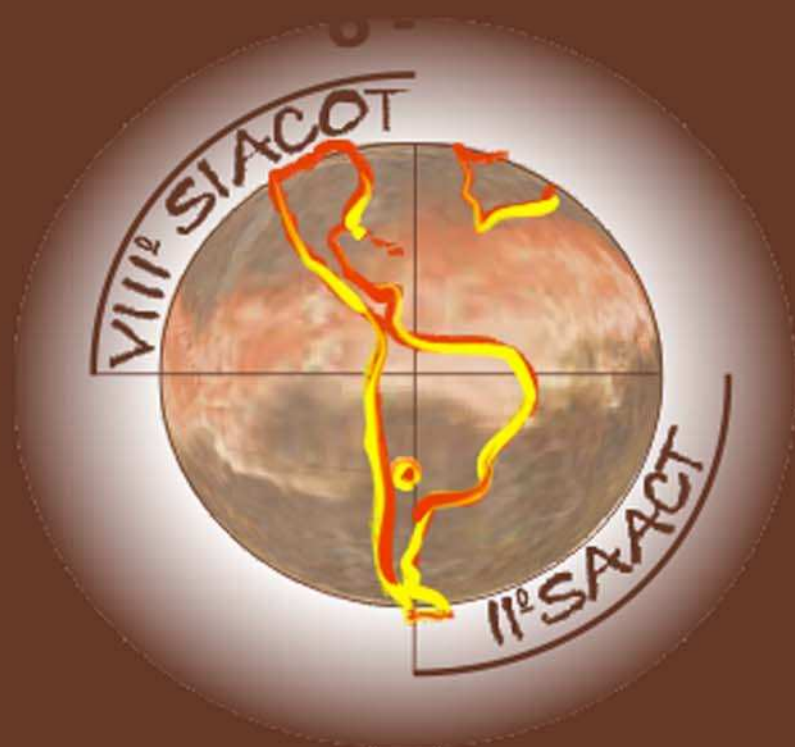


VIIIº SEMINARIO IBEROAMERICANO
DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA



IIº SEMINARIO ARGENTINO
DE ARQUITECTURA
Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

ARQUITECTURA DE TIERRA
Y
HABITAT SOSTENIBLE

CRIATIC - FAU - UNT

8-13 de junio de 2009

Tucumán - Argentina



Publicación de
Resúmenes

LIBRO DE RESÚMENES

VIII° SIACOT

VIII SEMINARIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

II° SAACT

II SEMINARIO ARGENTINO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION CON TIERRA

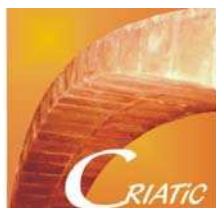
“ARQUITECTURA DE TIERRA

Y

HÁBITAT SOSTENIBLE”



Organiza



Colabora



Financia



Auspician



08 al 13 de junio de 2009
San Miguel de Tucumán - Argentina



ENTE TUCUMÁN TURISMO
GOBIERNO DE TUCUMÁN

CRIATiC

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda
Facultad de Arquitectura y Urbanismo- Universidad Nacional de Tucumán
Avenida Roca 1800 - (4000) San Miguel de Tucumán
Teléfono 54-381 436 4093 Interno 7912 / 7919
Fax 54-381 436 4141
Correo Electrónico criatic@herrera.unt.edu.ar

ISBN EN TRÁMITE

RESPONSABLES DE LA PUBLICACIÓN

**VIII° SIACOT
VIII SEMINARIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA**

**II° SAACT
II SEMINARIO ARGENTINO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION CON TIERRA**

«ARQUITECTURA DE TIERRA Y HÁBITAT SOSTENIBLE»

Prof. Arq. Rafael Francisco Mellace
Director Académico CRIATiC

Coordinación y compilación
Ing. Lucía Elizabeth Arias

Diseño de portada
Arq Josefina Chaila
Colaboradora
Arq. Irene Ferreyra

Publicación financiada por
Universidad Nacional de Tucumán

Nota

Los resúmenes publicados expresan el punto de vista de sus autores y no reflejan necesariamente al de las instituciones organizadoras del evento

REALIZACIÓN

CRIATiC

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán

COMISIÓN ORGANIZADORA

Stella Maris Latina
Mirta Eufemia Sosa
Lucía Elizabeth Arias
Carlos Eduardo Alderete
Irene Cecilia Ferreyra

COLABORADORES

Josefina Chaila
Maximiliano Rapisarda
Silvia Amado de Balmaceda

COORDINADOR GENERAL

Rafael Francisco Mellace

FINANCIAN

Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT)
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva / Presidencia de la Nación
Universidad Nacional de Tucumán

APOYO INSTITUCIONAL

Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán
Municipalidad de San Miguel de Tucumán
Secretaría de Turismo de Tucumán

PROMOCIÓN

Red Iberoamericana de Construcción con Tierra-PROTERRA
Secretaría de Estado de Innovación y Desarrollo Tecnológico de Tucumán- SIDETEC
Centro Científico y Tecnológicos - CCT - Mendoza
Red Argentina de Promoción y Difusión de la Arquitectura de tierra. PROTIERRA Tucumán
Chaire UNESCO «Architecture de terre, cultures constructives et développement durable»

Comité Científico

Guerrero Baca, Luis Fernando

Doctor Arquitecto, UAM, Azcapotzalco, México. Máster en Arquitectura, Restauración de Monumentos. ENCRyM – INAH coordinacionproterra@gmail.com

Guillaud, Hubert

Architecte DPLG, Professor Ecole d'Architecture de Grenoble. Directeur scientifique du Laboratoire de recherche CRATerre-EAG ; Responsable de la Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable Hubert.Guillaud@grenoble.archi.fr

Martins Neves, Celia

Ing. Civil, Mestre em Engenharia Ambiental Urbana. Pesquisadora do CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento; Universidade do Estado da Bahia cneves@superig.com.br

Cirvini, Silvia Augusta

Doctora Arquitecta, UNM. Investigador Científico CONICET. Directora del Programa AHTER (Arquitectura, Historia, Tecnología y Restauración) - INCIHUSA (Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales - CCT (Centro Científico Tecnológico - Mendoza, Argentina) scirvini@lab.cricyt.edu.ar

Paterlini, Olga

Doctora Arquitecta, UNT. Profesora Titular Historia de la Arquitectura y Profesora Magister en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Latinoamericanos, FAU-UNT opaterlini@uolsinectis.com.ar

Gonzalez, Ariel

Ingeniero. UTN. Máster Metodología de la Investigación Científica, UNER; Especialista Control de Vectores, y Agentes en la Vivienda, Organización Panamericana de la Salud aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Rotondaro, Rodolfo

Arquitecto UNMP. Especialista CEAA-terre, Esc. Arquitectura de Grenoble, Francia; Investigador científico CONICET. Instituto de Arte Americano, (FADU/UBA) rotondarq@telecentro.com.ar

Mellace, Rafael

Arquitecto, UNT. Profesor Titular Disciplina Construcciones. Director Académico CRIATiC, FAU-UNT rfmellace@herrera.unt.edu.ar

INDICE

Presentación.....	9
Conferencia.....	10
Reparación de construcciones patrimoniales de tierra en áreas sísmicas	11
Arquitectura de Tierra para un desarrollo cultural sostenible	12
Carta de adhesión CRATerre	13
Ponencias	14
I. Presente y porvenir de la arquitectura y de la construcción con tierra: El estado del arte; problemas críticos relevados.....	15
Mapeamento das construções existentes em adobe, no estado do ceara	
– brasil – expedição caminhos da terra	16
II. Arquitectura de tierra y medio ambiente: Creatividad y sustentabilidad	21
Impacto económico y energético del uso de la quinchá como tecnología para aliviar el déficit habitacional	22
Reencontrarse en casa.»Tinkunakuy wasipi» (voz quichua). Recreando el escenario vital del hombre. La arquitectura como condicionante de su calidad de vida	31
La evaluación térmica como herramienta para el mejoramiento de viviendas populares rurales de Tucumán, Argentina	41
Una casa sostiene a la otra. Retazo autobiográfico sobre la construcción en adobe.....	52
El desempeño bioclimático de la vivienda tradicional de tierra. caso de estudio: región Purhépecha, en Michoacán, México	61
Adecuación climática de viviendas de interés social en San Pedro de Colalao, Tucumán.	72
Diversas técnicas constructivas con tierra.....	82
Vivienda en adobe para una comunidad saludable rural del Perú: poblado de Santa Luisa, Chíncha Baja	93
Arquiñau: arquitectura y arte popular autogestivos, con barro ñau, en Misiones.....	105
Sustentabilidad y arquitectura con tierra. Discrepancias en la calidad	116
Una experiencia didáctica en el concurso: «Ruta del Adobe – un corredor turístico cultural en el oeste catamarqueño	131
Valoración térmico-económica de muros construidos con tierra	143
Estudo do ganho energético associado à construção de uma habitação unifamiliar com recurso a materiais naturais no contexto português.....	151
III. Investigación y desarrollo tecnológico: Materiales, componentes, sistemas y procesos constructivos. Resistencia y durabilidad / sismo y humedad	162
Sistemas de cubiertas y entresijos de bajo impacto ambiental. El caso de las bóvedas de tierra sin coser	163
Compressão excêntrica em paredes construídas com blocos de solo-cimento encaixáveis	178
Aparejo compuesto con mampuestos cuadrados de suelocemento	188
Estudio analítico del comportamiento sísmico de un prototipo de vivienda de suelo-cemento.	198
Las construcciones de tierra en zonas sísmicas	207
Análisis del comportamiento térmico en una vivienda experimental edificada con bloques de tierra comprimida (BTC) en un clima cálido subhúmedo.	223
Bloques de tierra comprimidos (BTC) sin adición de cemento	231
Evaluación de la calidad de mezclas de suelo estabilizado en modelos constructivos frente a acciones climáticas	245
Diseño estructural de muros de adobe en zonas sísmicas del Perú-poblado de Santa Luisa, Chíncha Baja, Perú	254
Técnicas do uso do solo na construção utilizadas em Brasil e Bolívia	261
Ensayos de BTC una respuesta a demandas de comunidades aborígenes.....	268
Comportamiento térmico de viviendas de suelo cemento compactado en dos climas distintos	282
Dispositivo de penetración para diagnóstico estructural de muros de tapia pisada	293
Bloques de tierra comprimida con triturado de llanta de desecho	308
A tradição da técnica de taipa de sopapo no povoado baixinho Do Carlos–Teresina-Piauí..	319
Perspectiva biomimética do Ninho de Andorinha-dos-Beirais	326
Calidad estructural de tecnologías en tierra aplicadas a centro comunitario rural	333
Innovación tecnológica de construcción en tierra: posibilidades en la arquitectura contemporánea.....	346
Análise do comportamento das vedações de taipa de mão executadas em duas edificações-protótipo. Caso: unidades experimentais 001 e 002 – EESC/USP - Brasil.....	352

IV. Patrimonio edilicio: Inventario. Intervención. Preservación / restauración.	
Patrimonio turístico, gestión y gerenciamiento. Difusión.....	360
Los usos locales del adobe. Una aproximación desde el estudio de casos en	
Susques y Rinconada (provincia de Jujuy)	361
La variabilidad de las estructuras de los techos en la construcción con tierra y piedra.	
Formas y sistemas de resolución posibles a partir del estudio de casos en	
Susques y Rinconada (Jujuy, Argentina).....	370
El techado con tierra, estudio sobre la técnica del <i>guayado</i> en Susques y Rinconada	
(provincia de Jujuy).	381
Labores preliminares de conservación de la pirámide de la Joya, Veracruz, México	392
Intervención en el patrimonio arquitectónico de tierra	402
Las construcciones en tierra como recurso patrimonial: su vigencia dentro del	
escenario turístico de Andalucía	412
La protezione superficiale di edifici in terra cruda: prove sperimentali	423
Actores, estrategias y técnicas para la intervención en el patrimonio cultural.	
Una experiencia en el desierto del Nordeste Mendocino.	429
Propuesta para la recuperación tecnológica de la sidrera de La Estancia Guañizuil	439
Edificios patrimoniales católicos de la región lacustre de Michoacán, México,	
construidos con mampostería de tierra.....	446
Avances en el proyecto «Camino de la Greda»	454
Restauración de capillas rurales del departamento iglesia para itinerario turístico	465
Puesta en valor de fachadas en Yavi, Jujuy	475
Persistencia y cambios en la vivienda vernácula. Valles y quebradas riojanos, Argentina	
490	
El trabajo en piedra en el contexto de la construcción con tierra en los poblados	
de Susques y Rinconada (Jujuy, Argentina)	499
Restauración de arquitectura de tierra en Iglesia San Juan	508
Construção de tabique no Vale Do Douro Sul	514
Iglesia y ex convento de Tiripetío, México. Estado de sus mamposterías	522
Reparación de cuatro monumentos históricos con valor patrimonial	534
V. Normalización: Estado de la cuestión. Normas y recomendaciones	
técnicas. Alcances y ámbitos de aplicación	555
Avaliação da influência do teor de argila sobre características físicas e mecânicas	
de adobes e proposta de ensaio de determinação do módulo de elasticidade	556
Manual de técnicas de restauración para la arquitectura de tierra del Departamento	
Iglesia, San Juan	565
Um passeio pelas normas de construção com terra nos países ibero-americanos	571
VI. Proyectos ejemplares: Diseño, construcción y mantenimiento.	
Vivienda social, individual. Prototipos y transferencia.....	581
Proyecto Museo de Leimebamba	582
Tres proyectos de transferencia tecnológica	592
Projeto de unidade habitacional construída em alvenaria de solo-cimento para o	
assentamento rural mutirão de Campo Alegre, no estado do Rio de Janeiro.....	604
Desenvolvimento e difusão de tecnologias para a produção de componentes e	
construção de unidades habitacionais com participação comunitária em	
Pernambuco-Brasil	609
El empleo de la tierra cruda en áreas urbanas pobres. Algunas propuestas para	
mejorar la vivienda autoproducida en barrios de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina	
616	
VII. Educación, Formación y Capacitación: Recursos humanos, profesionales,	
técnicos y artesanales	625
Obras – escuela y cooperativas de trabajo: dos modalidades de capacitación	626
Reconociendo las formas locales de la construcción con tierra. La experiencia	
puna y arquitectura 2005-2009	634
Formación de recursos humanos en construcción con tierra. Transferencia en	
distintos ambientes y escalas de Argentina	644
Poster	653
Trabajo de Taller de Espacio en Tierra «SoBaTo» en Bolivia y Japon	654
Tierra cruda y sistemas de patrimonio territorial: Sostenibilidad tecnológica y	
material en la construcción del paisaje cultural del oeste argentino.....	655
Reencontrarse en casa. «Tinkunakuy wasipi» (voz quichua), Recreando el escenario	
vital del hombre. La arquitectura como condicionante de su calidad de vida	656
Investigación, construcciones en tierra cruda en el Valle del Bermejo, provincia de	
La Rioja, Argentina	658
Parque Estadual Serra do Papagaio: proposta de arquitetura para futuras instalações..	
659	
Solución metodológica para realizar levantamientos arquitectónicos. Estudio de	
casos en Ghadames-Libia- Centro histórico, patrimonio mundial de la UNESCO	660
Sustentabilidad y arquitectura con tierra. Discrepancias en la calidad.....	661

PRESENTACIÓN

Próximos a completar la primera década del siglo XXI, a pesar de los significativos avances producidos en el campo de la ciencia y de la tecnología, el mundo afronta -independientemente de la generalizada y profunda crisis económico financiera que hoy se registra- una serie de antiguos problemas irresueltos, e igualmente críticos, que inciden negativamente en la calidad de vida de su población; entre otros, la pobreza, el creciente déficit habitacional y la degradación del medio ambiente.

En este contexto, se desarrollan en Tucumán, el VIIIª Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y IIº Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra para abordar, enmarcado en las tres dimensiones básicas -sociales, económicas y ambientales- el tema de la «Arquitectura de Tierra y el Hábitat Sostenible». Es que la arquitectura de tierra cruda, reconocida como la expresión más antigua y universal del planeta ha demostrado, desde el inicio de la humanidad, su validez y pertinencia para dar respuestas apropiadas, eficaces y amigables al problema del hábitat social, fundamentalmente para aquellos sectores de menores recursos.

Profundamente enraizada en toda Iberoamérica, constituye sin duda, una expresión cultural y tecnológica que nos identifica tanto con el medio natural y como con nuestra propia historia; extendida a todo el mundo, es una realidad vigente en tanto más de un tercio de la población mundial vive en casas construidas total o parcialmente con tierra cruda. Resulta entonces oportuno y necesario considerar su actualización y su desarrollo, ajustado a criterios científicos y técnicos, para dotarla de las condiciones que garanticen satisfacer requerimientos de durabilidad y de calidad estructural y ambiental, como forma de contribuir por una parte, a la solución del creciente déficit de viviendas asociado a la carencia de recursos de la población y por otra, a la conservación de recursos naturales y a la preservación del ambiente.

El Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda de la FAU / UNT, con la colaboración del Programa AHTER del Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales de Mendoza, asume la responsabilidad de su organización con la convicción de que la continua actualización de conocimientos como sostenida capacitación y transferencia de los progresos que la disciplina registra en todo el mundo, permitirá desarrollar nuestras potencialidades en el contexto histórico, social y cultural de cada región, salvando las limitaciones que nuestras propias realidades nos impone. Lo hace consciente de las potencialidades y fortalezas que la misma ofrece como también de debilidades que pueden y deben superarse a fin de minimizar los riesgos que objetivamente de estas pudieran derivarse. El VIIIº SIACOT y IIº SAACT es auspiciado como sus predecesores, por la Red Iberoamericana PROTERRA y con el especial apoyo institucional y económico de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Universidad Nacional de Tucumán y la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Participan de este evento destacados expertos de Iberoamérica y de Europa especializados en diferentes aspectos que engloba la Arquitectura y Construcción con Tierra; tecnólogos, diseñadores y constructores exponen sus conocimientos y experiencias para, entre todos, promover su efectiva transferencia a los sectores productivos, al tiempo de impulsar en la sociedad civil y en los poderes públicos, la consideración de un nuevo enfoque en la definición de políticas activas relacionadas con la producción de viviendas de interés social y en la conservación coherente del medio ambiente, ambos, objetivos liminares del CRIATiC y de la Red PROTERRA.

En tal sentido, este importante foro de reflexión y de discusión contribuirá a un mayor entendimiento, difusión y apropiación de los avances registrados en la tecnología de construcción con tierra, a difundir las acciones, programas y proyectos en marcha.

El CRIATiC hace explícito su agradecimiento a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a la Universidad Nacional de Tucumán y a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán por el apoyo recibido para concretar la realización de este evento. Igualmente a la Coordinación General de la Red PROTERRA.

San Miguel de Tucumán, junio de 2009

Prof. Arq. Rafael Francisco Mellace
Director Académico CRIATiC-FAU – UNT

CONFERENCIA

REPARACIÓN DE CONSTRUCCIONES PATRIMONIALES DE TIERRA EN ÁREAS SÍSMICAS

Julio Vargas Neumann, Marcial Blondet y Carlos Iwaki
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

RESUMEN

Destrucción del patrimonio de arquitectura de tierra en áreas sísmicas:

Es evidente que la destrucción sísmica de la herencia patrimonial es mayor en las obras edificadas en tierra en comparación con las construidas con cualquier otro tipo de material. Los edificios construidos con albañilerías de piedra o ladrillo, asentadas con morteros cal y arena o similares, con madera u otros materiales modernos tienen una mayor resistencia.

Tres hechos destacables permiten definir el problema de la mayor ocurrencia de daños en las construcciones monumentales de tierra y la compleja tarea de su reparación o intervención para evitar la pérdida irreversible del valor monumental:

- a. La alta vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe,
- b. El gran número de edificaciones de tierra en zonas sísmicas, y
- c. La falta de un tratamiento diferenciado de la construcción con tierra en áreas sísmicas en las cartas internacionales para la conservación del patrimonio construido.

Julio Vargas Neumann

Construcción con Tierra (SIACOT). 1963 Profesor Principal Universidad Católica del Perú
1971 Investigador de Construcciones de Tierra en Áreas Sísmicas
1985 Vice Ministro de Vivienda
1986 Premio Nacional de Cultura en Ciencias y Tecnología (1985-1986)
1990 Miembro Comité Asesor Getty Seismic Adobe Project (1990- 2003)
1988 Vice Ministro de la Presidencia
2007 Presidente Comité Especializado NTE E.080 Adobe (Norma Peruana de Tierra)

ARQUITECTURA DE TIERRA PARA UN DESARROLLO CULTURAL SOSTENIBLE

Hubert Guillaud

RESUMEN

Actualmente, en todos los continentes, cerca de la mitad de la Humanidad vive en un habitat hecho de tierra. La diversidad cultural de este patrimonio vernáculo, construido mediante diferentes técnicas como bahareque (quincha o fajina), tierra apilada, adobe, tapia o más recientemente bloques de tierra comprimida, es realmente increíble.

Cuando no presta la debida atención respecto de su potencialidad, corrientemente se considera a la arquitectura de tierra como una expresión de la antigüedad, producto de una tecnología de construcción desusada e inapropiada para el presente. Sin embargo, sustentada en tan grande diversidad cultural, ofrece un amplio abanico de soluciones viables para hoy y para el futuro, si consideramos que el reto de su puesta en obra, concreta el paradigma de desarrollo sostenible local, basado en tres conceptos esenciales, referidos a los campos social, económico y ambiental, a los cuales debemos añadir indefectiblemente el campo cultural, en lo referido a la preservación de su diversidad.

Visto la tendencia mundial hacia la transfiguración cultural en la arquitectura, que resulta en un empobrecimiento patrimonial del *genius locci* (recursos cognitivos y pragmáticos, o saber y saber hacer de las culturas constructivas territoriales), y se podría entrever el porvenir de la Humanidad sin definir una trayectoria que asegurase una continuidad de las culturas constructivas para materializar nuestro hábitat, reiteramos que el nuevo reto de los arquitectos es promover un acercamiento sistemático para facilitar la realización de una arquitectura de valor cultural (reinterpretación de los valores materiales e inmateriales). Esta arquitectura cultural diversa, más local que global, no puede ocultar el enorme potencial de las culturas constructivas de tierra que evolucionan considerablemente a favor de investigaciones recientes y de nuevas aplicaciones constructivas y arquitectónicas en varias regiones del mundo.

Así, este futuro puede ser considerado a la luz de una necesaria integración de nuestras tradiciones vernáculos, de sus valores, recreados en contemporaneidad. Tal como lo decía el famoso arquitecto ingles John F.C. Turner : *un material no es interesante por sí mismo, sino por lo que hace para la sociedad*. Como arquitectos somos, en primer lugar, actores sociales.

Hubert Guillaud:

- Diploma de arquitectura en 1981, con mención especial del jurado.
- Integra el Centro internacional de construcción con tierra de la Escuela de Arquitectura de Grenoble, Francia, en 1981.
- Obtiene un post grado especializado en Arquitectura de tierra, en 1997.
- Desde 1998, es director científico del laboratorio de investigación CRATerre-ENSAG y responsable científico del post master « DSA-Terre ».
- Desde 2002 fue nominado como responsable de la Cátedra UNESCO « Arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible », creada en la ENSAG en el año 1998 por la División de la Enseñanza Superior de la UNESCO.
- Presenta su habilitación para dirigir investigaciones doctorales en 2007 y es nominado como profesor en el año 2008.
- Enseña en el Master « Arquitectura y culturas constructivas » de la ENSAG trabajando en el tema de la vivienda eco-responsable, o habitat « ligero » (bajo costo y accesibilidad social, bajo impacto ambiental y reducción del consumo energético). Enseña la historia de la arquitectura de tierra, y la teoría de la conservación en el post master de DSA-Terre.
- Como investigador y experto ha trabajado con el Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO y como especialista de organizaciones internacionales (Naciones Unidas), Ong(s), y varios departamentos gubernamentales, tal como ministerios de la vivienda, o de la cultura, de varios países, y con servicios de la cooperación francesa en Marruecos, Nigeria, Burkina Faso, Irán, Sultanato de Oman, Cuba, Perú, India, entre otros países.
- Es co-autor, con el ing. Hugo Houben, del libro *Traité de Construcción con Tierra* del CRATerre y de numerosos artículos y comunicaciones científicas.



Organisation des Nations Unies
pour l'éducation la science et la culture



d'
de

école nationale
supérieure
d'architecture
de grenoble



Chaire Unesco Architectures de terre
cultures constructives et développement durable

Profesor Arquitecto Rafael Mellace
Director del CRIATIC
Centro Regional de Investigaciones
De Arquitectura de Tierra Cruda
Facultad de Arquitectura Y Urbanismo
Universidad Nacional de Tucuman
ARGENTINA

Grenoble, Francia, el 16 de Diciembre 2008

Un reto mayor

Actuar para la puesta en obra inmediata del desarrollo sostenible

En calidad de responsable de la Cátedra UNESCO « Arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible », tengo una consideración particular en la iniciativa conjunta del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATIC) de la Facultad de Arquitectura Y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), con el Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INSIHUSA) y el CONICET/CRICYT de Mendoza, para organizar el VIII° Seminario Iberoamericano de construcción con tierra (SIACOT), y el II° Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con tierra (SAACT).

Desde largo tiempo, seguimos con mucho interés la movilización sostenida de estas instituciones, de sus docentes e investigadores en la valorización y promoción de la arquitectura de tierra como respuesta eco-responsable para el porvenir sostenible de los entornos físicos, como sociales, ambientales y culturales. Los años pasados han confirmado la calidad de los eventos organizados en el espacio ibero americano. El medio universitario ha contribuido a generar un proceso efectivo de trabajo intensivo que resulta con una red regional reconocida de competencias académicas, científicas y profesionales, y con más conciencia de la sociedad civil en lo que pueden ofrecer los valores materiales como inmateriales de las culturas constructivas y arquitectónicas de la tierra cruda para nuestro futuro « global », como para la preservación de la diversidad cultural « local » : un reto mayor de nuestro tiempo. No tenemos duda que estos dos seminarios aportarán mucho al crecimiento de los saberes, al intercambio y repartimiento de las experiencias académicas y profesionales, y al crecimiento de una adhesión más larga en favor de la promoción de una arquitectura de tierra de valor cultural y de alta calidad ambiental para el futuro.

En calidad de entidad auspiciante, estamos particularmente felices de sostener la FAU-UNT, el CRIATIC, sus partners, y presentamos nuestros mejores deseos de éxito para estos nuevos eventos de gran importancia regional e internacional a los cuales adherimos.

Prof. Arq. Hubert Guillaud
Dir. Científico del CRATerre-ENSAG

PONENCIAS

I.

Presente y porvenir de la arquitectura y de la construcción con tierra: *El estado del arte; problemas críticos relevados*

MAPEAMENTO DAS CONSTRUÇÕES EXISTENTES EM ADOBE NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL - EXPEDIÇÃO CAMINHOS DA TERRA

Ricardo Marinho de Carvalho¹; Humberto Varum²; Alexandre Araújo Bertini³

¹ Universidade Federal do Ceará, Brasil, e-mail: ricardomarinho@secrel.com, +55 85 3366 9607

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro (UA), Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, e-mail: hvarum@ua.pt, +351 234 370938

³ Universidade Federal do Ceará, Brasil, e-mail: bertini@ufc.br, +55 85 33669607

Palavras chave: adobe, sistema construtivo, construções em terra

RESUMO

Uma investigação sobre o processo construtivo em terra, no nordeste do Brasil especialmente no estado do Ceará, é o tema desse trabalho, levando a definição de um estudo, que trouxesse instrumentos, para caracterizar as técnicas utilizadas, a classificação do tipo de solo e os elementos construtivos utilizados nessa região. Definiu-se então uma expedição rodoviária denominada CAMINHOS DA TERRA, expedição que se propõe a mapear em torno de 7000 km, e aproximadamente 40 municípios e distritos no estado, documentando a cultura das construções em adobe, suas peculiaridades de região pra região, as construções mais representativas, sejam elas de caráter histórico, ou construções atuais, através de seus construtores populares, tentando assim, um caráter documental, sobre o volume real de construções em adobe no estado, bem como o estudo da sua técnica construtiva, e possibilidade de manutenção, como alternativa construtiva de baixo custo.

INTRODUÇÃO

O Brasil vem implementando várias políticas públicas no sentido de minimizar o déficit habitacional da ordem de 7 milhões de unidades habitacionais. Essas políticas têm atingido parte da população que reside principalmente nas metrópoles e em cidades médias. As pequenas cidades e comunidades com difícil acesso não são atingidas por essas políticas e pelas tecnologias e produtos industrializados disponíveis nos centros mais desenvolvidos.

No estado do Ceará, a capital e sua região metropolitana são responsáveis pela maior parte do déficit habitacional, que é de aproximadamente 400 mil unidades. Em seu restante o déficit chega a quase 200 mil unidades dividido entre médias e pequenas cidades.

Principalmente as cidades pequenas do estado são menos favorecidas não contemplando políticas para habitação. Muitas vezes esses municípios estão localizados em difícil acesso e/ou distante de grandes centros urbanos, o que torna mais oneroso as construções devido às dificuldades logísticas de materiais e componentes. As construções em terra crua, em especial em adobe, possibilitam a construção de habitações dentro dos princípios do eco-sustentabilidade na não geração de resíduos no aproveitamento de uma cultura construtiva local e no aproveitamento de uma mão de obra pouco qualificada.

A construção em terra crua, sempre teve no estado do CEARÁ, o status de construção provisória, e tirando aí as experiências construtivas ligadas a arquitetura religiosa no estado, praticamente a arquitetura em terra crua resumiu-se em sua maioria a construções da casa típica da pessoas da região nordeste do Brasil, casas basicamente em taipa de mão ou tabique.

Uma investigação sobre o processo construtivo em terra, no nordeste do Brasil especialmente no estado do Ceará, foi o tema desse trabalho, visando a definição de um estudo, que trouxesse instrumentos para caracterizar as técnicas utilizadas na construção em adobes, a classificação dos tipos de solo e os elementos construtivos utilizados nessa região.

Com o intuito de verificar as maneiras de se construir em adobe no nordeste brasileiro, idealizou-se uma expedição rodoviária denominada CAMINHOS DA TERRA, que percorrerá 7000 km, e aproximadamente 40 municípios e distritos no estado, boa parte em estradas carroçáveis e de acesso bastante dificultado.

Esse estudo teve início em janeiro de 2009, abrangendo primeiramente a região norte do estado. Estão sendo documentada a cultura das construções em adobe, suas peculiaridades regionais e as construções mais representativas, sejam elas de caráter histórico, ou construções atuais, através de seus construtores populares, tentando assim, um caráter documental, sobre o volume real de construções em adobe no estado do ceara, bem como o estudo da sua técnica construtiva, e possibilidade de manutenção, como alternativa construtiva viável de baixo custo. Com o apoio do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico Nacional começou-se a documentar o processo construtivo, também como patrimônio cultural a ser preservado.

METODOLOGIA

Esse projeto se divide em 5 etapas, com uma grande documentação fotográfica, e coleta de material construtivo pra caracterização, como solos e tipos de adobes além de um questionário simplificado, adaptado da Universidade de Aveiro. Esse questionário aborda vários detalhes fundamentais no processo de documentação incluindo os traços empregados nas argamassas, o processo de moldagem, dimensão, cura, transporte, armazenamento, o dimensionamento desses adobes nas construções tradicionais, fundações e detalhamento dos elementos construtivos.

A primeira etapa, tema do trabalho atual, abrange a região norte do estado do Ceará, que contempla os municípios de São Benedito, Ubajara, Tianguá, Viçosa do Ceará, Sobral, Coreaú, Alcântaras, Moraújo, Granja, Jijoca de Jericoacoara, Cruz, Bela Cruz, Acaraú, Santana do Acaraú, Amontada e Itapipoca.

As visitas são realizadas tanto na zona urbana como na zona rural dos municípios, verificando os principais aspectos listados no questionário aplicado. É realizado um intenso registro fotográfico, onde são vistos os detalhes construtivos em cada região visitada.

Com esse levantamento, pretende-se caracterizar principalmente as formas de se construir nos diversos municípios cearenses, de forma a poder contribuir com a cultura construtiva da região interferindo positivamente na melhoria do sistema construtivo que utiliza adobe.

