En agosto de 2020 se presentó el libro *Workshop arquitectura tradicional e identidad local / Traditional building & local identity. Paredes de Nava, Spain*, que pretende ser el primero de una colección que recoja la suma de las experiencias que vamos desarrollando anualmente.

6 CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

La arquitectura tradicional y el espacio rural nos brindan la oportunidad de reinventar la conexión del hombre con su territorio. Trascender de los problemas existentes y revertir la relación con el espacio que habitamos, las calles, los edificios, sus usos, sus materiales... el

fluir de la vida de las personas, en la frágil definición de nuestra identidad e invocar una nueva relación con el entorno a través de la reconstrucción social de hábitat.

La clave aquí es nuestro papel como catalizadores, nuestra capacidad para proyectar y generar dinámicas insospechadas a través de la arquitectura.

La investigación realizada revela el poder que tiene la educación y divulgación para dar a conocer y transformar la percepción, sobre una arquitectura, un entorno y en definitiva un territorio complejo que hasta hoy ha estado devaluado y al margen de los procesos de desarrollo.

Este Workshop ha sido un éxito de público tanto en las sesiones abiertas como de participación, pero, sobre todo, por la implicación de los participantes y los resultados: el desarrollo de propuestas que se presentaron al público en la sesión de clausura.

Las propuestas suman entre todas unas directrices de actuación, en las que a través del espacio público se genera una puesta en valor global del municipio, con operaciones de marketing territorial, de estrategia de desarrollo, de captación de fondos y actividad, de regeneración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Macho, M.; Castellarnau, A.; Diez, P.; Represa, I.; D'urso, S. (2020). Workshop arquitectura tradicional e identidad local / Traditional building & local identity. Paredes de Nava, Spain. Editor: Assur laboratorio cultural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los que suman para hacer este workshop posible, especialmente a los vecinos de Paredes de Nava, que muestran su interés año tras año, dando sentido a la iniciativa.

AUTORES

Pilar Diez Rodríguez, Arquitecta-urbanista y Máster de Restauración de Patrimonio por la UVA (Universidad de Arquitectura de Valladolid). Investigadora free-lance en arquitectura de tierra, participa en diferentes Workshop internacionales. Dirige talleres de formación en técnicas de construcción con tierra y rehabilitación. Miembro de PROTERRA. Co-fundadora de la plataforma Made in tierra Spain.

Àngels Castellarnau Visús, Arquitecta por la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) especializada en bioconstrucción, arquitectura de bajo impacto ambiental y arquitectura de tierra. Phd por la UPC en Energía natural en la Arquitectura. Investiga sistemas constructivos en tierra y con material local y la gestión de recursos naturales en el territorio. Fundadora del estudio Edra Arquitectura km0. Miembro de la red PROTERRA. Co fundadora de la plataforma Made in tierra Spain.

Memorias de diseño y obras

Textos relativos a trabajos profesionales – no se trata de trabajo de investigación científica ni un trabajo académico o experimental, en los cuales alguna(s) técnica(s) de construcción con tierra tenga participación expresiva, pudiendo ser asociada a otros materiales

Pueden ser relativos a un diseño ya ejecutado (obra) o simplemente a un diseño.





Centro Escarola

Conservar y construir con adobe, bajareque y paja arcilla

María Esther Arteaga Rodríguez
Paola Lizette Cruz Garay



El Centro Escarola, de uso mixto (comercial, recreativo, educativo y habitacional), se localiza en lo que antes fuera un terreno baldío en el centro histórico de la ciudad de Guanajuato, Gto., México, que forma parte de la lista de patrimonio mundial. Es un proyecto que desde el 2010 se ha desarrollado en diferentes etapas, conservando los vestigios de la arquitectura de tierra ubicados en el predio e integrando arquitectura contemporánea con este material desde una perspectiva de la sustentabilidad a partir de la reutilización y aprovechamiento equilibrado del espacio y de los materiales encontrados en éste.



1. Interior de terreno baldío con relleno de azolve, escombros y materiales acumulados previo a primera etapa de intervención, 2010.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez



2. Fachada principal hacia calle de Positos previo a primera etapa de intervención, 2010.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez



3. Muro oeste de adobe y mampostería de piedra previo a primera etapa de intervención, 2010.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez

Antecedentes

La ciudad de Guanajuato, México, se asentó en una cañada que contó con vegetación abundante, la cual se redujo paulatinamente por los procesos mineros de origen y por el crecimiento del poblado. Cuenta con gran cantidad de edificaciones antiguas construidas con adobe, que van desde arquitectura residencial, a ejemplos de arquitectura habitacional de menores dimensiones y más popular.

En 1988 se integró a la lista de patrimonio mundial como "Villa Histórica de Guanajuato y sus minas adyacentes".

El Centro Escarola se encuentra junto a la calle subterránea que sigue el cauce del río - hoy entubado- de la ciudad de Guanajuato. Tiene 508.38 m² de superficie y cuenta con una pendiente natural pronunciada

característica de la topografía del lugar. Está delimitado por un muro histórico de mampostería de piedra que funciona como "caja" contenedora del cuerpo de agua y que ha permitido el relleno del terreno con azolve natural y escombros (figura 1) producto de las inundaciones que ocurrieron en diferentes épocas en la ciudad y las condiciones de abandono en que se encontró de 1980 al 2010, año en que fue adquirido el predio por su actual propietario, originario de Austin Texas, quien se ha encargado de financiar el desarrollo del proyecto con recursos propios.

Las múltiples capas del predio, contienen vestigios de arquitectura construida con adobe y mampostería de piedra asentada con tierra (figuras 2 y 3). A partir del año 2010 se comenzó el desarrollo del proyecto de intervención del sitio, el cual contó con diferentes condicionantes:

1-El conservar los vestigios de arquitectura pre existente y con capacidad de carga estructural e integrar arquitectura nueva en un predio baldío en una ciudad parte de la lista de patrimonio mundial.

2-Implementar técnicas de construcción con tierra tradicionales de la zona y contemporáneas.

3-El poder ser un proyecto ejecutado en seis etapas planeadas a mediano y largo plazo.

4-Ser un proyecto sostenible con un perfil de uso mixto: comercial, recreativo, artístico, educativo, habitacional y ambiental, que permita la convivencia tanto de la gente local, nacional e internacional.

Primera etapa 2010 - 2014

La primera etapa fue planeada y diseñada del 2010 al 2013 para alojar el café Escarola, en un área de 59.70 m2 del lado noroeste del predio. Se concibió con un carácter reversible y transitorio.

La intervención se realizó en el 2014 como un laboratorio de construcción y arquitectura sustentables, implementando estructuras de acero recicladas (figura 4) con sistemas constructivos de tierra como el bajareque, paja arcilla (figura 5) y tapial (figuras 6 y 7), y cubierta ligera de lámina, integradas a los muros de mampostería de piedra asentada con mortero de cal de la calle de la fachada principal de una de las áreas del terreno y los muros de adobe de la colindancia oeste.



4. Integración de estructura de acero y madera de reciclaje durante primera etapa de intervención, 2014.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez

5. Integración de paneles de paja arcilla y botellas de vidrio recicladas a estructura de acero durante primera etapa de intervención, 2014.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez

6. Vista de espacio semi-cubierto, delimitado por arranques de vestigios de muros de mampostería de piedra pre existentes y muros de paja arcilla y experimento de muro de tapial no estructural, 2014.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez

7. Detalle de muro de tapial integrado durante la primera etapa de intervención, 2014.

Fotografía: Paola Lizette Cruz Garay

Segunda etapa 2016 - 2020

En octubre de 2016 se comenzó el diseño y desarrollo de la segunda etapa del proyecto, la cual albergaría los espacios con las funciones de café, restaurante, plaza de acceso y un primer apartamento. Se localizaría en la zona noreste del predio en un área de 83 m² de superficie ocupada en el terreno (figura 8) y 242.25 m² repartidos en cuatro niveles que serían adecuados a las terrazas liberadas del relleno de azolve y materiales recuperados -piedra, cantería y tierra- parte del relleno del lugar.



8. Plano de conjunto con áreas de primera y segunda etapa del proyecto.

Elaboración: Paola Lizette Cruz Garay

Levantamiento del estado actual

En el 2016 se realizó un estudio geofísico en la modalidad de tomografía eléctrica y técnicas sísmicas para identificar la distribución de la litología y de elementos antropológicos (vestigios) del predio. Lo anterior permitió establecer hipótesis con respecto a los niveles de terrazas a encontrar al momento de realizar las calas y excavaciones solicitadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) para continuar con el desarrollo del proyecto.

Durante las calas y excavaciones desarrolladas del 2016 al 2017, se llevó a cabo un registro fotográfico y levantamiento en planta de las terrazas (figura 9) y alzados de los vestigios de muros de piedra y cantería asentados con mortero de tierra, así como de las secciones de muros de adobe de entre 50 a 60 centímetros de espesor encontrados en los tres niveles de terrazas explorados (Terraza 1 N. -1.20, Terraza 2 N.- 2.86 y Terraza 3 N.-3.36) (figura 9). Se integró un expediente con la descripción de cada uno de estos con respecto a su espesor, alturas, materiales, alteraciones, deterioros y estado de conservación.



9. Vista general de área de excavación con niveles de terrazas identificados y vestigios de muros de adobe y mampostería de piedra asentada con tierra, correspondientes a la segunda etapa del desarrollo del proyecto, julio 2017. (Crédito: Paola Lizette Cruz Garay)

Análisis y diagnóstico

aplanado a base de mortero de cal.

La fachada principal -muro norte- (figuras 10 y 13) se desplantaba con muros de mampostería de piedra asentada con mortero de tierra desde el nivel de la Terraza 2 y abarcaba hasta el nivel de calle, con una parte de muros de adobe y otra sección de muros de tabique rojo recocido y estructura de concreto. La fachada a nivel de calle contaba con una ventana con marco de cantería, una puerta de aluminio y recubrimiento con mortero de cemento en su cara exterior. Al no tener una cubierta, la sección de muro de adobe se encontraba disgregada y erosionada por su exposición al agua y al viento. En el interior, se identificaron pequeñas secciones de

Los muros de piedra asentados con tierra y los bloques de vestigios de muros de adobe (figuras 11 y 12) fueron revisados por asesores especialistas en Restauración e Ingeniería Civil, cuya recomendación final fue que la mayoría de estos no contaban con capacidad y resistencia estructural para ser utilizados como muros de carga, por la disgregación y pérdida de material que presentaban debido a la humedad que estos contenían al haber estado bajo tierra durante un largo periodo de tiempo. Solo el muro norte -correspondiente a la fachada principal- y el muro oeste, fueron considerados para continuar con una función como muros de carga.



10. Fachada principal (muro norte) vista desde el interior del terreno como parte del registro del estado previo a la intervención y etapa de excavaciones, julio 2017.

Fotografía: Paola Lizette Cruz Garay

11. Arranque de muro de mampostería de piedra asentada con mortero de tierra, vestigios de existencia de muro de adobe y muro de piedra de colindancia, febrero 2018.

Fotografía: Paola Lizette Cruz Garay

12. Vista desde interior del predio de muro oeste con arranque de mampostería de piedra asentada con tierra y sección de muro de adobe sobre éste, febrero 2018.

Fotografía: Paola Lizette Cruz Garay



13. Alzado de calle de Positos previo a segunda etapa de intervención para análisis de alturas de colindancias, 2018 (Elaborado por de Paola Lizette Cruz Garay)

Criterios de intervención

e) La integración de un segundo nivel en la

La propuesta de criterios de intervención consideró:

a) La integración de nueva arquitectura con base al trazo original de los vestigios de muros y terrazas identificados al liberar el relleno del terreno (figura 15).

b) La reutilización y aprovechamiento de materiales localizados en el sitio (piedra, tierra, vestigios de cantería, etc.) y fuera de éste.

c) La consolidación de los vestigios de muros que no cumplirían con una función estructural.

d) La consolidación del muro de adobe de la fachada principal y el muro de mampostería de piedra oeste como muros de carga estructural.

fachada principal con muros de adobe con base a las dimensiones de los vanos originales, la altura del primer nivel y las alturas de los inmuebles de colindancia de la calle de Positos (figura 14).

f) La integración de elementos estructurales de acero –columnas y vigas- exentos de los vestigios de muros originales en combinación con muros de mampostería de piedra, para cumplir como estructura de carga principal junto con los muros norte (fachada principal) y oeste.

g) La integración de muros divisorios y de relleno de bajareque, paja arcilla y tabique rojo recocido en la estructura de acero de los nuevos niveles de construcción.



14. Alzado de calle de Positos con propuesta de integración de fachada principal de dos niveles de segunda etapa del proyecto, 2018.

15. Planta de estado actual y plantas arquitectónicas de segunda etapa del proyecto, 2018.
(Elaborado por Paola Lizette Cruz Garay)

Proceso de intervención 2018 – 2019

Después se procedió a intervenir la fachada

La consolidación de los vestigios de muros de mampostería de piedra asentada con mortero de tierra se hizo con la integración a estos de rejunteado con piedra localizada en el sitio y mortero de cal y arena. Las secciones de muros de adobe que quedaron visibles después de las excavaciones se dejaron secar y no requirieron de una consolidación especial. La integración de la estructura de acero exenta de estos muros se realizó con cimentación de zapatas aisladas y dados de concreto armado con placas y anclas metálicas. Las columnas y vigas de acero quedaron visibles permitiendo así la diferenciación de la nueva estructura y los elementos originales (figuras 16 y 17). Se integró el nivel de entepiso de vigería de madera, loseta de barro y capa de compresión de concreto para llegar a nivel de calle.

principal. La sección de muro de adobe original fue liberada (figura 18), así como los elementos de tabique rojo recocido y de concreto armado. La tierra fue reutilizada para la producción de adobes en el sitio de 30 cm por 45 cm por 8 cm (figuras 19, 20 y 21), que permitieran reintegrar la parte original y la integración de una nueva sección de muro de adobe que funcionara estructuralmente como muro de carga en el primer nivel.

El trazo del muro de adobe original de planta baja y del segundo nivel integrado consideraron su complemento de trazo en “u” para dotar de estabilidad estructural, así como una transición por medio del tejido con contrafuertes de mampostería de piedra hacia los muros estructurales de este mismo material.



16. Estructura de acero exenta de vestigios de muros de mampostería de piedra y adobe originales, marzo 2018.

17. Estructura de acero y mampostería de piedra parte de los niveles sobre el nivel de calle integrados al proyecto, junio 2018.

18. Liberación de muro de adobe y tabique rojo recocido de fachada principal, julio 2018.

19. Producción de adobes en el sitio con tierra recuperada del proceso de excavación de terrazas y de liberación de muros, julio 2018.

20. Gama de colores de adobes de diferentes tierras recuperadas en el sitio, julio 2018.

21. Reintegración de sección de muro de adobe de fachada principal, julio 2018.

Fotografías: Paola Lizette Cruz Garay



22. Fachada principal hacia calle de Positos, diciembre 2019.

23. Área central del proyecto con muros de mampostería de piedra, diciembre 2019.

24. Área de restaurante con paneles de bajareque y acabado al fresco, diciembre 2019.

25. Panel de bajareque con tierra del lugar para integración a estructura de acero, enero 2019.

26. Paneles de paja arcilla y bajareque integrados a estructura de acero, enero 2019.

27. Acabado al fresco en exterior de paneles de paja arcilla y bajareque, diciembre 2019.

Fotografías: Paola Lizette Cruz Garay

Se identifican tres secciones de la estructura general del proyecto: 1- Sección delantera que da hacia la calle de Positos con muros de adobe como estructura principal (figura 22). 2- Sección central con muros de mampostería de piedra (figura 23). 3- Sección final de estructura de acero (figura 24). Esta última, incorporó los muros de cierre de paneles de acero y aluminio de reciclaje con las técnicas de bajareque y paja arcilla (figuras 25 y 26). La sección de muros de adobe se recubrió en el exterior con repello grueso de tierra, cal apagada y arena, un aplanado fino a base de cal y arena y pintura con pigmento natural de tierra y baba de nopal. El interior se dejó aparente. Los paneles de bajareque y paja arcilla se recubrieron tanto en exterior como en interior con un acabado al fresco de una primera capa de cal y arena gruesa, una segunda capa de cal y arena cernida y una tercera capa bruñida de lechada de cal y pigmento de tierra de la zona (figura 27).

Los entrepisos y cubiertas de las plantas sobre el nivel de calle continuaron siendo de sistema de viguería de madera, con loseta de barro y capa de compresión de concreto.

Como parte de la visión sustentable del proyecto, los pisos integrados fueron con base a losas de cantería localizadas y reutilizadas en el sitio, se usó dula de madera de reciclaje de pallets industriales, también se incorporaron elementos de cantería como jambas y dinteles acumulados en el lugar. Se buscaron puertas y ventanas de madera recicladas en zonas cercanas al municipio de Guanajuato. La instalación eléctrica del edificio se alimenta por medio de la captación de energía solar. A mediano y largo plazo se plantea una gestión integral del agua, contemplando que la zona de tratamiento de aguas grises por medio de biofiltros y el sistema de captación de agua pluvial se activarán al terminar de ejecutarse la tercera etapa del proyecto.

Tercera etapa 2019 - 2021

Antes de terminar con las intervenciones de la segunda etapa, se comenzaron a principios del 2019 las exploraciones para desarrollar el proyecto de diseño e intervención de un área de 125.71 m² del terreno. Se encontraron nuevamente más niveles de terrazas de las anteriores ocupaciones del lugar, algunos vestigios de muretes de adobe y mampostería de piedra, la mayoría sin capacidad de carga estructural.



Se alcanzó el nivel de la roca madre que muestra la pendiente natural de la cañada del lugar (figura 28). Uno de los hallazgos más relevantes fue un muro de mampostería de piedra con recubrimientos de mortero de tierra y pintura de cal (figura 29). Los espacios propuestos para esta etapa son un salón de usos múltiples y un foro para artes escénicas que incluye escenario y patio-terrazza. Actualmente esta etapa del proyecto se está ejecutando.



28. Exploraciones de tercera etapa de intervención, marzo 2019

29. Vestigios de recubrimiento de tierra y pintura de cal en muro de mampostería de piedra identificado en exploraciones de tercera etapa, agosto 2020.

Fotografías: Paola Lizette Cruz Garay

Repercusión de la obra en la sociedad y la ciudad

El centro Escarola ha tenido un alcance positivo en diferentes ámbitos, uno de ellos es en la conservación de la mano de obra local y los conocimientos que se poseen sobre las formas de construir tradicionales de la región, así como en la integración de formas contemporáneas de edificar con tierra, soluciones sustentables y tecnologías alternativas y apropiadas.

Se ha tenido influencia en la población estudiantil de la Universidad de Guanajuato, así como en la población local y extranjera, convirtiéndose en un espacio de encuentro entre proyectos sustentables, ambientales, económicos colaborativos y educativos.



30. Producción de adobes y vista del centro histórico de la ciudad de Guanajuato, 2018.

Fotografía: María Esther Arteaga Rodríguez

**María Esther Arteaga Rodríguez**

Arquitecta posgraduada en Planeamiento Urbano y Administración Pública. Con 30 años de práctica profesional, ha dedicado los últimos diez a la arquitectura y urbanismo de bajo impacto ambiental. También se ha desempeñado como docente, consultora en estudios territoriales, y como funcionaria pública. Es activista de causas sociales y ambientales.

mariesther.arte@gmail.com

**Paola Lizette Cruz Garay**

Arquitecta (2015) y pasante de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos (2020), Universidad de Guanajuato. Trabajo en investigación, documentación, difusión, elaboración de proyectos ejecutivos y de restauración de patrimonio construido con tierra y arquitectura vernácula.

arqpaolacruzgaray@gmail.com

FICHA TÉCNICA**CENTRO ESCAROLA**

Conservar y construir con adobe, bajareque y paja arcilla

Uso mixto: comercial, recreativo, artístico, educativo y habitacional.

Ubicación: Guanajuato, Gto.

Fecha de inicio de la construcción: Primera Etapa febrero 2014 / Segunda Etapa abril 2018 / Tercera Etapa marzo 2020

Fecha de la conclusión de la obra: Primera Etapa julio 2014 / Segunda Etapa octubre 2020 / Tercera etapa en proceso

Área del terreno: 508.38 m²

Área construida: 302.02 m²

Arquitectura: María Esther Arteaga Rodríguez

Paola Lizette Cruz Garay

Construcción: María Esther Arteaga Rodríguez

Paola Lizette Cruz Garay

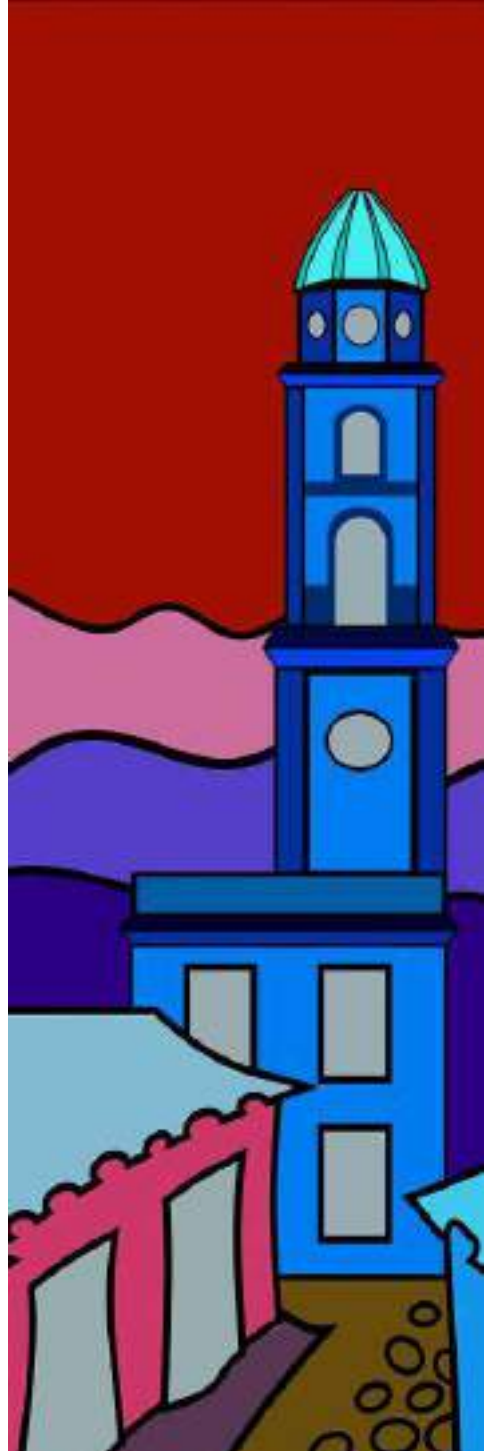
Estructura: Maestro en Restauración Roberto

Navarrete Padilla

Asesoría en elaboración de proyecto de restauración:

Ma. De la Lu Ávila Hernández

Pósteres



Trabajos producidos por profesionales, instituciones, estudiantes, organizaciones sociales o comunitarias que han desarrollado investigación o realizado prácticas que evidencian formas de mejoramiento, aplicación, impacto o contribución para las técnicas y materiales constructivos con tierra, así como formas de gestión para su aplicación.

El contenido evidencia el problema y el planteo del aporte. Puede tratar de una experiencia en particular, un caso o serie de casos de estudio o los resultados de una investigación.



PANEL LIGERO DE TIERRA Y CARTÓN TRITURADO PARA VIVIENDA RURAL EN MÉXICO

Ana Nelly Flores Meneses, nelly@artcalli.org

1. INTRODUCCIÓN

La transformación espacial al interior de las viviendas como concepto, si bien estudiado a nivel urbano, a nivel rural poco se ha indagado pese al valor ambiental de sus entornos. La limitante, a nivel constructivo, que presentan los sistemas tradicionales en ellos utilizados, así como la introducción paulatina de materiales altamente contaminantes (Rodríguez, 2002) supone retos importantes en la subdivisión de los espacios interiores de esta tipología de viviendas (fig. 1). Adicionalmente, y ante la precariedad económica de gran parte de sus habitantes, se hace necesaria no solo la búsqueda de materiales asequibles sino de nuevos paradigmas de construcción que deriven en el mejor aprovechamiento de los espacios rurales existentes.



Fig. 1. Vivienda construida con la técnica del adobe. Zacatzonapa, Guerrero, México. 2020.

2. OBJETIVO GENERAL

Fabricación de un panel ligero no estructural a base de materiales ecológicos y reciclados, en este caso, tierra, cartón triturado y mucílago de nopal que fuese de fácil manipulación y manufactura local.

2.1 OBJETIVOS PARTICULARES

Estudio de la composición de la tierra, el cartón y el mucílago de la planta *opuntia ficus indica*, así como de las técnicas de construcción con tierra existentes. Analizar la viabilidad de un proceso de fabricación de los paneles que resultase sencillo y asequible. Establecer, a nivel representativo, un sistema de colocación para el panel propuesto.

3. METODOLOGÍA

Planteamiento:

Elemento constructivo que permita aprovechar los espacios interiores en viviendas rurales existentes atendiendo a sus entornos



Evaluar uso planteado mediante prueba de atornillado y flexión de los elementos resultantes

4. RESULTADOS

La **retracción** que tuvieron los paneles en promedio fue de 5cms en el largo y ancho, y de 6mm en el espesor, quedando las dimensiones finales en 58 cms x 58 cms x 2 cms en promedio para todos los paneles y cuyas densidades oscilaron entre los 973.12 kg/m³ y 1640.05 kg/m³, siendo los TP3 con 75% de cartón los más ligeros. Todos los paneles presentaron mayor deformación a la esperada en parte debido a un inadecuado seguimiento al proceso de secado, particularmente los paneles TP2, en los que se utilizó CT con mayor porcentaje de humedad.

Para las **pruebas de flexión** se consideraron tanto la norma mexicana NMX-C-405-ONNCCE-2014, referente a paneles estructurales, como la norma estadounidense ASTM C473-19, relativa a paneles de yeso. La carga puntual aplicada fue de 1 kilogramo-fuerza (kgf)/seg utilizando actuador hidráulico MTS de 50 toneladas y transductor de desplazamiento CDP de 100 mm de carrera, con un margen de error de entre 0.24% y 0.3%. Las resistencias alcanzadas por los paneles TP1 (45% CT), estuvieron en un rango de 91.07 kgf y 150.19 kgf; los paneles TP2 (60% CT), entre 72.06 kgf y 106.94 kgf; y los paneles TP3 (75% CT), entre 85.04 kgf y 93.48 kgf (TP3c, fig. 2), siendo estos últimos valores los más uniformes al no haber gran diferencia entre ellos (fig. 3). Éstos se encuentran, además, por encima de los valores mínimos estipulados en la norma estadounidense ASTM C1396/C1396M-17 referente a resistencias a flexión en paneles de yeso.

Adicionalmente, se hicieron **pruebas de atornillado** a un panel de cada tipo, mostrando un buen comportamiento en general, particularmente el tipo 3, el cual no presentó desprendimiento de material y pudo ser montado fácilmente en un marco de madera de pino (fig. 4).



Fig. 2. Momento de ruptura de panel TP3c



Fig. 3. Gráfica de comportamiento de flexión de paneles TP3.



Fig. 4. Atornillado y montaje de panel TP3 en marco de madera

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren la viabilidad en la utilización de los paneles TP3 para los fines propuestos considerando las densidades obtenidas así como las resistencias a flexión alcanzadas.

Los valores obtenidos de los paneles TP1 y TP2 muestran, por un lado, la posibilidad de otras aplicaciones dada su resistencia, y por otro, la necesidad de realizar estudios más rigurosos sobre la humedad del CT utilizado.

Se precisan de pruebas adicionales que permitan evaluar de forma integral la durabilidad de los paneles elaborados, como es el caso de pruebas de resistencia a la humedad o pruebas de resistencia al perforado, tomando como base normas internacionales como la ASTM C473-19.