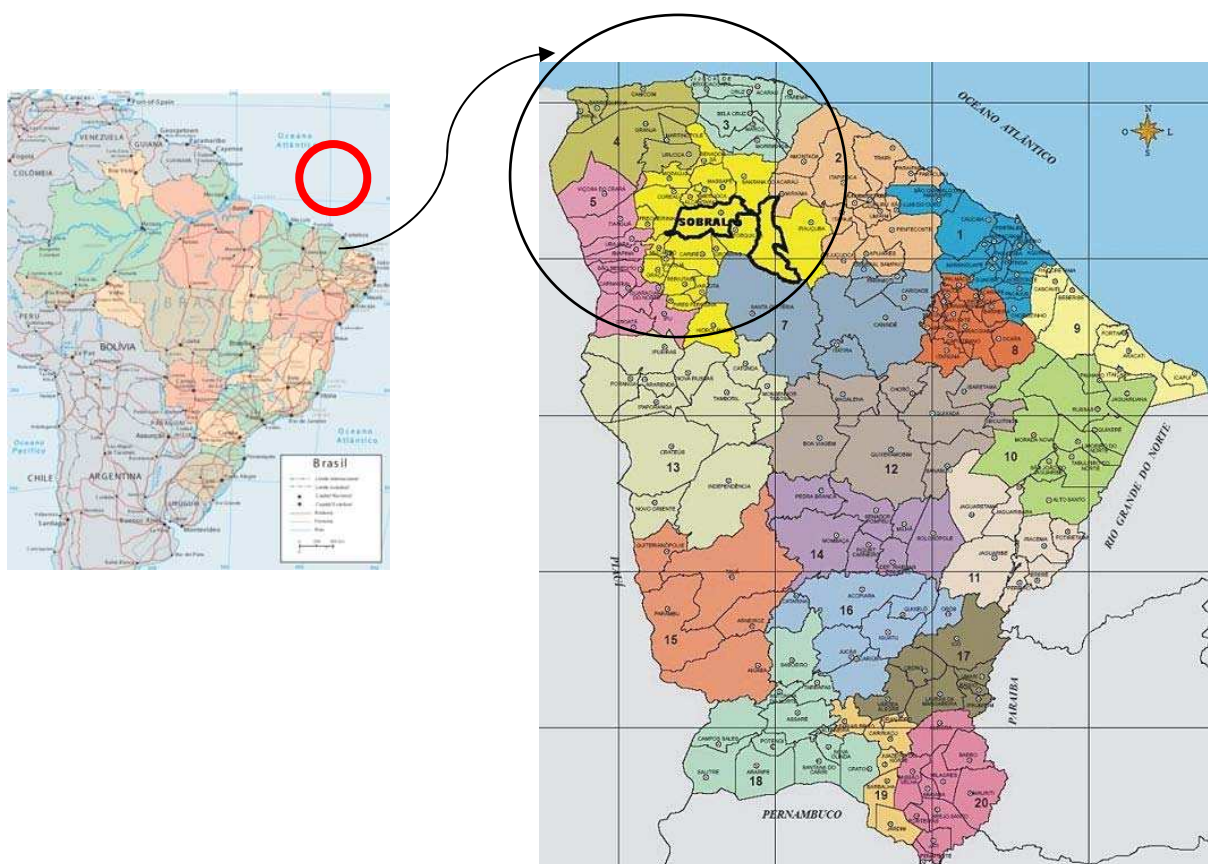


Figura 01 – Primeira etapa da expedição. Localização do Ceará em relação a América do Sul. Localização da região norte do estado.

DETALHES DA EXPEDIÇÃO

A primeira etapa, tema do trabalho atual, se resumiu a região norte do estado do Ceará, abrangendo principalmente os municípios de Sobral, Coreaú, Alcântaras, Moraújo, Granja, até Jijoca de Jericoacoara. Nesses municípios encontraram-se utilizações em adobe esporádicas em Sobral apesar de se ter indícios de uso em construções religiosas, no século XIX. Em contrapartida, encontrou-se o emprego de adobe com intensidade surpreendente em Granja, Coreaú, e Alcântaras. O município de Coreaú, possui o distrito de Araquém, com cerca de 7000 habitantes, e com pelo menos 70% de suas construções históricas e atuais desenvolvidas em adobe, marcando assim, um dos maiores grupamentos quase que totalmente em adobe no estado, além de habitações de caráter histórico, se possibilitou identificar as várias etapas da evolução em adobe durante os últimos 140 anos.



Figura 02 – Construções em adobe em Coreaú.

O custo dos tijolos cerâmicos, bem como a dificuldade logística de seu fornecimento nos vários distritos de Coreaú, não pareceu como único motivo da grande proliferação de construções em adobe na região. O material também chamado de *adubu* ou tijolo mole está fortemente ligadas a cultura local, que mesmo em períodos eleitorais, na pratica de distribuição de tijolos furados entre a comunidade, esses então foram sutilmente adaptados as construções em adobe, sendo utilizados na base de construção de suas casas, substituindo-se a pedra.



Figura 03 – Utilização de tijolos furados como baldrame das paredes de adobe.

Esses vários processos de adaptação, mostra sem dúvida a sua vitalidade, e seu desejo de

permanência na cultura local. Esse fato, marcado ao que parte das construções do distrito de Araquém, marcam um dos mais ricos períodos da arquitetura colonial no estado, com construções ainda do século XVIII, guardando um conjunto bastante rico, de habitações em terra nesse período. Alguns detalhes construtivos são interessantes, como os arcos, ou muros completamente em adobes. Algumas casas datadas entre 100 a 120 anos tiveram suas fachadas substituídas ao longo dos anos por tijolos queimados, mas mantiveram a estrutura de adobe original, em todo o restante da edificação.

As construções atuais, que foram mapeadas para mais de duas dezenas de novas casas sendo construídas, apresentam configurações arquitetônicas bastante semelhantes, como o telhado em duas, ou quatro águas, sala, quarto, cozinha e banheiro, pequenos pilares em adobe algumas vezes também sustentam a coberta da casa avarandada, típica do sertão semi-árido, e como detalhes construtivos, percebe-se também, a não utilização de madeiras beneficiadas, essas sendo substituídas nas edificações antigas, pela carnaúba, e nas edificações recentes, pelas chamadas madeiras caatingueiras, que reduzem drasticamente o custo de mão de obra e de madeiramento das cobertas.



Figura 04 – Detalhes construtivos das construções em adobe.

Nas várias estradas de terra que interligam os distritos de Coreaú, proliferam, construções quase que

exclusivamente em adobe. As ligações ao município de Moraújo a Granja, contabilizamos cerca de dez pequenos distritos, que também seguem o mesmo padrão construtivo da região, o processo sofre pequenas alterações, basicamente com relação a mão de obra de confecção dos tijolos em adobe, que se alternam entre mão de obra contratada, e sistemas de mutirão familiar.

Esse primeiro trecho rodoviário, nos mostra a riqueza da cultura da construção em terra, sendo constantemente adaptada, ao longo dos quase 500 km, que ligam esses municípios ao distrito de Caiçara na entrada do parque nacional de Jericoacoara, que finaliza essa primeira etapa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira etapa da expedição caminhos da terra nos mostra a perspectiva de uma experiência rica no levantamento de construções em terra no estado e nos levanta a possibilidade de nas próximas incursões obter um retrato mais fiel da cultura da terra, suas possibilidades e a crescente vitalidade no processo de adaptação e de permanência na arquitetura rural do semi-árido brasileiro e como possibilidade real de utilização como solução às habitações de baixo custo, contribuindo para a diminuição do déficit habitacional rural.

BIBLIOGRAFIA

CUNHA, U.V.L. (1978). Terra cimento: contribuição para o estudo da casa de baixo custo. São Carlos – São Paulo. EESC – USP (Dissertação de Mestrado).

SANTIAGO, C.C. (1996). O Solo como material de construção. Salvador- Bahia. EDUFBA.

Ricardo Marinho de Carvalho: Arquiteto, Mestre em Engenharia Civil, professor da Universidade Federal do Ceará, Brasil, Doutorando em Engenharia Civil na Universidade de Aveiro, Portugal, sobre construções em adobe.

Humberto Varum: Engenheiro Civil, Ph.D, professor da Universidade de Aveiro, Portugal, tem desenvolvido vários trabalhos sobre avaliação, reabilitação e reforço sísmico de estruturas, e particularmente sobre reabilitação de construções em terra.

Alexandre Araújo Bertini: Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia de Estruturas pela USP, professor da Universidade Federal do Ceará, Brasil, tem desenvolvido vários trabalhos sobre sistemas construtivos para habitação de interesse social, inclusive tem estudado sobre construções de adobe no estado do Ceará.

II.

**Arquitectura de tierra y medio
ambiente:** *Creatividad y sustentabilidad*

IMPACTO ECONÓMICO Y ENERGÉTICO DEL USO DE LA QUINCHA COMO TECNOLOGÍA PARA ALIVIAR EL DÉFICIT HABITACIONAL

Guadalupe Cuitiño¹; Alfredo Esteves¹; Rodolfo Rotondaro²; Graciela Maldonado³

¹ Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA) CCT – Conicet - Mendoza
Tel: 54-261-5244309/4310 Fax: 54-261-5244001. C.e.: gcuitino@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

² Investigador Independiente CONICET. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – UBA. Teléfono: (+54-11) 4789-6270-c.e.: rotondarq@telecentro.com.ar

³ Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción,
Sismología e Ingeniería Sísmica. (CEREDETEC) Teléfono 0261-4239119 – int. 151-152
c.e.: ngm@frm.utn.edu.ar

Palabras clave: déficit habitacional, térmico, quincha, costo energético

RESUMEN

En la Argentina existen 10.079.846 viviendas (INDEC, 2001). En Mendoza hay 410.332 hogares, y posee un déficit de 120.000 viviendas. El déficit habitacional en la provincia de Mendoza es un tema que cobra cada día más importancia. La solución es poder dar una mirada al pasado para poder dar un paso hacia el futuro. En este trabajo se presentan resultados orientados a la opción de emplear la tecnología de la quincha para aliviar el déficit habitacional y el análisis de las opciones termohigrométricas posibles. La quincha es una tecnología ancestral que tiene sus orígenes en la cultura Quechua, donde este término está relacionado con el uso de la caña. En este caso la caña de Castilla es empleada en la construcción de los muros, donde el esqueleto del muro es de caña entrelazada y la piel está conformada por una mezcla de arena, arcilla y fibra vegetal. En el Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA-CONICET) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, del CCT CONICET Mendoza, se ha construido un taller experimental con la técnica constructiva de quincha. Este taller ha sido evaluado térmicamente en forma exhaustiva. En este recinto en las noches de invierno, existe entre el ambiente exterior y el interior una diferencia de temperatura de aproximadamente 8 °C, dada la capacidad aislante de la quincha. El costo monetario de fabricación de un muro de quincha es 2,5 veces menos que la de financiación requerida para un muro tradicional. El costo energético demandante de la quincha también es mucho menor (11,5 MJ/m² contra 510 MJ/m² para el muro de ladrillón), razón por la cual resulta interesante de utilizar en momentos de crisis energética, tal como sucede en estos momentos. Todo esto lleva a considerar que en cuanto a lo referido a lo térmico, energético y económico, la mejor opción es la vivienda construida con la tecnología de quincha, sobretudo en aquellos ambientes rurales y rur-urbanos.

1. INTRODUCCIÓN

La vivienda es un derecho reconocido por diversas instituciones alrededor del mundo, la casa es una condición necesaria para que el hombre pueda venir al mundo, crecer, desarrollarse, para que pueda trabajar, educar y educarse, para que los hombres puedan construir esa unión mas profunda y mas funcional llamada familia, (Papa Juan Pablo II, 1987).

El déficit habitacional crea problemas de carácter económico, político, social y cultural. Los miles de argentinos que viven hacinados en villas miserias y taperas son prueba suficiente. Pueden ocasionar delincuencia, resentimiento y ser factor de violencias y extremismos. (Civit Evans, E, 2007).

En la Argentina existen 10.079.846 viviendas. En Mendoza hay 410.332 (INDEC, 2001), de las cuales 81 % corresponde al área urbana y el 19 % al área rural. El déficit habitacional en la provincia de Mendoza es un tema que cobra cada día más importancia.

A pesar de que en las últimas décadas se han implementado diversos programas habitacionales para la mejoras de los barrios (PROMEBA), y la construcción de nuevas viviendas llevadas a cabo por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), en los distintos departamentos de la provincia, se observa como aún siguen existiendo hogares que tienen las necesidades básicas insatisfechas (NBI), Figura N°1, se consideran hogares con NBI, aquellos en los cuales está presente al menos uno de los siguientes indicadores de privación:

- Hogares que habitan viviendas con más de 3 personas por cuarto (hacinamiento crítico).
- Hogares que habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda

precaria u otro tipo)

- Hogares que habitan en viviendas que no tienen retrete o tienen retrete sin descarga de agua.
- Hogares que tienen algún niño en edad escolar que no asiste a la escuela.
- Hogares que tienen 4 o más personas por miembro ocupado y en los cuales el jefe tiene bajo nivel de educación (sólo asistió dos años o menos al nivel primario).

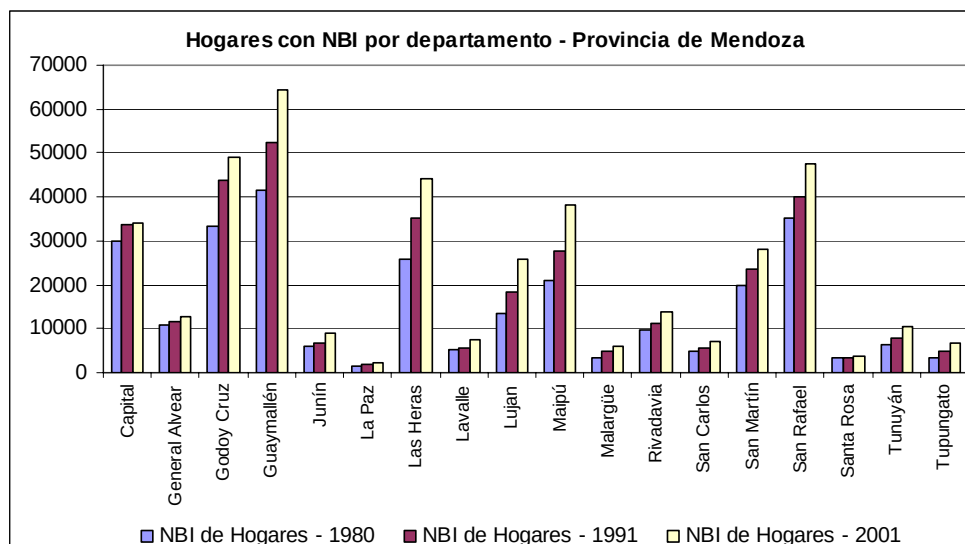


Figura Nº 1: Cantidad de hogares con necesidades básicas insatisfechas, en la Provincia de Mendoza.

Se observa, en la Figura Nº1, que con el avanzar de la décadas, la cantidad de hogares con NBI va en aumento cualquiera sea la situación política reinante.

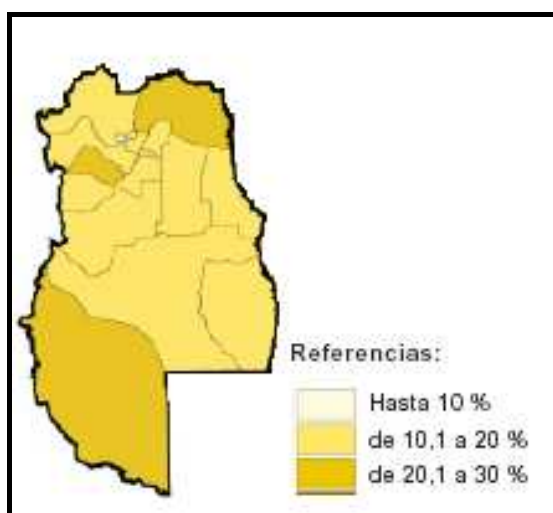


Figura Nº2: Porcentaje de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas por departamento, año 2001

En las últimas décadas se han desarrollado tecnologías constructivas, las cuales, son empleadas en un determinado estrato social debido a su costo elevado, dejando de lado en este proceso los sectores más empobrecidos que no pueden acceder a los planes de vivienda. Sin embargo, como se aprecia en la Figura Nº2, la necesidad del derecho a una vivienda digna existe, y está asociada a la migración de los pobladores de las áreas rurales hacia las ciudades, dando por resultado que ellos mismos construyan su hábitat. Además, hay carencias en los ingresos monetarios y de tecnologías alternativas, aspectos que generan entre otras cosas, viviendas precarias inseguras para su habitabilidad y a la sociedad el crecimiento de asentamientos marginales.

En estos casos, la solución es poder dar una mirada al pasado para poder dar un paso hacia el futuro. Es así, que se propone obtener una vivienda digna, segura, habitable para todos los miembros

de la familia y de bajo costo, empleando una tecnología ancestral, pero conformándola con un procesamiento actual que la hace apropiada ante las solicitudes higiénicas y térmicas actuales, es decir construir viviendas con materiales locales, donde uno de ellos puede ser la tierra cruda, (como fuente de material arcilloso/arenoso).

En este trabajo se presentan resultados orientados a la opción de emplear la tecnología de la quincha para aliviar el déficit habitacional y el análisis de las opciones termohigrométricas posibles.

La quincha es una tecnología que tiene sus orígenes en la cultura Quechua, donde este término está relacionado con el uso de la caña. En este caso la caña de Castilla (*Arundo Donax*) es empleada en la construcción de los muros, donde el esqueleto del muro es de caña entrelazada y la piel está conformada por una mezcla de arena, arcilla y fibra vegetal.

En el Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA-CONICET) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, perteneciente al CCT, se ha construido un taller experimental con la técnica constructiva de quincha (Fernández, 2005). El mismo se encuentra emplazado en la ciudad de Mendoza, y funciona como taller para el armado de hornos solares, destiladores y otras tareas afines.

La estructura principal está conformada por una serie de rollizos de eucalipto, sobre los cuales se disponen palos rollizos horizontales, armando una estructura vinculada. En la construcción del taller se empleó una de las muchas técnicas utilizadas en esta tecnología para el armado de los muros, una de ellas son los muros huecos de quincha, es decir que tienen cañas de Castilla, en ambas caras de los rollizos, dejando una cámara de aire entre ellas y luego en el exterior son revocadas con la mezcla de arena – arcilla y fibra vegetal, sin embargo aquí surge el problema de que en estos espacios se puede producir anidamiento de insectos o arácnidos.

En el prototipo este problema fue resuelto relleno el espacio existente entre las cañas y dando a los muros un correcto acabado superficial, tal como se muestra en la Figura N°3 a.

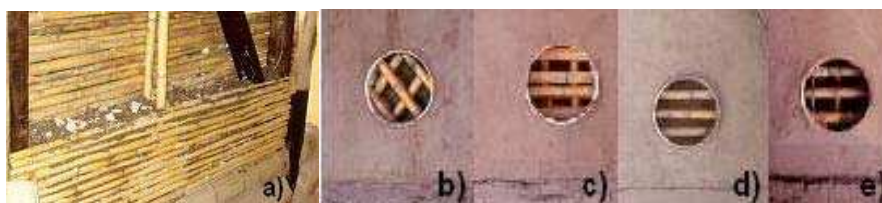


Figura N° 3: Diseños de entramados en paredes hechas de quincha: **a)** Horizontal bilateral continua sin espaciar, **b)** espaciada a 45°, **c)** dos horizontales juntas separadas por una vertical, **d)** horizontal alternada y **e)** una horizontal alternada con una vertical

También se optó por realizar paredes con diversos entramados de cañas en forma unilateral, evitando el utilizar la cámara entre ambos laterales de las cañas, realizando posteriormente el revoque de las mismas con la mezcla de barro.

Sin embargo no hay que olvidar que dado que el barro, sobre todo la arcilla, absorbe humedad por capilaridad, es importante hacer una barrera o zócalo ente el suelo natural y las paredes de quincha, Figura N°4, para lo cual se recurrió al empleo del ladrillo, se hacen cinco o seis hiladas de ladrillos para asegurar de que no existirá humedad en las paredes por capilaridad.



Figura N°4: a) Proceso de embarrado de las paredes y b) paredes terminadas.

El techo del taller experimental, está construido de rollizos canteados de álamo, caña de Castilla para el cielorraso, una lámina de polietileno de 150 μ como barrera de vapor, una capa de hormigón alivianado con pomeca puzolánica y finalmente una membrana asfáltica. Al techo se le ha dejado un alero de 0.50 m para proteger a los paneles de los muros con quincha de la posible degradación por lluvia. En el interior, el piso es de hormigón armado.

2. COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA QUINCHA COMPARADO CON EL LADRILLO COMUN COCIDO.

En este trabajo se analiza el impacto que supone cubrir el déficit habitacional tomando en cuenta, el comportamiento térmico y energético de la tecnología de quincha, comparándola con el comportamiento de la construcción tradicional que se estima que es construcción con ladrillón.

Para realizar las mediciones de temperatura y humedad, se dispusieron dos sensores marca Hobo de temperatura con humedad relativa RH (C) 1996 Onset, uno en el interior del local y otro para medir las condiciones exteriores, a una altura aproximada de 2m, Figura N°5, los mismos toman un dato cada 15 minutos. Una estación meteorológica marca Devis modelo Weather Wizard III donde se toman datos de viento, un solarímetro marca Kipp & Zonen que toma datos de radiación solar global sobre el plano horizontal y se almacena en un data logger Hobo 4 channels external (C) 1998 Onset, la frecuencia también es de 15 minutos.

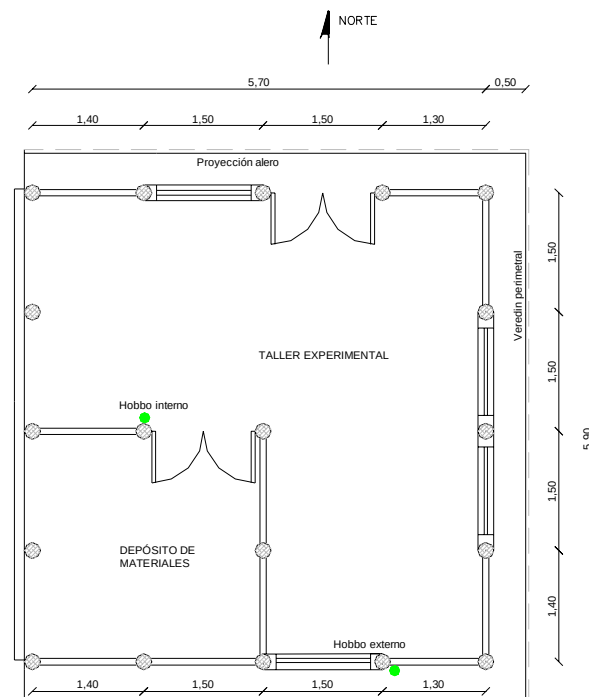


Figura N°5: Plano del taller construido con la tecnología de quincha.

En la Figura N°5 se observa que la orientación de la fachada principal es la Norte, hacia donde posee una ventana de vidrio simple de 3 mm de espesor y 2,46 m² de superficie y no posee ninguna protección de postigones y cortinas, permitiendo la entrada de radiación para calefaccionar en forma natural el interior, dos ventanas hacia la orientación Este y una hacia el Sur, con iguales características y medidas a la anterior.

Para realizar y ajustar la simulación térmica de invierno, se utilizó el programa Simedif (Lesino et al 2000). Se eligieron cinco días hábiles representativos del mes de julio y cinco de agosto. A partir de los datos de radiación y temperatura exterior se simuló la respuesta interior de la quinchá y se hicieron los ajustes necesarios para que la respuesta fuera representativa de los valores medidos durante la experimentación.

Luego se consideró una construcción de iguales características y medidas pero con muros de ladrillón (e=0.18).

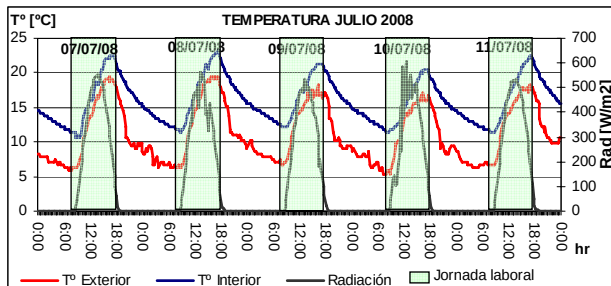


Figura N°6: Temperatura exterior e interior de los días analizados para el mes de Julio

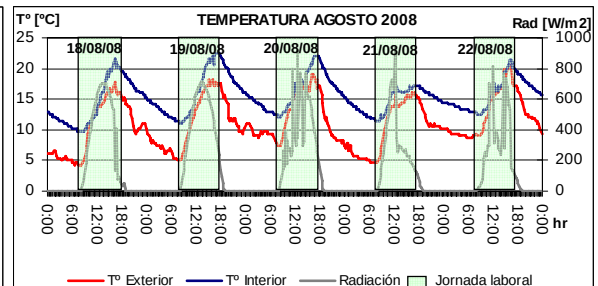


Figura N°7: Temperatura exterior e interior de los días analizados para el mes de Agosto

En las Figuras N° 6 y 7, se observa que en la noche entre el ambiente exterior y el interior existe una diferencia de temperatura de aproximadamente 8 °C, dada la capacidad aislante de la quinchá. Durante el día, esa diferencia es menor debido que el trabajo de taller demanda tener la puerta abierta, por ello, la temperatura interior tiende a asemejarse a la exterior.

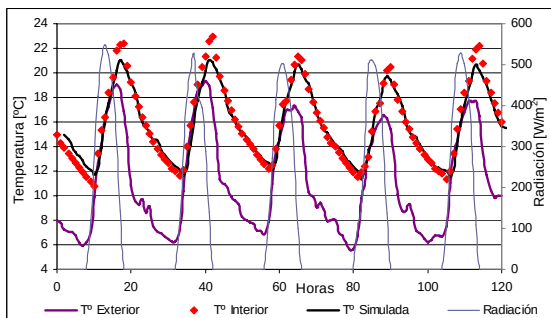


Figura N°10: Resultados del análisis obtenidos con el programa Simedif – mes de agosto

Figura N°8: Resultados del análisis obtenidos con el programa Simedif – mes de julio

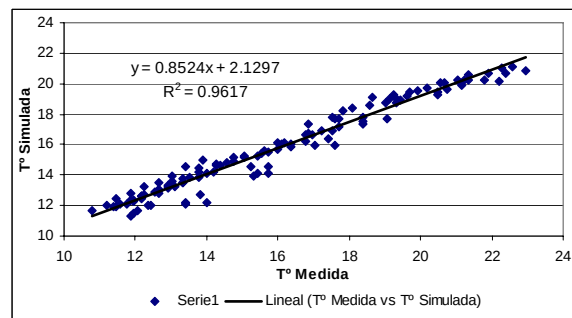
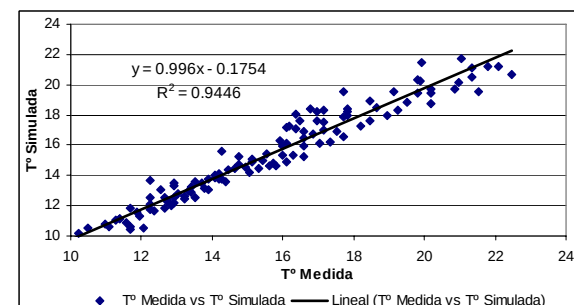
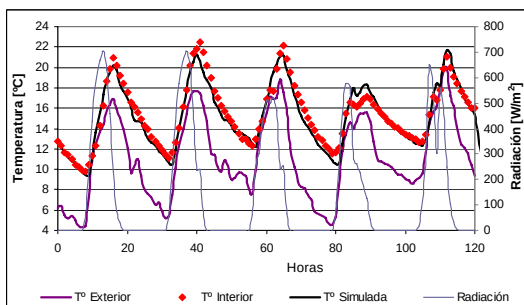


Figura N°11: Correspondencia entre los valores de temperatura medidos vs simulados-agosto

Figura N°9: Correspondencia entre los valores de temperatura medidos vs simulados-julio



En las Figuras N° 8 y 10, se observa que en la noche la temperatura exterior descende rápidamente, pero la del interior del taller lo hace lentamente, debido a la inercia térmica del muro en combinación con una baja transmitancia térmica otorgada por la presencia de la caña, que crea una cámara de aire en el interior del muro. También se observa que la amplitud térmica en el interior del taller es de 10°C y en el exterior es de 14°C, lo cual indica que, dado que la temperatura del local descende tan poco, al día siguiente puede llegar rápidamente, con la radiación propia de la época invernal, a una temperatura confortable de trabajo.

En las Figuras N° 9 y 11, se aprecia que el grado de correspondencia, dado por el índice de determinación de $R^2 = 0.96$ para julio y $R^2 = 0.94$ para agosto.

A partir de la simulación generada en el programa Simedif, para el caso de la quincha, podemos simular ahora el mismo recinto pero en este caso haciendo uso de la mampostería de ladrillos, considerando paredes de $e = 0.18$ m de espesor.

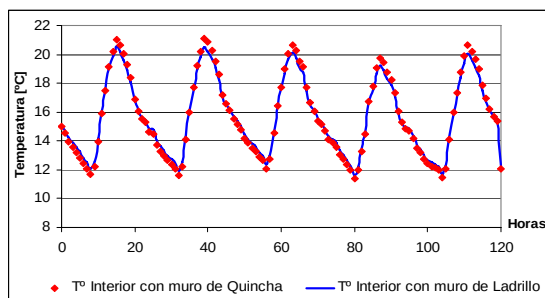


Figura N°12: Resultados del análisis obtenidos con el programa Simedif – mes de julio

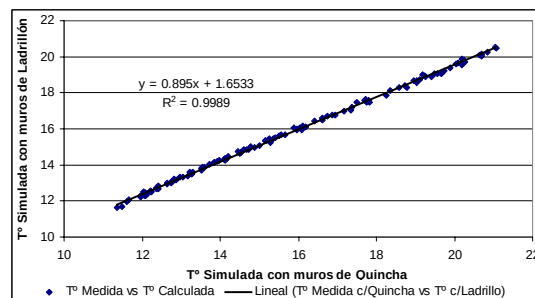


Figura N°13: Correspondencia entre los valores de temperatura simulados quincha vs simulados ladrillo – mes de julio

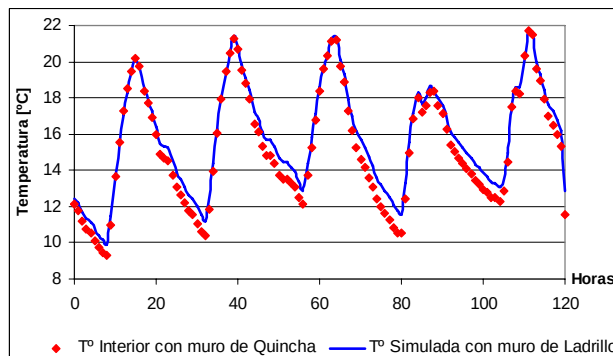


Figura N°14: Resultados del análisis obtenidos con el programa Simedif – mes de agosto

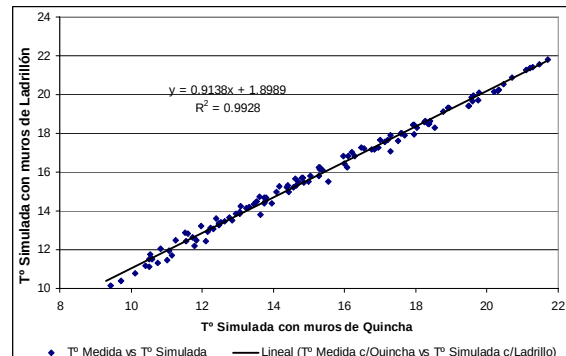


Figura N°15: Correspondencia entre los valores de temperatura simulados quincha vs simulados ladrillo – mes de agosto

En las Figuras N° 12 y 14, se aprecia que el comportamiento del taller construido con la tecnología tradicional de ladrillos da una respuesta muy similar a la de la misma estructura simulada con la tecnología de quincha, y las Figuras N° 13 y 15 muestran que el grado de correspondencia entre los valores de temperatura simulados entre la construcción con ladrillo y con quincha, para julio y agosto, es de $R^2 = 0.9989$ y $R^2 = 0.9928$, respectivamente.

Es interesante notar que para un muro de quincha de un espesor de $e = 0.075$ m la conductancia térmica es de $K = 2.7$ W/m²°C (Mercado et al, 2006); este valor se comparó con un muro de ladrillo, con revoque en ambas caras, se obtiene un muro de $e = 0.20$ m cuya conductancia es $K = 2.54$ W/m² °C.

Es decir que una casa construida con quincha tendrá un comportamiento térmico similar a como si fuera de ladrillo.

3. COSTO ENERGÉTICO Y MONETARIO

Actualmente las construcciones de hormigón armado y ladrillo, tienen una fuerte demanda local debido principalmente a la cultura respecto de su comportamiento sismorresistente, sin embargo, hay que considerar el alto costo energético que demanda la fabricación de estos materiales de construcción, en comparación con el bajo costo energético de los materiales de la quincha. Además, esta última posee la ventaja de una reutilización de las materias primas, barro y caña, para realizar las reparaciones de la vivienda, en su defecto también puede ser reutilizada para la construcción de una nueva vivienda o una ampliación y este proceso se realiza en forma más rápida que para caso de las construcciones de hormigón y ladrillo.

Tabla N°1: Valores de contenidos energéticos y costos monetarios (Fernández et al, 2005)

Sistema constructivo	Contenido energético de los materiales			Costo monetario [\$]
	Estructura [MJ/Kg]	Vano [MJ/Kg]	Total [MJ/m ²]	
Mampostería de 0.18 y H° A°	2.0	2.14	510	63
Quincha Tradicional y rollizos	0.42	0.02	11.0	26.4

El costo monetario y energético de la construcción de 1 m² de muro de quincha y otro igual de hormigón y ladrillón, sin tener en cuenta la mano de obra, se presenta en la Tabla N°1. Se puede observar que el costo monetario de fabricación de un muro de quincha es 2,5 veces menos que la de financiación de un muro tradicional. El costo energético demandante también es mucho menor (11,5 MJ/m² contra 510 MJ/m² para el muro de ladrillón), lo cual lleva a considerar que en cuanto a lo referido a lo térmico, energético y económico, la opción mas conveniente es la vivienda construida con la tecnología de quincha.

Tomando en cuenta el déficit de 120.000 viviendas en Mendoza y de alrededor de 2.000.000 de viviendas en el país, necesarias para solventar las viviendas en mal estado, construir nuevas, etc. (Civit Evans, E, 2007), y su costo energético y monetario de cada tipo de vivienda, podemos construir la Tabla N°2, donde se expresan los montos necesarios para reducir el déficit habitacional. De ellos se puede considerar el 40% a construir en zona rural y rur-urbana, donde se utilizaría la técnica de quincha.

Tabla N°2: Costos energéticos y monetarios de las construcciones tradicionales y con quincha.

Tipología	Costo energético por vivienda	Costo monetario por vivienda	Costo del déficit	
			Energético	Monetario
Vivienda Tradicional (lad+H°A°)	510MJ/m ² *60 m ² /viv = 30,6 GJ/viv	63\$/m ² *60 m ² /viv = 3780\$/viv	40%*120000viv *30,6GJ/viv = 1.468.800 GJ	40% * 120000viv * 3780\$/viv = 181.440.000\$
Vivienda de quincha	11MJ/m ² *60m ² /viv = 0,66 GJ/viv	26,4\$/m ² *60m ² /viv = 1584\$/viv	40%*120000viv* 0,66GJ/viv = 31.680 GJ	40% * 120000viv * 1584\$/viv = 76.032.000\$
Ahorro			1.468.800GJ - 31.680GJ = 1.437.120 GJ	181.440.000\$ - 76.032.000\$ = 105.408.000\$

Se puede observar el impacto que genera la construcción con quincha en la construcción de viviendas que van destinadas a la zona rural y rur-urbana de la provincia.

El costo energético es de aproximadamente 46 veces menor en las construcciones con quincha, con lo cual también se reduce la contaminación ambiental, y en cuanto al costo monetario se está realizando un ahorro de más de un millón de pesos, los cuales pueden ser destinados para satisfacer otras necesidades y poder ofrecer una mejor calidad de vida.

4. CONCLUSIONES

El déficit habitacional en Mendoza es de aproximadamente 120.000 casas, valor que puede ser reducido si optamos por implementar tecnologías alternativas posibles como es el caso de la **quincha**.

La tecnología de la quincha, puede pensarse como una solución para aliviar el déficit habitacional existente en la Provincia de Mendoza. Las construcciones con quincha térmicamente tienen un comportamiento similar a las construcciones con ladrillón, con la diferencia de que las paredes de quincha tienen un espesor de 0,075 m y las de ladrillo son de 0,18 m de espesor. Esto se debe a que la combinación del barro con la caña confiere a la pared una muy buena inercia térmica y la cámara de aire generada por la caña aísla el interior de las inclemencias climáticas exteriores.

También se debe considerar los elevados costos de la construcción, comparativamente las construcciones de quincha son 2,5 veces mas baratas que las de ladrillón, esto es sin tener en cuenta la mano de obra, aunque cabe mencionar que en este tipo de construcciones, dada la sencillez de la tecnología, se alienta la autoconstrucción.

Finalmente se rescata el tema ambiental, donde se observa que el costo energético de producir una pared de quincha es 46 veces menor que la de una pared de hormigón y ladrillo, además del hecho de que los materiales de la quincha pueden ser reutilizados para hacer las refacciones de las mismas viviendas y de esa forma no se generan desperdicios, lo cual no es posible en las construcciones tradicionales.

La consideración de esta tecnología de construcción tiene en nuestro país, una especial importancia si se analizan tanto las posibilidades de su desarrollo y normalización como así también que los sectores en situación de pobreza aún llegan casi al 50% de la población. La tecnología de la quincha tiene un valor, además, histórico-cultural, ya que como técnica de entramado (dentro de los sistemas de la construcción con tierra cruda) ha sido y es utilizada en las arquitecturas vernáculas y presenta una opción actual posible para el campo de la Producción Social del Hábitat. Y no es menor la consideración de que en zonas afectados por sismos, los sistemas de entramado permiten soluciones con mejor comportamiento sismorresistente comparados por ejemplo con las mamposterías confinadas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Civil Evans, Edgardo. 2007. Tremendo crecimiento del déficit habitacional. Diario Los Andes. <http://www.losandes.com.ar/notas/2007/12/7/opinion-250570.asp> (Mayo de 2009)
- Fernández, José Esteban; Esteves, Alfredo; Oviedo, Gustavo; Buenanueva, Fernando. 2005. *La quincha, una tecnología alternativa eficiente para la auto construcción. Aspectos educativos*. En Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. (Vol. 9 Argentina. ISSN 0329-5184).
- Flores Larsen, Silvana; Lesino, Graciela. 2001. *Modelo Térmico Del Programa Simedif de simulacion de Edificios*. Energías Renovables y Medio Ambiente (Vol. 9, pp. 15 - 24, Argentina. ISSN 0328-932X)
- Hays, Alain; Matuk, Silvia. 2003. *Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra*. (Coordinación de Proyecto Proterra del CYTED. Julio).
- INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Dirección Nacional de Políticas Habitacionales. 1991 – 2001. <http://www.indec.gov.ar> (Febrero de 2009).
- Lesino, Graciela; Flores Larsen, Silvana. 2000. *Simedif para windows*. En Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. (AVERMA Vol. 3).
- Mercado, María Victoria; Esteves, Alfredo. 2006. *Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha*. En Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. (Vol. 10, Argentina. ISSN 0329-5184)

Cuitiño, Guadalupe: Ingeniera Civil UNC, becaria tipo I del Conicet. Estudiante del doctorado de Ciencias exactas con especialidad en energías renovables.

Esteves, Alfredo: Ingeniero Industrial UNC. Dipl. Proyectista e Instalador de Sistemas de Energía Solar. Sevilla-España. Investigador independiente CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura Universidad de Mendoza y Facultad de Ciencias Agrarias UNC. Miembro de Jurados en Concursos y Congresos Nacionales e Internacionales. Ha publicado numerosos trabajos respecto del uso de energía solar en el hábitat humano.

Rotondaro, Rodolfo: Arquitecto con título de magíster del Centro Internacional de la Construcción en Tierra, cráterre. Investigador Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, y Profesor Adjunto de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, fadu UBA. Ha publicado numerosos trabajos y dirigido varios proyectos respecto del uso de tierra en la construcción.

Maldonado Graciela: Doctora en Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional. Directora del Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica. (CEREDETEC). Ha realizado numerosos trabajos de investigación y servicios respecto de la construcción sismoresistente.

**REENCONTRARSE EN CASA."TINKUNAKUY WASIPI" (voz quichua)
RECREANDO EL ESCENARIO VITAL DEL HOMBRE
LA ARQUITECTURA COMO CONDICIONANTE DE SU CALIDAD DE VIDA**

Mónica Patricia Esper

Taller estudio Bioarkitectonika. Espacios naturales
info@bioarkitectonika.com.ar te. fax 01145679623

Palabras clave: arquitectura-ambiente-tierra-hombre-energía -hábitat de paz

RESUMEN

OBJETIVO-PROPUESTA

El hombre se ha alejado de su esencia, ha disgregado, separado, peleado, contaminado "especializado". Hemos perdido el rumbo, el faro, el nexo, el puente, la unión, la comunión, la religión, el re-ligarse con. Por ello, esta presentación es una convocatoria para cambiar nuestro estado de conciencia hacia una apertura Holística, Transdisciplinaria, genuina y reflexiva.

La arquitectura ¿determina la calidad de vida del hombre? si, la arquitectura es la acción interactiva entre distintas disciplinas que influyen en el bienestar: ser y estar bien, logrando espacios que intentan volver a dar cobijo, armonizando habitante y hábitat como un todo; la energía, el espíritu, el hombre, la arquitectura, la tierra, el universo todo.

DESARROLLO CONCEPTUALIZACION

Entendiendo que la visión tradicional de la arquitectura se limita al estudio y desarrollo de factores formales, constructivos y artísticos: materiales de construcción, funciones, formas, muebles, objetos, obras de arte, energías, etc. la ponencia apunta hacia una visión holística -una meta-arquitectura; ir mas alla de, intentando mejorar la calidad de vida- desde una propuesta que respete la necesidad psico-física-espiritual-ambiental, de quién habitará ese espacio. Una arquitectura viviente, sagrada, organica, *"que sirva a la vida; donde se encuentre el gozo y la alegría de germinar las semillas"*; un hábitat sostenible, hogar para la paz.

MARCO CONCEPTUAL

Consideramos que el aporte de disciplinas tales como: bioenergía , focusing, permacultura, biología de la construcción, geometría sagrada, psicogeometría, arquitectura orgánica, sociología, psicología, antropología, medicinas complementarias (homeopatía , antroposofía, auriculomedicina, energéticas, sintergéticas, holísticas, etc.), filosofía, metafísica, biología, geología, física, astrofísica, geobiología; todas las cosmovisiones de las diferentes culturas prehispánicas y energéticas, como el feng shui, cosmovisión maya, inca, el vastu vydia, o las lenguas como el quechua; historia de las religiones, del arte, ética, y mas... incorporan, a la arquitectura, otros factores que influyen y determinan la manera cómo el hombre vive y habita; su calidad de vida, elementos que afectan nuestra percepción y nuestros sentidos.

Por ello, necesitamos tomar conciencia de lo que somos y tenemos, con todas nuestras potencialidades; armando el rompecabezas con condicionantes externos e internos, cósmicos y espirituales que recibe el hombre: vínculos genuinos, re-ligantes. El hombre sueña, el territorio pide; el ambiente equilibra, da; la energía orienta, ubica, armoniza. Las herramientas, nos dan los recursos para que todo sea sustentable como un proceso vincular de encuentro para gestar nuevos espacios *"para levantar una carga muy pesada, es preciso conocer su centro... así para que los hombres puedan embellecer sus almas es necesario que conozcan su naturaleza"*

DESARROLLO

1. Objetivo-propuesta

Para comenzar, definiría todo en una palabra **UNIFICAR...las partes de un TODO...**

Cuando el cobijo del hombre dejó de ser refugio, hábitat, protector, lugar de pertenencia, contenedor, acogedor, sano, para pasar a ser **ARQUITECTURA PARA ARQUITECTOS.**

De la tierra y en la tierra surgió todo, y allí volverá.

El Hombre, en su esencia y composición, **ES TIERRA.....**entonces que fue lo que paso en esos tiempos?

Se ha alejado de su esencia , ha disgregado, separado , peleado ,contaminado "especializado" Ha perdido el rumbo , el faro , el nexo , el puente ...la unión La COMUNIÓN LA RELIGIÓN ,Re –ligarse con

Por eso:

Esta presentación es una convocatoria para cambiar nuestro estado de conciencia, rompiendo viejos paradigmas, hacia una apertura Holística, Transdisciplinaria, genuina y ponernos a reflexionar.

La arquitectura ¿determina la calidad de vida del hombre? **SI, LA ARQUITECTURA CON MAYÚSCULAS, ES LA ACCIÓN INTERACTIVA ENTRE DISTINTAS DISCIPLINAS QUE INFLUYEN EN EL BIENESTAR...SER Y ESTAR BIEN,** Logrando Espacios que intentan volver a dar cobijo nuevamente, armonizando habitante y hábitat como un todo, la energía, el espíritu, el hombre, la arquitectura, la tierra el universo todo.

Aquí apunto hacia una **VISIÓN HOLÍSTICA, UNA META ARQUITECTURA, IR MAS ALLA DE,** intentando mejorar la **CALIDAD DE VIDA,** Desde una propuesta que respeta la necesidad **FÍSICO-PSICO – ESPIRITUAL-- AMBIENTAL,** de quién **HABITARÁ** ese espacio, reconectando "Para ser un elemento más de la **CONSTRUCCIÓN DE LA IDENTIDAD, CON DIGNIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL CREATIVIDAD Y REGIONALISMO, RE-LIGANDO, RE-CREANDO, RE ARMANDO O ARREGLANDO,** Para Volver a Dar Vida...A una **ARQUITECTURA VIVIENTE, SAGRADA, ORGANICA, "QUE SIRVA A LA VIDA DONDE ALLÍ SE ENCUENTRE EL GOZO Y LA ALEGRÍA DE GERMINAR LAS SEMILLAS ...DE CAMBIO"**

Arquitectura como Puente, Nexo, Alianza entre el Cielo y la Tierra.

Arquitectura como Canal, Cósmica, Holonística, Integradora, Sintergetica, Lenta, sumándonos a la "natural manera de integración" **"REENCONTRANDO AL SER** (alma, esencia, mente inmortal), **PARA PODER ESTAR... EN CASA-CUERPO, cobijo, refugio.....HABITAT DE PAZ**

Para **GESTAR UN NUEVO ESPACIO ,CON ALMA Y VIDA.**

YCHIS YACHAYWASIKUNA, YCHIS SONCKO, YCHIS MAQUIKUNA.

2. METODOLOGIA

Como un medico o terapeuta del espacio, **UNA MEDICINA PREVENTIVA PROYECTUAL Y CONSTRUCTIVA**

Para ello, necesitamos tomar **CONCIENCIA** de lo que somos, y tenemos con todas nuestras potencialidades.

ARMANDO ROMPECABEZAS CON LOS CONDICIONANTES EXTERNOS E INTERNOS, COSMICOS Y ESPIRITUALES QUE RECIBE EL HOMBRE., VINCULOS GENUINOS RELIGANTES....entonces

El hombre sueña, El territorio pide. El ambiente equilibra, da, deja que el nos reclame.

La energía orienta, ubica, armoniza .EL escuchar, acompañar, trabajando como un gran equipo, todos los integrantes, es el modo.

LAS HERRAMIENTAS NOS DAN LOS RECURSOS PARA QUE TODO SEA SUSTENTABLE

ELLAS como un proceso VINCULAR DE ENCUENTRO PARA CONSTRUIR NUEVOS ESPACIOS.

- ❑ FOCUSING Y COUCHING ARQUITECTONICO
- ❑ ESPACIO INCONSCIENTE FAMILIAR
- ❑ PROGRAMACION NEUROLINGUISTICA
- ❑ ARQUITECTURAS ENERGETICAS REGIONALES
- ❑ PSICOGOMETRIA O GEOMETRIA SAGRADA
- ❑ BIOAMBIENTAL – BIOCLIMATICO – PERMACULTURA
- ❑ BIOARQUITECTURA – BIOCONSTRUCCIÓN – BIOARMONIAS – GEOBIOLOGÍA
- ❑ ARQUITECTURA ORGÁNICA
- ❑ SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ESENCIALMENTE NATURALES, MATERIALES SANOS, VIVOS, PARAMAGNÉTICOS

3. CONCLUSIONES

"Arquitectura, construcciones, exactamente a la medida de...Sintiendo el futuro del planeta tierra"

Intentando Rescatar LO GENUINO, LO BUENO, LO ESENCIAL, LO BELLO, para elevarnos y construir la vida, ESPEJANDO LO DIVINO AQUÍ EN TIERRA.

Se mostraran obras construidas y proyectos, como resultados de esta propuesta y en especial, sus Bitácoras del proceso.

3.1 Mapa de Contacto Proyectual



Fig. 1 Mapa de Contacto. Bitácora de Viaje

3.2 Desarrollo de ese Proceso



Fig. 2 Visión Holística de las Herramientas

3.3 Re- Creando el escenario vital del hombre

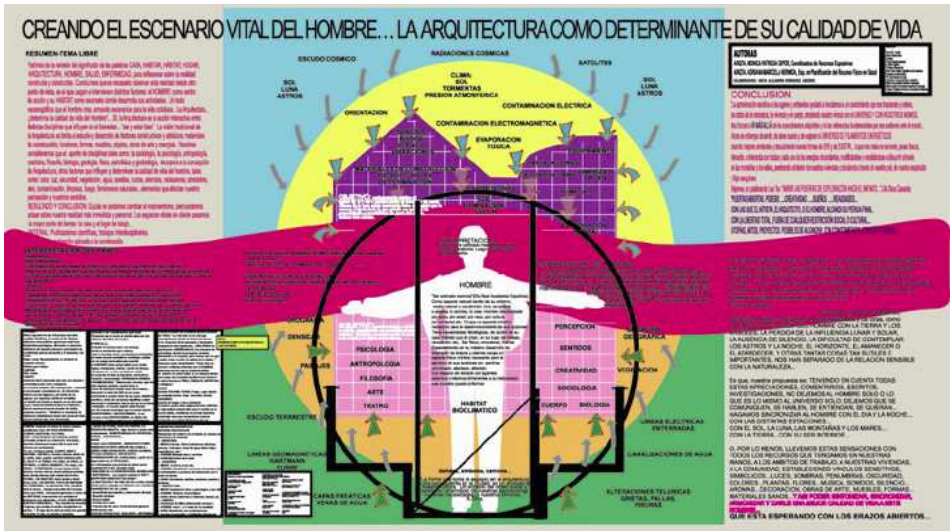
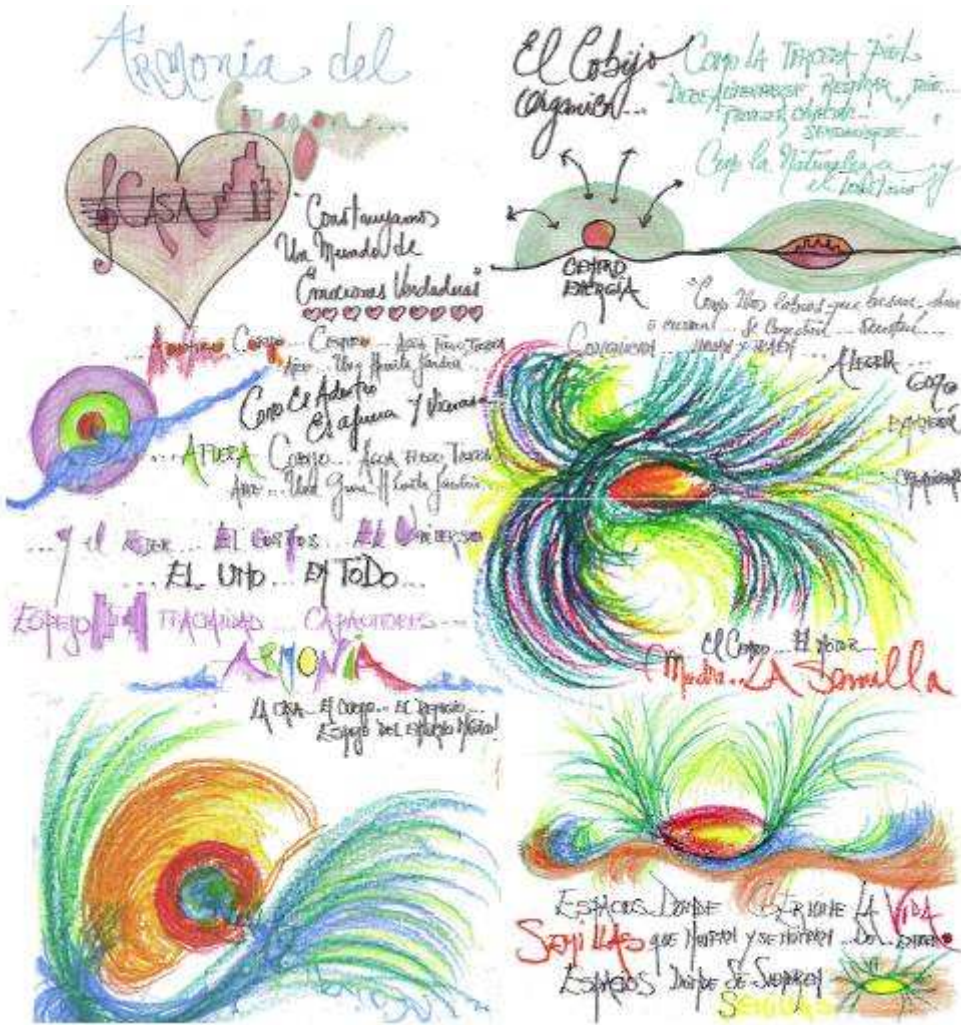


Fig. 3 Relación espacio-hombre, su influencia en el desarrollo de las actividades cotidianas y la incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida.



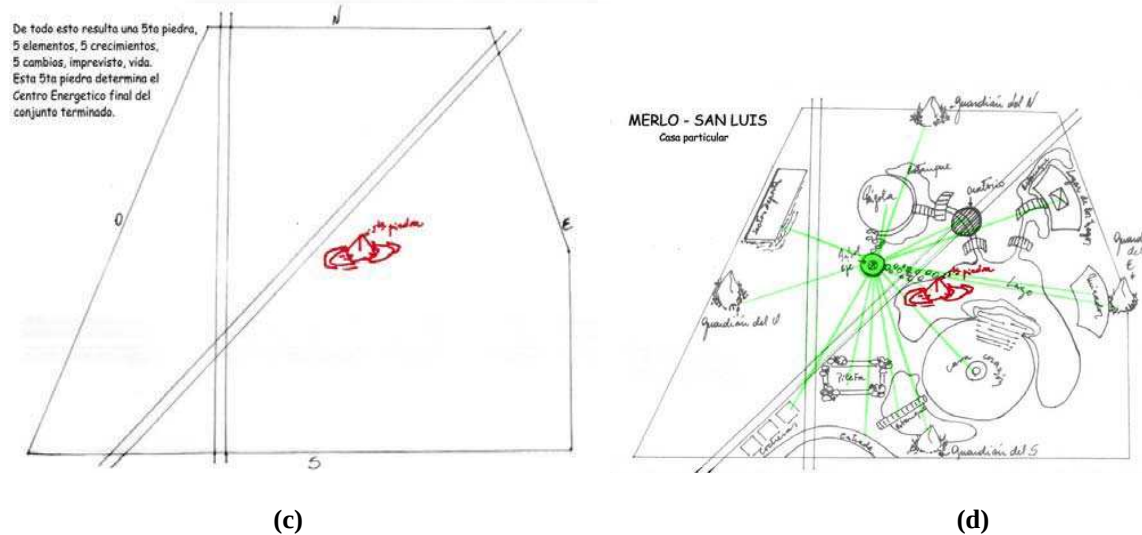
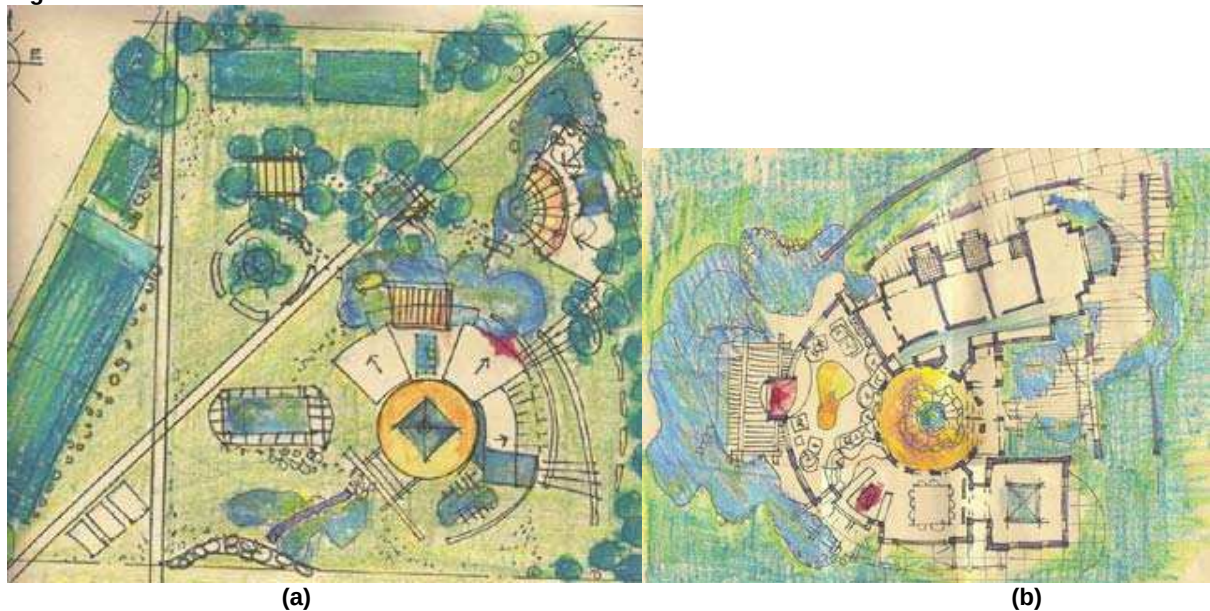


Fig.6

- (a) Sobre una superficie de 11837m2 se busco el centro radial generador de todo el complejo. Este centro coincidió con un árbol (árbol-eje) a partir del cual se midió y organizó en parámetros bioenergéticos las demás estructuras.
- (b) Tomando el árbol-eje, se despliega el movimiento que da vida a la superficie pero que a la vez la hace volver al centro y la contiene. La casa corazón que permite la circulación y el crecimiento en una permanente vuelta al origen
- (c) De todo esto resulta una 5ta piedra, cinco elementos, cinco crecimientos, cinco cambios, imprevisto, vida. Esta 5ta piedra determina el Centro Energético final del conjunto terminado
- (d) Plano Completo.

4.2 Materialización de resultado en Variantes del Anteproyecto

Fig. 7





(c)

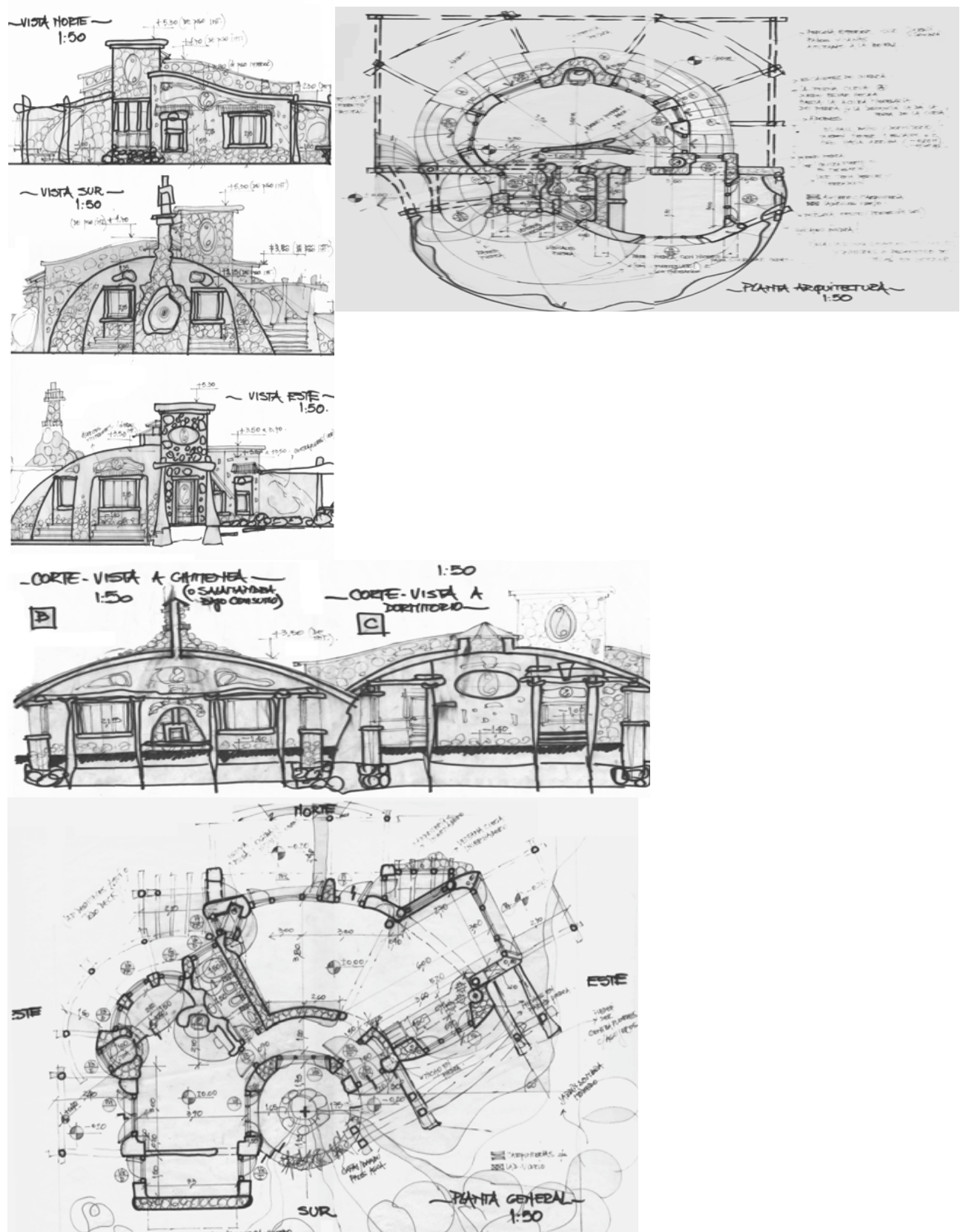


(d)



Fig. 7 Provincia de San Luis. Argentina
(a) y (b) Plantas de Conjunto
(c) y (d) Variante seleccionada. Axonómicas
(e) y (f) Vistas del proyecto

Fig. 8





(a)

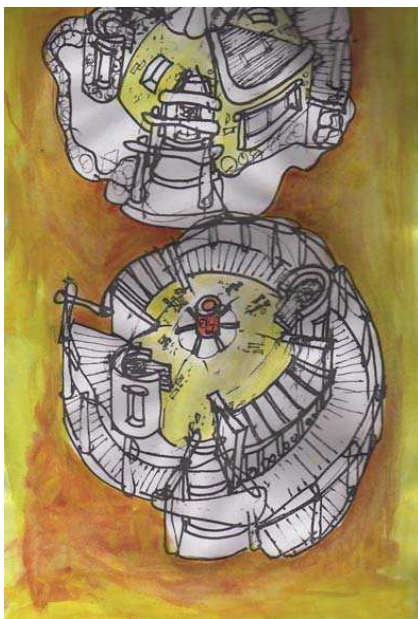


Fig. 8 Provincia de Córdoba. Argentina
 (a) Plantas y Vistas del Proyecto



Fig. 9 Imágenes

5. REFERENCIAS

5.1 Focusing Arquitectónico

Focusing. Eugene Gendlin

Manual de Pasos y Habilidades. Ann Weiser

El poder del Focusing. Ann Weiser

Counselig Humanístico, Teoría y práctica. Elena Frezza

Apuntes de Curso. 2005. Holos. Capital Federal

Arq. Jorge Sarquis .Lic. Carlos Martínez Bouquet.

5.2 Calendario Maya

Apuntes de Curso. Prof. Mercedes bonet

Calendario actualizado. Mirta Blassia Tassini

Libros de José Argüelles

5.3 Feng Shui, decoración positiva, Geoterapia

Escuela Hispanoamericana de Feng Shui. Dir. Marcelo Viggiano

El Feng Shui de la Tierra. J. m. Chica Cassasola

Como aplicar la antigua sabiduría. Lilian Too

La Ancestral Sabiduría del Feng Shui. Eva Wong

Feng Shui para Occidente. Habitación por habitación. T.C.Collins

5.4 Arquitectura Bioambiental, Bioclimática....Permacultura

Manual de Bioclimática. Cátedra Adams U.B.A

Diseño Bioclimático. Arq. L. E. Mollet, Arq. A. Marestany

Apuntes de Permacultura. Prof. Antonio Urdiales Cano

Introducción a la Permacultura. Bill Mollison

5.5 Bioarquitectura –Bioconstrucción - Bioarmonías

El Libro de la Casa Natural. La Casa Natural. D. Pearson

El Gran Libro de la Casa Sana. Vivir en Casa Sana. Mariano Bueno. GEA

La Salud por el Hábitat. Gerard Edde

Cobijo. Luis F. Galiano

Tipos Predominantes de la Vivienda Social Argentina. UBA. FAU

Radiestesia y Geobiología. Padre Ricardo Luis Gerula

El Diseño Aplicado en zonas Geopatógenas. Consuelo Ardila

Tu Casa, Tu Salud. J. Le Maya

Apuntes de la Baubiología

5.6 Geometría Sagrada y Psicogeometría y Arquitectura Orgánica

Seminario en Bs. As., del Dr. Santiago Córdoba Rojas, Colombia.