BIBLIOGRAFÍA

- Askeland, D. R. (1998). Ciencia e ingeniería de los materiales (3a.). International Thomson.
- Fahlén, J. (2005). The cell wall ultrastructure of wood fibres. Effects of the chemical pulp fibre line [Royal Institute of Technology (KTH). Fibre and polymer technology, Sweden]. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A7109&dsid=9435>
- Guerrero, L. F. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. APUNTES, 20(2), 182-201. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2718678>
- Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. Fin de siglo. 2da. Edición
- Neves, C., & Faria, O. B. (2011). Técnicas de construcción con tierra. Bauru-SP FEB-UNESP / PROTERRA.
- Rodríguez, A. (2002). Rururbanización y viviendas sustentables. Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Claves latinoamericanas.



ESTRUCTURAS ABOVEDADAS EN MUROS PORTANTES Y AISLANTES DE ADOBE

Marco Aresta, marco.aresta@gmail.com
Fábio Mendes, fabiovmendes@gmail.com

El caso de estudio presentado pretende, por experimentación, dar respuesta a un problema constructivo detectado en la práctica, a saber: generar una técnica de paredes de adobe más aislantes y con capacidad portante para techos de estructuras abovedadas.

La solución buscada fue experimentada en la obra de la vivienda "Susurros del Viento", ubicada EL Hoyo, Chubut, Argentina, en el año 2018, realizada por el grupo de Debarro Arquitectura.

El la obra fue utilizada la técnica de pared portante de adobe "enhuacalado" (McHenry, 2008), para soporte de las estructuras abovedadas. Dada técnica permite la elaboración de paredes curvas y rectas (figura 5).

La pared "enhuacalado" consiste en la colocación de adobes de manera tal que genera una cámara de aire (figura 1). Los adobes son colocados de "pandereta" con traba transversal. De cinco en cinco hiladas se colocan los adobes a "tizón" de manera a reforzar la pared (figura 2). Finalizada la pared y antes del apoyo de la estructura del techo, se hace una viga de encadenado superior con caña, arcilla y fibra larga (figura 6).

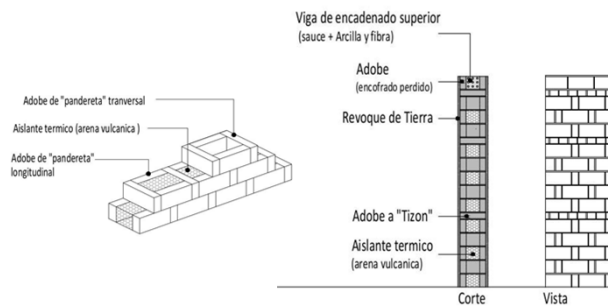


Figura1 (izq.). Detalle constructivo de la pared de adobe "enhuacalado" | Imagen de "Debarro Arquitectura"

Figura2 (der.). Detalles constructivos vista y corte de la pared de adobe "enhuacalado" | Fuente: "Debarro Arquitectura"

Para la ejecución de paredes curvas "a plomo", se parte de una geometría rigurosa de segmentos de curva de espirales, círculos, óvalos, elipsis, etcétera (figura 3). Para la construcción de las paredes se arma un compás como referencia (figura 4)

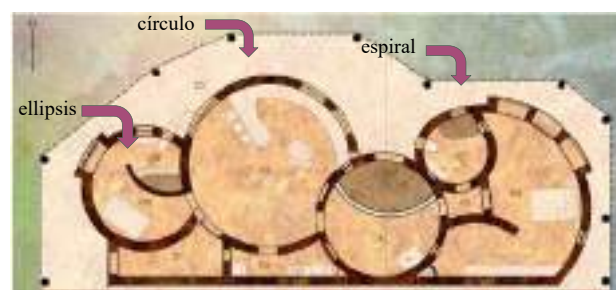


Figura 3. Planta del proyecto arquitectónico de la vivienda "Susurros del viento" | Fuente: "Debarro Arquitectura"
1 | Entrada fría; 2 | cocina/comedor; 3| lavadero; 4| sala; 5| distribuidor; 6| habitación 0; 7| baño 1; 8 | habitación 2; 9 | baño 2; 10| galería



Figura 4. Construcción de pared curva con compás | Fuente: "Debarro Arquitectura"



Figura 5. Construcción de paredes curvas con técnica de adobe "enhuacalado" | Fuente: "Debarro Arquitectura"



Figura 6. Construcción de una viga de encadenado superior con caña, arcilla y fibra larga | Fuente: "Debarro Arquitectura"



Figura 9. Estudio de la curvatura del arco de catenaria como generatriz de las bóvedas | Fuente: "Debarro Arquitectura"

EL sistema constructivo de las paredes de adobe enhuacalado fue hecho en: 1). muros rectos con trabas entre ellos; 2) muros rectos y curvos con trabas entre ellos; 3) muros curvos con trabas tangentes e intersecciones entre ellos.

Como conclusión, esta técnica constructiva es versátil, dado que permite la construcción de distintas morfologías de pared, ampliando las posibilidades de diseño proyectual. Se puede aplicar en situaciones de bajos recursos constructivos en lo que respecta a madera y materiales industrializados. Se observó también su capacidad portante sirviendo de soporte estructural a techos abovedados (figura 7) Además, por su cámara de aire, aumenta la aislación térmica del muro de adobe.

Los techos del proyecto de la vivienda "susurros del Viento" están hechos de estructuras abovedadas de adobe y ladrillo sin cimbra (figura 8).

La morfología de las bóvedas se genera por dos factores, a saber: la geometría de la planta arquitectónica como directriz y el arco de catenaria como generatriz de las superficies (figura 9). Lo anterior determina una estructura abovedada irregular de superficies alabeadas (figura 10).

Estas estructuras permiten techos dinámicos, de amplios vanos, con economía de materiales y de tiempos constructivos. Como conclusión general, la obra está ejecutada en su mayoría con la técnica de adobe colocado en paredes y techos, considerando-se tanto unos como otros estructuras autoportantes.



Figura 7. Construcción de techos abovedados sobre pared de adobe "enhuacalado" | Fuente: "Debarro Arquitectura"



Figura 8. Construcción de una bóveda de adobe e ladrillo sin cimbra | Fuente: "Debarro Arquitectura"



Figura10. Vista Interior | Fuente: "Debarro Arquitectura"



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE Y BAJAREQUE EN COMUNIDADES INDÍGENAS MAYA-CH'ORTI' DE GUATEMALA

Carlos Emmanuel Acual Pérez, carlosap.gt@gmail.com
Edgar Virgilio Ayala Zapata, virgilioayala@yahoo.com

OBJETIVO: Plantear los modelos de vivienda, los materiales y la técnica de construcción, que se han utilizado desde la época prehispánica en comunidades indígenas maya-ch'orti' de Guatemala, las cuales, en contraste con la falta de recursos económicos, han sabido adaptarse y aprovechar los recursos naturales propios del lugar, para, a través del conocimiento empírico, poder construir una vivienda ecológica y sostenible a lo largo de su historia. El presente trabajo se presenta como el inicio de una línea de investigación en la que se pretende dar herramientas técnicas-científicas a las comunidades indígenas maya-ch'orti' para que puedan mejorar el proceso de construcción de sus viviendas.

COMUNIDAD DE ESTUDIO: La comunidad Ch'orti' es una de las 22 etnias de origen maya en Guatemala, se ubica en el oriente guatemalteco, principalmente en los municipios de Camotán y Jocotán, en el departamento de Chiquimula. En dichos municipios, existen 39,028 personas que identifican su origen como maya-ch'orti', según XII censo de población 2018. La comunidad posee su propio idioma (ch'orti'), el cual lo habla una minoría en la actualidad. Los Ch'orti' son una comunidad, que en un alto porcentaje, viven en condiciones de pobreza, sin acceso a salud y educación de calidad.

VIVIENDA EXISTENTE: Según VII censo de vivienda 2018, en estos dos municipios, existen 17,687 viviendas habitadas que, según el material y técnica de construcción, corresponde al adobe y bajareque o, una mezcla entre una de estas o ambas, con alguna técnica contemporánea. La visita a las comunidades y la observación, permite concluir que, a pesar de los avances empíricos en la forma de construir, hace falta apoyo técnico-científico que logre desarrollar un modelo de vivienda y un proceso constructivo que cumpla demandas de calidad estructural y de materiales.



Fig. 1. Ubicación geográfica de territorio Maya-Ch'orti' en el oriente guatemalteco y mujeres con indumentaria de origen maya. (Foto: Carlos Zaparoli)



Fig. 2-5. Vivienda existente: (Fuente: Carlos E. Acual, 2020)

VIVIENDA DE ADOBE

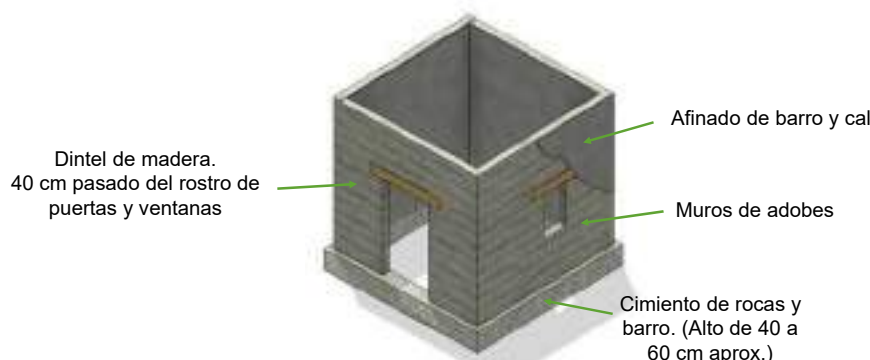


Fig. 6. Modelo y elementos constructivos de vivienda a base de adobes. (Fuente: Carlos E. Acual, 2021)

MATERIALES:

1. Arcilla
2. Hojas de pino seco
3. Agua
4. Trozos de madera
5. Piedras de río
6. Cal

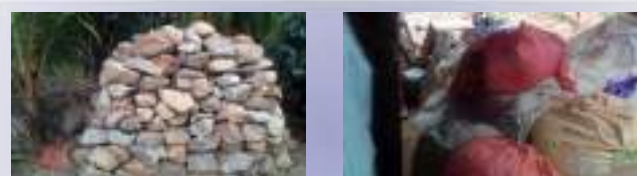


Fig. 7-8. Rocas extraídas de ríos cercanos y sacos de pino seco comprados para la elaboración de adobes. (Fuente: Carlos E. Acual, 2020)

FABRICACIÓN DE ADOBES: Se agrega agua a un puñado de arcilla con fin de verificar su calidad, se juega con las manos, si se vuelve pastoso, es de buena calidad. No hay una medida estándar de adobe. Se pone la arcilla en un sitio limpio y se afina con los pies, a fin de no tener terrones, se le agrega agua y hojas de pino seco, se mezcla con los pies y se deja reposar por una noche para expulsar exceso de agua, se agrega en el molde, se apisona y se deja secar.



Fig. 9. Adobes recién fabricados y puestos al sol para su secado. (Fuente: Carlos E. Acual, 2020)

PROCESO CONSTRUCTIVO: El proceso constructivo se vuelve un proceso comunitario según el nivel económico del individuo, si la persona es de escasos recursos, los vecinos se ofrecen como jornales esperando una retribución futura en el mismo sentido. Entre los lugareños se limpia y nivela el terreno a edificar, se hace una zanja de entre 40 o 60 cm de profundidad, se empilan las rocas y se pegan con arcilla hasta alcanzar el nivel deseado. Se pegan los adobes de forma escalonada hasta llegar a la altura deseada. Haciendo uso de trozos de madera, se hacen los dinteles de puertas y ventanas, según el diseño. Terminado el levantado, se le agrega capa de arcilla-cal como acabado final.

VIVIENDA DE BAJAREQUE

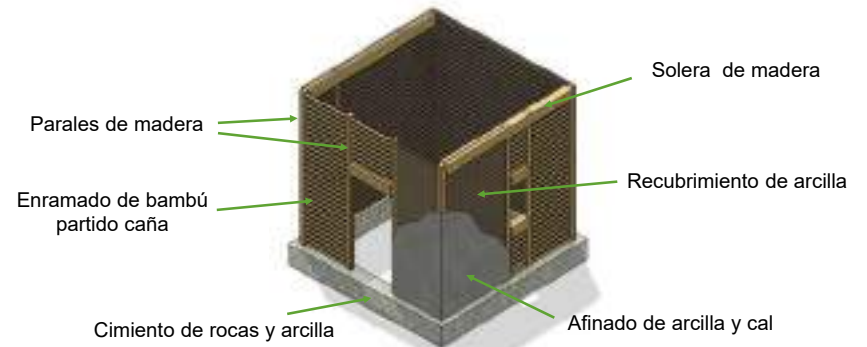


Figura 10: Modelo y elementos constructivos de vivienda de bajareque. (Fuente: Carlos E. Acual, 2021)

MATERIALES:

1. Trozos de madera
2. Cañas o bambú
3. Arcilla
4. Agua
5. Cal



Fig. 11-12. Corte de cañas de río cercano y sacos de arcilla extraída y almacenada. (Fuente: Carlos E. Acual, 2020)

PROCESO CONSTRUCTIVO: Al igual que con el adobe, el proceso constructivo se vuelve comunitario. Entre los lugareños se limpia y nivela el terreno a edificar, se hace una zanja de entre 40 o 60 cm de profundidad, se empilan las rocas y se pegan con arcilla hasta alcanzar el nivel deseado. Se incrustan los parales dentro del cimiento. Seco el cimiento, se hace el enramado horizontal, las distancias varían según los recursos. Listo el enramado, se afina la arcilla y se le agrega agua, con las manos se recubre el enramado hasta alcanzar el grosor deseado. Seca la arcilla, se le agrega una capa de arcilla-cal como acabado final.

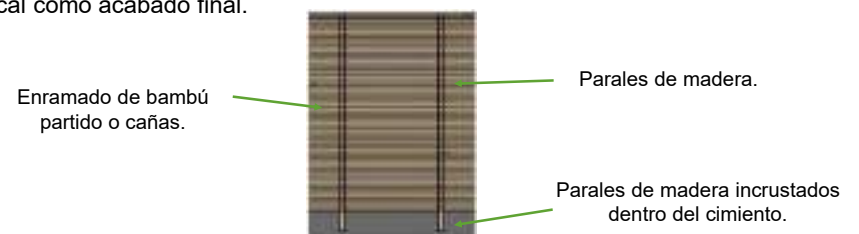


Fig. 13. Perfil de un muro de bajareque. (Fuente: Carlos E. Acual, 2021)

CONSTRUCCIÓN CON ADOBITOS EN EL COLEGIO KURMI WASI, LA PAZ, BOLIVIA

Juan Marcelo Murguía Fernandez, leomarpach19@gmail.com



Fig. 1. Enseñanza de la preparación de la tierra. Crédito: Murguía, M.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Como en el taller se trabaja con barro y madera, se inició con la elaboración de las adoberas a escala, para este propósito se solicitó a los y las estudiantes conseguir palitos de helado con los cuales se enseñó a elaborar sus propias adoberas.

Después el profesor hizo la entrega de tierra seleccionada, arena y paja a los estudiantes para realizar los adobitos, aprendieron a preparar los materiales desde el cernido de la tierra y arena, también el picado de la paja. Cuando ya se tuvo los materiales listos se inició con la elaboración de las pruebas con distintas dosificaciones entre estos materiales, así los y las estudiantes sentían y observaban las diferencias y dificultades que presentaban las distintas mezclas. Después de reconocer la mejor mezcla y probar su resistencia se eligió la mejor para iniciar la elaboración de adobitos en cantidad. Este proceso fue uno de los más extensos, cada estudiante lo realizó en el lugar más cómodo para fabricarlos, tomando en cuenta el proceso de secado requerido. Teniendo muchos adobitos se inició con la construcción de la casa.



Fig. 2. Elaboración de adobitos. Crédito: Murguía, M.



Fig. 4. Secado de adobitos, Crédito: Murguía, M.

Se construyó con adobes a sogá por la facilidad en el trabe de piezas, aprendieron la importancia de trabar los adobitos para la estabilidad del muro y fueron levantando los muros teniendo en cuenta el espacio de la puerta. En este proceso de construcción por el movimiento de las maquetas algunos se rajaron otros se rompieron, lo que motivo a reiniciar la construcción de la casa y hacerlo con mayor cuidado.

RESULTADOS

El colegio tiene como premisa la pedagogía Waldorf, donde se busca el desarrollo de los niños en ambientes libres y cooperativos, allí se fortalecen los trabajos manuales para el aprender haciendo. Esta experiencia de construcción con materiales a escala fue de mucho aprendizaje, para algunos estudiantes fue un tema nuevo ya que no sabían nada de la construcción con tierra y la elaboración de adobitos.

Muchos se motivaron para realizar otras nuevas casas con diferentes formas, casas de dos pisos, casas para jugar con muñecas y otros, a la mayoría les gustó esta práctica. Otros se motivaron para poner otro tipo de puertas, a realizar las fachadas del exterior e interior y están expectantes del siguiente trabajo con tierra.

Con la experiencia de la elaboración de adobitos se puso a prueba su paciencia, en un inicio a la mayoría les costo sacar unos adobitos prolijos, pero con la práctica y aprendiendo a ser pacientes los resultados mejoraron y eso motivo a seguir con la práctica.

Otra parte importante y motivante para el profesor fue que algunos volvieron a realizar sus casas porque querían que el producto sea el mejor posible, esto motiva a seguir enseñando. Se realizaron 14 casitas de adobe, algunos con trabajos en carpintería interesantes.

Los colegios de Bolivia, particularmente de la ciudad de La Paz y municipios aledaños deben orientar su plan de desarrollo curricular según la ley educativa 070, en el capítulo II, artículo 5, párrafo 12, indica como objetivo: *formar una consciencia productiva, comunitaria y ambiental*. En ese sentido el colegio Kurmi Wasi dentro de los planes de talleres productivos inició el Taller de barro y madera para el nivel secundario con estudiantes de 11 a 17 años.

Este taller se lleva a cabo desde el 2019 y está enfocado en la utilización de la madera reciclada y la tierra como elementos constructivos. En este tiempo se ha ido abordando distintos usos de la tierra, iniciando en la comprensión de la diversidad de partículas componentes de la tierra, aplicándolo a revestimientos y otros trabajos. Por la pandemia, este año el taller se enfocó en la construcción de una casita con adobitos a escala 1:10 que en inicio se trabajó desde casa, pero por la apertura a clases semipresenciales se continuó con la construcción en el colegio con las debidas condiciones de bioseguridad.

OBJETIVOS

La práctica realizada dentro del programa del taller está enfocada en hacer conocer el sistema constructivo de una casa de adobe a escala 1:10, ya que por la diversidad de familias que forman parte del colegio, los niños y niñas han tenido distintas experiencias y en algunos casos desconocen este tipo de construcciones y más aún utilizando la tierra como material de construcción.



Ubicación del Colegio Kurmi Wasi/Achocalla - La Paz



Fig. 3. Elaboración de pruebas con distintas dosificaciones, Crédito: Murguía, M.



Fig. 5. Adobitos a escala. Crédito: Murguía, M.



Fig. 6. Inicio de construcción mostrando las trabes



Fig. 7. Elaboración de dinteles. Crédito: Murguía, M.



Fig. 8. Casita con adobitos final con carpintería



URU IROHITO

Franklin Callisaya Cruz, fcallisaya16@umsa.bo; Daniel Julian Chino Flores, djchino@umsa.bo
Maria Alejandra Flores Surco, maflores52@umsa.bo; Rosario Graneros Nina, rgraneros@umsa.bo
Luis Hernán Arellano López, larellano@umsa.bo

La Comunidad de Uru Irohito se encuentra ubicada en el Municipio Jesús de Machaca en el departamento de La Paz. La comunidad se dedica a la agricultura, caza, pesca y tejidos de lana de oveja y de totora. La forma de la vivienda está basada en la idealización de la unión del chacha Warmi que es la unión entre el hombre y la mujer, la forma rectangular simboliza al hombre, como la parte fuerte y la forma circular simboliza a la mujer como su delicadeza.

ARQUITECTURA CONTEMPORANEA MATERIALES Y TÉCNICA CONSTRUCTIVAS

De la interacción que se tiene en el conjunto de viviendas de los Uru Irohitos se pretende rescatar los materiales del lugar y la esencia cultural, que deja de lado los saberes del "Chacha Warmi" representado por la forma circular como la parte femenina y la rectangular como la parte masculina.

De esta manera se procede a ver los materiales existente del lugar de estudio, como en las construcciones aledañas que se tiene, rescatando los conocimientos en construcción, dando alternativas de materiales a una nueva propuesta habitacional, como ser el uso de:

- **Cimientos**, la piedra de río.
- **Cubiertas**, paja brava y totora.
- **Muros**, tepe y adobe, en las áreas de dormitorios, servicios, almacén
- **Muro perimetral y también en corrales de animales**, el tepe.
- **Estructura de cubierta**, madera de eucalipto, totora tejida para el cielo falso y totora en amarros para las puertas.

La vivienda proyectada tiene 40.65 m de largo y 24.40 m de ancho, con altura central de 4.30 m y 1.22 m en los perimetrales, los muros son de adobe con 30 cm de base, levantados sobre cimientos de piedra, dispuesto directamente sobre el terreno natural, los elementos de refuerzo son, columnas construidas de adobe dispuestas en forma cruzada.



Fig. 5. Perspectiva de proyecto en conjunto

CONSTRUCCIÓN EN FORMA CIRCULAR EN ADOBE Y PAJA

La vivienda esta constituida por áreas circulares formadas en base a sobrecimientos de piedra manzana, adobe fabricado con paja fina, ligeramente humedecida con agua para darle una mejor adherencia. La estructura de la cubierta construida con cerchas de madera eucalipto, la que se puede encontrar en la región, y sobre la cubierta paja sujetas con amarros de totora.

CONSTRUCCIÓN EN ADOBE Y TEPE

El adobe utilizado será fabricado de forma artesanal realizado por los mismos comunarios con una medida de 0,15x0,20x0,30 cm. El tepe en las dimensiones de 0,15x0,30x0,40cm será extraída del suelo donde la tierra sea compacto con pastizal seco.

El uso de la totora tejida, tiene el objetivo de recuperar la identidad constructiva de la comunidad Uru Irohito, utilizándola en el cielo falso y en las puertas en formas de tejidos trenzados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- funproibandes.org/wp-content/uploads/2019/01/Los-Irohito-Urus-en-Bolivia_.pdf
- La protección del agua comunitaria- guía comunitaria para salud ambiental
- fotografías renders del proyecto autoría propia
- Foto Juan F. Hidalgo
- Detalles de corte propios



Fig. 1. Ubicación del área a intervenir
Coordenadas: norte-16.743883, - sur-68.958309



Fig. 2. Vivienda Uru Irohito actual

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA URU IROHITO



Fig. 3. Proceso de tepe para muros perimetrales y corrales



Fig. 4. Corte de borde dormitorio

IMPLEMENTACION DE DISEÑO ECOLÓGICO

Se implementará una "bomba de sogá" para la extracción de agua subterránea para el consumo del usuario. Se emplearán recolectores de agua pluvial, para el almacenamiento de las aguas por bajantes de la cubierta, para ser utilizadas en el riego del área agrícola.

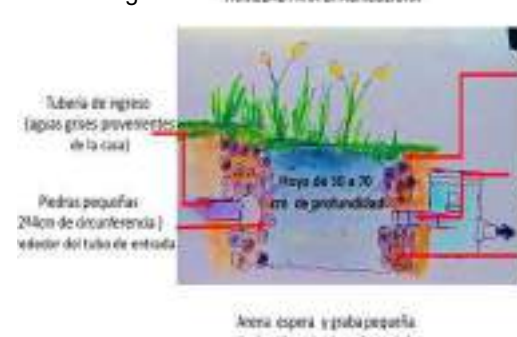


Fig. 5. Detalle de áreas húmedas para agricultura

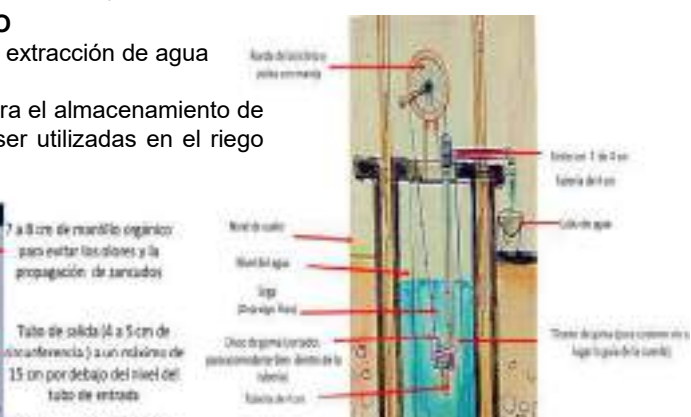


Fig. 6. "Bombas de sogá" de extracción de agua para el consumo



Fig. 7-9. Planta y cortes longitudinal de proyecto

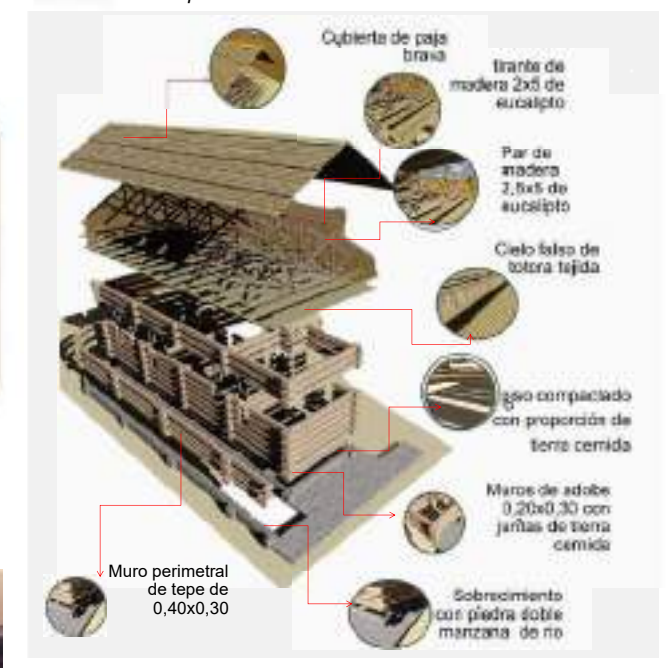


Fig. 10. Proceso constructivo y materiales que se plantean



NAI ETTE – VIVIENDA TACANA

Ruth Camila Mulluni Crespín, rcmulluni@umsa.bo; Neysa Oshin Nina Soria, nonina@umsa.bo
Iver Mauricio Pedraza Herrera, impedraza@umsa.bo; Daniel Sanz Cárdenas, dsanz@umsa.bo
Tania Arispe Pérez, trarispe1@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

El área de intervención, conocida como la comunidad El Tigre, se ubica específicamente en el departamento de La Paz, Bolivia, justo a orillas del Río Madre de Dios, dentro de la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Tacanas II. La principal característica del sistema constructivo que los tacanas emplean en sus viviendas son cubiertas a dos aguas con pendiente del 100%, la cual responde a las abundantes precipitaciones de la región. Debido a esta característica se denominó al proyecto Nai Ette que significa “Casa de la lluvia” en lengua Tacana.