Seminario, Nivel 1 y 2 de Psicogeometría, en Bs. As. , Ninon Fregoso , y Antón Ponce, México

Seminario de Arquitectura Orgánica y Geometría Proyectual (Sociedad Antroposófica)

6. AGRADECIMIENTOS

Al VIII SIACOT y II SAACT por la posibilidad de realizar esta presentación.

Mónica Esper: Arquitecta U. B. A –C.P.A.U 14309 (1 a 6) Maestría en Desarrollo sustentable-Flacam Cepa. Universidad de Lanús
Consultora en Feng Shui, Baubiología, Geobiología, Arq. Sagrada, Psicogeometría.
Especialista en Bio- Arquitectura, Recursos Humanísticos, Energéticos y Espirituales.
Coordinadora de Recursos Expresivos (cuerpo, mascarar, creatividad, psicodrama, grupo). Focuser. Reiki nivel 1Y2

LA EVALUACION TERMICA COMO HERRAMIENTA PARA EL MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS POPULARES RURALES DE TUCUMAN, ARGENTINA

Beatriz Garzón ¹; Gabriela Giuliano Raimondi ²

¹ Facultad de Arquitectura – Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán. CONICET.
Av. Roca 1900. San Miguel de Tucumán, Tucumán (4000) -Argentina. 54-381-4364093. e-mail:

bgarzon@gmail.com

² Facultad de Arquitectura – Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
Av. Roca 1900. San Miguel de Tucumán, Tucumán (4000) -Argentina. 54-381-4364093. e-mail:

gm_giuliano@gmail.com

Palabras clave: hábitat doméstico rural; estrategias de diseño; simulación térmica de edificios; adecuación bioambiental.

RESUMEN

Los requerimientos de resolución de las viviendas rurales espontáneas han surgido de la necesidad sentida, de la experiencia y herencia acumulada de sus usuarios-constructores y de la creatividad de los mismos quienes, dentro de su realidad, tratan de mantener un equilibrio con sus ambientes: natural y cultural mediante la adaptación de sus soluciones a los recursos disponibles.

Este trabajo tiene como propósito mostrar:

- el análisis de 2 hábitat rurales domésticos ubicados en 2 zonas diferentes de la Provincia de Tucumán en Argentina con el objeto de evaluar su respuesta térmica mediante la interrelación de las variables de emplazamiento, espaciales, ambientales, morfológicas y tecnológicas con las climáticas.

La metodología usada es la Investigación-Acción Participativa.

Los resultados obtenidos son:

- Identificación geográfica y caracterización climática del área de trabajo;
- Relevamiento de disposiciones y envolventes arquitectónicas utilizadas en la producción de dichas viviendas;
- Simulación térmica;
- Propuestas para el mejoramiento.

INTRODUCCIÓN

En relación al Hábitat Doméstico Popular Rural, puede decirse, en general, que se conservan modos de vida y tradiciones constructivas que se reflejan, aún hoy, en sus viviendas y demás construcciones complementarias, como resultante de la permanencia de las condiciones particulares, tanto naturales como culturales, de estos ambientes.

Además, se observa la adaptación de las soluciones a los recursos disponibles y a los principios del "Acondicionamiento Ambiental". Para el cumplimiento de este último aspecto los elementos de la naturaleza son tomados para servir a distintos fines: Confort térmico (enfriamiento, humidificación, protección solar, calefacción, protección de vientos), Saneamiento (provisión de agua fría, agua caliente), Cocción y horneado; etc.

Los requerimientos de resolución de las viviendas rurales han surgido de la necesidad sentida, de la experiencia y herencia acumulada de sus usuarios-constructores y de la creatividad de los mismos; quienes, dentro de su realidad, tratan de mantener un equilibrio con su ambiente.

METODOLOGIA

Se enmarca dentro de la Investigación-Acción Participativa. Se basa en un estudio comparativo y correlacional de casos, confrontando distintas realidades geográficas con el objeto de determinar soluciones arquitectónicas y tecnológicas apropiadas y apropiables en relación a sus contextos.

PROPÓSITO

Se plantea:

"el análisis del hábitat popular rural de Tucumán, en relación a su adaptación al sitio y el control-aprovechamiento de los elementos del ambiente: sol, viento, suelo, vegetación y saberes, junto al rescate de los procesos locales para su producción y acondicionamiento, mediante la utilización de disposiciones espaciales, morfológicas y tecnológicas que permitan encontrar y reformular soluciones adecuadas para el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad y salubridad, de sus habitantes y según normas".

OBJETIVOS

Ellos son:

- Ubicar geográficamente las zonas de trabajo y caracterizar el clima de las mismas.
- Determinar las estrategias y pautas de diseño bioclimático-energético en viviendas populares rurales.
- Simular el comportamiento térmico de las mismas mediante la versión de SIMEDIF para Windows.
- Confrontar la aplicación de las estrategias con los datos obtenidos de las simulaciones.
- Proponer alternativas para su mejoramiento.

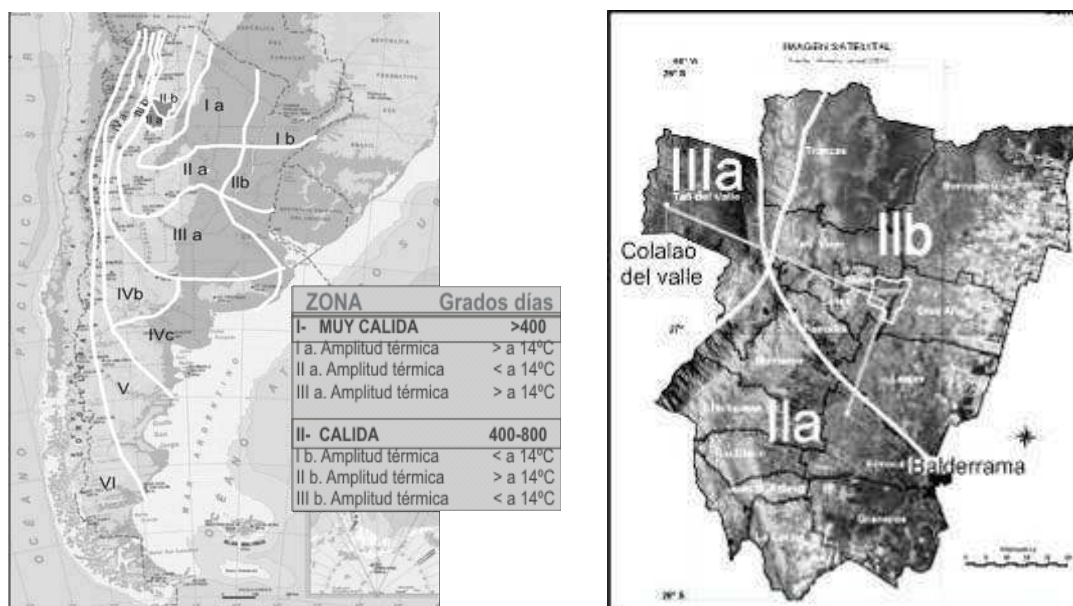
RESULTADOS ALCANZADOS

1. Ubicación geográfica y caracterización climática de las zonas de trabajo

- 1.1 Comunidad de la Llanura Tucumana: Balderrama, en la Llanura Sur.
- 1.2 Comunidad de los Valles Tucumanos: Colalao del Valle, en el Valle Calchaquí.

Balderrama, en el Departamento Simoca. Es área cañería y se localiza a 50 km. AL S.E. de la Capital de Tucumán. Su clima se caracteriza por un período estival muy cálido y húmedo. Cuenta con una época invernal, más seca y con temperaturas relativamente bajas. La nubosidad anual es de 4,8 (escala 1 a 10). (Tabla 1; Figuras 1 y 2; 3; 4).

Colalao del Valle, en el Departamento de Tafí del Valle, a 195 km. al N.O. de San Miguel de Tucumán. El clima es árido; se caracteriza por un período estival cálido y seco: posee una época invernal más seca y con temperaturas bajas. La nubosidad anual es de 2,3 (escala 1 a 10) (Garzón, B; 2006. [2]). (Tabla 1; Figuras 1 y 2; 3; 4).



Figuras 1 y 2: Mapa bioambiental de Argentina y zonas biambientales de Tucumán (NORMA IRAM 19). Tabla 1: Datos geográficos y climáticos de las zonas. (Servicio meteorológico Nacional. 1992. [1])



Figura 3: Paisaje natural y relieve del terreno de Balderrama y Colalao del Valle

2. Determinación de estrategias bioclimáticas

A partir de los datos climáticos de las localidades en análisis se observa que la situación crítica para el diseño es la situación de “verano” (período cálido) a considerar en Balderrama y en Colalao del Valle la de “invierno” (período frío). En base a ello, se determinaron las estrategias bioclimáticas para las zonas bioambientales en estudio a través del uso del Diagrama Psicrométrico. De la metodología empleada se obtuvieron y consideraron las estrategias de mayor porcentajes (Garzón, B; 2006. [2]) (Figuras 11, 12)

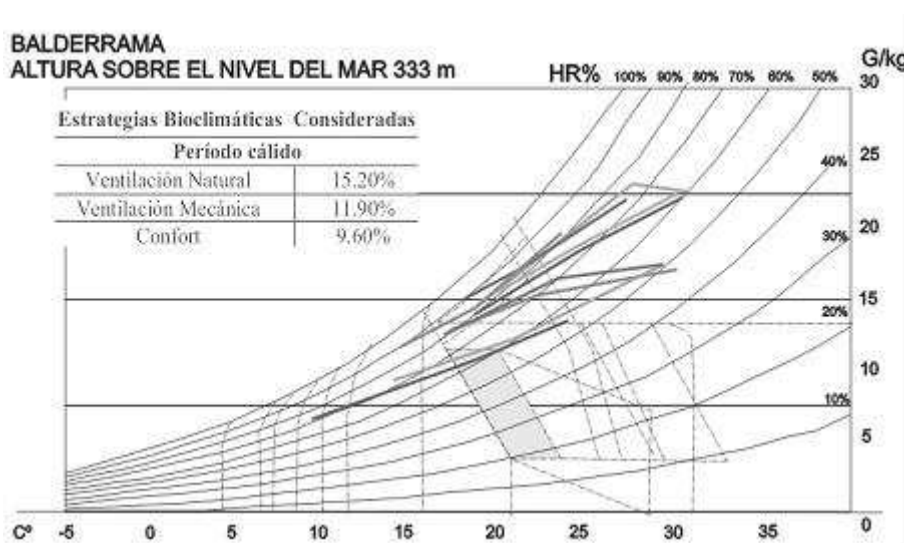


Figura 11: Diagrama psicrométrico (Septiembre – Abril)

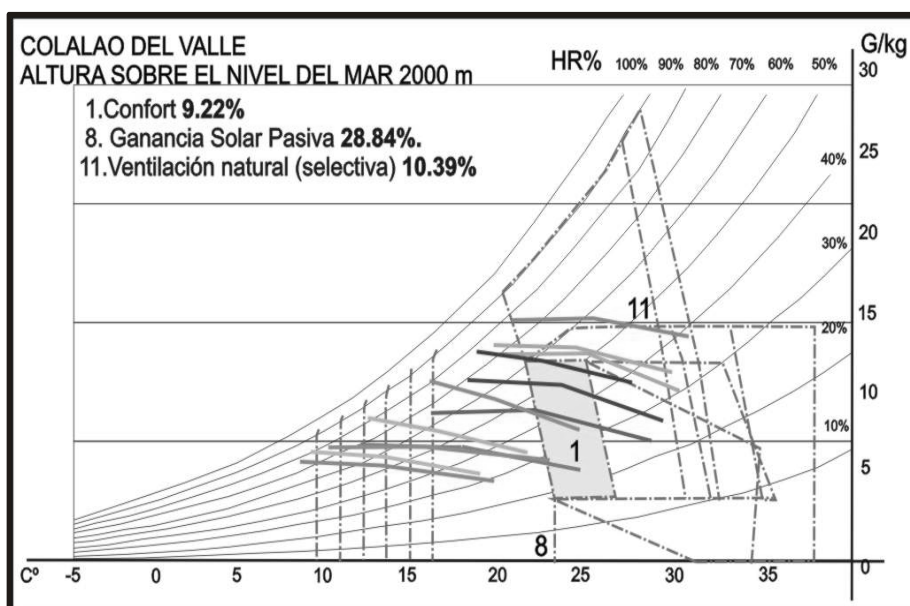


Figura 12: Diagrama psicrométrico (Abril-Septiembre)

3. Simulación del comportamiento térmico-energético viviendas

3.1 Vivienda en Balderrama

El programa utilizado es el SIMEDIF en la versión que corre bajo Windows. Este programa de simulación de edificios fue desarrollado en el INENCO y es una herramienta de diseño y evaluación térmica de edificios, (Flores Larsen S. y Lesino G. 2000 [4]).

Se ha simulado para Balderrama, la vivienda en consideración con el objeto de conocer su situación térmica, en el período de verano (por ser el más desfavorable para esta localidad), para un lapso de 10 días comprendido entre 21 de diciembre y el 5 de enero.

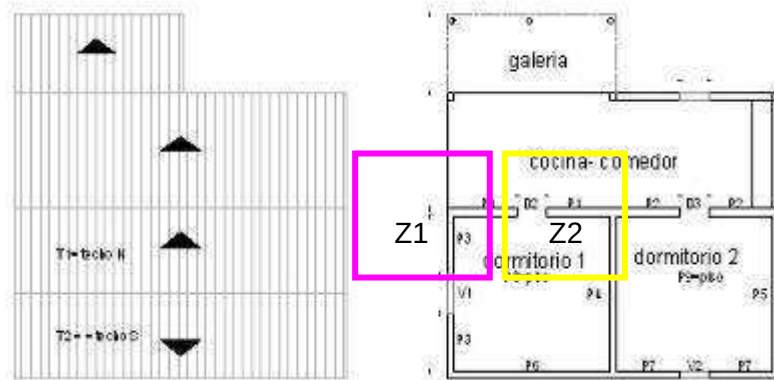


Figura 25: Zonas isotérmicas.

Los resultados obtenidos, representan las temperaturas simuladas de locales interiores. Para el cálculo se utilizaron los datos meteorológicos oficiales de temperatura (Servicio Meteorológico Nacional. 1992 [1]) y los valores de radiación se obtuvieron con el Programa RadSol-V01 (Negrete, J. 2001. [7]); los 2 locales se tomaron como zonas isotérmicas diferentes Z1 dormitorio 1 y Z2 dormitorio 2, según *Figura 25*.

Los muros de ladrillo cerámico macizo se simularon como paredes y el techo con cubierta de chapa como tabique, con un coeficiente C de Transmisión Térmica ($C=k/e$, con k la conductividad térmica en $W/m^{\circ}C$ y el espesor en m.) de $2,02 W/m^2C$ y $4,23 W/m^2C$, respectivamente.

Se presentan las temperaturas simuladas de los locales más importantes, del volumen principal de la casa (dormitorios 1 y 2: locales 3a y 3b respectivamente, según *Figura 26*). Como coeficientes convectivos externos se empleó un valor de $10 W/m^2C$ para paredes y tabiques que reciben radiación. Se ha tomado este valor pues se ha considerado a las puertas y ventanas abiertas. Los coeficientes convectivos interiores se fijaron en $6 W/m^2C$ para paredes y tabiques que no reciben radiación.

El números de renovaciones de aire por hora de cada local se fijó en 10, debido al modo de vida de los usuarios de la vivienda, quienes establecen una constante relación entre el dentro y el afuera ya que por sus actividades -habitar y producir- viven gran parte del tiempo en los espacios exteriores.

La curva de temperatura exterior representa los valores registrados por el Servicio Meteorológico Nacional para la zona (Servicio Meteorológico Nacional. 1992 [1]).

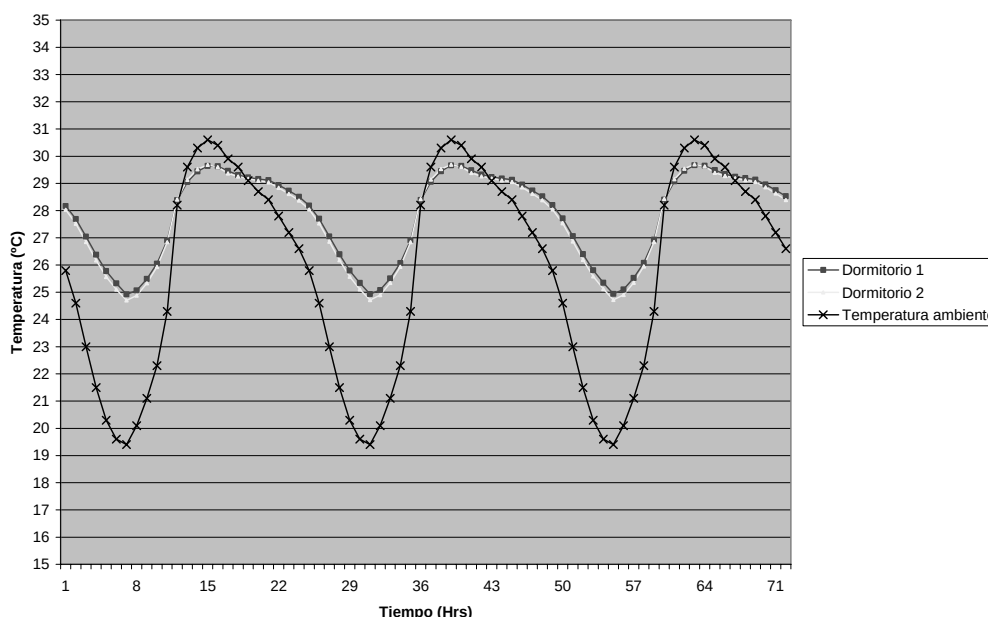


Figura 26: Comportamiento térmico de los locales de la vivienda en relación Temperatura exterior (SIMEDIF [4]).

Durante las horas de sol en verano y de temperaturas máximas exteriores de 30°C (Figura 27), se observa que el local ubicado hacia el Norte-Oeste presenta temperaturas mayores en relación al orientado Norte-Este; ambos tienen amplitudes térmicas de aproximadamente 5°C, dadas entre los 25°C y 29,5°C.

En los dormitorios, con protección de galería y comedor hacia el Norte, la temperatura máxima obtenida es de 29,5°C a las 16 hs. y la temperatura mínima es de 25°C a las 8 hs.

Se observa, además, que la temperatura media externa es de 25°C y la amplitud térmica exterior es alta, con temperaturas mínimas y máximos de 19,5 a 30,5°C.

En el interior de la vivienda, en cambio las temperaturas medias son de 27°C, aproximadamente, y con amplitudes térmicas en locales, con mínimos y máximos de entre 25°C y 29,5°C. O sea, la mayor parte del día, con temperaturas superiores a la considerada de confort para verano de 25°C.

Por lo tanto, sería necesario el uso de ventilación auxiliar o refrigeración mecánica.

Pero, es sabido que el ingreso económico de sus habitantes les hace difícil acceder a sistemas convencionales que utilicen energía eléctrica y gas, siendo más conveniente los sistemas no convencionales para mejorar las condiciones interiores de sus locales.

3. 2 Vivienda en Colalao del Valle

Se ha simulado un caso típico de vivienda para la localidad en consideración con el objeto de conocer su situación térmica, en el período más crítico para esta zona: invierno, para un lapso de 10 días comprendido entre 21 julio y 5 de Agosto.

Los resultados obtenidos, representan las temperaturas simuladas de locales interiores. Para el cálculo se utilizaron los datos meteorológicos oficiales de temperatura (Servicio Meteorológico Nacional. 1992 [1]) y los valores de radiación se obtuvieron con el Programa RadSol-V01 (Negrete, J. 2001. [7]); la vivienda se zonificó, agrupando locales de a pares, como zonas isotérmicas (ZI): ZI 1 (depósito; dormitorio b), ZI 2 (dormitorio a; estar-comedor), y ZI 3 (cocina) según Figura 27.

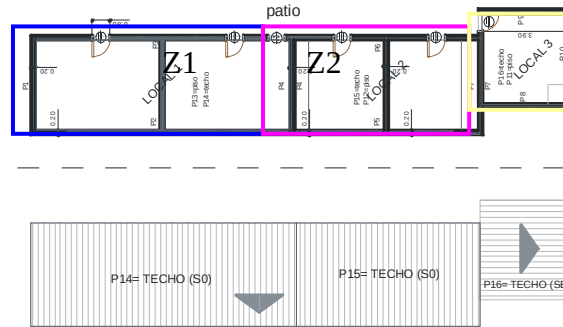


Figura 27: Zonas isotérmicas.

Los muros de adobe y el techo con cubierta de torta de barro, se simularon como paredes, con un coeficiente C de Transmisión Térmica ($C=k/e$, con k la conductividad térmica en $W/m^{\circ}C$ y e el espesor en m) de $2,45 W/m^2^{\circ}C$ y $2,1 W/m^2^{\circ}C$, respectivamente.

Para los locales se adoptaron 2 renovaciones de aire por hora para invierno por infiltraciones de aire a temperatura exterior. Para la ventana con postigotes se utilizaron valores de transmitancia térmica de $5,8$ (día) y $2,8 W/m^2^{\circ}C$ (noche). Se utilizaron coeficientes convectivos interiores de 6 y $8 W/m^2^{\circ}C$ (para superficies no asoleadas y asoleadas, respectivamente) y coeficientes convectivos exteriores de $10 W/m^2^{\circ}C$.

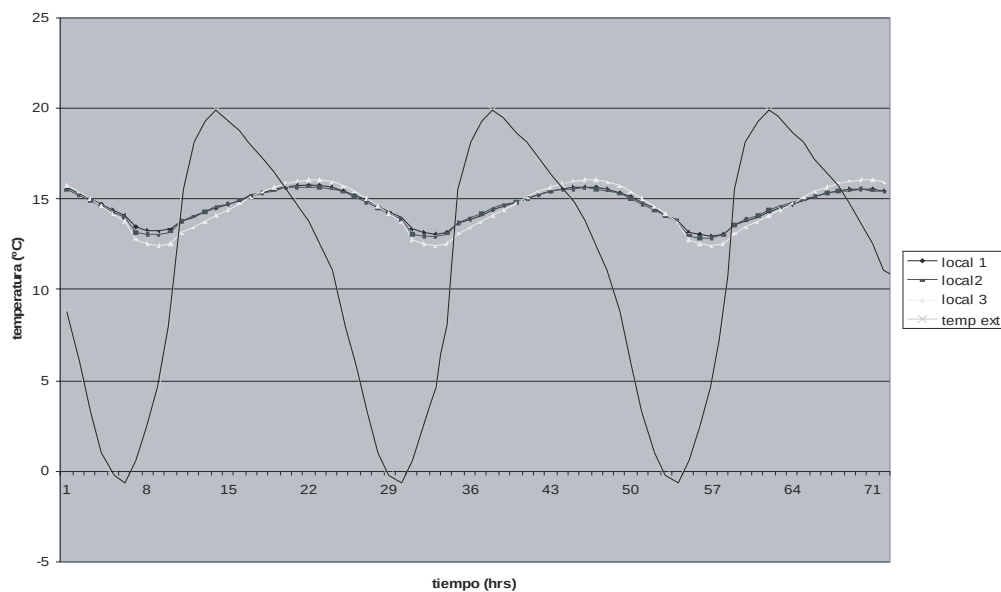


Figura 28: Comportamiento térmico de los locales de la vivienda en relación a la Temperatura exterior.(SIMEDIF [4]).

Durante las horas de sol en invierno y temperaturas máximas exteriores de $19,9^{\circ}C$ (Figura 29), se observa que los locales ubicados hacia el Noreste presentan temperaturas mayores que la del ambiente exterior y amplitudes térmicas de $3,5^{\circ}C$. (Figura 27).

La vivienda orientada en el eje en sentido Noroeste-Sureste, presenta las mayores y menores temperaturas en Z3, (cocina con valor máximo de $16,5^{\circ}C$ a las 22 hs. y apenas alcanzan los $13^{\circ}C$ alrededor de las 9 hs.) en comparación las Z1, (ex dormitorio convertido en depósito y dormitorio a) y Z2 (dormitorio b y estar-comedor), ambos con máximas de $16^{\circ}C$ a las 22 hs. y mínimas de $14^{\circ}C$, alrededor de las 9 hs.

Se observan además, que temperatura media externa es de $9,5^{\circ}C$ y la alta amplitud térmica exterior, con temperaturas mínimas y máximos de -1 a $20^{\circ}C$. Aunque estos valores aparecen mejorados considerablemente en el interior de la vivienda con temperaturas

medias de 14,5°C, aproximadamente, y bajas amplitudes térmicas en locales, de entre 16,5 °C y 12,5 °C, éstos se encuentran claramente fuera del área de confort durante todo el día, considerada para invierno de 20°C.

Por lo tanto, sería necesario el uso de sistemas de calefacción auxiliar.

La calefacción convencional en este caso, será poco factible, por los costos que esto les significaría a la familia ya que sus recursos económicos disponibles no les permiten acceder a sistemas que utilicen energía eléctrica y gas, siendo conveniente los sistemas no convencionales que utilicen en forma racional la leña como combustible, para mejorar las condiciones interiores de confort (*Tabla 6*).

4. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

Cabe aclarar que las mismas surgen de: un análisis de observación y una simulación térmica constituyendo, por lo tanto, una primera aproximación a la evaluación de su desempeño térmico.

En una segunda etapa, se prevé un análisis de datos reales a través de mediciones de temperaturas para ratificar y/o rectificar las propuestas.

Como se observa, en ambos casos a pesar de haber aplicado los usuarios-constructores las estrategias de diseño a nivel emplazamiento en el terreno, configuración morfológica y funcional, no se tuvieron en cuenta las mismas a nivel de su resolución tecnológica:

A partir de los resultados obtenidos, a continuación se presentan algunas de las posibles alternativas que permitirían mejorar el confort térmico dentro de las viviendas en Balderrama, durante el período cálido, mediante sistemas de enfriamiento pasivo y en Colalao del Valle, en el período frío, mediante sistemas de calefacción pasivas.

5.1 Vivienda en Balderrama

Se ha usado una mampostería y un techo con un valor de transmisión térmica (K) superior al valor admisible más bajo de la normativa (*Tabla 8*) (NORMA IRAM. 1996. [6]).

Si bien existen superficies verticales sombreadas de la envolvente (N.), las expuestas a las mayores cargas térmicas -E. y O.- (*Figura 28*) no se encuentran protegidas de la radiación solar incidente por lo que la ganancia térmica es importante.

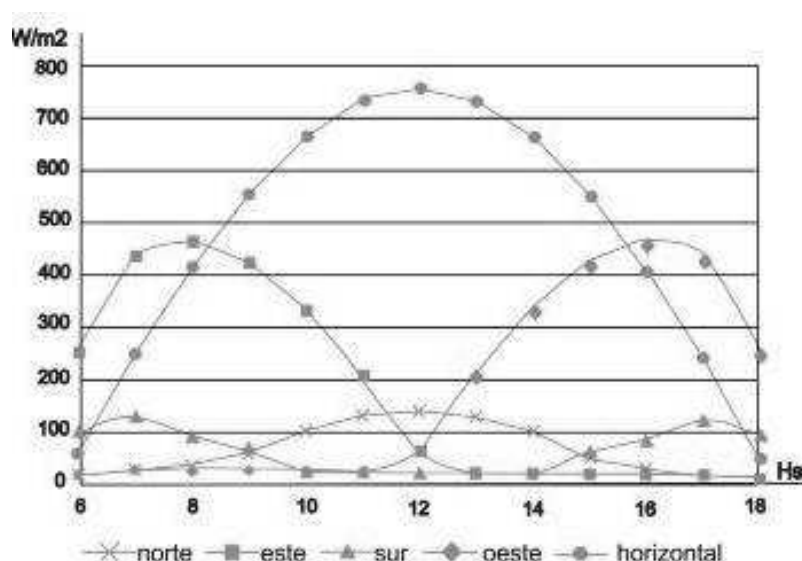


Figura 28: Radiación solar anual promedio 90° y horizontal.

En base a lo analizado, se propone para el mejoramiento de comportamiento térmico de esta vivienda:

1. Complementar las estrategias para lograr ventilación natural con otras para acercarse a la situación de confort; Emplear la estrategia ventilación mecánica, también para ello;
2. Proteger de la radiación solar las superficies verticales de las orientaciones E., O. y S.
3. El uso de un nuevo cerramiento vertical para disminuir el gasto energético desde la producción misma de los materiales constructivos a emplear y para reducir la ganancia térmica en la vivienda;
4. Una alternativa de cerramiento superior, que posibilite disminuir ganancia térmica a través del mismo.

1. Se hace necesario aplicar otras pautas de enfriamiento para confort y enfriamiento estructural, por ejemplo:

- ventilación nocturna
- ventilación por efecto chimenea.

y compatibilizarlas con las aplicadas.

2. Se plantea el uso de la vegetación de hojas caducas como recurso natural local para controlar el sol en verano y dejarlo pasar en invierno (por ejemplo: pérgolas profundas con enredaderas o arbustos o árboles de copa alta y tronco bajo) hacia las orientaciones E., O. y S.

3. La propuesta de adopción de otro cerramiento vertical surge de la reformulación de la utilización de los recursos tradicionales en el lugar a través de un nuevo panel (espesor = 0,125 m), construido con caña, madera y barro. (Figura 29).



K panel de quincha	0,48 W/m ² °C
K mampostería de ladrillo hueco de 0,20	1,74 W/m ² °C
K mampostería de ladrillo macizo de 0,30	2,02 W/m ² °C
K Máx. Adm. Norma IRAM: Nivel C	1.80 W/m ² °C

Figura 29: Propuesta de panel verticales

Tabla 5: Comparación transmisión térmica k de cerramientos

Para evaluar su eficiencia, se sometió dicho panel al ensayo de "caja caliente y fría".

Luego, se verificó la transmisión térmica (K) de distintos cerramientos verticales para la situación climática de verano mediante cálculo con el uso de planillas computacionales (Negrete, J. 2001. [5]) (Tabla 5).

De la comparación del valor obtenido para el panel: K= 0,48 W/m²°C, con los valores de K máximos admisibles para cerramientos verticales para la zona bioambiental IIa: Nivel C= 1,80 W/m²°C, Nivel B= 1,10 W/m²°C y Nivel A= 0,45 W/m²°C (NORMA IRAM 1996. [6]), con el valor K=2,02 W/m²°C para una mampostería de ladrillo macizo de 0,30 de espesor de y con el K= 1,74 W/m²°C para la de ladrillo hueco de espesor de 0,18 m y (por ser comúnmente usado por los organismos oficiales en la ejecución de viviendas de interés social); se deduce que el panel de caña, madera y barro, también conocido con el nombre de "quincha" es el más eficiente por tener menor transmisión térmica (K).

El empleo de otra solución alternativa de bajo costo para el techo (Figura 29): cubierta de chapa de zinc (comúnmente usada) con cámara de aire con aislamiento de poliestireno expandido de 0,05 m de espesor sobre cielorraso de caña revocado en barro soportado por

varas de álamo, con una transmitancia térmica $K=0,67 \text{ W/m}^2\text{C}$ que cumple con el valor normado de K máximo admisible para techos para el Nivel C= $0,72 \text{ W/m}^2\text{C}$ (Nivel A= $0,18 \text{ W/m}^2\text{C}$; Nivel B= $0,45 \text{ W/m}^2\text{C}$) (NORMA IRAM 1996. [6]) frente a la solución existente cubierta de "chapa de zinc sobre tejuela cerámica" que tiene una importante transmitancia térmica $K=4,23 \text{ W/m}^2\text{C}$, sobrepasando el valor de la normativa aún para el más bajo nivel permitido.

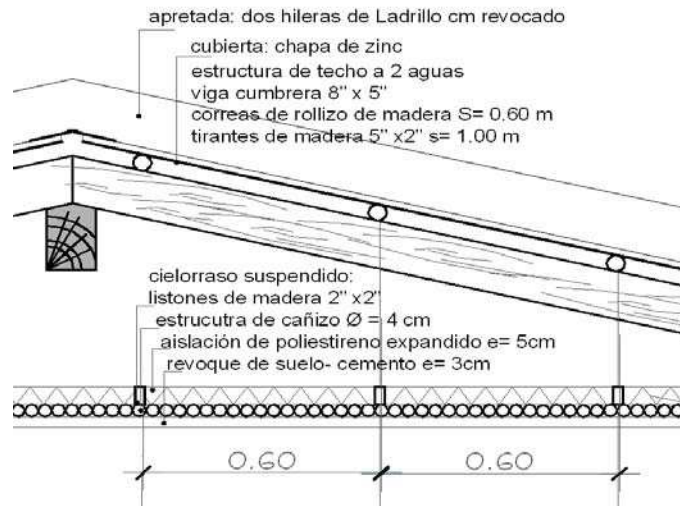


Figura 29: Detalle propuesta de mejoramiento del techo.

5.2 Vivienda en Colalao del Valle:

Se ha usado una mampostería y techo con un valor de transmisión térmica (K) superior al valor admisible más bajo de la normativa (tabla 7) (NORMA IRAM. 1996. [6]).

En base a lo analizado, se propone para el mejoramiento de comportamiento térmico a esta vivienda en Colalao del Valle:

1. Protección de los vientos predominantes del norte, con una cortina rompevientos de vegetación en el perímetro del terreno en esa orientación.
 2. Para ganancia directa, deberían agregarse otras aberturas con hojas vidriadas.
 3. Para evitar pérdida de calor, incorporar a dichas aberturas postigones opacos.
 4. Alternativa de cerramientos verticales exteriores, para mejorar el comportamiento térmico de la vivienda llevando el espesor de la mampostería adobe sin terminación superficial de 20 cm a 45 cm incluyendo revoque interior y exterior.
 5. Otra alternativa de cerramiento superior.
4. Se midió mediante estimación analítica, la transmisión térmica la cantidad de calor, transmitida por el aire de un lado a otro del muro adobe de 0,20 m de espesor de la vivienda en análisis (para la situación climática de invierno, con temperatura exterior de diseño de -7°C (NORMA IRAM 1996. [6])

Se tomaron como valores comparables los admisibles para la zona bioambiental IIIa según la NORMA IRAM 11.605- 1996. [5]: K Nivel A (recomendado) = $0,29 \text{ W/m}^2\text{C}$ | K Nivel B (medio) = $0,77 \text{ W/m}^2\text{C}$ | K Nivel C (mínimo) = $1,33 \text{ W/m}^2\text{C}$ y se obtuvo para el muro de adobe $e=0,45\text{m}$ un $K= 1,2 \text{ W/m}^2\text{C}$, verificando éste con los valores anteriores, ubicándose entre los valores medio-mínimo y verificando este último; se puede observar su buen comportamiento si se lo compara con el de mampostería de adobe de 0.20 m de espesor con un $K= 2,45 \text{ W/m}^2\text{C}$ y con la de ladrillo hueco de $K= 1,74 \text{ W/m}^2\text{C}$ según calculo (Tabla 8).

K mampostería de adobe $e=0,45$		1,2 W/m ² °C
K Máx. Adm. Norma IRAM: Nivel C		1,33W/m ² °C
K mampostería de ladrillo hueco de 0,20		1,74 W/m ² °C

Tabla 8: Comparación de la transmisión térmica k de cerramientos verticales.

5. Por otra parte, se evaluó el comportamiento térmico del techo de torta de barro de 0.10m de espesor sobre cañizo soportados por varas de rollizos de álamo mediante el cálculo de su transmitancia térmica con el uso de planillas computacionales (Negrete, J. 2001. [5]), obteniéndose un valor de $K= 2.1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ que en comparación con los recomendados para techos para la zona bioambiental IIIa: (NORMA IRAM 11.605 - 1996. [5]): K Nivel A (recomendado) = $0.25\text{W/m}^2\text{°C}$ | K Nivel B (medio) = $0.65 \text{ W/m}^2\text{°C}$ | K Nivel C (mínimo) = $1.00\text{W/m}^2\text{°C}$, no verifica ni el mínimo valor normado requerido. Por lo tanto, se propone mejorar la solución existente con una primera alternativa: techo con espesor de la torta a 0.12 de espesor y cubierta de 3cm de suelo-cemento sobre cañizo revocado con tierra y soportados por varas de rollizos de álamo, para obtener así un $K = 1,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ que se acerca al valor mínimo recomendado al K Nivel C pero no lo cumple.

Debido a ello, se plantea una segunda solución de bajo costo *Figura 30*: cubierta de chapa de zinc (comúnmente usada) con cámara de aire con aislamiento de poliestireno expandido de 0,05 m de espesor sobre cielorraso de caña revocado en barro soportado por varas de álamo, con una transmitancia térmica $K=0,67$ que cumple con el valor normado de K máximo admisible para techos para el K Nivel C (mínimo)= $1.00\text{W/m}^2\text{°C}$ y se acerca al | K Nivel B (medio) = $0.65 \text{ W/m}^2\text{°C}$ | .

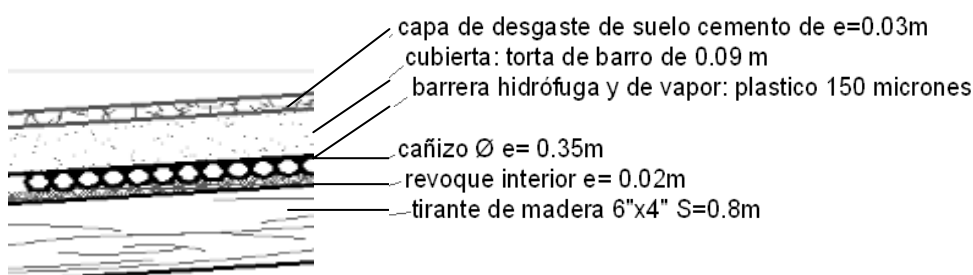


Figura 30: Detalle de solución techo, comúnmente usada por los usuarios-constructores en esta localidad.

6. CONCLUSIONES

Como se ha observado, las viviendas populares rurales son, generalmente, una clara adaptación al sitio. Por lo que a partir de ellas, se pueden identificar patrones de diseño (pautas ambientales, tecnológicas, funcionales, etc.) que permiten rescatar soluciones autóctonas o generar adecuadas respuestas de mejoramiento a las mismas, buscando encontrar un equilibrio entre las mejoras introducidas y lo tradicional, para no romper con la Arquitectura del Lugar, y por lo tanto preservar su acervo cultural y su ambiente natural, mediante el uso eficiente de sus elementos.

Pero, también, cabe reflexionar que es necesario adaptar lo "tradicional" a las "nuevas necesidades, a las exigencias de las normas de confort, resistencia, producción, y seguridad e higiene"; valorando, fundamentalmente, esos "principios".

Considerando las condiciones descriptas, se evidencia la necesidad que las nuevas soluciones para el sector permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes y brindarles autonomía en cuanto a su adaptación a su ecosistema.

Es decir, esta investigación permitirá:

- formular pautas y estrategias orientadoras para una producción habitacional con adecuación bioclimática para el contexto
- rescatar, reformular y generar el uso de disposiciones arquitectónicas y tecnológicas compatibles con el medio social, económico y cultural
- responder a los principios del uso racional de la energía
- promover la necesaria verificación de las propuestas a través de distintos métodos de modo de mejorar condiciones de habitabilidad y, por consiguiente, la calidad de vida de la población en consideración.

-

RECONOCIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Dra. Graciela Lesino por permitirles utilizar su Programa SIMEDIF y por la asistencia en el manejo de SIMEDIF bajo WINDOWS y a la Dra. Silvana Flores Larsen, también por esto último.

Asimismo al Arq. Jorge Negrete, por el uso del Programa Computacional para el Cálculo de Transmitancia Térmica Programa 2001-V99 y el Programa RadSol-V01 para la obtención de los valores de radiación correspondiente a cada zona geográfica.

REFERENCIAS

- [1]. Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas Período 1981-1990. Buenos Aires, Argentina, 1992.
- [2]. IRAM. Norma 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires. Argentina. 1996.
- [3]. Garzón, B. Determinación de Estrategias Bioclimáticas para Localidades Rurales de Tucumán, Argentina. FAU-SeCyT, UNT – CONICET. 2006.
- [4]. Flores Larsen S. y Lesino G. SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 2, pp. 8.53-8.58. 2000.
- [5]. Negrete, J. 1999. Programa 2001-V99. FAU, UNT.
- [6]. IRAM. Norma 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires. Argentina. 1996.
- [7]. Negrete, J. 1999. RadSol-V01.

Beatriz Garzón: Arquitecta; Docente de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, FAU, UNT; Investigadora Nivel II y Directora de Proyecto de la FAU y la SeCyT, UNT; Investigadora y Directora de Proyecto del CONICET; Directora de Proyecto del MiNCyT; Co-Responsable de Proyecto de Extensión UNT.

Gabriela Giuliano Raimondi: Arquitecta; Integrante de Proyecto de la FAU y la SeCyT, UNT; Miembro del equipo asesor en "Restauración, Refuncionalización y Puesta en valor de la Ex Jefatura de Policía" (Santiago del Estero).

UNA CASA SOSTIENE A LA OTRA. RETAZO AUTOBIOGRÁFICO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN EN ADOBE

Myrian Genisans

Facultad de Artes, Universidad Nacional de Tucumán
mgenisans@yahoo.com.ar - 0381- 4243194

Palabras clave: adobe, investigación, ecología social

RESUMEN

De qué casa hablamos. De la casa vivienda personal, asidero y refugio antropológico particular. Inserta en otra casa. La casa tierra, la casa entorno, paisaje, territorio material y simbólico. Una casa vivienda en tierra cruda que se sirve de los materiales de la casa madre tierra. Poniendo en juego la premisa de materiales de la región, lo más próximos posible. Acorralando el concepto de explotación, tanto para naturaleza humana como no humana. Partiendo de la base de que el Medio Ambiente Natural y Humano se encuentra en problemas cuyas causas son antrópicas; que resultan extremadamente graves; que demanda por lo mismo, una reconsideración de las formas de vida y de los modelos de desarrollo.

Una casa que se inicia en tanto necesidad y oportunidad para realizar un ensayo de construcción enmarcado como *proyecto eutópico-eucrónico*. A partir del cual se inicia un recorrido de revisión epistémica teniendo a la **construcción en tierra cruda** como una de las tecnologías centrales. Activando la metodología de investigación, acción participativa para conocer el ecosistema local, material y simbólico. Asumiendo al propio sujeto productor-investigador individual y colectivo como destinatario de los productos de investigación.

Este monográfico, que se expresa con la frase síntesis **una casa sostiene a la otra**, da cuenta de múltiples recorridos realizados entre los saberes académicos y los saberes vernáculos; adhiriendo al movimiento de producción arquitectónica inscripta en una línea de recuperación de la **construcción con adobe** en un contexto cultural que lo tenía escasamente valorado. Se revisan las situaciones ambientales comprometidas en tanto cantera y métodos de extracción de material para la producción del adobe, para nuestro caso; la procedencia de los materiales para la mezcla, aditivos y pigmentos. Se realizan contrastaciones entre esta tecnología de tierra cruda y la de tierra cocida. Se configura el contexto antropológico implicado en el sistema de producción de los adobes y las casas.

Reconociendo la huella ecológica que esta tecnología de construcción deja en el paisaje, se analiza el componente medio ambiental con un proceso creativo más profundo; se amplía la escala territorial de preocupación medio ambiental a los fines de establecer los problemas heredados y generados en el paisaje ideando los dispositivos posibles para remediarlos.

ACLARACIONES DE INICIO

La deriva de los recorridos investigativos se sitúa en el propio proceso autorreferencial de formación; contando éste con un vertido disciplinar propio del mundo de las artes plásticas con preocupaciones del mundo de la arquitectura. Implicados con el Paisaje desde una preocupación de ecología radical. Esta deriva pone como objeto de deseo-pretexto la construcción de una *casa – hábitat para la trashumancia entre mundos*. Lo cual va posibilitando recorridos inter-regiones. En simultaneo se ha ido expresando el trabajo investigativo multi-inter-transdisciplinario.

El problema académico de la validación de saberes cuaja en certidumbre cuando acontece la lectura- aconsejamiento conceptual de Guattari y Deleuze cuando dicen "... *incluso en el domino teórico, y especialmente en él, cualquier argumentación precaria y pragmática vale*

más que la reproducción de conceptos, con sus cortes y progresos que nada cambian....”
(en Mil Mesetas, 2000, página 28).

Los recorridos de interés epistemológico *entre mundos* materializan investigaciones y formaciones en la praxis de la cerámica. Mientras acontece el reconocimiento del mundo de construcción de casas en adobe; mientras las indagaciones sobre el arte del Valle Calchaquí y los estudios de ética ecológica; mientras la preocupación crítica al avance de la cultura neoliberal colonizando las idiosincrasias vernáculas. Las reflexiones cuajan en torno al intercambio de opiniones con sustento argumentativo, sujetándose a lecturas afincando en el paradigma de la complejidad. Discurriendo entre la vivencia y la investigación empírica, entre las metodologías de observación participante y las del orden del diseño.

La Representación de la situación en tanto “**retazo** autobiográfico” resuelve provisoriamente el procedimiento operativo de explicitaciones validables, factibles de ser transferidas en tanto resultados de investigaciones en curso. Utilizando el término “retazo” como diagrama metafórico.

Ahora sí, de qué casa hablamos

Hablamos de la casa vivienda personal, asidero y refugio antropológico particular. Inserta en otra casa. La casa tierra, la casa entorno, paisaje, territorio material y simbólico. Una casa vivienda en tierra cruda que se sirve de los materiales de la casa madre tierra. Poniendo en juego la premisa de materiales de la región, lo más próximos posible. Acorralando el concepto de explotación, tanto para naturaleza humana como no humana. Partiendo de la base de que el Medio Ambiente Natural y Humano se encuentra en problemas cuyas causas son antrópicas; que resultan extremadamente graves; que demanda por lo mismo, una reconsideración de las formas de vida y de los modelos de desarrollo.

Una casa que se inicia en tanto necesidad y oportunidad para realizar un ensayo de construcción enmarcado como *proyecto eutópico-eucrónico* (Vilar, 1997). A partir del cual se inicia un recorrido de revisión epistémica teniendo a la construcción en tierra cruda como una de las tecnologías centrales. Activando la metodología de investigación, acción participativa para conocer el ecosistema local, material y simbólico. Asumiendo al propio sujeto productor-investigador individual y colectivo como destinatario de los productos de investigación.

Este monográfico, que se expresa con la frase síntesis *una casa sostiene a la otra*, da cuenta de múltiples recorridos realizados entre los saberes académicos y los saberes vernáculos; adhiriendo al movimiento de producción arquitectónica inscripta en una línea de recuperación de la construcción con adobe, en un contexto cultural que lo tenía escasamente valorado.

Apuntes de memoria

El impulso por saber qué hay en materia artística- plástica en los Valles Calchaquíes genera la situación de acceso al territorio por la puerta del conocimiento. Se suceden viajes de estudio como docente a cargo de estudiantes enmarcados por la asignatura Historia del arte, Escuela de Bellas Artes; Licenciatura en Escultura, Facultad de Artes, UNT). Estos viajes entregan un amplio registro de las manifestaciones artísticas-artesanales históricas y contemporáneas de múltiples vertientes: indígena, colonial, siglos sucesivos, especialmente la última mitad del siglo XX.

El relato autobiográfico nos dice que el Director de Cultura de Cafayate (1993) se encuentra construyendo su casa en adobes. El intercambio deja como hallazgo que *"....la casa en construcción de este funcionario de cultura (Licenciado en Letras) se estaba construyendo en adobes bajo la asistencia de una arquitecta suiza radicada en San Carlos. La arquitecta estaba dedicada a la pintura sobre artefactos cerámico. Se presenta así el mundo de producción artístico- artesanal de cerámica que se desarrollaba en circuito del turismo de los Valles Calchaquies..."*

El adobe, entonces, entra como uno de los componentes de investigación en el proyecto marco, al mismo tiempo que la construcción de vínculos profesionales y afectivos. Con personas pero especialmente con el Paisaje. Sobrevienen los viajes de reconocimiento y goce del Paisaje de valle y montaña; de las arcillas, de las arenas, de la mezcla con materia orgánica, de las aguas del río Calchaquí; del nomadismo de los saberes.

Así, en 1997 se registra un solo proyecto arquitectónico de vivienda en adobe en la localidad de Cafayate, como clara adhesión a la vertiente constructiva en adobe. Las incursiones por recuperar su técnica constructiva en San Carlos tenían como caso-antecedente al Mercado artesanal con obras de mejoras edilicias. La construcción en adobes era escasa. La venían resolviendo sobre todo campesinos sin tierra. La población urbana vernácula no la valoraba positivamente. Los programas de política habitacional de Salta excluían el adobe para los financiamientos.

Sin embargo la arquitectura tradicional en adobe de los Valles Calchaquies y en especial en jurisdicción salteña, se encontraba calificada como de "patrimonio cultural". Esta construcción otorgaba el valor en tanto Bien material e intangible a la oferta de la cultura en el mundo del negocio turístico y en el mundo académico profesional.

Se empezó por las propias "casas"

Nos queda entonces, a manera de notas, que el fenómeno de encuentro entre estos mundos, posibilita un intercambio de vivencias y experiencias en torno a búsquedas productivas, constructivas; e ineludiblemente creativas, por la propia constitución mental y sensible del grupo ocasional.

A la base de las reuniones se encontraba la apreciación crítica del paradigma de formación en arquitectura en general, que tenía escasa atención en las viviendas de estratos de clase media baja y pobres, desde el punto de vista económico. Encontramos que la Estética constituía un elemento mercantilizado. Con esto apuntamos una Crítica subyacente al paradigma de formación profesional. Mediante comparaciones y contrastaciones a partir de intercambios de relatos "entre mundos", el de la cerámica, el de la escultura, el de la arquitectura en para el Valle Calchaquí. Por lo menos para San Carlos, la localidad que nos iba reuniendo.

Ensayamos nuevos espacios de legitimación de prácticas culturales innovadoras para el lugar. El encuentro entre artistas plásticos-artesanos en torno a la cerámica entrega una sucesión de eventos denominados Barro Calchaquí. El otro hito fuertemente significativo lo constituye el camino de la construcción en adobe. Las casas son las protagonistas, primero; y bien enseguida la Casa de los Vientos (también otras casas y hoteles empezaban a comprometerse en otras localidades de la región).

Las formas de ir haciendo

Se parte con una información previa sobre el campo posible de la investigación. De la intuición de un proyecto de investigación en tanto rumbo investigativo que en-rumba la misma vida. Esta praxis se afirma en torno a las certidumbres que proveen los textos *Fundamentos Lógicos de la Semiótica y su práctica* (J.A. Magariños de Morentin,1996-cuarta parte: “Esbozo semiótico para una metodología de base en ciencias sociales”) y *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica* (Juan Samaja, 1997).

Mientras, se inicia la *cruzada* en respuesta a la necesidad de la *casa – hábitat para la trashumancia*. Teniendo por premisa evitar/ disminuir el uso de tierra cocida – cemento – cal; el uso de hierros y chapas; de pinturas industriales. Utilizar materiales de la región: tierra – arena – piedra – caña –paja-; arcillas y aglutinantes poco industrializados para el color.

Inicia así la casa de adobe con la interpretación del deseo por parte de la arquitecta y su transposición en dibujos, luego croquis, luego planos de construcción... y lista de insumos con su presupuesto. Al hilo de las posibilidades de recursos que resultan de economía doméstica. Al hilo de un par de años para el primer módulo.

(Mientras) se lo habita conviviendo con cierta intemperie: el viento, el polvo de arena-arcilla, la lluvia intensa de alguna tormenta del verano.

(Mientras) se observa y constata el comportamiento del material estructura-forma-superficie.

(Mientras) se desenvuelve la dinámica de la convivencia inter-personal, inter-dominios y disciplinas. Se va pasando de un *espacio “páramo”* a un *“paisaje en construcción”*. Al inicio de las construcciones había dos algarrobos que destacaban por su tamaño. Actualmente un Paisaje del loteo se encuentra reverdeciéndose por el aumento exponencial de árboles, el cultivo de jardines y de huertas. Por el avance de la hierba nativa.

La *casa (cruzada)* prevé no más de tres módulos dispuestos en torno a un Algarrobo adulto prefigurando el patio central. Los módulos van variando según los hallazgos y confirmaciones investigativas. Adobe asentado en argamasa, revoque para los interiores de cal arena; dinteles de madera. Un dintel de hormigón que enlaza tres ventanas, provoca el punto límite de tolerancia hacia el albañil que impone su lógica de urbanidad de cemento y ladrillos. Los elementos de riesgo y a la par de creativos, resultan un entrepiso, una escalera, un arco en la pared interna. El núcleo húmedo también se realiza en adobe. Con escaso revestimiento de material cerámico. Hay accidente de aguas. El terreno cede, avanza una grieta vertical relevante. El módulo se encuentra en espera de su remediación.

(Mientras) avanzan otras dos casas que apuntalan y perfeccionan los saberes y arriesgan los ensayos. La propia casa de la arquitecta (la casa de Martina) y la casa hostel (de Sonia) que trasciende el compromiso de una casa íntima particular a una traducción de la casa para el nómada. (Hostal casa de los vientos).

(Mientras) se va consolidando el grupo de constructores, integrado por albañiles jóvenes que superan las contradicciones de los mayores, interpretadas como contradicciones de paradigma constructivo por la priorización de la construcción en ladrillos o en su defecto en bloques de cemento. El adobe se encontraba destinado al uso sólo para ellos y los demás “pobres”.

Casa (cruzada) de nuevo

Luego se presenta el momento para el segundo módulo; éste recoge la experiencia en curso de las otras construcciones. Construcción en tierra, sólo tierra y materiales plásticos más apropiados. El punto crítico es la construcción del módulo en una plataforma resuelta con el perímetro de bloques de cemento, (no se consideró por más adecuado. Se lo aceptó como dentro de las posibilidades económicas y temporales). Empieza a correr el tiempo de la observancia. El terreno cede. Una grieta en el módulo coincide con su homóloga en la tapia. Se espera que pase el tiempo para que todo se asiente para iniciar los recorridos de la restauración.

El tercer módulo aún no se ha planteado. Se encuentra a la espera de un proceso de evaluación previa, de sistematización de los saberes, de ideación de una propuesta con el menor grado de incertidumbre en el plano material, formal, funcional, por ende estético.

Mientras, se ha reconocido el Paisaje cultural microregional; que se lo encuentra en problemas de escasez de tierra, de agua, con agotamiento de materias naturales; con un gran avance de la erosión, por abandono de los sitios de producción de adobe. Se lo apunta como objeto socio ambiental complejo... sujeto de ideaciones de acción ecologista.

En el transcurso se revisan las situaciones ambientales comprometidas en tanto canteras y métodos de extracción de material para la producción del adobe, para nuestro caso; la procedencia de los materiales para la mezcla, aditivos y pigmentos. Se realizan contrastaciones entre esta tecnología de tierra cruda y la de tierra cocida.

Se configura el contexto antropológico implicado en el sistema de producción de los adobes y las casas. Se fortalece la formación de los albañiles instando los procedimientos investigativos mediante averiguaciones en los conocidos con "saber en el oficio"; la asistencia a capacitaciones específicas; consulta interesada de material bibliográfico de construcción en tierra. Se fortalece así el avance de la producción de adobes colaborando con el inicio de un emprendimiento particular. A fines de los 90 se registran como estable dos personas produciendo adobes en San Carlos. Actualmente se suman por lo menos otras dos ladrilleras / adoberas de particulares y una de la municipalidad. Se identifica un emprendimiento abandonado. Se lo apunta también para un recorrido investigativo de huella ecológica.

Transcripción de notas de campo

"... Estudios de casas en ruinas: observación de la mezcla de tierras y paja que resultan de trigo – averiguaciones a constructores de mayor edad – nos entregan la información de la región como productora de trigo. / Los techos de caña y barro

La pintura: mezcla de tierras y pigmentos- agua de penca como aglutinante

Lectura de textos - Pruebas en las propias casas: observaciones: la grieta que aparece y crece; El revoque que descascara

el terreno que cede; la lluvia que sella

La hermosa sensación de calidez de las habitaciones- cocinas- galerías y patios /

El Paisaje de afuera: el movimiento de tierra – la alteración del paisaje chico – el agotamiento – el abandono- la erosión – el paisaje desmanejado

La pregunta por cómo se hace el adobe: lleva a las canteras, las adoberas- ladrilleras; el socavón a cielo abierto - el material quemado de descarte - el lagunaje imprevisto - el hallazgo arqueológico abortado –

(apunte para la acción: la vida que insiste marca lo que tenemos que hacer)."

Arquitectura de tierra y medio ambiente: creatividad y sustentabilidad

Frente a la problemática ambiental mundial y local se nos plantean un desafío inconmensurable. Este desafío demanda asumir sustentabilidad del ecosistema natural y humano. Se entiende por sustentabilidad el horizonte de preocupaciones y acciones que hace referencia a: la *eficiencia y uso racional* de los biomas. Esto es, mares, ríos, suelos, bosques; al *reciclaje y tratamiento* de efluentes y residuos sólidos, líquidos, gaseosos, de origen industrial, patogénico y domiciliario; a la *evaluación de impacto ambiental*; a una *legislación adecuada*, ordenada y sin superposiciones legales y jurisdiccionales; y a la *reparación del daño ambiental*

Abordar las problemáticas requiere siempre afrontar las subjetividades. El presente trabajo, también, constituye un breve retazo de una deriva investigativa que se inscribe en una ecología social, que entiende que la transformación tecnológica de los ecosistemas tiene que crear nuevos equilibrios en los que sea posible la continuidad de la vida (A. Maya, N. Martín Sosa). De allí una reconsideración de las formas de vida y de los modelos de desarrollo. Ello significa, ineludiblemente, afirmar la exigencia de la cultura como estrategia adaptativa. No así los bienes naturales y culturales al servicio de modelos de desarrollo económicos competitivos.

Para mejor situarnos, integramos la noción de *huella ecológica* en tanto indicador que nos ayuda a darnos cuenta del impacto antropogénico sobre los ecosistemas; como así también de los escenarios actuales y posibles a la hora de imaginar aportes productivos que integren una revisión crítica del consumo y los estilos de vida en el territorio. Que reconozca el gasto y agotamiento de energía y absorción de residuos que generan.

Asumiendo que la “huella ecológica” es un indicador agregado, definido como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida. Su objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, comparado con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad.

Se nos va a decir, que el valor didáctico del concepto de huella ecológica reside en que hace evidentes dos realidades ligadas que quedan fuera del alcance de la intuición. Primero, que el modo de vida característico de los países más ricos del planeta no puede extenderse al conjunto de sus habitantes. Segundo, que una economía planetaria sostenible exige de esa misma minoría acomodada una reducción de sus consumos; y también de su nivel de vida, en la medida en que no pueda compensarse con un aumento equivalente en la eficiencia de los procesos productivos.

La Arquitectura en tierra cruda se presenta como la tecnología que posibilita cumplir el doble objetivo de promoción de asentamientos humanos sustentables y de preservación de la naturaleza.

En este punto interesa aproximar la comprensión de la huella ecológica que le implica al paisaje en la localidad de San Carlos ocasionada por la construcción urbana de casas, centrando en el adobe. Y, en lo posible, encontrar la manera de imaginar remediar el daño paisajístico.

Reconociendo empíricamente la huella ecológica que la tecnología de construcción en tierra deja en el paisaje, se analiza el componente medio ambiental con un proceso creativo más profundo asumiendo aportes de teóricos de la complejidad; se amplía la escala territorial de

preocupación medio ambiental a los fines de establecer los problemas heredados y actualmente generados en el paisaje, ideando los dispositivos posibles para remediarlos. En las notas de campo que siguen a continuación, encontramos indicios de una aproximación perceptual a la manifestación de la huella ecológica en el territorio de San Carlos.

"...Las adoberas también queman ladrillos y tejas. Por lo tanto: socavones / cárcavas por erosión hídrica / escombros de material quemado fallado

En el paisaje: desmonte – leña para los hornos – erosión hídrica – generación de cárcavas y cañadones – aumento de polvo en suspensión – viento norte= tormentas de tierra. Erosión eólica. Polvo en suspensión. Desertización

Los sitios de provisión de leña y de adobe se agotan. Luego se abandonan. El sitio se empobrece. El paisaje pierde humedad. La fauna se reduce drásticamente. Los pájaros pierden el hábitat. La biodiversidad se extingue..."

Retomando el caso en un nivel más definido, se parte de la comparación empírica y básica entre la construcción de tierra cocida y la tierra cruda atendiendo componentes materiales, energéticos y comunicacionales. La primera se impone como de mayor huella ecológica debido a que, la combinatoria de mortero, hierros y chapas, en tanto materialidades producidas en otros territorios con gasto energético y material fuera del alcance de la percepción directa / mientras que la producción de adobe ocupa mezcla de tierra, como materia orgánica utiliza paja de trigo, en su transporte quema combustible fósil. Utiliza energía solar y humana. El agua que requiere, luego, vuelve al ambiente por evaporación. Genera una cantera de arcilla. Genera una circulación de dinero que desarrolla el consumo de otras cosas. Concreta un material constructivo de menor costo ambiental que el ladrillo. Se resuelve en una economía local, a pequeña escala territorial.

Se abre aquí un retazo que no vamos a incluir en esta oportunidad, el de la economía de mercado neoliberal y otra economía racionalmente ecológica. Y ésta con el ordenamiento territorial. Encontramos de esta manera la posibilidad de aprendizajes científico-sociales-estéticos-políticos-ecologistas.

La bisagra entre creatividad y sustentabilidad

Recordando que se viene tratando de asumir una línea de responsabilidad socio ambiental, y encontrando situaciones posibles entre Arquitectura de tierra y medio ambiente, cabe atender la creatividad como capacidad para resolver sustentabilidad.

Para la Sociología, la creatividad se asocia a la imaginación constructiva, en la que intervienen tres variables: el campo (jueces o grupos sociales), el dominio (área o disciplina) y el individuo que hace las transformaciones. En este sentido entendemos que una persona puede realizar transformaciones en un dominio, que pueden ser evaluadas como creativas, por parte de los grupos sociales. Especialmente si resultan relevantes en la cultura. Esto es, si hacen avanzar la transformación positiva del paradigma cultural vigente.

Actualmente la construcción en adobe señorea en San Carlos. Sólo en el loteo denominado "ce.mi.ti.gre." se cuenta ya con 10 proyectos concluidos; 8 en etapas bien avanzadas de construcción y ya habitándose; se encuentran planteados tres.

En el mismo loteo se realizaron tres casas por el programa de vivienda en bloques de cemento; y por iniciativa particular dos de ladrillo y piedra.

La autoría del diseño de las casas... un poco sus dueñas y dueños, un poco los arquitectos-constructores... mucho más los constructores-albañiles. Además de albañiles que han fortalecidos saberes de construcción práctica y que se encuentran dispersos, San Carlos

cuenta por lo menos con dos equipos bien diferenciados de hacedores del adobe. A la cabeza de enlace con los destinatarios hoy se tiene ya un equipo de arquitecta (suiza) y arquitecto (platense). Con esto se perfila y fortalece un eje de relaciones- acciones individuales y colectivas, autónomo de políticas de gobierno, porque la cultura territorial local lo posibilita.

Pero el malestar de “conciencia ecológica” surge frente al Paisaje desmanejado, especialmente en los bordes del pueblo, por no acción de gobierno y la ausencia de una organización social colectiva que asuma e incida política-culturalmente en su transformación.

Se actualiza, de esta manera, otro momento para retomar el recorrido investigativo, integrando los estratos-segmentos de realidad socio ambiental, conectada con la arquitectura en tierra preocupada por la sustentabilidad del ecosistema regional. La pregunta sobre lo ecológico se plantea colectivamente en el encuentro Valles Calchaquíes que se realiza en San Carlos en octubre de 2004 y se continúan en observaciones *in situ* hasta la fecha. Se visualizan alternativas para pensar acciones de remediación.

Se parte de los hilvanes trazados por el diagnóstico participativo que resulta de ese Encuentro. *“... la escasez de tierra en las parcelas particulares, de propiedad privada podría resolverse con el material que resulta del drenado periódico de la dársena. El agua utilizada sería la misma que entra a la dársena y se dejaría de utilizar la potabilizada de la red. El humo generado por la producción de baldosas, tejas y desagües (tierra cocida). No afectaría a los vecinos de San Carlos...”*

El Desmonte histórico y actual arroja una gran escasez de madera para quemar. Que se resuelve consiguiendo madera de los desmontes enhebrándose con el impulso político-económico del monocultivo de la vid en la región. Igual el monte que sobrevive es escaso y se agota. No hay política de forestación de especies nativas y menos maderables. En los proyectos forestales se protege sólo el algarrobo. El ejemplo está a la vista, el plan de forestación del pueblo incorpora especies exóticas. El emprendimiento municipal de cortada de ladrillos rapiña el árbol nativo sobreviviente ocasional a la cultura depredadora que habita aún callejones y veredas de la periferia de ejido urbano.