Fig. 1. Ubicación

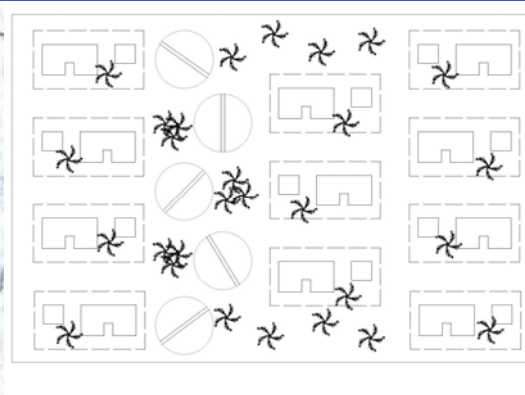


Fig. 2. Propuesta asentamiento urbano

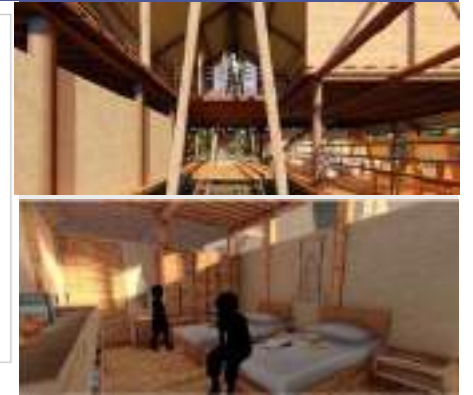


Fig. 3-4. Vistas interiores



Fig. 5. Contexto
Fuente: Zazanda Salcedo



Fig. 6. Vivienda Tacana
Fuente: Libro Pueblo Indígena Tacana



Fig. 7. Generación formal



Fig. 8. Detalle tejido en fachada

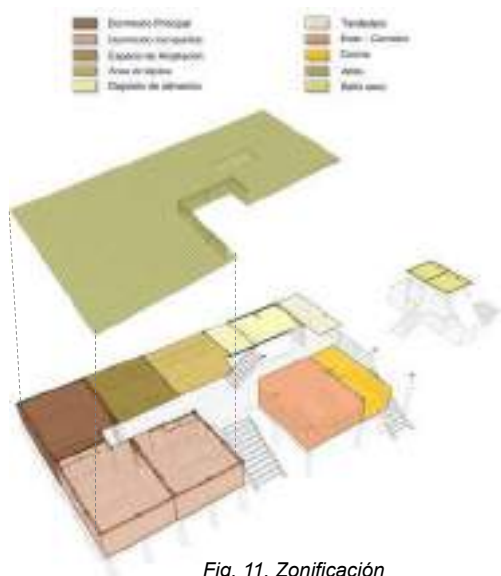


Fig. 11. Zonificación

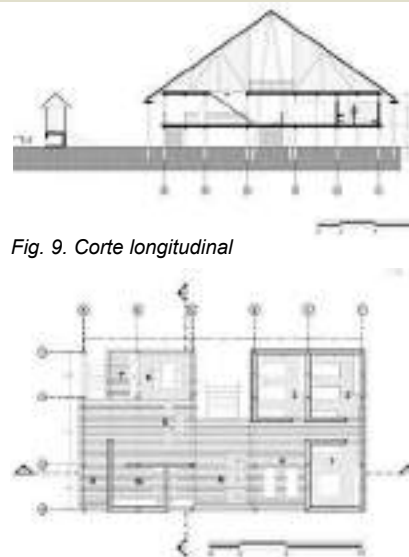
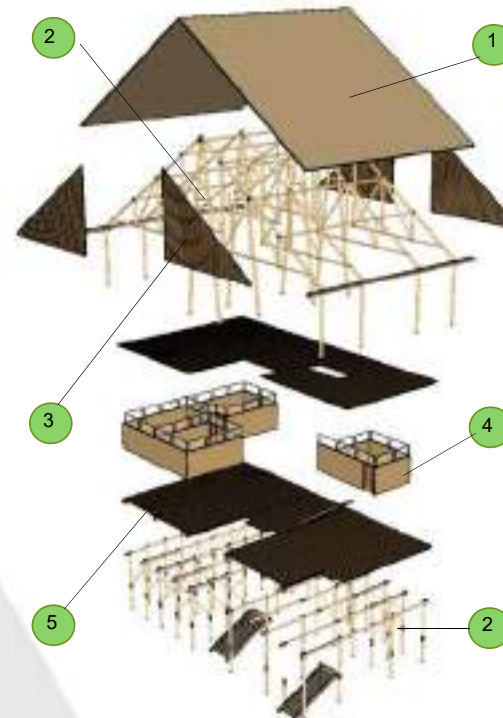


Fig. 9. Corte longitudinal

Fig. 12. Planta



1. Cubierta de hojas de majo
2. Estructura de madera (cubierta cerchas a 35 grados)
3. Revestimiento de madera
4. Muro de bahareque
5. Plataforma troncos unión en seco

Fig. 13. Elementos de la vivienda



Fig. 10. Vista posterior

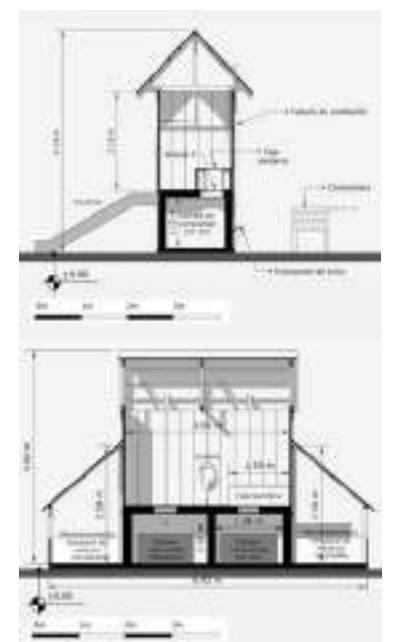


Fig. 14. Cortes baño seco



RESULTADO

Nai Ette tiene proximidad al río Madre de Dios, lo que genera un alto y constante riesgo de inundaciones donde además de los aspectos naturales propios del sitio. Se recupera el sistema constructivo existente incrementando el nivel de plataforma e implementando un entepiso que podrá ser utilizado en caso de inundaciones.

Fig. 15. Vista propuesta asentamiento urbano



Fig. 16. Detalle ecológico, criadero de peces

Nai Ette es una intervención integral y sostenible, por lo que plantea un asentamiento urbano (figura 15) que tiene como objetivo garantizar el uso de los recursos naturales como principal fuente de actividad cotidiana. Se emplea un criadero de peces para el consumo de los comunarios, generando un microclima en el sitio. (figura 16).

SISTEMAS DE ADOBES REFORZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TEATRO (JUJUY, ARGENTINA)

Eduardo Tapia, construirtapias@gmail.com
Joaquin Trillo, joacotrillo@gmail.com

EL CONTEXTO

Desde la declaratoria de la Quebrada de Humahuaca como Patrimonio de la Humanidad, el incremento de la actividad turística seguida por el aumento del costo de vida trajo como consecuencia el surgimiento de actividades económicas que se resignifican en continua tensión con las prácticas campesinas regionales. En la localidad de Tilcara, esta transformación condujo al desplazamiento de diversas técnicas locales de construcción por la incorporación de otras formas de edificación y valorización. En este contexto el proyecto propone trabajar sobre los saberes, las características espaciales (en torno a patios) y materiales (adobes, piedra, morteros y revoques en tierra) que caracterizan a la arquitectura local. Estableciendo una continuidad con las prácticas constructivas de la región desde una perspectiva actual, la elección de materiales y técnicas vernáculas permitirá dotar a la experiencia de gestión y construcción del conjunto de un sentido apropiado a las economías del lugar.



Fig. 1. Imágenes de la construcción del teatro (Fuente: fotos de los autores)

LA TÉCNICA

El edificio se construye con adobes reforzados con entramados de cañas verticales y horizontales vinculadas a vigas collares de madera, sistema basado en la normativa peruana E.080. En las salas de grandes luces, se incorporan estructuras independientes de madera con el objetivo de permitir que techos y muros de adobe trabajen en forma separada; sin perder la vinculación entre ambos.

La totalidad del conjunto se diseña en base a los criterios de esbeltez y apertura de vanos recomendados por la normativa, dando lugar a un conjunto articulado por patios que favorecen la iluminación natural y las ventilaciones cruzadas. El uso de revoques en tierra estabilizados mediante materiales naturales (arcilla, arena, cenizas, macerado de cactáceas, engrudo) y cal, permitirá al edificio el intercambio de humedad con el exterior logrando un conjunto térmicamente confortable.

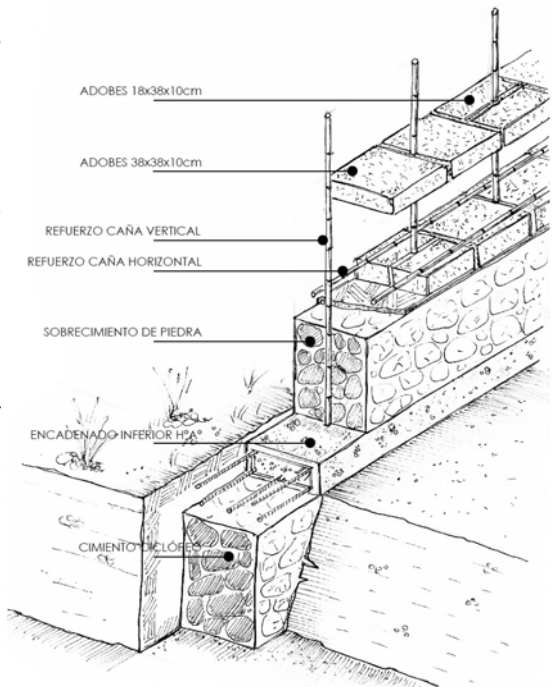


Fig. 2. Sistema constructivo de adobes reforzados con entramados de caña y vigas collares de madera sobre cimientos de piedra (Fuente: croquis de los autores)

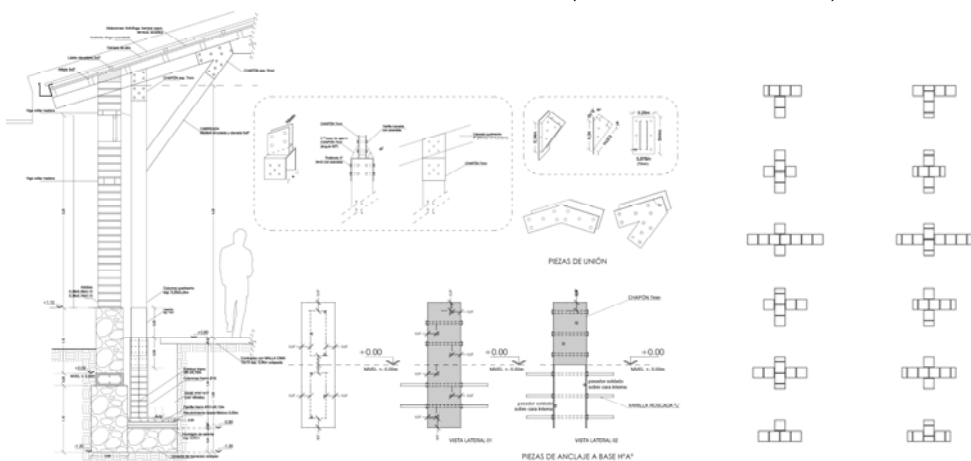


Fig. 3. Detalles constructivos y combinaciones entre adobes (Fuente: dibujos de los autores)



Fig. 4. Planta del Teatro Red Mote (Fuente: dibujo de los autores)



Fig. 5-7. Imágenes del conjunto terminado (Fuente: fotos de los autores)

EQUIPO DE TRABAJO: Promotor: Instituto Nacional de Teatro (INT), Municipalidad de Tilcara / Comitente: Red de Grupos de Teatro Independiente de la Quebrada de Humahuaca (Tilcara, Jujuy) / Gestión: Andrea Nuño, Juan Villegas, Ezequiel Basualdo, Luis Sanches / Proyecto y dirección: Eduardo Tapia (construir Tapias) y Joaquín Trillo (XhARA) / Cálculo estructural: Jorge Scarponi / Estudio de suelos: Miguel A. Agostini / Agrimensura: Aldo Rodolfo Gutiérrez / Construcción: Edmundo Méndez / Albañiles: Celestino Cruz, Alberto Cruz, Gustavo German Salas, López Elías Moisés, López Joel Benjamín, López Tito Gabriel / Bases y columnas de madera: José Luis Méndez / Techista: Miguel Guerrero (colaboradores: Hernán Héctor Navarro) / Pisos de madera: Jorge Romero / Carpintería: Leo Espinosa y Roberto José López. Otros participantes: Eduardo Cepeda y Sergio Erhart / Herrería: Leo Espinosa y Roberto José López / Electricidad: Rosendo Gabriel Gutiérrez, Elvio Cabrera / Asesor en revoques naturales: Cucu Blanche.

TALLER TAPIA PISADA DECORATIVA A ESCALA EN PANDEMIA

Pacha Yapucha Yampara Blanco, pyyampara@umsa.bo



Fig. 1. Caja CAHNEY terra taller enviado a participantes. Crédito: Yampara, P.



Fig. 2. Prototipo elaborado como material pre-taller. Crédito: Yampara, P.



Fig. 3. Espacio de trabajo de los participantes. Crédito: Rivera, C.

El Volver a la Tierra VIII el 2020 tuvo como sede Tunja- Colombia en colaboración con Oaxaca- México, desde estos dos países se realizó la organización de siete talleres, teniendo ocho países participantes. El taller de tapia pisada decorativa fue uno de ellos, el cual estuvo a cargo de la Arq. Pacha Yampara Blanco, tallerista y responsable de Bolivia.

INTRODUCCIÓN

Los talleres son parte importante del Volver a la Tierra por ser la parte práctica, sin embargo por la coyuntura en salud y la vida en confinamiento el desarrollo de los talleres presenciales no fue posible. Fue un gran desafío para el equipo organizador el continuar con los talleres, pero después de varias reuniones de coordinación se decidió adaptarlos a la modalidad virtual. Cada tallerista diseñó la ficha con los materiales, herramientas necesarios para fabricar la caja didáctica de cada taller y poder ser enviada a los y las participantes de distintos territorios. Gracias a esta logística se concretó la 'caja CAHNEY terra taller', fue una herramienta útil para continuar la transmisión de saberes trabajado a escala 1:10.

OBJETIVOS

Compartir una alternativa en la transmisión de saberes trabajada a escala en pandemia bajo la modalidad virtual, taller que se desarrolló en dos partes, teórica y práctica, esta última como parte fundamental para sensibilizarnos con la tierra.

RESULTADOS

El taller se desarrolló en dos sesiones, en la primera sesión se realizó una exposición teórica sobre conceptos importantes respecto a la técnica, después se realizó un acompañamiento a las y los participantes de manera sincrónica gracias a la habilitación de cámaras y la caja didáctica del taller que se entregó previamente. Como parte de la transmisión de saberes la explicación fue desde el conocimiento de las partes y el armado de la tapialera o encofrado de la tapia. El segundo paso fue conocer el tipo de tierra útil para la técnica, una tierra arenosa que ya venía preparada en la caja didáctica, en el acompañamiento sincrónico se preparó el estado húmedo óptimo de la tierra realizando la prueba de la bola. En este tiempo compartido se logró responder a las dificultades y consultas que iban surgiendo a medida que los y las participantes manipulaban los materiales y herramientas.

Este taller se enfocó en explicar las alternativas decorativas que se pueden generar en la técnica de tapia, con la variedad de tierras de colores naturales o la utilización de pigmentos artificiales. Cada participante realizó su diseño personal aplicado en la tapia según los colores de tierra que tenían.



Fig. 4. Espacio de trabajo de la tallerista y conexión mediante distintas cámaras para mostrar y explicar los procedimientos de la técnica. Crédito: Murguía, M.



Fig. 5. Sincronización con los y las participantes



Fig. 6. Países participantes. Crédito: Hugón, N.



Fig. 7-12. Algunos resultados de los y las participantes. Créditos: Gonzales, N. Choque, J. Sevilla, T. López, C. Rivera, C. Tommei, B.

CONCLUSIONES

La transmisión de saberes a escala bajo la modalidad virtual fue una alternativa educativa a raíz del confinamiento que vivimos a nivel mundial. La realización del Volver a la Tierra VIII y participación de ocho países fue posible gracias a la voluntad y compromiso del equipo convocado desde Ibomex y la Escuela Taller de Boyacá. En la organización se tuvo varias mejoras y para ello se realizaron prototipos previos al taller, los cuales ayudaron a ajustar los materiales y herramientas necesarios para la elaboración de cada caja didáctica. Como previamente se entregó la caja didáctica a cada participante, cada uno logró hacer el seguimiento con su prototipo a escala de manera sincrónica, y después del horario del taller algunos lograron hacer complementos necesarios, aspecto que en los talleres presenciales es difícil por los tiempos establecidos, estas actividades complementarias son parte de las ventajas del trabajo a escala como alternativa educativa.

Como el taller se realizó a escala, en la caja didáctica se envió una replica casi exacta de la tapialera para una aplicación óptima, un aspecto importante y dificultoso fue cuidar la aplicación de la fuerza al momento de compactar, otra dificultad fue la manipulación a escala de los distintos elementos como las palas, o verter la tierra de colores según el diseño elaborado, lo que requería mayor precisión y paciencia en los y las participantes.

Esta experiencia nos enseñó que se pueden generar alternativas educativas que hacen posible la convivencia y enseñanza de tecnologías ancestrales con tecnologías de comunicación virtuales.

TALLER DE RESTAURACIÓN DE MUROS DE ADOBE A ESCALA EN PANDEMIA

Ma. Bernadette Esquivel Morales, bernadette.esquivel@gmail.com



Fig. 1-3. Proceso de diseño de la maqueta y complementos. Fuente: propia.



Fig. 4-5. Proceso de empaque y armado de la maqueta. Fuente: propia.

La Escuela Taller de Boyacá, en Tunja Colombia, fue sede del Volver a La Tierra VIII, evento anual desarrollado por Ibomex de Oaxaca, México, organizaron la participación de talleristas de 7 países, para diseñar talleres virtuales que facilitaran la práctica en casa.

INTRODUCCIÓN

Los talleres virtuales finalmente llegaron a 8 países, fueron posible gracias al trabajo desinteresado de los organizadores y talleristas quienes, luego de un proceso de compartir ideas, diseñaron las fichas para que todos los talleristas pudieran fabricar las cajas didácticas de todos los talleres en su país de origen y desde ahí distribuirlas a los participantes.

OBJETIVOS

- Comprender las características del sistema constructivo y su funciones.
- Reconocer las causas principales de los daños
- Intervenir muros de adobe en una maqueta a escala 1:10,
- Aplicar soluciones prácticas de restauración.

METODOLOGÍA

Los participantes recibieron la Caja CAHNEY Terra Taller con la maqueta, los materiales y herramientas. Se realizaron dos sesiones de 3 horas cada una, iniciando con una presentación teórica sobre principios y técnicas de restauración, para pasar a la práctica donde se identificaron las causas, evaluaron los daños y se aplicaron variadas intervenciones.



Fig. 10. Toma de pantalla durante el taller. Fuente: propia.

RESULTADOS

- Trabajo a distancia en tiempo real,
- Revisión de procesos de restauración,
- Reconocer la calidad de materiales,
- Necesidad del apuntalamiento inicial para evitar daños mayores,
- Realizar prácticas de cosido y reforzamiento de esquinas,
- Sustitución de adobes, calzaduras, llenados y resanes de revocos,
- Comprender la visión integral de las construcciones de adobe y la importancia de cada componente: los adobes y el aparejo de los muros, la cimentación, los dinteles de puertas y ventanas, las soleras y amarres superiores de cubierta.



Fig. 6. Espacio de trabajo de la tallerista y conexión mediante distintas cámaras para mostrar y explicar los procedimientos de la técnica. Fuente: propia.



Fig. 7-9. Daños y procesos de intervención. Fuente: propia.



Fig. 11. Sincronización con los y las participantes. Fuente: propia.



Fig. 12. Países participantes. Fuente: Natacha Hugón.



Fig. 13-20. Proceso de trabajo y resultado de los talleres. Fuente: Fotografías enviadas por varios participantes.

CONCLUSIONES

- Los talleres de restauración presenciales son irremplazables, sin embargo, las circunstancias de salud mundial aceleraron la adaptación a la virtualidad convirtiendo el Volver a la Tierra VIII en una experiencia exitosa al proveer la Caja CAHNEY Taller Tierra a cada participante.
- El transporte de las maquetas provocó en algunos casos daños mayores a los previstos, lo que al final se transformó en un mayor aprendizaje y discusión en cuanto a las características de este tipo de construcciones, de cómo evitar daños mayores y las posibilidades de reutilización del material para su restauración.
- El Taller de Restauración de muros de adobe fue posible gracias a la colaboración de los siete talleristas, compartiendo sus conocimientos y trabajando en equipo, así como por el entusiasmo de los participantes que se esforzaron por compartir conocimientos pese a las condiciones adversas.

SEMINARIO TALLER DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA ADOBE Y BAJAREQUE EN LA FAADU

Cristhian Daniel Álvarez Guzmán, cris261897@gmail.com
Carola Gabriela Espinal Churata, gabrielaesp5154@gmail.com
Pacha Yapucha Yampara Blanco, pyyampara@umsa.bo

En la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo se organizó el Seminario Taller enfocado en dos técnicas constructivas. Este evento contó con la participación de profesionales expertos de Bolivia, Uruguay, El Salvador y Chile, quienes compartieron sus conocimientos con estudiantes de la carrera de Arquitectura.

INTRODUCCIÓN

Por la pandemia que se vive a nivel mundial los cursos presenciales no fueron posibles, pero como alternativa educativa en la transmisión de saberes se organizó el evento adaptado a la modalidad virtual, experiencia que resultó novedosa y diferente. Se desarrollaron cuatro talleres sincrónicos: Caracterización de suelos, bajareque, adobe y criterios de Diseño, donde los y las participantes mediante la observación siguieron y replicaron las actividades explicadas y desarrolladas por los y las talleristas. Para esto fue importante la comunicación mediante la habilitación de cámaras, así se logró una interacción directa entre participantes y talleristas, donde se respondieron dudas. Se logró un contacto directo con la tierra, los y las participantes pudieron sentir el material desde la recolección hasta la construcción de las maquetas.

OBJETIVOS

El objetivo del evento fue conocer el material tierra y sus componentes, así como los sistemas constructivos en tierra, características y propiedades, de esta manera sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de la construcción con tierra como material natural y su relación con técnicas tradicionales, así también realizar la propuesta de un diseño prototipo a escala trabajado con una de las técnicas de tierra.



Fig. 1. Explicación y seguimiento en el taller sincrónico gracias a la habilitación de cámaras



Fig. 2. Pruebas tipos de tierras. Crédito: Chipana.J, Castro C.

Fig. 3. Elaboración de bajareque. Crédito: Chen, L. y Arce, C.

Fig. 4. Elaboración de adobitos. Crédito: Castro, C.

PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

La primera sesión estuvo a cargo de Pacha Yampara, quien realizó una explicación del panorama de la arquitectura con tierra y explicó el taller de caracterización de suelos, donde los y las participantes experimentaron y reconocieron las características de las tierras que recolectaron. Se explicaron distintas pruebas de campo como: test táctil visual, caída de la bola, sedimentación, resistencia seca y del rollo. Así interpretaron los resultados de cada prueba que se registró en una ficha del taller.

La segunda sesión estuvo enfocada en los talleres de bajareque y adobe, el primer momento estuvo a cargo de Alejandro Ferreiro, quien desarrollo el taller de bajareque con explicación teórica y taller práctico, mostrando alternativas para los entramados después de montar la estructura, explicando las diferencias de las capas: el relleno de la tierra, arena y paja, el revoque grueso y el fino. El segundo momento estuvo a cargo de Magda Castellanos, dando a conocer los beneficios de la técnica del adobe, explicando en la parte teórica que es factible la construcción con este material en espacios sísmicos y realizando el taller práctico.

La tercera sesión la dirigió Pilar Silva con el taller Criterios de diseño, se explicó los datos relevantes a considerar en el diseño de construcción con tierra, así sea una base para el diseño del proyecto y realicen las maquetas.



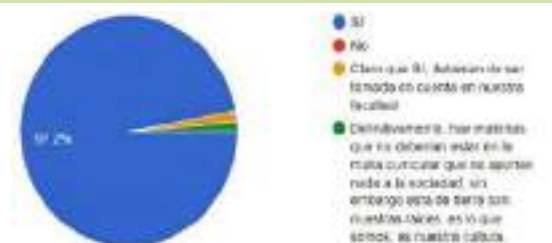
Fig. 5-8. Proceso de diseño de maquetas aplicando la técnica constructiva del bajareque a escala 1:20. Crédito: Vargas,G. Villaverde, D. y Arce C.



Fig. 9-12. Proceso de diseño de maquetas aplicando la técnica constructiva del adobe a escala 1:20 Crédito: Limachi, M. Castro, C. y Serna, C.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Este evento supero las expectativas de los y las participantes, quienes pensaban que solo iba a ser teórico. Gracias a la recolección de tierras y preparación de materiales solicitados previamente lograron trabajar con el material, aprendiendo sobre la importancia de la tierra en la construcción, para muchos fue su primera experiencia y quedaron fascinados al conocer las propiedades térmicas, acústicas y más aún saber que es un material biodegradable que no contamina. Cada uno de los participantes, realizó la maqueta desde su hogar donde los familiares no solo observaron el producto final, sino colaboraron en el desarrollo, llegando a reflejar una perspectiva distinta sobre la construcción con tierra, que invita a participar. Las maquetas realizadas muestran el gran trabajo desarrollado por los y las participantes, producto que será publicado en un libro del evento. Al finalizar el evento y realizar una consulta sobre la apertura de una asignatura en la carrera relacionada a la construcción con tierra, unánimemente la respuesta fue positiva, lo que motiva a seguir desarrollando este tipo de actividades.



IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A FACTORES DE RIESGO DE DESASTRES EN PAXTOCÁ, TONONCAPÁN, GUATEMALA

Edgar Virgilio Ayala Zapata, virgilioayala@yahoo.com
Saulo Moisés Méndez Garza, mendezgarza@yahoo.com
Horlando Noé García Ramírez, asoseprodinoe18@gmail.com

IDENTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD: Paxtocá, es una comunidad del departamento de Totonicapán, ubicado a 187.5 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (figura 1). Tiene una población aproximada de 8,000 habitantes, su mayoría (95%) son maya hablantes Kichés. Las familias de la comunidad tienen actividades económicas en la agricultura, siembra de maíz, hortalizas, arboles frutales, además comercializan telares y producción de calzado.



Fig. 1. Comunidad de Paxtocá, Totonicapán. Fuente: Google earth.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación en viviendas de adobe, se ha realizado a través de indicadores basados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible No. 1, 2, 3, 11 y 13.

Para los habitantes de las viviendas de adobe, la seguridad y su entorno son importantes, debido a la amenaza sísmica, especialmente en una comunidad situada en el altiplano del departamento de Totonicapán, Guatemala.

En algunas familias de la comunidad se observa una transición de viviendas construidas con adobe a las de block de arena pómez y concreto, debido al envío de remesas provenientes de sus familiares, trabajadores inmigrantes en los Estados Unidos. (figura 2). Sin embargo, la ubicación de las viviendas se mantiene en el mismo terreno.

Entre los eventos ocurridos recientemente en la comunidad, se pueden mencionar las inundaciones en 2019 y la caída de granizo en 2016.



Fig. 2. Viviendas de adobe y block de concreto en la comunidad de Paxtocá, Totonicapán, Guatemala. Fuente: Méndez, 2020.

2. OBJETIVO

Identificar la vulnerabilidad de las viviendas a factores de riesgo en la comunidad rural de Paxtocá, Totonicapán, Guatemala.

3. METODOLOGÍA

La información se logra obtener mediante un instrumento, el cual contiene 7 categorías, 22 subcategorías y 149 indicadores, las categorías son: vivienda, servicios básicos, reducción del riesgo de desastres, mitigación del riesgo de desastres, contaminación, sostenibilidad y cambio climático. Con el apoyo y el acompañamiento de dos delegados de la alcaldía comunal, se conversa con los habitantes de las viviendas. Además de la información recopilada en el instrumento diseñado, se obtuvo información con material fotográfico y videos.

4. RESULTADOS

Entre los indicadores sobre riesgo de desastres, el 100% de viviendas visitadas son construidas con adobe. El 100% dicen que si hay tendencia de deslizamiento de tierra. El 100% expresan riesgo de escorrentía y afección a las viviendas. El 83% de las viviendas tienen más de 25 años de haber sido construidas (figura 3). El 60 % expresa que hay existencia de fallas presentadas en la estructura de la vivienda (figuras 4 y 5). El 89% de las viviendas poseen techo de teja, en el 57 % tienen deterioro moderado (figura 6), El 49% consideran que tienen regular o mala calidad constructiva del techo y el 89% tienen un mantenimiento casual o nulo del techo. El 100% expresan que la seguridad es regular. El 100% opina que no existe mitigación del cambio climático.