A continuación se marcan los puntos para esbozar una cartografía imaginaria: *aprovechamiento del material extraído por drenaje de la dársena. Los emprendimientos deberían localizarse en el predio de la dársena. Mayor aprovechamiento del agua que proviene del Río Calchaquí. Los humos de la quema no afectarían a la población de San Carlos. Reforestación de los bordes de camino, acequias, márgenes de fincas. Corrección de la técnica de la tala, por la de poda sistemática con investigación de base, en relación a los árboles concretos del lugar. Reforestación de las parcelas desmontadas – restauración de cárcavas y socavones. Aprovechamiento del material cerámico y ladrillero fallado de los basureros de las cortadas. Volver a la tracción a sangre para el transporte y los desplazamientos según distancias cercanas, lo que ayudaría a disminuir el consumo de combustible fósil. Esto posibilitaría, a su vez, recuperar una economía micro diversificada. Estimulando así la agricultura de cereales y pasturas que generarían residuos aprovechables en las mezclas para el adobe y la construcción...”*

Finalmente

Una casa sostiene a la otra constituye una frase síntesis que posibilita metafóricamente presentar la multiplicidad de recorridos investigativos que se enlazan en la derivas metodológicas de observación-acción-participante. Que hacen síntesis en la pragmática de la producción de obras, que en este caso constituyen construcciones *eutópicas-eucrónicas*. Esto es, proyectos-realizaciones para un buen lugar en un tiempo históricamente corto. Afrontando situaciones complejas que posibilitan recorridos trans disciplinares y desplazamientos nómades entre los saberes validados académicamente, profesionalmente, vernáculamente. En un tiempo que la sustentabilidad del ecosistema regional se encuentra afrontando actualizaciones de agresión minera metalífera y nuclear, los desplazamientos nómades entre la casa del conocimiento-que hace mundo en la casa naturaleza-cultura impone incidir en la construcción socio política con responsabilidad socio ambiental en el territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Deleuze, G. y Guattari, F. (2000): *Mil Mesetas. Capitalismo y esquizofrenia*. PRE-TEXOS, Valencia. 4° edición.
- Guattari, F. (2000): *Las tres ecologías*. PRE-TEXTOS, Valencia. 2° re impresión
- Magariños de Morentin, J.A (1996): *Los fundamentos lógicos de la semiótica y su práctica*. EDICIAL. Buenos Aires
- Martin Sosa, N (2001): “A vueltas con la sustentabilidad, esta vez desde la ética” en *Sistema. Sociología, Ética y Medio Ambiente*. Edita Fundación Sistema, Madrid
- J.Samaja (1997): *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. EUDEBA, Buenos Aires. 3° re impresión
- Vilar, S. (1997): *La nueva racionalidad. Comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios*. Kairos, Barcelona

Myriam Genisans: Licenciada en Artes Plásticas, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Tucumán-Acredita Suficiencia Investigadora en el Programa de Doctorado “El Medio Ambiente Natural y Humano en las Ciencias Sociales”, Universidad de Salamanca, España. Directora de Programa CIUNT 26 / 404 Praxis Disciplinar y Medio Ambiente. Replanteos en Artes, Arquitectura y comunicación.

EI DESEMPEÑO BIOCLIMÁTICO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL DE TIERRA. CASO DE ESTUDIO: REGIÓN PURHÉPECHA, EN MICHOACÁN, MÉXICO

Héctor J. González Licón

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México, C.P.
58000, Teléfono (443) 327 2201, hglicon@hotmail.com

Palabras clave: tradicional, térmico, adecuación.

RESUMEN

El trabajo a desarrollar como tema de investigación pretende ahondar en el comportamiento térmico de la casa construida con adobe, la cual, representa un baluarte de la vivienda purhépecha, el caso a investigar corresponde a la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro asentamiento indígena con una altitud de 2000 m.s.n.m., y localizada en el estado de Michoacán, México.

La importancia y relevancia del proyecto estriba en abordar el estudio del comportamiento de la vivienda Purhépecha bajo el esquema del desempeño térmico, el grado de adecuación al medio ambiente, y su respuesta a los parámetros de confort, de forma tal que podamos conocer el desempeño térmico de la vivienda de tierra durante un año, y poder evaluar el grado de adecuación durante cada uno de los meses del mismo.

Los estudios con relación al desempeño bioclimático de la vivienda de tierra en la zona son escasos, aunado a lo anterior los trabajos realizados en la vivienda purhépecha, abordan el estudio de modo descriptivo, estilístico, a la fecha la arquitectura vernácula no ha sido estudiada como lo ha sido la arquitectura religiosa o la arquitectura civil relevante.

Es la insuficiente información generada a la fecha sobre la arquitectura de tierra en la región purhépecha lo que daría relevancia a una investigación en este campo, ya que vendría a contribuir a un conocimiento más preciso sobre las características bioclimáticas de la vivienda, y a conformar de esta manera los antecedentes de esta arquitectura que día a día se transforma a raíz de los acelerados cambios que propicia la modernidad. La forma de actuar e intervenir sobre ellos depende de la voluntad colectiva de conservarlos, consolidarlos o transformarlos, lo anterior solo es posible si tenemos los datos fehacientes del comportamiento térmico de las mismas.

La reflexión sobre el comportamiento bioclimático del patrimonio vernáculo construido representa un paso de gran importancia en el desarrollo y consolidación de la vivienda rural, en cuanto permite establecer fundamentos sólidos, tanto para la intervención y el manejo de la vivienda como para la definición de las disciplinas que lo sustentan: el urbanismo y la arquitectura, lo que conlleva a concebir el patrimonio arquitectónico y urbanístico vernáculo, no solo como parte integral del poblado, sino como elemento primordial en la construcción de su futuro.

Dentro de este panorama el estudio de la vivienda rural requiere de una línea de investigación, en la cual vivienda se aborde a partir, de su forma, su función y los materiales con los cuales está construida, en aras de conocer el grado de respuesta al medio ambiente.

La investigación pretende conocer el desempeño bioclimático de la vivienda de adobe, tomando como caso de estudio Santa Fe y Erongarícuaro, asimismo identificar y caracterizar la vivienda tradicional de la zona, su adecuación al medio ambiente, así como las características constructivas y estructurales.

1 INTRODUCCION

La cultura purhépecha se asienta principalmente en la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro, la Cañada de los Once Pueblos, la Ciénega y la Sierra. tiene sus orígenes en el grupo étnico, extendido en el actual estado de Michoacán, se ubica en la parte noroeste del Estado de Michoacán, se trata de una región representativa en la cual sus pobladores de alguna manera han mantenido sus costumbres y tradiciones; sin embargo, se observan cambios paulatinos en la vivienda que están propiciando modificaciones en la forma de vida con repercusiones en la permanencia de la identidad cultural, lo cual ha propiciado transformaciones en las viviendas las cuales han deteriorado la tipología de los poblados.

Cabe destacar que en la vivienda vernácula de la región purhépecha hay dos aspectos que definen la forma y el espacio arquitectónico y que le dan el rango de identidad: uno es la cultura, y el otro, las características físicas, y dentro de estas últimas, se encuentran las condiciones bioclimáticas; lograr un confort ambiental adecuado en el diseño de una vivienda, eleva la calidad de vida de sus ocupantes. Figura 1

Cuando se habla de arquitectura vernácula se hace referencia a la tradicional, a las formas de construcción de la zona rural, producto de una cultura que responde al entorno que le rodea, con propuestas particulares que se adecuan a su medio ambiente; por lo general se refiere a lo típico de una región o país, algunas de las características principales son: su adecuación al medio físico donde se enclava, las características de los espacios que la conforman, y el empleo de materiales autóctonos, que, conjuntamente con los aspectos socioculturales y tecnologías, se convierten en factores modificantes de la arquitectura.

Durante toda la vida útil de una edificación, que en el caso de la vivienda popular alcanza dos o tres generaciones (King, Delia, 1994) las respuestas de diseño siguen siendo válidas mientras se den las mismas condiciones climáticas, lo anterior es adecuado para la vivienda tradicional purhépecha, la cual a través del tiempo ha permanecido en algunas poblaciones con el esquema funcional primigenio, aún con la introducción y uso de materiales industrializados¹.



Figura 1. En la figura se muestra el entorno de la vivienda de la ribera del lago de Pátzcuaro en la cual se aprecia que en la construcción de la vivienda tradicional se hace uso de los materiales autóctonos, como la piedra la tierra y madera.

De la vivienda purhépecha destacan particularidades relativas al confort, dependiendo de la región donde se ubique, debido al clima, los materiales y sus relaciones socioculturales, manifestándose una función de abrigo acorde con el medio ambiente y la tecnología usada, se hace patente que la arquitectura es inseparable de su entorno, física y conceptualmente se forja a partir de comprender el medio donde se ubica, con las condicionantes y recursos materiales que el lugar le proporciona. La definición ambiental de la vivienda, requiere de elementos básicos observando las consideraciones que se sintetizan de la siguiente manera:

1. La vivienda tradicional, es un proceso dinámico inserto en las relaciones sociales de producción y por consiguiente, es un bien de consumo.
2. No hay duda que el clima determina, la solución de la vivienda, lo que se puede observar en los espacios, techumbres, y demás elementos, que adoptan diferentes características dependiendo del entorno.
3. Son también determinantes en la forma de la vivienda, las características de los materiales del lugar ya que, entre otros aspectos, determinan las alternativas de solución estructural.
4. No obstante las limitaciones, el habitante del medio rural, tiene la habilidad de manejar los elementos ordenadores del espacio arquitectónico.

Se aprecia que los aspectos que unifican y caracterizan la vivienda tradicional purhépecha, son el uso de un patio principal, espacio interno al solar con vegetación que propicia un microclima; se caracteriza también por el dominio del macizo sobre el vano en los sitios fríos para conservar un microclima cálido al interior de los recintos y, la formación de paredes celosía en los lugares cálidos para permitir la ventilación.

Cabe destacar que la cultura purhépecha tiene como una de sus aportaciones, la forma de construir y usar su vivienda, y dentro de sus características, la adecuación al medio natural con materiales similares al mismo, como son la madera, la piedra y el adobe; sin embargo, la paulatina escasez de estos materiales en la actualidad y la introducción de materiales industrializados y otros sistemas constructivos, está propiciando alteraciones a la vivienda, por lo tanto, es el conocimiento de las costumbres y tecnologías constructivas tradicionales lo que permitirá abordar el estudio de la vivienda tradicional actual de una manera integral.

El problema de investigación es analizar el desempeño higrotérmico de la vivienda tradicional y el grado de adecuación al medio ambiente, los datos corresponden a una amplia investigación, en la cual se monitorearon la temperatura exterior (microclima) e interior de la vivienda tradicional de adobe, y la construida con materiales industrializados, para comparar el desempeño bioclimático y la sustentabilidad térmica de las mismas, los casos de estudio corresponden a las poblaciones de Erongarícuaro y Santa Fe ubicadas en la ribera del Lago de Pátzcuaro, se sostiene que la vivienda tradicional es definitivamente un proceso cultural donde la técnica constructiva es consecuente con el clima, con los materiales de construcción locales, y las relaciones y concepciones comunitarias de la vivienda sin que la diversidad se niegue.

La metodología propuesta abarcó la investigación directa a base de la prospección y análisis del hecho arquitectónico, así como de la investigación documental, dentro de la cual se recurrió a las fuentes históricas, acervos de archivos monográficos, estadísticos y censos. Para el caso del estudio la unidad de análisis corresponde a la zona Lacustre del Lago de Pátzcuaro; dentro de las cuales se tomaron 2 localidades representativas de la misma y en cada una de ellas se seleccionó una vivienda que conserva la unidad básica tradicional (crujía, corredor, tapanco), dentro de las cuales se monitorearon las temperaturas y humedad relativa de las mismas y se analizaron los aspectos tipológicos.

Es sabido que el confort humano es una gran meta de la arquitectura, y en determinadas condiciones, el confort termo-fisiológico es uno de los estados más complejos de alcanzar en las disciplinas del diseño.² En ese mismo sentido se reconoce que la habitabilidad reside en factores que van mucho más allá de la comodidad basada en la incorporación de tecnologías de acondicionamiento y con gran consumo energético. Ésta es el resultado de un modo de vida integrado a las condiciones del medio natural y a sencillas soluciones totalmente congruentes con su entorno.

Son múltiples los métodos y las fórmulas elaboradas para el cálculo del confort térmico; no obstante, se aprecia que en la mayoría de ellos se establecen rangos de temperatura fijos a lo largo del tiempo, además no se consideran aspectos como la situación geográfica y otros factores socio culturales. Igualmente, se aclara que algunas propuestas de las llamadas zonas de confort, han sido elaboradas previendo el acondicionamiento por medios artificiales, sin tomar en cuenta la posibilidad de variación diaria o estacional de los rangos de consigna establecidos.

Por lo tanto, dada la amplia variedad de modelos para evaluar el confort térmico, que consideran distintos parámetros y factores del ambiente, referidos al usuario del espacio, se reconoce que el modelo para analizar y evaluar el ambiente y el confort térmico, debería considerar que la capacidad humana de adaptación es mejor, reforzando la antigua teoría de que al interior de las edificaciones, las preferencias térmicas de las personas varían en función de las condiciones climáticas.

Es importante destacar que la búsqueda del modelo adaptativo para determinar la zona de confort para la vivienda en estudio, es un aporte dentro de la investigación ya que permite hacer lecturas del desempeño térmico con mayor certeza, ya que se toma en cuenta la variabilidad de la zona de confort, en contraste con los modelos donde los límites de confort permanecen estáticos.

2 EL ENTORNO

En la región Purépecha localizada en la parte noroeste del estado, la vivienda se ha desarrollado tradicionalmente en forma coherente con el entorno natural de su emplazamiento, las zonas que conforman la región (De la Peña 1987)³ presentan un clima templado con lluvias en verano, con respecto al clima, de la zona lacustre según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García, el clima es (CW) templado con lluvias en verano, y del tipo (Ganges, g); es decir, la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano, casi siempre en el mes de mayo, una temperatura media que oscila entre los 17 y los 22° C. y con una precipitación pluvial entre 800 y 1200mm, una vegetación de bosque principalmente de pino. Con respecto a la geografía, se tiene que la altura media del estado de Michoacán es de 1,343 msnm, resultando mayor que el promedio de la República Mexicana que es de 843 msnm y que el de todo el continente, que es de 823 metros.

De acuerdo con Correa Pérez, (1972) la variada morfología que presenta el Estado de Michoacán influye en la variedad de climas de su territorio y en la localización de la agricultura, ganadería y los bosques, en particular la distribución de la vegetación es uno de los elementos del medio geográfico de singular significación para valorar un territorio en su justa riqueza, por ser ella la base de la existencia económica de los pueblos.

Para las mediciones que se realizaron en la región se escogieron viviendas que reunieran las características tradicionales de la zona de acuerdo al esquema considerado como unidad básica, es decir aquel que conserva la distribución espacial de: cuarto, pórtico, tapanco; y que por sus materiales responde al esquema de la vivienda tradicional: cimientos de piedra, muros de adobe, estructura de madera y cubierta de teja de barro⁴.

Las viviendas monitoreadas corresponden a la población de Santa Fe de la Laguna y Erongarícuaro que forman parte de la región de estudio, y se consideran representativas de la zona. Santa Fe, se encuentra ubicado en la ribera del Lago de Pátzcuaro con latitud de 19°49', longitud de 101°22' y altitud de 2056 msnm, la traza urbana tiene un desarrollo lineal, ajustándose a las características de la topografía y el contorno del lago. El tejido está conformado por manzanas irregulares con calles en direcciones oriente- poniente y norte-sur. El sistema de edificaciones está compuesto de volúmenes rectangulares, cubiertos con techos de vertientes inclinadas, cuyos paramentos delimitan el sistema de calles, predominando el macizo sobre el vano. Se observa que la tipología constructiva presenta una gran uniformidad por conservar los materiales, volumetría y sistemas distributivos de las edificaciones en la lotificación. Los espacios libres privados se encuentran en los interiores de los lotes en forma de patios y huertos.

La población de Erongarícuaro por su parte se localiza a los 19°35', longitud de 101°43' y a una altura de 2,080 msnm, el asentamiento se ubica en la ribera del Lago de Pátzcuaro, en terreno con partes planas y otras accidentadas. La traza urbana es una retícula, con manzanas cuadradas tendientes a la regularidad y calles que se cortan ortogonalmente.

El sistema de edificaciones que se distingue está compuesto de volúmenes rectangulares, cubiertos con techos de vertientes inclinadas, cuyos paramentos delimitan el sistema de calles y espacios abiertos públicos, predominando el macizo sobre el vano. Los espacios libres privados se encuentran en los interiores de los lotes en forma de patios y huertos, observándose que la subdivisión de los predios está alterando la morfología del tejido urbano. (Azevedo 2003)

Con respecto al sistema constructivo la vivienda tradicional rural, ésta se construye con cimientos de piedra y muros de adobe, y se cubre con estructuras de madera con cubiertas de teja de barro, los pisos son de tierra, o firmes de concreto. Dentro de las construcciones adicionales, se encuentran las destinadas a complementar las labores tanto del campo como de la casa, ubicadas en el exterior, alrededor del patio, el cual es evidente en todos los casos analizados, y en el cual se realizan actividades secundarias como las de lavado, mantenimiento de herramientas para labores de cultivo y el emplazamiento en algunos casos de la cocina de humo, el tejaban para el guardado de **herramientas o para el trabajo artesanal, además del pequeño huerto y la fosa séptica. Figura 2**



Figura 2. La mayoría de las viviendas tradicionales en la región, se construían a partir de formas geométricas sencillas, por ejemplo una planta rectangular rematada por una cubierta a una o dos aguas, utilizando como materiales los que le proporcionaba la naturaleza, se aprecian los paramentos de los solares dentro de los cuales destaca el predominio del macizo sobre el vano.

La vivienda tradicional presenta de manera recurrente el siguiente esquema dentro de la arquitectura tradicional el cual se ha ido adaptando con el transcurso del tiempo.

El zaguán, que es el espacio de transición entre el exterior y el interior, el cual se conecta directamente con el pórtico o el patio.

La crujía que sirve como dormitorio, es un espacio cerrado generalmente sin ventanas y que comunica con el corredor.

El pórtico o corredor siempre asociado a la crujía siendo el espacio de transición entre la unidad básica, el patio o el zaguán.

El patio como elemento del dintorno funciona como elemento distribuidor de la vivienda, el pórtico o corredor, al igual que el tapanco funcionan como un dispositivo térmico que actúa como un elemento de protección de los muros interiores de la crujía, retardando la transmisión de calor hacia el interior del área habitacional, por su parte la doble cubierta del tapanco proporciona un retardo térmico, disminuyendo la oscilación térmica.

3. Tipología de la vivienda

La traza de los pueblos de la ribera del Lago de Pátzcuaro conserva de manera general el esquema virreinal de las instituciones civiles y religiosas localizadas en torno a una plaza abierta; aunado a la traza, una característica en cuanto a la fisonomía de los pueblos vernáculos es que mantienen cierta unidad y una gran congruencia con su entorno, ya que los materiales utilizados en su construcción como la piedra, el adobe madera y la teja son productos que en su base ofrece el medio físico. La arquitectura de la zona conserva reminiscencias del esquema y tradición indígena, la cual se manifiesta en el programa arquitectónico; una unidad se componía de espacios mínimos privados y espacios para almacenar los granos, esta plurifuncionalidad es la que caracterizaba a las construcciones de los indígenas en general, en que un solo espacio podía ser aprovechado para diversas funciones.

En la ribera del lago el sistema de edificaciones que se distingue está compuesto de volúmenes rectangulares, cubiertos con techos de vertientes inclinadas, cuyos paramentos delimitan el sistema de calles y espacios abiertos públicos, predominando el macizo sobre el vano. Figura 3

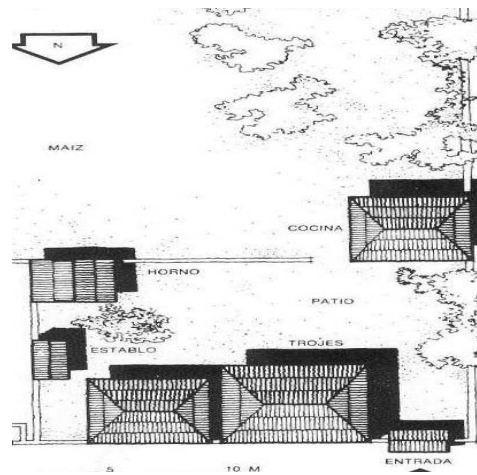


Figura 3. El esquema muestra la disposición de la vivienda sobre el paramento y los diferentes espacios alrededor del patio.

La mayoría de las viviendas tradicionales en la región, se construían a partir de formas geométricas sencillas, por ejemplo una planta rectangular rematada por una cubierta a una, dos o más aguas, utilizando como materiales los que le proporcionaba la naturaleza.

La forma de estas viviendas se repetía a lo largo de todo el asentamiento, originando en ocasiones composiciones integrales. Se aprecia dentro de la tipología arquitectónica de la región Purhépecha varios tipos de vivienda acorde a su emplazamiento; en el caso de la zona que corresponde a la Cañada presenta la disposición del zaguán como acceso al solar y crujías como espacios de habitación o cocina. (Azevedo 2002)

El módulo habitacional dentro de la vivienda purhépecha, tanto la construida en la zona en la Cañada, la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro así como la de la Sierra, comparten generalmente la misma

organización espacial de cuarto-portal-tapanco. La organización espacial de la vivienda: cuarto, portal, tapanco, es un elemento de identidad cultural; generalmente de planta rectangular o cuadrada; los muros pueden ser de adobe o madera en algunas zonas, los techos pueden ser: cubierta plana con una inclinación, inclinada en dos sentidos, inclinada en tres o cuatro sentidos y cubiertas a base de estructura de madera, con cubierta de tejamanil o teja de barro.

Cabe mencionar que la vivienda tradicional presenta de manera recurrente el siguiente esquema el cual se ha ido adaptando con el transcurso del tiempo:

El zaguán, que es el espacio de transición entre el exterior y el interior, el cual se conecta directamente con el pórtico o el patio.

La crujía que sirve como dormitorio, es un espacio cerrado generalmente sin ventanas y que comunica con el pórtico.

El pórtico o corredor siempre asociado a la crujía siendo el espacio de transición entre la unidad básica, el patio o el zaguán.

El patio como elemento del dintorno que funciona como elemento distribuidor de la vivienda.

El pórtico o corredor, al igual que el tapanco funciona como un dispositivo térmico ya que actúa como un elemento de protección de los muros interiores de la crujía, retardando la transmisión de calor hacia el interior del área habitacional, al provocar un área sombreada entre el patio y las crujías, se genera un espacio que sirve como separador entre el sol y la sombra. Por su parte la doble cubierta que proporciona el tapanco a la crujía tiene los siguientes efectos:

1) El espacio hueco del tapanco proporciona un aislamiento adicional durante los días calurosos, mientras la capacidad térmica del adobe defiende de las temperaturas diurnas. 2) El adobe conserva el calor durante las noches frías y el tapanco y cubierta le ayuda a retenerlo por más tiempo al reducir la pérdida de calor al frío de la noche. 3) El techo de teja despidе el agua y protege el adobe en la estación de lluvias, así como del sol directo, reduciendo la acumulación del calor y, en consecuencia, el calentamiento de la casa.

4. LA ZONA DE CONFORT

Con respecto a la denominada zona de confort, actualmente, no existen indicadores prácticos relativos a la percepción de las condiciones de comodidad térmica para diferentes tipos de edificios, regiones climáticas y ocupantes. Los estándares de confort actuales, se basan en un "modelo estático", en el cual, las respuestas fisiológicas y psicológicas con respecto al ambiente térmico son básicamente las mismas durante todo el año.

De acuerdo al "Modelo de Confort Térmico Adaptivo", los factores contextuales y los históricos de la percepción térmica modifican las expectativas y preferencias térmicas de los ocupantes. Una de las consecuencias que se predicen en este Modelo indica que las personas que habitan en climas predominantemente cálidos prefieren temperaturas interiores más cálidas que las personas que habitan en climas fríos. Esta situación es contraria a las suposiciones que se presentan en los estándares de confort actuales. Existen investigaciones experimentales realizadas en una cámara de ambiente controlado con individuos que habitan en un clima típicamente templado con gran oscilación térmica diurna y estacional, variando la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa y el movimiento del aire para analizar el umbral de las condiciones de confort en estos ocupantes. Los resultados obtenidos han demostrado que los ocupantes tienen preferencias que rebasan el límite superior de la zona de confort aceptada en los estándares internacionales de referencia. (García 2000)

Acerca del confort térmico investigadores como Givoni, Olgay e Izard, lo definen de la siguiente manera:

Según Givoni (1977) el confort térmico "es una variedad de condiciones climáticas consideradas confortables y aceptables dentro de los edificios. Implica la ausencia de cualquier sensación de disconfort térmico de calor o de frío".

Olgay, (1963) por su parte, define la zona de confort como "las condiciones en que el hombre consigue obtener el equilibrio biológico con el medio ambiente, gastando para ello el mínimo de energía y así la mayor parte de su energía estará libre para realizar otras tareas."

Conforme a Izard y Guyot (1980) "el confort térmico existe cuando, para una actividad sedentaria, con determinada vestimenta, el sistema termorregulador del cuerpo humano no tiene que intervenir para obtener el equilibrio térmico entre el cuerpo humano y el medio ambiente".

Una de las definiciones más aceptadas de confort térmico establece que es la "condición mental bajo la cual expresan satisfacción la mayoría de los ocupantes de un determinado ambiente térmico".

En 1963, Víctor Olgyay fue el primero en conjuntar los descubrimientos de varias disciplinas e interpretarlos para propósitos prácticos en la arquitectura. Olgyay desarrolló un "Diagrama Bioclimático" y presentó en él la "zona de confort", así como las "medidas correctivas" para retornar a esta zona mediante el manejo de la radiación solar, la temperatura del bulbo seco, el movimiento del aire, la humedad del aire y el sombreado. Todos estos índices y zonas de confort fueron elaborados a partir de investigaciones realizadas en determinadas poblaciones, llevando a cabo cierta actividad, con determinada vestimenta y condiciones climáticas específicas. Sirven de referencia más no deben ser aplicadas directamente en otras situaciones climáticas o en diferentes poblaciones.

Por lo anterior cabe destacar que hoy en día la mayoría de los índices de confort que se utilizan son de tipo cuantitativo y sin variabilidad temporal, horaria, diaria y estacional. Desde principios de 1980 hasta 1990 algunos autores han expuesto sus reflexiones sobre la necesidad de incorporar las variantes cualitativas y de variabilidad temporal a los índices de confort.

La hipótesis que se plantea es que el ambiente térmico dentro de la vivienda tradicional debe tener oscilaciones temporales parecidas, aunque en diferente escala, a las que se dan en el ambiente exterior, lo que permite una mejor adecuación de la vivienda tradicional que una vivienda convencional construida con materiales industrializados.

Con respecto a la zona de confort térmico, actualmente, no existen indicadores prácticos relativos a la percepción de las condiciones de comodidad térmica para diferentes tipos de edificios, regiones climáticas y ocupantes. Los estándares de confort actuales, tales como el ISO/7730 y el ANSI/ASHRAE 55/92 se basan en un "modelo estático", en el cual, las respuestas fisiológicas y psicológicas con respecto al ambiente térmico son básicamente las mismas durante todo el año.

Una de las definiciones más aceptadas de confort térmico establece que es la "condición mental bajo la cual expresan satisfacción la mayoría de los ocupantes de un determinado ambiente térmico". Sin embargo, para entender el confort térmico en las edificaciones, es indispensable analizar diversas variables, directas e indirectas, que interactúan para dar como resultado una percepción psicofisiológica integral de las condiciones ambientales circundantes en las que desarrollan sus actividades los ocupantes. A lo anterior García Chávez anota que la interacción de las variables del clima exterior y las edificaciones determinan la percepción de las condiciones de confort térmico de los ocupantes y el consumo de energía. Consigna que el confort es una condición esencial para lograr la satisfacción de los ocupantes, y que estudios recientes han demostrado que los factores psicológicos y conductuales tienen una relación directa en la percepción del confort humano.

Entre los diversos índices o zona de confort más utilizados, para determinar el confort térmico, destacan como ya se mencionó la Carta Bioclimática de Olgyay, según el autor, la zona de confort comprende las temperaturas de bulbo seco entre los 22 y 30°C y humedad relativa entre los 30 y 65% para actividad sedentaria, y un clo de vestimenta para climas calientes, entre las restricciones hechas a esta carta es que fue elaborada para condiciones de ambiente externo y no de ambiente interno.

La carta Bioclimática para Edificios de Givoni⁵ propone una zona de confort indicada sobre una gráfica psicrométrica que relaciona la temperatura del aire, la humedad relativa y absoluta, y que se basa en las temperaturas internas del edificio en vez de las temperaturas del aire externo. La BBCC (Building Bio-Climatic Chart) sugiere límites para condiciones climáticas deseables, así como estrategias de proyecto para alcanzar esas condiciones. Cabe destacar que hoy en día la mayoría de los índices de confort que se utilizan son de tipo cuantitativo y sin variabilidad temporal, horaria, diaria y estacional. Desde principios de 1980 hasta 1990 algunos autores han expuesto sus reflexiones sobre la necesidad de incorporar las variantes cualitativas y de variabilidad temporal a los índices de confort.

4.1 Métodos de Evaluación de Confort Térmico.

El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes índices térmicos subjetivos y objetivos, así como gráficas que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes factores y parámetros sobre el equilibrio térmico.

La propuesta para una zona variable de confort será retomada del modelo adaptativo de Humphreys, basada en trabajos desarrollados por Roriz (2003), el cual menciona que una corrección a la zona de confort resulta de considerar que la temperatura media de confort sufra alguna oscilación, sincronizada con lo que ocurre en la temperatura externa. A lo anterior, Nicol sugiere que sean aceptadas variaciones de temperaturas internas que no sean superiores a la mitad de las oscilaciones externas.

Para la determinación de la zona de confort se retoma la hipótesis expuesta por Roriz, con la finalidad de tener más argumentos para sustentar la hipótesis planteada, "el ambiente higrotérmico dentro de la vivienda tradicional de la región purépecha debe tener oscilaciones temporales parecidas, aunque en diferente escala, a las que se dan en el ambiente exterior, lo que permite una mejor adecuación de la vivienda tradicional que una vivienda convencional construida con materiales industriales". Lo anterior se demuestra con las gráficas anexas, en las cuales se plantea que la oscilación de la temperatura de neutralidad queda comprendida en un rango del 40% de la amplitud de la temperatura exterior.

Para el trazo de la temperatura neutra para determinar la zona de confort variable se parte de la propuesta de Humphreys donde: $T_c = 11.9 + 0.534(tme)$; la (tme) corresponde a la temperatura media exterior del mes analizado, de la amplitud resultante entre la T_c y la temperatura exterior monitoreada se toma el 40%, cuyo resultado permite el trazo de la temperatura de neutralidad variable (tn), para las 24 horas.

Las gráficas de temperaturas monitoreadas y medidas bajo las fluctuaciones horarias de la zona variable de confort propuesta por Humphreys y adaptada por Roriz presentan una oscilación del 40% de la amplitud de la temperatura exterior, con una franja de confort entre el límite superior de temperatura y el límite inferior de 5.0°C. equivalente a 2.5°C. (Figura 3)

4.2 Descripción del Instrumento Utilizado.

Las mediciones se realizan con equipos data logger tipo HOBO, marca Onset Computer, con sensores que almacenan la información de temperatura y humedad relativa, la información se recaba por medio del software que permite decodificar la información. Los Hobos al interior de la vivienda se fijan al muro o sobre un mueble a una altura promedio de 1.50m.

5. RESULTADOS

Para ilustrar el desarrollo de la zona de confort variable y las temperaturas monitoreadas, se presenta como ejemplo las Figura 4 y 5, en las cuales se presentan un modelo de zona de confort variable para evaluar el comportamiento térmico de las viviendas. Las gráficas muestran los resultados monitoreados durante los meses mas fríos y más cálidos en las poblaciones de Santa Fe y de Erongarícuaro respectivamente, en la que se manifiestan las temperaturas monitoreadas al interior de la vivienda tradicional de adobe.

En las gráficas se destaca el superávit o déficit de temperatura monitoreado y en el cual el superávit corresponde a las temperaturas registradas sobre el límite superior de la zona de confort, °ChC= grados centígrados hora de calor; y el déficit °ChF a las temperaturas registradas bajo el límite inferior de confort = grados centígrados hora de frío)

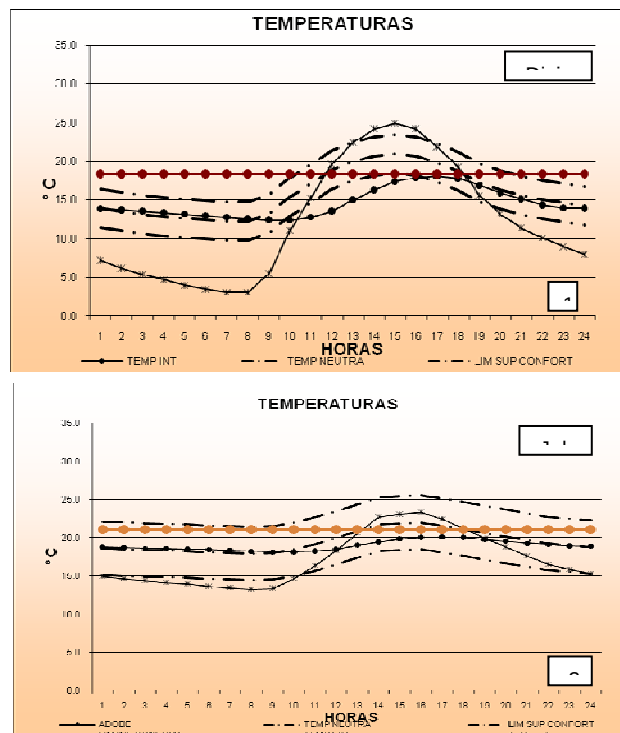


Figura 4): Las gráficas 1 muestra la temperatura monitoreada en el mes de diciembre, el cual manifiesta un déficit de temperatura de 11°C al interior de la vivienda de adobe el cual se presenta entre las 10.00 y las 14.00 horas, una temperatura mínima a las 9.00 horas con 12,4°C y una máxima interior registrada de 18.1°C a las 16.00 horas. La amplitud de temperatura interior es del rango de 5.7°C . La amplitud exterior equivalente a los 21.8°C con una mínima de 3.1°C a las 6.00horas y una temperatura máxima de 24.9°C a las 14.00 horas.

La gráfica 2 Muestra la temperatura monitoreada en el mes de julio, el cual indica que la temperatura interior monitoreada se encuentra dentro de la zona de confort, una temperatura mínima interior a las 8.00 horas con 18.2°C y una máxima interior registrada de 20.1°C a las 16.00 horas. La amplitud de temperatura interior es del rango de 1.9°C . La amplitud exterior equivalente a los 10.0°C con una mínima de 13.3°C a las 7.00 horas y una temperatura máxima de 23.3°C a las 15.00 horas.

Con respecto a los datos de temperatura monitoreados en la población de Erongarícuaro en la figura 5 en los gráficos 3 y 4 se aprecian los datos de temperatura monitoreados en la vivienda de adobe y en una vivienda construida con muro de tabique de barro recocido y loza de azotea de concreto armado (Hormigón)

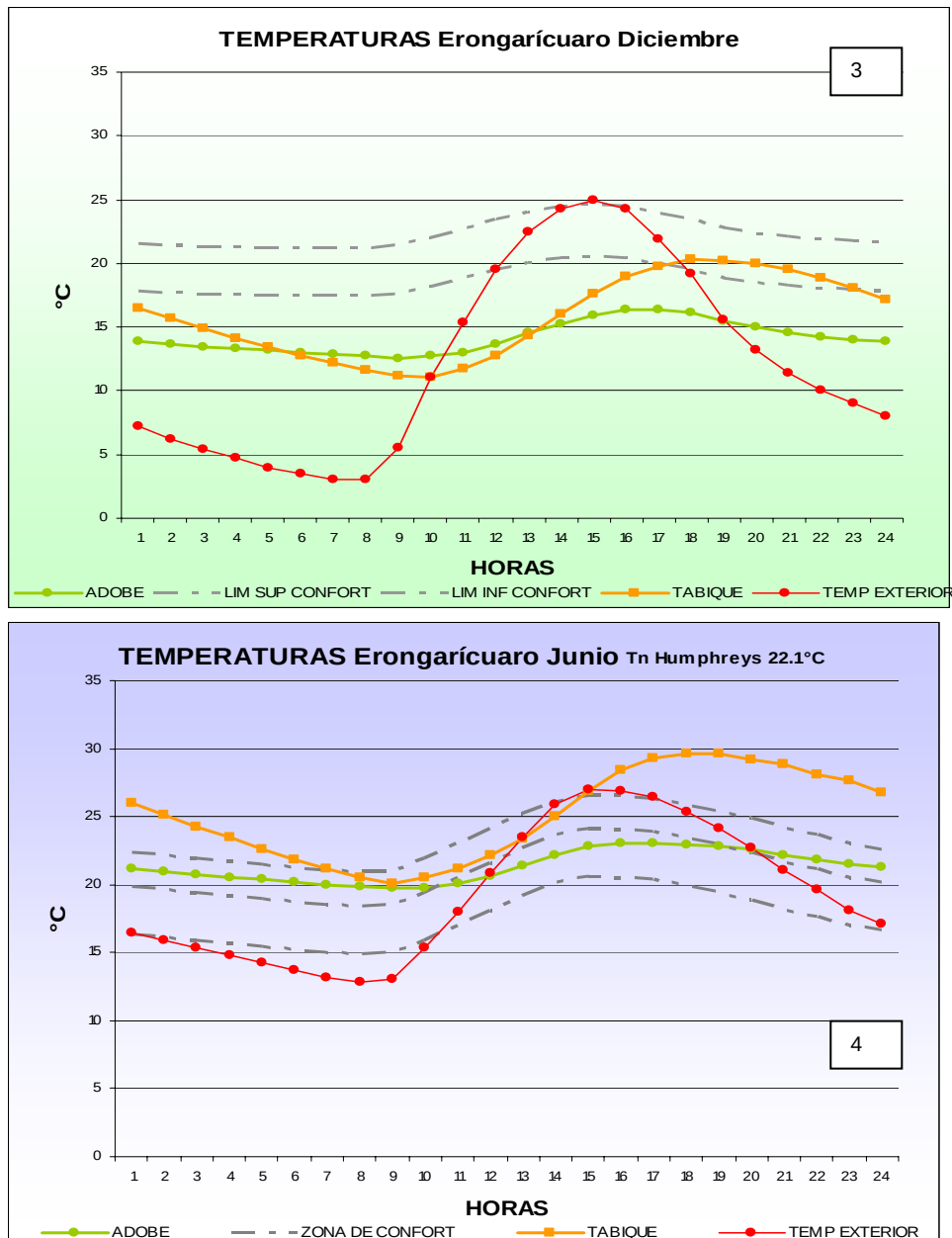


Figura 5: Los datos monitoreados en el mes de junio al interior de la vivienda de adobe en el mes más frío se aprecian en la gráfica 3 y muestra un déficit de temperatura de 16°C que se da entre las 8.00 y las 13.00 horas, y en el mes más cálido gráfico 4, las temperaturas monitoreadas se encuentra dentro de la zona de confort.

El resultado de las temperaturas monitoreadas bajo el esquema del modelo adaptativo de Humphreys propuesto por Mauricio Roriz arroja los siguientes resultados, en los cuales se muestra la vivienda de adobe no muestra superávit de temperatura durante el año en los meses más cálidos, y presentan un déficit de temperatura en los meses más frío.

Se anexan los datos de temperatura monitoreados en una vivienda testigo en la población de Erongarícuaro y construída con losa de concreto armado (hormigón armado) y muros de tabique de barro recocido (7x14x28), la cual presenta mayores requerimientos de energía para enfriar y calentar la vivienda. Tabla 6

VIVIENDA	ADOBE		TABIQUE	
SANTA FE	Superávit	Déficit	Superávit	Déficit
Diciembre	0	11		
Julio	0	0		
Suma	0	11		
ERONGARÍCUARO				
Diciembre	0	16	5.9	14.7
Julio	0	0	25.1	47.5
Suma	0	16	31.0	62.2

Tabla 6: Se destacan los resultados del monitoreo de un día típico del mes más frío y el más cálido en las poblaciones estudiadas.

6 CONCLUSIONES

Como resultado del trabajo de investigación, podemos destacar que la arquitectura tradicional rural presenta características particulares, dependiendo de la zona donde se ubique, del clima y de los materiales. Debemos señalar que dentro de los aspectos que unifican y caracterizan a la vivienda purhépecha, está el uso de un patio principal, espacio interior con vegetación que propicia un microclima.

La vivienda en las distintas zonas que conforman la región purhépecha, mantiene en muchos casos, el mismo patrón constructivo y de uso del espacio, patrón cuyo origen proviene de las costumbres del indígena que habitaba en la región desde la etapa mesoamericana. Hasta hoy en muchas localidades, la forma de vida, así como las soluciones de viviendas, son elementos que se conservan y constituyen tradición cultural.

No obstante las permanencias de sistemas de habitabilidad y construcción tradicionales, donde el uso de materiales naturales ha sido fundamental, se ha observado un deseo de modernidad que ha generado sensibles transformaciones en las formas de construir.

Con respecto a los datos correspondientes a la Humedad Relativa (HR), los valores monitoreados durante el año en las viviendas estudiadas se presentan dentro de los parámetros de confort.

El característico corredor elemento relevante de este tipo de resolución y de intenso uso colectivo, tiene la finalidad de servir de transición entre el espacio exterior e interior, responde a las necesidades de protección de la luz y el calor y protege a las habitaciones vecinas de la radiación solar directa. Las aberturas al exterior son mínimas, hecho motivado por la intensa luz solar., los anchos muros de adobe y piedra, al igual que teja de barro que va sobre la cubierta del tapanco, ofrecen una mayor inercia y permiten almacenar calor durante el día (proveniente de la radiación solar intensa) y transmitido al interior en horas de la noche, para paliar así el brusco descenso de la temperatura que se produce en estas horas y mantener los espacios más confortables

7 RECONOCIMIENTOS

El presente estudio presenta una síntesis del trabajo de investigación que se realiza con el apoyo de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y los apoyos de la Coordinación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AZEVEDO, Eugenia, *Espacios Urbanos Comunitarios. Durante el Período Virreinal en Michoacán*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 2003
- CORREA, Genaro “Provincias Fisiográficas del Estado de Michoacán”. En *VI Congreso Nacional de Geografía*, Gobierno del Estado de Michoacán, 1972
- CHÁVEZ Del Valle, Francisco, *Zona Variable de Confort Térmico*, Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña, 2002
- DE LA PEÑA, Guillermo comp, *Antropología social de la región purépecha*, Colegio de Michoacán, 1987
- GARCÍA, José, “Análisis experimental del umbral de las condiciones de confort térmico de los ocupantes y el consumo de energía”. *Memorias COTEDI 2000*, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, 21 -23 junio 2000
- GÓMEZ, Adolfo, “Las formas de vida y el confort, conceptos culturales de calidad ambiental, y sus consecuencias en la tradición espacial del trópico sub-húmedo”, En: *Evolución y estrategias del desarrollo urbano ambiental en la Península de Yucatán*, Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán, 2003, pp. 231-233.
- GONZÁLEZ, Héctor, *Vivienda Tradicional de la Región Purhépecha*, Tesis de Doctorado Programa Interinstitucional de Doctorado PIDA, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, México, 2006
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. Van Nostrand Reinhold, New York: 1997.
- IZARD, J. L., *Arquitectura bioclimática*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1980.
- KING, Delia., *Acondicionamiento Bioclimático*, México, UAM Xochimilco, 1994
- OLGAY, Victor, *Design with climate*. New Jersey: Princeton, 1963
- RORÍZ, Mauricio, “Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: Uma hipótese de modelo adaptativo” ” ENCAC-COTEDI 2003, VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído Curitiba - PR, Brasil, 5 a 7 de noviembre de 2003

¹ Delia, King Binelli, *Acondicionamiento Bioclimático*, México, UAM Xochimilco, 1994, p.15.

² El definir tal estado es complicado, de modo que se ha convenido que es la ausencia de estrés; es una situación de bienestar o grado de insensibilidad de las condiciones del entorno. La fisiología del confort parte del hecho de que mientras los mecanismos fisiológicos estén funcionando, sin generar molestia, no se toma conciencia de las condiciones del medio ambiente. Adolfo, Gómez Amador y Armando Alcántara Lomelí “Las formas de vida y el confort, conceptos culturales de calidad ambiental, y sus consecuencias en la tradición espacial del trópico sub-húmedo”, en Lucía, Tello Peón y Alfredo Alonso Aguilar Coord. *Evolución y estrategias del desarrollo urbano ambiental en la Península de Yucatán*, Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán, 2003, pp. 231-233.

³ El trabajo corresponde a una recopilación de Guillermo de la Peña sobre los estudios antropológicos desarrollados en la región en la década de los cuarentas.

⁴ Los trabajos desarrollados en la región en los años 40's en la región Purhépecha por antropólogos culminaron en una serie de publicaciones, entre ellas la de: Stanislawski, Dan, *The Anatomy of Eleven Towns in Michoacán*, Austin TX., Institute of Latin American Studies, University of Texas Press, 1950

⁵ Givoni, B. *Climate considerations in building and urban design*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1997, en Silveira, et al, *op. cit.*, pp. 351-352.

Héctor Javier González Licón: Doctor en Arquitectura, Profesor Investigador de tiempo completo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Líneas de investigación: restauración del patrimonio edificado, arquitectura de tierra, tecnología y medio ambiente. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I

ADECUACIÓN CLIMÁTICA DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN SAN PEDRO DE COLALAO, TUCUMÁN

Guillermo E. Gonzalo, Sara L. Ledesma, Viviana M. Nota y Cecilia F. Martinez

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán
Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán – Argentina - Tel.+ .54.381.4364093 int. 7914
Email: ceema@herrera.unt.edu.ar - ggonzalo@arnet.com.ar

Palabras clave: vivienda social, adecuación climática, habitabilidad.

RESUMEN

A partir del diagnóstico de la situación poblacional y de las condiciones ambientales de las viviendas en la localidad de San Pedro de Colalao, Tucumán, se realizó el análisis de un prototipo de vivienda de interés social perteneciente a un barrio de 41 unidades a construirse en la mencionada localidad, con la finalidad de mejorar las condiciones de habitabilidad en las mismas.

Se evaluaron las condiciones termo-hidrófugas de los materiales que componen la envolvente y el comportamiento térmico global del prototipo con programas computacionales teniendo en cuenta las variables de: orientación, materiales de la envolvente y protecciones solares.

Se propuso la utilización en la envolvente de los bloques de suelo-cemento, ya que la incorporación de este material no solo presenta un adecuado comportamiento térmico para la mencionada localidad, sino también trae aparejado un beneficio social, ya que puede ser fabricado por los pobladores locales, a partir de la utilización de herramientas y procedimientos de fácil aprendizaje y generar de este modo una fuente de trabajo para la población local.

El estudio permitió realizar propuestas de mejoramiento térmico, habiéndose verificado que las mismas no necesariamente significan un incremento significativo en el costo final de las viviendas analizadas. Estas conclusiones permitieron realizar un convenio con el Área de Diseño del Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano de la Provincia de Tucumán, a fin de transferir las propuestas y resultados obtenidos, con la posibilidad de que se construyan algunas de estas viviendas con las modificaciones sugeridas, a fin de que sirvan como modelos de demostración de una Arquitectura Bioclimática y Sustentable, con uso de energías renovables.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto PICTO UNT- ANPCYT 2004 N° 870: “*Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán*”, continuado con el programa 26/B405 del CIUNT en su faz operativa, y responde a los objetivos planteados, que tienden a definir con precisión la situación y necesidades energéticas de viviendas rurales, como así también vincular la demanda energética al diseño de mismas (orientaciones, materiales de la envolvente, protección y ganancia solar, uso de la ventilación) con la finalidad de elaborar pautas para el diseño que contemplen el uso racional de la energía y la incorporación de nuevas fuentes energéticas.

Este trabajo profundiza sobre aspectos analizados anteriormente (Ledesma et al, 2000) en los que, mediante simulaciones que permitieron determinar el balance energético de un prototipo de vivienda de interés social considerando variación en las condiciones de

implantación en el terreno, materiales de la cubierta, color de los muros, entre otras, se pudo demostrar que es posible mantener el costo final de las viviendas dentro de los valores de mercado aceptados para este tipo de edificios mejorando sustancialmente su comportamiento térmico.

En estudios anteriores se había calculado la influencia del aislamiento térmico (Gonzalo G.E. et al., 2000) y de algunos materiales no convencionales, tales como el suelo-cemento (Arias L.E. et al., 2002), considerándose para este caso los componentes constructivos más utilizados y excluyéndose algunos aspectos particulares como puentes térmicos (Ben-Nakhi A.E., 2002), determinación de espesores de aislamientos más convenientes (Kemal Çomaklı y Bedri Yüksel, 2003), la influencia del costo financiero a largo plazo (Porta-Ganadara M.A. et al., 2002) o la influencia del diseño global del edificio, como la presencia de patios internos (Rajapaksha I., H. Nagai y M. Okumiya, 2003).

2. SITUACIÓN GENERAL

San Pedro de Colalao es una comunidad rural de 2.389 habitantes, ubicada al NO de la provincia de Tucumán, a 100 Km de la ciudad Capital, en el Departamento de Trancas.

Si bien es sus inicios, hacia 1858, se desarrolló en torno a la producción agropecuaria, (Garrido, 2005), en la actualidad se ve afectada seriamente por la falta de empleo en ese sector. Sin embargo hoy se presenta en la zona el turismo como una actividad en desarrollo.

El área presenta un gran potencial para su desarrollo económico a través del turismo, no sólo por sus atractivos naturales sino también culturales y patrimoniales.



Gráfico 1: Ubicación en Tucumán

Con el propósito de tener un marco de referencia sobre la situación general de la población de San Pedro de Colalao, se realizó una caracterización de la misma, así como una evaluación estadística de datos censales y un relevamiento y encuesta en viviendas de residentes locales (Gonzalo et al, 2007)

La población de S.P.de Colalao ha sufrido importantes variaciones a lo largo de su historia (Garrido, 2005). En el último tiempo se ha presentado un importante incremento en su población, Tabla 1, especialmente en la franja de edad de adolescentes y adultos, mayores de 13 años, siendo una población joven con amplia capacidad laboral, Gráfico 2 (INDEC, 2001).

	Poblac. 1991	Poblac. 2001	Variación %
Provincia de Tucumán	1.142.105	1.338.523	17,2
Departamento Capital	473.271	527.607	11,5
Departamento Trancas	11.977	15.473	29,2
San Pedro de Colalao	1.433	2.389	66,7

Tabla 1: Variación de población período 1991 – 2001

Este crecimiento de población, que desde cierto

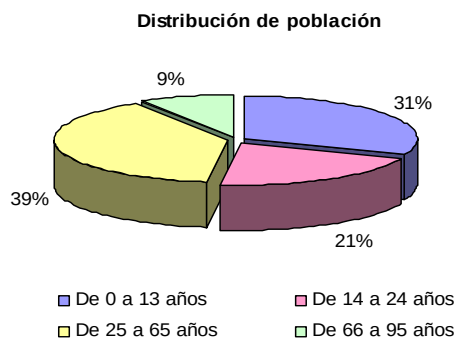


Gráfico 2: Población por edad

punto de vista es un aspecto positivo, en este caso no ha sido acompañado por un desarrollo de las fuentes de trabajo, lo que ha generado una situación de desempleo o subempleo, así como de dependencia de la asistencia gubernamental (ver Gráficos 3 y 4). Esta situación no garantiza una fuente de empleo estable y como consecuencia de ello se produce la inestabilidad económica del grupo familiar, no pudiendo el mismo acceder a beneficios primarios, como por ejemplo una vivienda digna. Estas condiciones han llevado a que gran parte de la población no pueda cubrir sus necesidades básicas, viviendo en condiciones de precariedad y carencias importantes en las condiciones de habitabilidad, destacándose la existencia de varios asentamientos marginales que albergan a más de 180 familias (Moreno, 2007).

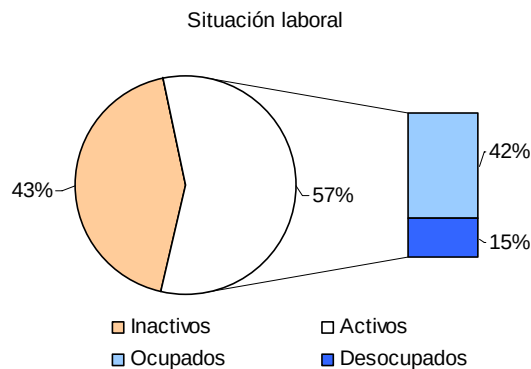


Gráfico 3: Situación de actividad laboral (INDEC, 2001)

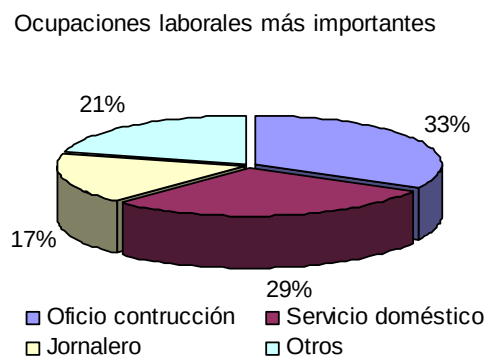


Gráfico 4: Ocupaciones más relevantes (Gonzalo et al 2007)

La calidad de la vivienda según sus materiales es un indicador que permite tener una idea sobre las posibilidades que tiene la población para cubrir sus necesidades básicas. El Departamento de Trancas tiene uno de los índices más altos de la Provincia (INDEC, 2001) en cuanto a necesidades básicas insatisfechas. San Pedro de Colalao presenta en total un 55% de viviendas con condiciones de habitabilidad no aceptables, correspondiendo a Calidad de Materiales III y IV: CALMAT III y IV.



Figura 1: Viviendas de residentes

En cuanto a servicios, si bien en la mayoría de los casos hay provisión de agua potable y energía eléctrica, en el aspecto sanitario es muy significativa la presencia de letrinas, que según se pudo observar en los relevamientos, carecen de adecuadas condiciones de higiene y evacuación, lo cual genera un alto riesgo sanitario.

Viviendas según materiales

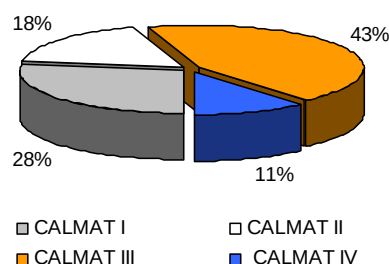


Gráfico 5: Vivienda según calidad de materiales

Condición de S° sanitario - Depto. Trancas
(INDEC 2001)

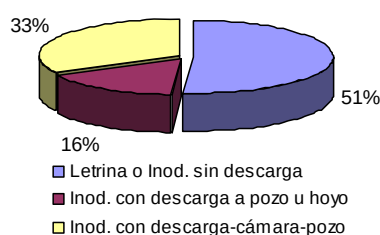


Gráfico 6: Condiciones de servicio sanitario

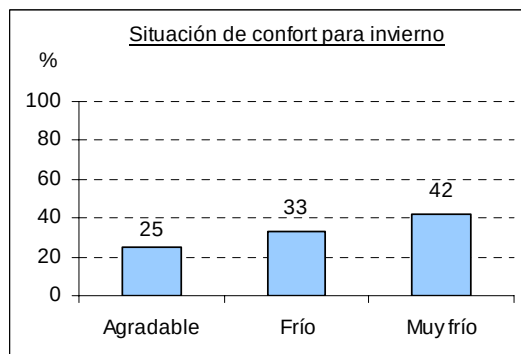
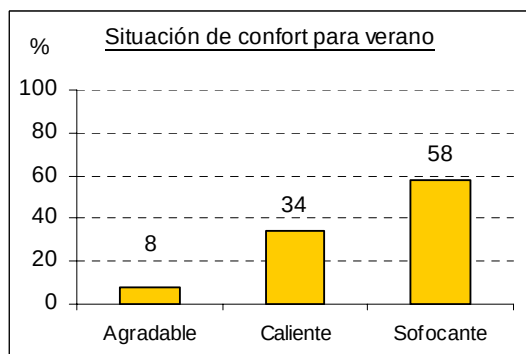


Figura 2: Vista de algunas letrinas y baños

3. CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CONFORT EN VIVIENDAS RELEVADAS

Uno de los objetivos del Proyecto que se tomó en cuenta al realizar los relevamientos y encuestas fue “*determinar las condiciones ambientales y de consumos de energía de la vivienda*”, esperando que los resultados sirvan de base para realizar propuestas con el objetivo de lograr mejorar la calidad de vida de los habitantes y de la actividad productiva en la zona, así como poder introducir tecnologías adecuadas para las viviendas, edificios comunitarios tendientes al uso racional de la energía. Se realizó un relevamiento de las viviendas seleccionadas determinando, entre otros aspectos, la calidad constructiva, de materiales y de mantenimiento de las mismas. Las encuestas se realizaron en base a una muestra aleatoria seleccionada en función de la predisposición de los pobladores locales. Para las encuestas se aplicó un modelo, que entre otros aspectos contempla los ambientales relacionados a: *Acondicionamiento térmico, Asoleamiento y Ventilación natural* (Soldati et al, 2006).

Se observa que en la mayoría de los casos los ocupantes manifiestan sensación de excesivo calor para la situación de verano, siendo la condición de sofocante la más importante. Para la situación de invierno, la sensación de frío es la predominante, siendo la condición de muy frío la más importante.



Gráficos 7 y 8: Confort en viviendas encuestadas

Las posibles causas expresadas de inconfort por calor son: la falta de aislación térmica en las cubiertas de chapa, la falta de ventilación y, en el caso de las cocinas, las fuentes de calor interno (cocinas, hornos o calefones). Las posibles causas de inconfort por frío son: el ingreso de aire por infiltración, ausencia de elementos aislantes térmicos en las cubiertas de chapa y el reducido espesor de muros.

Es notable que en el 50% de los casos se disponga de ventiladores para refrescamiento en verano. Pero para la situación de invierno, que presenta condiciones de baja temperatura relevantes, no disponen de sistemas de calefacción, esto debido básicamente al alto costo del combustible (gas envasado o leña) (Ver gráficos 7 y 8).

En cuanto al ingreso de sol a través de las aberturas, en la mayoría de los casos se considera que es aceptable, lo mismo que para la situación de invierno, a pesar de que las ventanas son, en general, de dimensiones estándar, sin protecciones exteriores y a veces sin vidrio.

En cuanto a la ventilación natural, el 67% de los encuestados manifiestan que la misma es aceptable durante el verano, período en el que el 92% recurre a la apertura nocturna y matutina de ventanas y puertas para mejorar la circulación. Sólo el 10% la considera escasa para esta estación.

Para la situación de invierno la ventilación no es un factor que genera disconfort en los ocupantes. El 8% la considera aceptable y el 59% escasa.

3.1. Situación de análisis:

Teniendo en cuenta las falencias detectadas en el diagnóstico realizado en relación a las condiciones ambientales de las viviendas y, debido a la posibilidad de construcción de nuevas viviendas en la localidad de análisis, es que se realizó la evaluación ambiental de un proyecto de 41 viviendas a construir por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) con la finalidad de erradicar una villa de emergencia. Este análisis tiene como objetivo realizar una propuesta de adecuación climática para las viviendas a construir a fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios ya que, según se pudo determinar en las encuestas realizadas, en la actualidad no disponen de condiciones mínimas de habitabilidad.

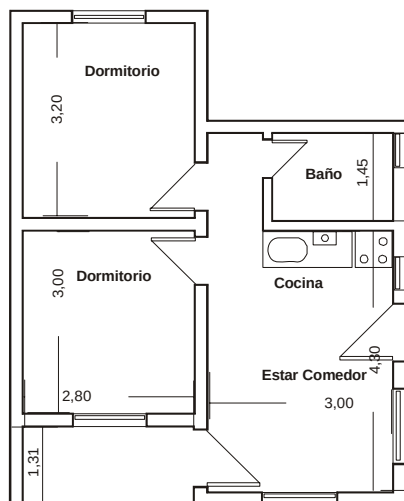


Gráfico 9: Planta del prototipo de vivienda analizado

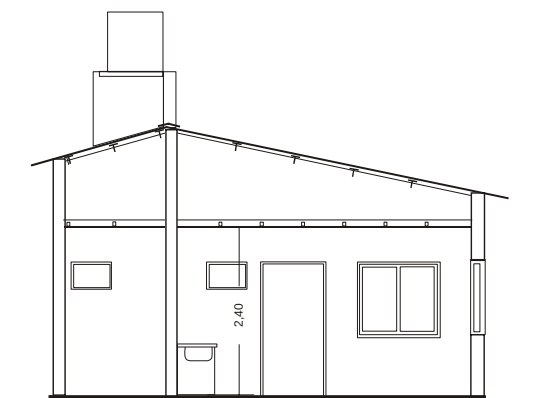


Gráfico 10: Corte del prototipo de vivienda analizado

En primer lugar se determinaron las principales estrategias de diseño a aplicar para la adecuación bioclimática con el programa CEEMAESTBIO1000 (Gonzalo G., 2003). Para la situación de verano se pudo establecer que es necesario: aprovechar la ventilación natural y mecánica para el refrescamiento natural y minimizar las ganancias a través de la envolvente.

Para la condición de invierno los requerimientos son de calefacción solar pasiva con ganancia de radiación sobre el plano norte mayor a 2500 W/m², inercia térmica y reducción de las pérdidas de calor. Se requiere calefacción un 56% al año y enfriamiento y sombra un 31% al año (ver Tabla 2).

NECESIDADES BIOCLIMATICAS: C=CONFORT - F=FRIO - S=NECESIDAD DE SOMBRA - E=NECESIDAD DE ENFRIAMIENTO																									
ESTACION: BENJAMIN PAZ													TCON		23,58	TCMX		25,6	TCMI		21,6				
HORAS													TOTALES AÑO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	FRIO	CONF.	SOMB.	ENFRI.									
1	C	F	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	9,0	3,0	0,0	0,0									
2	C	F	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	10,0	2,0	0,0	0,0									
3	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
4	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
5	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
6	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
7	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
8	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
9	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0									
10	C	F	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	9,0	3,0	0,0	0,0									
11	E	S	E	S	F	F	F	F	F	S	S	E	5,0	0,0	4,0	3,0									
12	E	E	E	E	C	F	F	F	C	E	E	E	3,0	2,0	0,0	7,0									
13	E	E	E	E	S	F	F	F	C	E	E	E	3,0	1,0	1,0	7,0									
14	E	E	E	E	S	F	F	C	S	E	E	E	2,0	1,0	2,0	7,0									
15	E	E	E	E	S	F	F	C	S	E	E	E	2,0	1,0	2,0	7,0									
16	E	E	E	E	S	F	F	F	C	E	E	E	3,0	1,0	1,0	7,0									
17	E	E	E	E	C	F	F	F	C	E	E	E	3,0	2,0	0,0	7,0									
18	E	E	E	S	C	F	F	F	C	S	E	E	3,0	2,0	2,0	5,0									
19	E	E	E	S	C	F	F	F	F	S	E	E	4,0	1,0	2,0	5,0									
20	E	E	E	S	C	F	F	F	F	S	S	E	4,0	1,0	3,0	4,0									
21	E	S	E	C	F	F	F	F	F	S	S	E	5,0	1,0	3,0	3,0									
22	E	S	E	C	F	F	F	F	F	C	S	S	5,0	2,0	3,0	2,0									
23	E	S	E	C	F	F	F	F	F	C	C	S	5,0	3,0	2,0	2,0									
24	S	C	S	F	F	F	F	F	F	F	C	S	7,0	2,0	3,0	0,0									
FRIO	7,0	10,0	7,0	11,0	15,0	24,0	24,0	22,0	17,0	11,0	10,0	8,0	TOT.F	166,0	% F.	57,6									
CONFORT	3,0	1,0	3,0	3,0	5,0	0,0	0,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	TOT.C	28,0	% C.	9,7									
SOMBRA	1,0	4,0	1,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	4,0	3,0	TOT.S	28,0	% S.	9,7									
ENFRIAM.	13,0	9,0	13,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	8,0	11,0	TOT.E	66,0	% E.	22,9									

Tabla 2: Requerimientos bioclimáticos para San Pedro de Colalao-Tucumán.

La primera propuesta de modificación del proyecto planteado por el IPV fue sobre el loteo original. A fin de posibilitar una adecuada orientación de las viviendas, se realizó una propuesta de loteo que brindaría a las mismas mejores condiciones de asoleamiento y de ventilación natural: la Norte y Sur, frente a la situación original en la que el 34% de las viviendas presenta sus mayores superficies hacia el Este y Oeste. La propuesta de loteo permitiría que el 100% de las viviendas tengan sus mayores superficies y aventanamientos hacia el Norte y el Sur (ver tabla 3).



Figura 3: Loteo original



Figura 4: Loteo propuesto

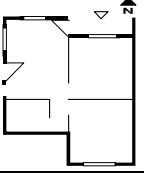
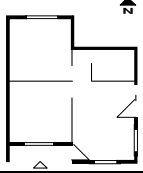
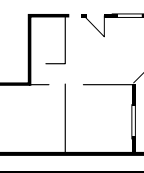
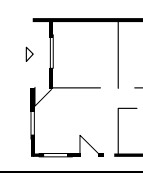
Posición del Prototipo				
Loteo original	51 %	15 %	17 %	17 %
Loteo propuesto	62 %	38 %	0 %	0 %

Tabla 3: Porcentajes de viviendas según posición del prototipo para las dos situaciones de loteo.