Fig. 3. Años de haber sido construida la vivienda. Fuente: Méndez, 2020



Fig. 4. Vivienda de adobe con grieta en una de sus paredes. Fuente: Méndez, 2020

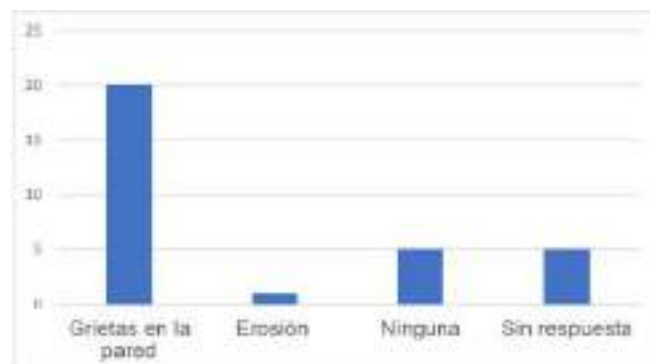


Fig. 5. Tipo de falla existente en la vivienda. Fuente: Méndez, 2020



Fig. 6. Deterioro actual del techo, Fuente: Méndez, 2020

5. CONCLUSIONES

Los factores sobre el riesgo de desastres identificados, que afectan la sostenibilidad habitacional son, principalmente, el deslizamiento de tierra, la escorrentía y afección a las viviendas, los procesos no planificados de urbanización, las laderas comunales deforestadas (figura 7). Otros relacionados con la vivienda son la existencia de fallas en la estructura de la vivienda, el debilitamiento de la estructura original, además del deterioro, la deficiente calidad constructiva y el limitado mantenimiento de los techos de teja. La vulnerabilidad en las viviendas es debido, entre otras, al grado de exposición de las viviendas en ubicaciones peligrosas y a la fragilidad en las viviendas construidas sin respetar códigos sísmicos.



Fig. 7. Laderas de la comunidad con signos de depredación de bosques como resultado del avance de la frontera agrícola. Fuente: Méndez, 2020

Vídeos



Trabajos de formación, investigación y extensión universitaria, en los cuales la materia tierra tenga una participación expresiva sea por el uso de una o más técnicas de construcción, actividades formativas de sensibilización, registros, etc.





Daniel Ignacio Quisbert Martinez, Bryan Dither Cruz Quispe,
Rachel Susan Quispe Cuqueño, Janett Alejandra Montesinos
Aparicio

Sinopsis

La vivienda propuesta se emplaza dentro del área protegida Serranía del Iñao, tiene como desafío albergar a una familia de ascendencia guaraní, este pueblo indígena desarrolla un modo de vida acorde al lugar y su arquitectura responde a las necesidades de los habitantes, que en su mayoría desarrollan actividades en espacios abiertos; asimismo, debido a las altas temperaturas estas viviendas no cuentan con cerramientos, por lo que la cubierta es una parte fundamental de la propuesta.

Los materiales en su mayoría son de obtención natural por su gran abundancia en el sector como ser la tacuara o bambú y la tierra, que se aplicará en las mamparas divisorias de los ambientes interiores, en forma de muros de quincha reforzada, se implementan sistemas constructivos tradicionales combinando con técnicas actuales.

Enlace URL

https://youtu.be/L_wpJabzxPA





FICHA TÉCNICA

LUGAR: Bolivia, departamento de Chuquisaca.

Género: Formación

Institución académica: **Universidad Mayor de San Andres - UMSA**

Fecha de realización: **Abril de 2021**

Dirección: **Montesinos Aparicio Janett A.**

Guion: **Quisbert Martinez Daniel Ignacio, Cruz Quispe Bryan Dither, Quispe Cuqueño Rachel Susan**

Animación: **Montesinos Aparicio Janett A.**

Música: **Headfix**

Imágenes: **Quisbert Martinez Daniel Ignacio, Cruz Quispe Bryan Dither, Quispe Cuqueño Rachel Susan**

Maqueta 3d: **Cruz Quispe Bryan Dither, Quispe Cuqueño Rachel Susan, Montesinos Aparicio Janett A.**

Daniel Ignacio Quisbert Martínez

Estudiante de arquitectura y urbanismo, gestor cultural y moderador social, experiencia en diseño y construcción, desarrollador de sistemas recuperación ecológica, capacitado en conservación y restauración de patrimonio edificado, promotor de recuperación de áreas verdes y huertos urbanos.

diquisbert1@umsa.bo

Bryan Dither Cruz Quispe

Afrontar los problemas de la vida diaria y conocer nuevos caminos de solución es un pasatiempo. Estudiante de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia.

brapro54321@gmail.com

Rachel Susan Quispe Cuqueño

Estudiante de cuarto año de la carrera de Arquitectura de la Universidad Mayor de San Andrés, me considero una persona entusiasta, me gusta afrontar nuevos retos, innovar y crear nuevas cosas.

rsquispe12@umsa.bo

Janett Alejandra Montesinos Aparicio

Estudiante de arquitectura, introduciéndose en el área de gestión y conservación patrimonial cultural y natural.

janemonte02@gmail.com



Aspi Choque Paola Belen, Ali Mullisaca Abigail Estefania,
Huarayo Luna Gabriela Yheralin, Vargas Sanchez Giovanni

Sinopsis

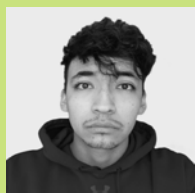
La vivienda VIM ubicada en uno de los valles interandinos del departamento de La Paz, se ubica a 2.5 km al nor-este del sitio arqueológico de Iskanwaya, en el Municipio de Aucapata. Es una edificación que busca satisfacer las necesidades del usuario en base a la integración de un lugar de trabajo para la agricultura y alfarería.

La vivienda busca recuperar las técnicas constructivas de la región que perviven en los sitios arqueológicos de la cultural Mollo, asimismo, en la propuesta se incorporan elementos constructivos tomando en cuenta el material existente en el lugar.

Enlace URL

<https://youtu.be/JtAlkI9fpU>





FICHA TÉCNICA

LUGAR: Bolivia, municipio de Aucapata, provincia Muñecas.

Género: Formación



Institución académica: Universidad Mayor de San Andres - UMSA

Fecha de realización: Abril de 2021

Dirección: Paola Belen Aspi Choque / Giovanni Vargas Sanchez / Estefania Abigail Ali Mullisaca / Gabriela Yheralin Huarayo Luna

Paola Belen Aspi Choque

Estudiante de la Carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia.

pbaspi@umsa.bo

Giovanni Vargas Sanchez

Estudiante de la Carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia.

gvargas30@umsa.bo

Estefania Abigail Ali Mullisaca

Estudiante de la Carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia.

eaali1@umsa.bo

Gabriela Yheralin Huarayo Luna

Estudiante de la Carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia.

gyhuarayo@umsa.bo



NAI ETTE

Vivienda Vernácula tipo para la TCO Tacana II

Ruth Camila Mulluni Crespín, Neysa Oshin Nina Soria,
Iver Mauricio Pedraza Herrera, Daniel Sanz Cárdenas

Sinopsis

Los pueblos indígenas de Bolivia poseen una gran cantidad de valores patrimoniales muy representativos, por lo que es de gran importancia velar por su conservación y protección, dentro de la comunidad de El Tigre ubicada en el departamento de La Paz se encuentran los Tacana.

La propuesta se enfoca en el uso de una técnica constructiva tradicional del sector denominada bahareque, debido a que sus componentes principales son la tierra, el bambú y el agua, recursos que abundan en el sitio de intervención. También se plantea una propuesta urbana que se enfoca en garantizar el uso de los recursos naturales como principal fuente de actividad económica.

Enlace URL

<https://youtu.be/2BQHDbbR3jo>



**Daniel Sanz Cardenas**

Estudiante de cuarto año de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia.

dsanz@umsa.bo

Iver Mauricio Pedraza Herrera

Estudiante de cuarto año de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia.

impedraza@umsa.bo

Ruth Camila Mulluni Crespín

Estudiante de cuarto año de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia.

rcmulluni@umsa.bo

Neysa Oshin Nina Soria

Estudiante de cuarto año de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, Bolivia.

nonina@umsa.bo

FICHA TÉCNICA

LUGAR: Bolivia, departamento de La Paz, comunidad El Tigre.

Género: Formación

Institución académica: Universidad Mayor de San Andrés - UMSA

Fecha de realización: Abril de 2021

Dirección: Daniel Sanz Cardenas

Guion: Daniel Sanz Cardenas

Música: Sometimes it rains- Amazonas (ID1277) by Lobo Loco

Imágenes: Consulta previa Gonzalo Colque y Mario Paniagua, Periódico Pagina 7

Colaboradores: Mulluni Crespín Ruth Camila, Nina Soria Neysa Oshin, Pedraza Herrera Iver Mauricio

ANEXO

Talleres – Afiches

Se realizan 14 talleres que son parte de la difusión y formación de las diferentes técnicas de construcción con tierra.

- ✓ Pruebas de campo
- ✓ Test Carazas
- ✓ Adobe
- ✓ Tapia
- ✓ Cob
- ✓ Embarrado
- ✓ Muralismo
- ✓ BTC
- ✓ Revestimientos de tierra
- ✓ Bóvedas
- ✓ Restauración: visita y diagnóstico
- ✓ Mampuesto asentado en tierra
- ✓ Frescos a la cal
- ✓ Taller para Infancia



PRUEBAS DE CAMPO

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Las pruebas de campo o terreno son ensayos que se realizan en “obra”, sin mediar una prueba de laboratorio, que permiten identificar las características básicas del suelo disponible para su utilización en la construcción. Estas pruebas se efectúan sin equipos y permiten tener una idea básica para determinar la composición de la granulometría, cuyos componentes determinan la idoneidad del suelo, considerando el sistema constructivo a utilizar y su relación hídrica.

OBJETIVO

El objetivo del taller es hacer una clasificación inicial de la tierra a través de diferentes pruebas que permiten evaluar indirectamente la composición granulométrica, la capacidad de trabajo y la retracción del suelo, verificar la textura y el comportamiento de la tierra en diversas situaciones e identificar las técnicas constructivas más adecuadas para ese tipo de suelo.

CONTENIDO

Se efectúa la identificación de al menos 3 tipos de suelos. Se realiza el test del vidrio, del cordón, de la cinta, de exudación, de la resistencia seca, de la caja, entre otros, principalmente a través del tacto y observación visual.





TEST CARAZAS

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El Test Carazas es una herramienta pedagógica que permite lograr mejor comprensión de la importancia de la naturaleza trifásica de la materia tierra, como interactúan sus constituyentes, y así lograr mejor manejo y utilización de la materia primera en una posterior extrapolación de estos resultados para convertirse en material de construcción.

OBJETIVO

El objetivo del taller es observar la diversidad de materiales que se pueden obtener cambiando el estado hídrico de la tierra (seca, húmeda, plástica, viscosa o líquida) y la acción mecánica aplicada sobre ella (rellenar, presionar o compactar), considerando que la tierra es un material compuesto de materia en tres estados: líquido (agua), sólido (partículas de arcilla y agregados) y gaseoso (aire y vapor). En el taller se comprende que las proporciones relativas de estos tres estados determinan las propiedades intrínsecas del material.

CONTENIDO

El ejercicio se denomina “Test Carazas - ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra”. Este ejercicio práctico se realiza en una matriz donde los tres componentes de la materia son explorados a través de una serie de manipulaciones, utilizando las variables propias de cada uno de estos tres elementos. Esta matriz resulta de la interpretación de las tres fases de la materia tierra, cada uno de estos elementos toma posición en cada uno de los tres lados de esta gran matriz rectangular que contiene 15 células cuadradas que son ocupadas por los “testigos” elaborados por los participantes.





TALLER DE ADOBE

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Sistema constructivo milenario que consiste en el uso de bloques moldeados, los cuales son fabricados con tierra, agua, paja, y secados al sol. Utilizada en la construcción como muros portantes de albañilería.

OBJETIVO

El objetivo del taller es impartir los principios básicos de la producción de adobes y de la construcción de albañilerías de acuerdo con los principales criterios estructurales y de diseño.

CONTENIDO

Se muestran los diferentes tipos de albañilería y disposición de los adobes para entender sus principales debilidades y fortalezas, como también los diferentes elementos que participan en una estructura de este tipo. Se muestran las opciones de albañilerías posibles debido a las diversas dimensiones de los adobes, las cuales varían de país en país. Se aborda la disposiciones para generar las trabas necesarias y entender sus principales debilidades y fortalezas, como también los diferentes elementos que se complementan en una estructura de este tipo.





TALLER DE TAPIA

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La tapia es la técnica de construir muros monolíticos a través de la compactación de capas de tierra húmeda en encofrados que tradicionalmente eran contruidos en madera. Los encofrados van desplazándose, para construir el muro.

OBJETIVO

El objetivo del taller es brindar los conocimientos históricos y técnicos sobre la técnica de la tapia, además de la presentación de conceptos para el diseño de una estructura de este tipo. En el taller se prepara la tierra de acuerdo con las condiciones determinadas para la técnica y se construye un muro con la utilización de moldes, pisones y otros elementos.

CONTENIDO

Para que los participantes entiendan las nociones básicas de todos los procesos de la construcción de muros de tapia, se imparten contenidos como los elementos básicos, tales como encofrados tradicionales y contemporáneos, herramientas necesarias para la construcción de muros en tapial y ejecución de vanos, instalaciones y terminaciones.





TALLER DE COB

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El cob es una técnica de fabricación de bloques a mano sin mediar un molde; se monta directamente la mezcla húmeda construyendo el muro. El cob no requiere de ladrillos o bloques premoldeados ni una posterior sillería en donde se asientan los ladrillos (ya que estos en el cob no existen).

OBJETIVO

El objetivo del taller es transmitir los conocimientos básicos necesarios para aplicar la técnica del cob en la ejecución de muros, bancas y mobiliario fijo para baños y cocinas.

CONTENIDO

En el taller son conocidos y preparados los diferentes materiales que pueden ser utilizados y con diferentes estrategias de estabilización. Son evaluados comparativamente diferentes tipos de tierras y su reacción con fibras vegetales, mucílagos y cal para decidir sobre los procedimientos más adecuados para aplicar la técnica en función de los materiales disponibles en el lugar.





TALLER DE EMBARRADO

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El embarrado es el sistema mixto de tierra y madera asociado con los rellenos de barro sobre soportes leñosos.

OBJETIVO

El objetivo del taller es compartir los principios generales de los sistemas constructivos mixtos (madera/tierra), en especial del embarrado, técnica tradicional difundida en la comunidad de San Pedro - Cuba. Se realiza la práctica de aplicación de la técnica en todas sus etapas: preparación del entramado, preparación de la tierra, mezcla con fibras y llenado de un muro con la participación de representantes de la comunidad.

CONTENIDO

1. Conformación de muros a partir de un entramado de horcones y postes verticales, y cujes o cañas colocados en forma transversal (encujado) para formar el contenedor del barro.
2. Preparación de la pisa (tierra arcillosa amasada con fibra vegetal picoteada) y conformación de rolos o bobinas (mojones).
3. Colocación de los mojones, en sentido vertical, en el espacio que queda entre los cujes.
4. Terminación del muro aplicando, directamente con las manos, capas sucesivas de mortero de tierra y fibras picoteadas.
5. Casqueo del muro, de ser necesario, rellenando con trozos de tejas y piedras pequeñas.
6. Aplicación como terminación de una lechada de cal en varias capas.





TALLER DE MURALISMO

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El muralismo con revoque de tierra corresponde a la aplicación de argamasas coloridas sobre la superficie del techo o de la pared, explorando amplias posibilidades estéticas y artísticas. Las argamasas de revoque, preparadas con pigmentos coloridos, consideran las características de las tierras disponibles, principalmente de las arcillas presentes que, además de su función aglutinante, proporcionan amplia gamas de colores.

OBJETIVO

El objetivo del taller es transmitir los principios básicos de la preparación de revoques de tierra para la aplicación en murales decorativos y artísticos, además de profundizar el conocimiento de la tierra y el rol de las arcillas como aglutinante de los distintos granos del suelo, así como los pigmentos minerales que hacen posible la amplia gama de colores.

CONTENIDO

Se aborda la extracción y preparación de la tierra, el uso de estabilizantes naturales, el proceso de elaboración de las mezclas, el uso de herramientas y diferentes formas de aplicación de los revoques de tierra mediante técnicas decorativas y artísticas.





TALLER DE BTC

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El bloque de tierra comprimida (BTC) es producido a través de una prensa manual o hidráulica. La técnica de fabricación de BTC actual fue desarrollada en la década de 1950, en Colombia, como un producto de investigación del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) para producir materiales de construcción de bajo costo.

OBJETIVO

El objetivo del taller es impartir los principios básicos sobre la técnica de fabricación de BTC en todas sus etapas: selección de la tierra, proceso de fabricación, dosificación con aditivos, curado y control de calidad.

CONTENIDO

Se muestra el funcionamiento de la prensa manual y se realizan prototipos de albañilería construida con bloques de tierra comprimida, destacando sus principales debilidades y fortalezas.



REVESTIMIENTOS DE TIERRA

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El revestimiento de tierra es el elemento constructivo que promueve la terminación a los paramentos de un edificio, además de generar la protección del muro, complementada por sus capacidades higroscópicas y térmicas. Es la “última capa”, que permite dar por terminada una pared.

OBJETIVO

El objetivo del taller es comprender la importancia de los revestimientos en una pared, como también sus relaciones con el soporte. El entendimiento del material es fundamental para lograr una aplicación eficiente y conservación en el tiempo.

CONTENIDO

La primera relación del acabado corresponde a su análisis con la superficie en la cual se aplica, dado que esta puede tener diferentes características en cuanto a su materialidad y rugosidad, aspectos que hay que tener en cuenta para la correcta aplicación.

El material es abordado desde su correcta preparación y aplicación sobre el soporte disponible. Se exponen las diferentes mezclas y materiales que se pueden aplicar para darle mayor durabilidad.





TALLER DE BÓVEDAS

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Las bóvedas de ladrillo y adobe ofrecen virtudes que están en sintonía con el contexto social e histórico de México y América Latina, y son una aportación genuina de la cultura a un mundo que se ha enriquecido con las tradiciones durante siglos. La arquitectura regional ha surgido de la vida diaria de un pueblo y de su herencia cultural: sus creencias, ritos, tecnologías y patrones de comportamiento, todo lo cual se transmite, como una herencia genética, en sus expresiones estéticas y en los espacios que el hombre edifica para su uso.

OBJETIVO

El objetivo del taller es hacer que los participantes asimilen el funcionamiento de la geometría para construir cubiertas abovedadas sin cimbra, es decir, cubiertas sin un molde que sostenga la albañilería mientras se construye. Las bóvedas son construidas en ladrillo cerámico y adobes, y se pone especial énfasis en la elaboración del mortero y la colocación de cada uno de los bloques para formar la cubierta abovedada.

CONTENIDO

En el taller exponen los elementos básicos necesarios para construir cubiertas abovedadas sin cimbra. En este sentido se tienen preparados los elementos de “arranque” para comenzar la instalación de los bloques, como también se exponen las cualidades del mortero necesario para realizar la pega. La geometría de los elementos y su disposición en el desarrollo para la cubierta son expuestos para entender el proceso de construcción de este sistema.





RESTAURACIÓN: VISITA Y DIAGNÓSTICO

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La restauración de edificios patrimoniales contruidos con tierra representa un aporte a la puesta en valor de culturas constructivas y oficios tradicionales que han dado identidad a ciudades y pueblos de todo el mundo. Por medio de procedimientos de visita técnica y diagnóstico, se determina el valor patrimonial de cada inmueble y su estado de conservación para realizar una propuesta de intervención adecuada.

OBJETIVO

El objetivo del taller es observar e identificar, a través de visitas a inmuebles de la comunidad de San Pedro, los aspectos culturales y constructivos que permitan generar un diagnóstico que posibilite definir las acciones de restauración a seguir en cada caso.

CONTENIDOS

Se expone los diferentes aspectos de los sistemas presentes en San Pedro para lograr un diagnóstico de las fortalezas, debilidades y amenazas que poseen en general. Se comentan las diferentes patologías que pueden causar daños a las edificaciones y con ellos se guía a los participantes a generar un diagnóstico adecuado en cada caso y el análisis de sus posibles soluciones. Se presentan casos de restauración en diferentes lugares de América Latina, para darle contexto a las intervenciones propuestas por el taller





MAMPUESTO ASENTADO EN TIERRA

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Mampostería tradicional donde se combinan ladrillos cerámicos, piedra y tierra para conformar los muros.

OBJETIVO

El objetivo del taller es presentar los principios básicos de la mampostería tradicional que representa el patrimonio arquitectónico de la ciudad de Trinidad – Cuba. En el taller se realiza la práctica de construcción de un muro de mampostería donde se combinan ladrillos cerámicos, piedra y tierra para conformar los elementos de este, además de otros asociados, como arcos y óculos.

CONTENIDO

1. Nivelación del terreno y levantamiento de muros con enjarjes.
2. Colocación de cajón.
3. Colocación y amarre de piedras y llenado de espacios vacíos a la altura del cajón tendido de la capa base de mortero de tierra.
4. Construcción de verdugada y continuación del muro de mampuesto.
5. Construcción del óculo utilizando un cintrel para la conformación de la parte inferior y terminación con mortero de tierra.
6. Saneamiento o casqueo del muro de mampuesto rellenando los espacios con ripios de ladrillo y piedras.





Red Iberoamericana
PROTERRA
www.redproterra.org

Seminario Iberoamericano de
Arquitectura y Construcción
con Tierra

20^o **SIACOT**
Cuba, 2022



FRESCOS A LA CAL

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La pintura al fresco consiste en la pigmentación de una superficie de cal, mientras está fresca, para que los pigmentos queden atrapados en su estructura. Utiliza pigmentos en su mayoría de origen mineral disueltos en agua. Es la técnica utilizada por las grandes culturas de la humanidad; mayas, egipcios, griegos, mesopotámicos y los pintores renacentistas entre otros.

OBJETIVO

El objetivo del taller es impartir los conocimientos básicos relativos a la milenaria técnica de aplicación de los frescos a la cal. Se discute sobre el ciclo y los tipos de cal; los áridos y preparación de superficie, y preparación y aplicación de pigmentos.

CONTENIDO

En el taller se extraen pigmentos de arcillas y se pintan patrones con una misma base geométrica a partir de la aplicación de pigmentos minerales sobre un repello de pasta de cal, antes de que éste termine su proceso de petrificación (fresco), por lo que los pigmentos son absorbidos y cristalizados en la cal.





TALLER PARA INFANCIA

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Taller de experiencia sensorial y didáctica dirigido a niñas y niños, maestros y maestras, para presentar el material tierra como herramienta pedagógica que pueda ser incluida dentro de sus programas académicos o en actividades extracurriculares.

OBJETIVOS

El taller no busca enseñar contenidos en relación con las técnicas, más bien ser una experiencia desde el juego y la exploración de la tierra como material para exaltar y valorar la participación de los niños y niñas en la construcción del entorno.

Se busca:

1. Identificar los saberes y sabedores, quienes dan forma al entorno construido. Comprender que la tierra toma vida en manos de los sabedores y que ésta se expresa a través del tiempo constituyendo unos saberes que hacen parte de nuestro patrimonio e identidad.
2. Explorar diferentes usos de la tierra como material. Comprender que es un material con el cual niños y niñas pueden expresarse e intervenir en el entorno construido.
3. Valorar las distintas expresiones que tiene el material tierra a nivel iberoamericano, y su vigencia en un entorno contemporáneo. Desde una mente exploradora y lúdica, observar e identificar la forma en la que talleristas de diferentes países le dan uso a la tierra hoy en día.

CONTENIDO

Exploración de la tierra como material natural a través de prácticas sensitivas - Visita sabidurías locales (2 o 3 talleres de artesanos de San Pedro), visita a talleres SIACOT (test Carazas o pruebas de campo, muralismo, embarrado), realización de expresiones sensitivas del entorno (dibujos), exploración con pinturas naturales y murales en comunidad infantil.





Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra

Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra

Logo/imagen	SIACOT	País	Año	Tema	Local/fecha
	20º SIACOT	Cuba	2022	Revive la tierra	Trinidad 4 al 19 abril
	19º SIACOT	México	2019	Conservación sostenible del paisaje: tierra y agua	Oaxaca de Juarez 15 al 18 octubre
	18º SIACOT	Guatemala	2018	Tierra, cultura, hábitat resiliente y desarrollo sostenible	La Antigua Guatemala, 22 al 25 octubre
	17º SIACOT	Bolivia	2017	Tierra identidades	La Paz 9 al 12 octubre
	16º SIACOT	Paraguay	2016	Tierra y agua, selva y ciudad	Asunción 24 al 28 octubre
	15º SIACOT	Ecuador	2015	Tierra, sociedad, comunidad	Cuenca 9 al 13 noviembre
	14º SIACOT	El Salvador	2014	Arquitectura de tierra: patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas	San Salvador 24 al 28 noviembre
	13º SIACOT	Chile	2013	Material universal, realidades locales	Valparaíso 28 al 30 agosto
	12º SIACOT /TERRA 2012	Perú	2012	Conservation of earthen-architectural heritage in the face of natural disasters and climate change	Lima 22 al 27 abril
	11º SIACOT	México	2011		Tampico 21 al 23 septiembre

Logo/imagen	SIACOT	País	Año	Tema	Local/fecha
	10º SIACOT	Uruguay	2010	El diseño de la arquitectura de tierra	Salto 8 al 13 noviembre
	9º SIACOT/ 6º ATP	Portugal	2010		Coimbra 20 al 23 febrero
	8º SIACOT/ 2º SAACT	Argentina	2009	Arquitectura de tierra y hábitat sostenible	San Miguel de Tucumán 9 al 13 julio
	7º SIACOT/ TerraBrasil 2008	Brasil	2008		São Luís 3 al 8 noviembre
	6º SIACOT/ 2º SIIDS	México	2007		Tampico 19 al 22 septiembre
	5º SIACOT/ 1º SAACT	Argentina	2006	Construir con tierra ayer y hoy	Mendoza 14 al 17 junio
	4º SIACOT/ 3º ATP	Portugal	2005		Monsaraz 7 al 12 octubre
	3º SIACOT	Argentina	2004	La tierra en la construcción del habitar	San Miguel de Tucumán 27 septiembre al 2 octubre
	2º SIACOT	España	2003		Madrid 18 al 19 septiembre
	1º SIACOT	Brasil	2002		Salvador 16 al 18 septiembre

20º SIACOT

Revive la tierra

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra
Trinidad – Cuba, 4 al 9 de abril de 2022

La presente publicación contiene los 73 trabajos académicos del 20º SIACOT, entre *artículos científicos e informes técnicos*, agrupados según los siguientes temas:

1. Materiales y técnicas constructivas;
2. Patrimonio cultural;
3. Arquitectura contemporánea; y,
4. Enseñanza, capacitación y transferencia tecnológica.

También se presentan los trabajos correspondientes a las *Memorias de Diseño y Obra*, modalidad de artículo técnico en la que se exponen trabajos profesionales relacionados a las prácticas de la construcción con tierra y los 11 *pósteres* que integran la exposición PROTERRA en el Parque Céspedes, abierto a la comunidad.

El evento incluye la realización de 14 talleres: 1. *Pruebas de campo*; 2. *Test Carazas*; 3. *Adobe*; 4. *Tapia*; 5. *Cob*; 6. *Embarrado*; 7. *Muralismo*; 8. *BTC*; 9. *Revestimientos de tierra*; 10. *Bóvedas*; 11. *Restauración: visita e diagnósticos*; 12. *Mampuesto asentado con tierra*; 13. *Frescos a la cal*; 14. *Taller para infancia*.

El 20º SIACOT fue organizado localmente por la Oficina del Conservador con el apoyo de la Empresa Aldaba y el Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (IBOMEX), con actividades realizadas en el Parque Céspedes, el Teatro La Caridad, la Biblioteca Municipal y la Comunidad de San Pedro.

ISBN: 978-959-294-263-9



9 789592 942639