A los efectos de cuantificar la influencia de la orientación se analizó el comportamiento térmico del prototipo con orientación N-S y con orientación E-O. De este análisis se pudo observar que el prototipo E-O presenta en verano, una carga térmica 15% mayor que la que posee el de orientación N-S (ver fig. 17).

En invierno es aún más notable la diferencia de comportamiento ya que el prototipo N-S presenta ganancias de calor (1806 W/día), situación deseable para esta estación, mientras que el E-O presenta pérdidas de calor a través de la envolvente (-4333 W/día) o sea que requiere calefacción (ver Gráfico 11).

Orientaciones	Carga térmica verano (W/día)	Carga térmica invierno (W/día)
Prototipo N-S	21794	1806
Prototipo E-O	24567	-4333

Tabla 4: Cargas térmicas totales según orientación del prototipo

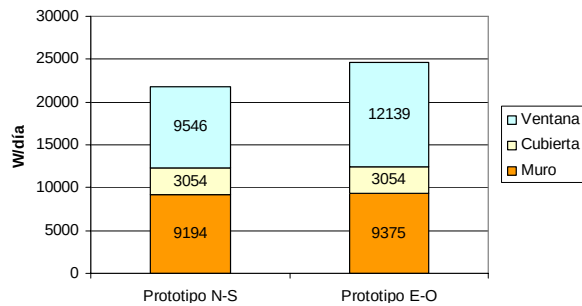


Gráfico 11: Carga térmica en verano del prototipo con diferentes orientaciones

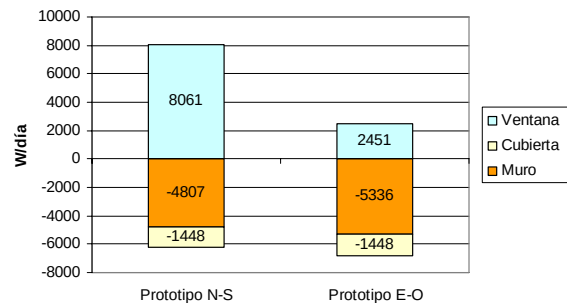


Gráfico 12: Carga térmica en invierno del prototipo con diferentes orientaciones

3.2. Análisis de los materiales de la envolvente

El estudio del prototipo abarcó también el análisis de la envolvente que se realizó a partir de simulaciones del comportamiento térmico para la situación original del prototipo y para otras soluciones constructivas de muros y cubiertas seleccionadas en base a los resultados alcanzados en estudios anteriores (Ledesma et al, 2004).

Los elementos constructivos seleccionados se analizaron a partir de los cálculos de transmitancia térmica y la verificación de los valores establecidos por Normas IRAM (IRAM, 1996) para los niveles mínimo (nivel C) y recomendado (nivel B) con el programa computacional CEEMAKMP (G.Gonzalo, 2003).

En base a este análisis se pudo observar que la cubierta original del prototipo verifica los niveles mínimos y recomendados establecidos por normas IRAM para cubiertas. En cambio,

los muros propuestos (mampostería de ladrillo macizo de 0,20) no verifican los niveles mínimos establecidos por IRAM para muros.

Al analizar las tres soluciones constructivas planteadas para los muros, se pudo observar que la mayor resistencia al paso del calor la presenta el muro de bloques de suelo-cemento y, si bien la alternativa propuesta para la cubierta presenta un mejor comportamiento térmico, la diferencia en relación a la original no resulta significativa.

Elemento constructivo	K calculado		Verif. K mínimo (Nivel C)			Verif. K recom.(Nivel B)		
	Ver.	Inv.	Ver. 1,80	Inv. 1,85	Ver. color 2,16	Ver. 1,10	Inv. 1,00	Ver. color 1,32
Ladrillo macizo 0,20 c/2 caras revoc. (original)	2,28	2,28	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Muro block H° 0,20 c/2 caras revoc.	1,73	1,73	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Muro 0,20 de ladrillo hueco c/2 caras revoc.	1,52	1,52	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Muro block suelo-cemento 0,20 c/2caras revoc.	1,28	1,28	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Cubierta chapa galv., cám.aire, pol.exp.2", yeso suspendido (original)	0,55	0,60	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cubierta chapa galv., cám.aire, lana de vidrio 2", foil de aluminio, yeso susp.	0,45	0,51	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 5: Características, propiedades térmicas de los elementos constructivos analizados

Con el objetivo de poder establecer el comportamiento térmico de los distintos tipos de muros (incluyendo las ventanas), se realizaron los balances térmicos considerando la influencia de estos elementos en forma exclusiva.

De este análisis se pudo establecer que el mejor comportamiento lo presenta el muro de suelo-cemento ya que, para la situación de verano, requiere un 43% menos de energía para el enfriamiento artificial que el prototipo original (ver Gráfico 13) y para la situación de invierno requiere un 5% menos de energía que el prototipo original (ver Gráfico 14).

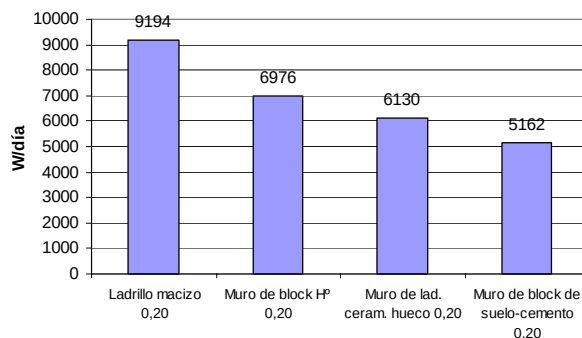


Gráfico 13: Consumo en refrigeración para verano

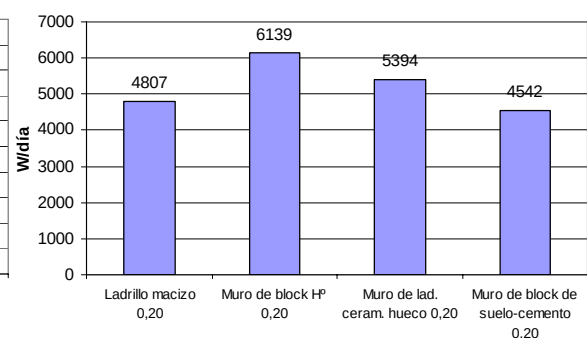


Gráfico 14: Consumo en calefacción para invierno

Teniendo en cuenta que: una de las estrategias establecidas para la situación de verano es la reducción de las ganancias de calor a través de la envolvente, que las superficies vidriadas son las que presentan un mayor intercambio térmico y que el prototipo original no prevé ningún tipo de protección solar, se analizó el comportamiento térmico del prototipo más adecuado (muros de suelo-cemento) con la incorporación de celosías, las cuales cumplen una doble función: obstruyen la radiación solar en verano y reducen las pérdidas de calor en invierno.

De este análisis se pudo observar que la incorporación de celosías permite reducir la carga térmica a través de la envolvente en verano en un 46% (ver Gráfico 15) y en invierno, permite incrementar las ganancias de calor en un 33% (ver Gráfico 16).

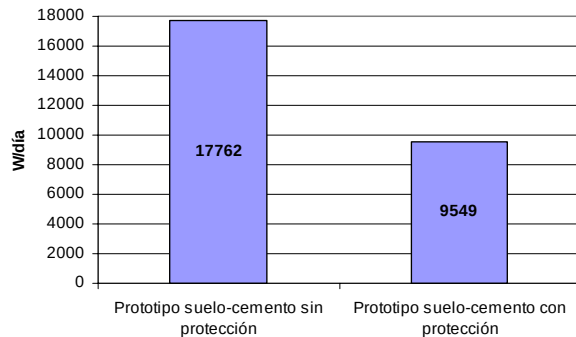


Gráfico 15: Carga térmica en verano del prototipo con protección solar en ventanas

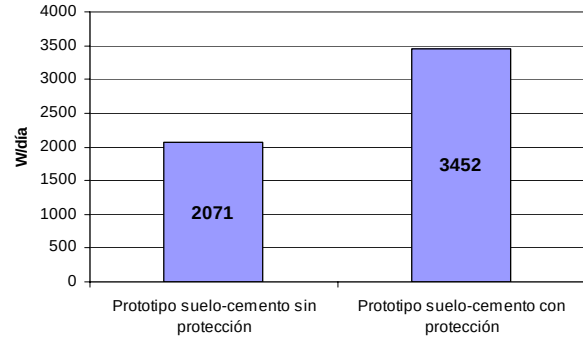


Gráfico 16: Carga térmica en invierno del prototipo con protección solar en ventanas

4. CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados se pudieron observar que propuestas básicas tales como: mejor orientación de las viviendas, correcta elección de materiales y protecciones solares en ventanas, permiten reducir la carga térmica en verano en un 56%. Para la situación de invierno, en donde la estrategia es la ganancia de calor a través de la envolvente, puede verificarse que la situación propuesta presenta una ganancia térmica superior en un 91% a la original con orientación Norte-Sur y en un 179% a la original con orientación Este-Oeste (ver Gráfico 17).

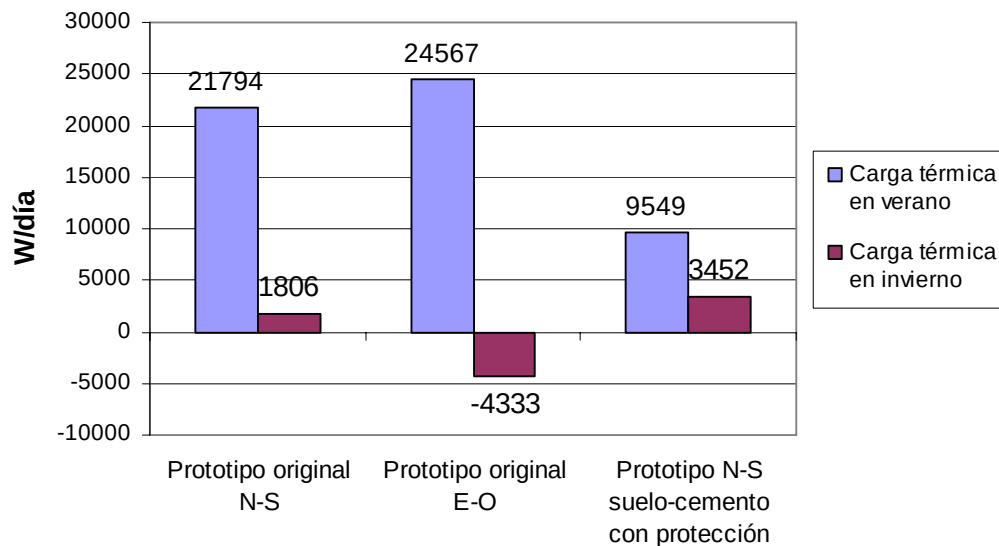


Gráfico 17: Carga térmica en verano e invierno para el prototipo original y el propuesto

Cabe destacar que la utilización de los bloques de suelo-cemento trae aparejado además un beneficio social, ya que el material propuesto puede ser fabricado por los pobladores locales, a partir de la utilización de herramientas y procedimientos de fácil aprendizaje y generar de este modo una fuente de trabajo para la población local.

REFERENCIAS

- Arias L.E., Alderete C.E. y G.E. Gonzalo (2002). "Comportamiento T-H de bloques comprimidos de suelo cemento". 1er Seminario Exposición La tierra cruda en la construcción del hábitat. Tucumán.
- Abdullatif E. Ben-Nakhi (2002). "Minimizing thermal bridging through window systems in buildings of hot regions", Applied Thermal Engineering 22, pp. 989–998.
- Gonzalo G.E. (2003). "Manual de Arquitectura Bioclimática". 2ª Edición. Ed. CP 67. Buenos Aires.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y Martínez C.F., (2000). "Evaluación energética-económica del uso de aislación térmica en viviendas para climas cálido y frío". NUTAU'2000, Tecnología & Desenvolvimento, Brasil, pp. 1970-1977.
- Garrido Hilda (2005). "Población y tierra en la cuenca de Trancas provincia de Tucumán (República Argentina)". Cuadernos de Desarrollo Rural, n° 54, pp. 31-61. www.javeriana.edu.co. Acceso Abril 2007.
- Gonzalo et al (2007). "Evaluación de encuestas y relevamientos realizados en viviendas rurales en San Pedro de Colalao", Gonzalo G., Nota V., Martínez C., Llabra C. y Ríos E. - Proyecto PICTO UNT-ANPCYT N° 870. Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente – IAA – FAU – UNT. (Inédito).
- INDEC (2001). "Censo Nacional de Población y Vivienda 2001". www.indec.gov.ar/web
- Kemal Çomaklı y Bedri Yüksel (2003). "Optimum insulation thickness of external walls for energy saving", Applied Thermal Engineering 23, pp. 473–479
- Ledesma S.L., Gonzalo G.E., Nota V.M. et al. (2003). "Estudios ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán", ASADES, AVERMA, Vol.6.
- Ledesma S.L., G.E. Gonzalo, V. Nota (2000) "Análisis y evaluación de consumo energético de un prototipo de vivienda en zona cálido húmeda" Actas NUTAU'2000, X Congreso Ibérico e V Congreso Ibero-Americano de Energía Solar, San Pablo, Brasil, Agosto de 2000.
- Moreno R. (2007). Datos de encuestas y relevamientos cedidos por el Sr. Roberto Moreno, ex Delegado comunal de SPC.
- Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Normas IRAM 11625 (1991). Acondicionamiento térmico en edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros y techos de edificios.
- Porta-Gandara M.A., E. Rubio y J.L. Fernández (2002). "Economic feasibility of passive ambient comfort in Baja California dwellings", Building and Environment 37, pp. 993 – 1001.
- Rajapaksha I., H. Nagai y M. Okumiya (2003). "A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics", Renewable Energy 28, pp. 1755–1778
- Soldati E., Nota V., Sosa M., Montenegro S., Tonello G. (2006). "Elaboración y unificación del instrumento encuesta para viviendas en zonas rurales". Proyecto PICTO UNT-ANPCYT N° 870. (Inédito)

Guillermo Enrique Gonzalo: Doctor Arquitecto. Profesor Titular de la Disciplina Acondicionamiento Ambiental, Director de Programas de Investigación del CIUNT y de la ANPCyT. Par Evaluador CONEAU y ARCU-SUR (Facultades de Arquitectura de Latinoamérica). Investigador Categoría 1. Conferencista nacional e internacional. Autor de libros, artículos en revistas y congresos, nacionales y extranjeros.

Sara Lía Ledesma: Arquitecta- Profesora Adjunta de la Disciplina Acondicionamiento Ambiental. Secretaria de Extensión de la FAU-UNT. Autora y co-autora de libros, artículos en revistas y congresos, nacionales y extranjeros. Investigador categoría 2, integrante del Programa de Investigación del CIUNT N° 26/B405 y del Proyecto PICTO UNT- ANPCYT 2004 N° 870.

Viviana María Nota:Arquitecta. Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental 1 del Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU. Directora del Proyecto de Investigación "Habitabilidad, Energía y Ambiente en locales administrativos de la Universidad Nacional de Tucumán" perteneciente al Programa CIUNT N° 26/B405.

Cecilia Fernández Martínez: Arquitecta (1994) y Magíster en Auditoría energética (2006). Beca Iniciación en Investigación de la Secretaría de Ciencia y Técnica, UNT. Coautora de los libros "Habitabilidad en edificios" y "Diseño bioclimático de oficinas". Autora y coautora de trabajos y artículos relacionados a la temática en congresos y revistas Nacionales e Internacionales.

DIVERSAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON TIERRA CRUDA

Patricia A. Gramajo ; Ana María Moeykens

Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán
patrigramajo@arnet.com.ar - Tel: (0381) 4346938

Palabras clave: construcción con tierra , ecología , sustentabilidad , medio ambiente

RESUMEN

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguos que el Hombre conoce, por siglos ha usado la tierra cruda en sus distintas formas y con diferentes técnicas para construir murallas, fortificaciones, ermitas, castillos, mezquitas, graneros, molinos y viviendas.

Son conocidas las construcciones de tierra cruda en España, Irán, Marruecos, Yemen, Perú, México, Colombia, Bolivia, Ecuador y Argentina, por nombrar algunos países. Muchas edificaciones en estos países, aún hoy conservan la majestuosidad con que fueron construidas hace ya cientos de años, tan es así que Hassan Fathy en su libro *Architecture for the poor*, "resalta el gran número de edificios históricos construidos con tierra, verdaderamente impresionantes cuya calidad y creatividad no ha escapado a los especialistas en las arquitecturas orientales, exóticas o primitivas".

El "desarrollo sustentable" se encuentra en numerosos discursos políticos, pero su aplicación es muy diversa y en ocasiones nula.

La utilización de la tierra cruda como material de construcción responde en general a una cuestión ecológica y sustentable, ya que elimina los costes de transporte pues la tierra está disponible en el emplazamiento de la construcción; es excavada manualmente, usando herramientas sencillas, manteniendo el coste de producción ambiental muy bajo.

El no uso de ladrillos cocidos, cemento y acero, reduce considerablemente la energía incorporada a estos materiales y la contaminación atmosférica.

Las posibilidades de creatividad y uso de diferentes técnicas constructivas para cualquier proyecto son numerosas y variadas: adobe, tapial, cob, enchorizado, barro confinado, paneles de acabado interior, revestimientos con gran variedad de tonos y colores, revestimientos de paramentos radiantes, bloques de diferente dimensión, relleno de cerramientos exteriores y elementos de partición interiores de estructura de madera combinada con paja, viruta o chips de madera, aislamiento de celulosa o agregados livianos.

Como vemos, la variedad es muy amplia y las posibles respuestas también, sólo es necesario volver a aprender de nuestros ancestros y transmitir estas técnicas lo más cuidadosamente posible para generar edificaciones con diseños adecuados, sostenibles en el tiempo y que no degraden el ambiente natural.

Por ello, entendemos que es necesario volver a repensar la forma de construir y retomar las viejas normas de construcción tradicional con tierra.

Hoy, en el primer decenio del siglo XXI, países desarrollados como Estados Unidos de América, Alemania, Noruega, Inglaterra, etc., están incorporando la construcción con tierra cruda en algunas edificaciones, como una forma de respetar el medio ambiente.

1 - DESARROLLO SOSTENIBLE

En realidad, la justificación del desarrollo sostenible proviene tanto del hecho de tener recursos naturales limitados, susceptibles de agotarse, como del hecho de que una creciente actividad económica produce, tanto a escala local como planetaria, graves problemas medioambientales que pueden llegar a ser irreversibles. El desarrollo sostenible se refiere a la totalidad de las actividades humanas. Sin embargo, los retos de la sostenibilidad, se ven de diferentes maneras para cada tipo de sector económico. Algunas de las características que debe reunir un desarrollo para que lo podamos considerar sostenible son:

- Buscar la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Asegurar que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Usar los recursos eficientemente.
- Promover el máximo de reciclaje y reutilización.
- Poner su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaurar los ecosistemas dañados.
- Promover la autosuficiencia regional.
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.

Por eso creemos que volver a construir con tierra en las zonas rurales puede favorecer en gran medida el desarrollo sostenible, ya que el uso de la tierra como material de construcción principal elimina los elevados costos de transporte de materiales con valor agregado, reduce la contaminación ambiental, favorece la mano de obra local, reduce costos de mano de obra especializada, etc.

2 - ACTUALIDAD DE LA TIERRA CRUDA

En el primer decenio del siglo XXI, todavía podemos hablar de una fuerte presencia de construcciones de tierra cruda en las edificaciones del mundo entero, sobre todo de viviendas en China, Medio Oriente, África y América Latina.

En la actualidad hay una fuerte presencia de construcciones con tierra en países como Australia, Nueva Zelanda, Escocia, Suecia, Noruega y Dinamarca, redescubriéndose las ventajas como material de bajo o nulo costo, acompañados de una nueva filosofía de vida, como la ecología, la permacultura, etc.

En estos países industrializados, no sólo se usa la tierra cruda para recuperar edificaciones antiguas que forman parte de su patrimonio, sino, que algunas investigaciones están centrándose en el comportamiento que tienen los adobes aligerados con paja o corcho y paneles de tierra con yute y cañizo para utilizar como revestimientos de interiores, tratando de reducir el impacto ambiental que produce utilizar materiales cuya producción produce grandes consumo de energía y contaminación (cemento, aluminio, PVC, etc.)

2.1 – Antecedentes históricos

Algunos de estos antecedentes constructivos en tierra cruda sirvieron como base para que algunos países industrializados quisieran recuperar estas construcciones ancestrales.

En Perú, la ciudadela de Chan Chan, es la más grande de América, (1200-1480). Este sitio arqueológico ahora, cubre un área de veinte kilómetros cuadrados aproximadamente y está formado por diez recintos amurallados y algunas pirámides solitarias. Las Huacas peruanas sobre el valle del río Rimac, datan de 3.500 años; la "ciudad" de Pachacamac, con sus plazas, templos, viviendas y depósitos se remontan a 600 a.C.

En México, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y en el sur y norte de Chile las casas de adobe son aun patrimonio de muchas familias humildes.

En España, sobre todo en Castilla y León, donde se agregó paja al barro, se conservan las típicas casas de Tierra de Campos (S. XIII). Allí, es notable la

restauración y reconstrucción de estas construcciones que dan un aspecto distintivo y curioso a las mismas.

Son famosas las arquitecturas de adobe y tapial en Irán, Yemen y Marruecos, donde encontramos construcciones abovedadas del siglo VII. Solo recordemos los ejemplos de Tobouctou en Mali (Marruecos) y Shibán (Yemen).

También es frecuente encontrar todavía viviendas “chorizo” o de “paja quinchada” en regiones de África, América Central y América del Sur.

3 - LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Las principales propiedades de la tierra como material se basan en la economía, como aspecto fundamental debido a su disponibilidad inmediata; facilidad de trabajo y moldeado; resistencia a la compresión, y su favorable confort térmico. Como contraparte de estas características tan ventajosas es ineludible considerar la protección que debe tener ante la humedad y la acción directa del agua de lluvia, así como su baja resistencia a los esfuerzos de tracción, asociado al hecho de ser un material que presenta fallas frágiles sin capacidad de trabajo en el rango elástico.

Posiblemente, la mayor dificultad de someter a simplificaciones teóricas a la tierra cruda, reside en que este material es realmente complejo frente a algunas aleaciones industriales.

La tierra, como materia orgánica para la realización de adobes, chorizos, embarrado, etc. contiene componentes complementarios como fibras, paja, crin, estiércol, etc. que le aportan mayores resistencias iniciales, es decir, que está formada por un material aglutinante y elementos de refuerzos en forma de fibras, tejidas o no. Muchas veces encontraremos compuestos con materiales aditivos naturales o plastificantes, como el agua de penca o extracto de tallos de plátanos.

Se encontrará en numerosa bibliografía las proporciones adecuadas de arena, limos, arcillas y agua que debe tener la tierra para aprovechar correctamente sus propiedades, pero es increíble ver construcciones formidables, con notable resolución técnica-construtiva y excelente creatividad en lugares alejados de la civilización, donde sus “constructores” a simple vista y tacto reconocen las mezclas apropiadas.

3.1 – Ventajas e inconvenientes de la tierra como material de construcción

Ventajas:

- La tierra es un material inocuo, no contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo no contaminado.
- Su obtención es respetuosa; si se extrae del propio emplazamiento, provoca un impacto apenas mayor que el que ya supone realizar la propia construcción.
- Bajo costo, ya que se obtiene localmente, evitando gastos de transporte.
- Amplia y fácil disponibilidad en cualquier lugar del mundo.
- Material de muy baja energía incorporada.
- Aptitud para ser usado en técnicas de construcción que requieren mano de obra intensiva y baja inversión de capital.
- Posibilidad de ser usado sin conocimientos muy especializados y sin equipos sofisticados.
- Existencia de una larguísima tradición en su utilización, que facilita el uso en la autoconstrucción.
- Posibilidad de preservar los importantes rasgos de la identidad cultural de los pueblos, en materia de construcción, sin por ello perder los niveles aceptables de calidad.
- Excelentes propiedades térmicas, la tierra tiene una gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente (calidad conocida como inercia térmica).

- Propiedades de aislamiento acústico, los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados.

En contraposición a estas ventajas, el uso de la tierra cruda presenta algunos inconvenientes, pero no por ello irresolubles:

- Baja resistencia a la acción erosiva de las aguas.
- Baja resistencia a la flexión, por lo cual para su uso en techos se deberá recurrir a tipologías estructurales adecuadas.
- Baja resistencia a la erosión mecánica, por lo que las paredes expuestas a la acción de fuertes vientos deben ser mantenidas con revoques.

4 – TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Existen numerosas técnicas constructivas con tierra cruda, muchas de ellas tienen sus antecedentes en las construcciones espontáneas o sin arquitectos que datan de cientos de años. Sólo mencionaremos algunas de ellas.

4.1 Técnica del adobe

El adobe es una pieza para construcción realizada con barro (arcilla y arena) mezclada a veces con paja, crin o estiércol de caballo. Está moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. Las dimensiones recomendables para los adobes son: 38 x 38 cm y su espesor de 8 a 12 cm. Los medios adobes son de 19 x 38 cm y del mismo espesor del adobe, aunque en algunas zonas se encuentren adobes de 6 x 15 x 30 cm.

Las fallas comunes en las construcciones con adobes pueden ser reducidas mediante el control de la tierra y los "híbridos" o material de refuerzo utilizados; el dimensionado adecuado de las piezas y los muros, el dimensionado adecuado de la estructura, tanto de la cimentación como del muro portante, o las vigas y pilares y la protección frente a la lluvia y a la humedad natural del terreno.

Antes de construir los muros, se debe estudiar su altura para evitar que éstos sean demasiado esbeltos, por eso, la altura nunca será mayor a 6 veces el espesor del muro. En caso contrario, se utilizarán contrafuertes; éstos también serán de adobe y deberán estar amarrados al muro respetando las trabas de adobes enteros.

Los vanos de puertas y ventanas deben estar centrados respecto al paño del muro correspondiente, y no ser mayores a un tercio del largo del muro, debiendo llegar hasta la cara inferior de la viga solera doble de amarre. Los adobes deben asentarse sobre un mortero de tierra de idénticas características que la los mismos.

Los cimientos tradicionalmente utilizados en la zona rural son de piedra y barro y se debe cuidar de realizar los sobre-cimientos con una altura mínima de 30 cm sobre el nivel del terreno natural y el ancho mínimo corresponde al ancho del muro, para evitar el contacto de éste con la humedad del suelo.



Construcción con adobe en Golondrinas - Chubut

4.2 – Técnica del tapial

El tapial o muro de tierra apisonada ("terre pisé") es la construcción de muros monolíticos mediante la compactación de la tierra húmeda en un encofrado o molde vertical de tablones de madera. Una vez apisonada una capa, se eleva el molde, se añade otra capa de tierra, se apisona y se repite así la operación hasta alcanzar la altura del muro.

Los vanos de las puertas y ventanas se van realizando a medida que crece la pared.

Es imprescindible también aislar los muros de la humedad del suelo; del agua líquida de lluvia o circulante y encharcada, con sobre-cimientos de piedra.

Los muros de tierra apisonada o tapial resisten mejor la intemperie que los muros de adobe, pero no mejoran su resistencia a la tracción; en cambio se obtiene continuidad del material en la pared, al suprimir las juntas entre adobes. La densidad de la pared puede incrementarse un poco más colocando algunas capas de piedra dentro de la pared, la tierra sirve como matriz y las piedras deben estar separadas sin hacer contacto entre sí para que la masa conserve su homogeneidad. Su mayor densidad influye en que la resultante entre los esfuerzos horizontales junto con el peso de la pared se defina en ángulos más inclinados hacia abajo disminuyendo los riesgos de provocar esfuerzos de tracción en la base; esto permite construir las paredes de tapial levemente mas delgadas.

El encofrado de madera del tapial tiene una longitud entre 2,00 y 3,00 m, una altura entre 1,00 y 1,30 m, y un ancho variable de 0,50 a 0,70 m, dependiendo de las alturas de las paredes o muros a construir.

La gran inercia térmica de este sistema constructivo le permite permanecer fresco durante el día, y desprender el calor acumulado durante la noche.

Como desventaja, el tapial resiste mal la tracción, por lo que es frecuente que se fisure con el tiempo.



Casa Sarmiento – Palencia - España

4.3 – Técnica de bloques de tierra compactada

Los bloques de tierra compactada o prensada son ladrillos de tierra cruda con bajo contenido de agua obtenidos tras prensarlos de manera mecánica, para obtener formas regulares y de mayor resistencia.

La mezcla de tierra cruda con arena no debe contener paja, crines, raicillas, etc. como el adobe, y la diferencia principal entre ellos es que el bloque no necesita tiempo de curado y su resistencia se logra por la compresión en la prensa.

Los bloques de tierra pueden ser "inestabilizados" o "estabilizados". Los bloques estabilizados llevan cemento incorporado, por lo que resultarán más costoso, necesitarán una poco más de agua para la hidratación del cemento lo que mejora sus propiedades mecánicas. Los bloques de tierra prensados pueden ser producidos en obra. Los bloques de tierra prensados se pueden utilizar inmediatamente después de fabricarlos, continuando el curado y ganando resistencia después que estén colocados. El tamaño de los bloques puede variar según el diseño deseado, cambiando el molde de la prensa. Para diseñar paredes estructurales utilizando cualquier tipo de bloque de tierra se ha de tener en cuenta la altura y el espesor de la pared.

Para obtener las condiciones térmicas mínimas adecuadas los bloques de tierra deben tener 30 cm como mínimo de ancho.

4.4 – Técnica Cob

Es la técnica para la construcción de casas de tierra mediante una mezcla de tierra, agua y paja sin ninguna forma concreta. Es originaria de Gran Bretaña, aunque se hallan ejemplos por todo el mundo, y resulta especialmente adecuada en zonas lluviosas.

El cob es un material de construcción cuyos componentes son arcilla, arena, paja y barro común de tierra, en cierto sentido es semejante al adobe y al tapial, teniendo aproximadamente las mismas proporciones de materiales constituyentes. El proceso de fabricación permite que las construcciones realizadas no requieran ser

transformadas previamente en ladrillos, sino que, igual que en el tapial, el conjunto se construye a partir de los cimientos, en muros de un solo bloque.

Se trata de un material muy económico, ecológico, resistente a los agentes climáticos y, por su ductilidad, fácilmente trabajable y moldeable.

Como técnica constructiva es muy antigua, y se remonta a la prehistoria, en algunas poblaciones sedentarias. Edificaciones en cob se pueden encontrar en la actualidad en países tan distantes como Inglaterra, África y Estados Unidos.

En general, la construcción con tierra tipo cob es más propia de climas húmedos, mientras que la técnica del adobe y el tapial es característica de climas más secos y soleados. Esto se debe a las dificultades para secar los adobes en los climas más lluviosos.

La elevación de los muros se realiza a partir de un cimiento rocoso y sobre éste se moldean las paredes, capa por capa, ajustándose a unos pocos elementos estructurales, como jambas y dinteles, que servirán como elementos de consolidación a partir de los cuales las paredes tomarán su forma definitiva.

Aunque no es indispensable, a las paredes suele darse un acabado con revoque con el mismo material o con cal, según las costumbres o tradiciones. Se pueden realizar fácilmente relieves artísticos en las paredes, siempre y cuando estos no sean bajorrelieves muy profundos que puedan debilitar la estructura.



Construcción con cob en Golondrinas – Chubut



Construcción con cob en Golondrinas – Chubut

4.5 – Técnica del bahareque

El bahareque, bajareque o pajareque, es el sistema y técnica de construcción realizada fundamentalmente en base a una trama formada con varas de palos, cañas que sirven de soporte a una mezcla de barro con paja picada, estiércol seco de ganado vacuno o equino. Esta técnica constructiva es muy antigua, ya que se la utilizó en varios países de Sudamérica en la época prehispánica.

Existen diferentes tipos de bahareque: el embutido, el esterillado y el tejido y admite la combinación con las otras técnicas constructivas de tierra cruda como el tapial y el adobe. Como todas las construcciones de tierra, necesita estar aislado de la humedad del suelo por medio de sobre-cimientos de piedra.

El sistema es tan versátil que permite el uso de una amplia variedad de especies para su estructura, como el cardón, arboloco, guadua, cañabrava o amarga, caña de castilla, chusque y maderas finas.

La construcción con bahareque comprende varias fases que determinan a su vez la secuencia de ejecución de la técnica. Estas fases denotan la actividad realizada en cada etapa, así como, la horconadura, encañado, embutido y revestimiento o empañetado.

Los techos de las construcciones admiten también diversidad de materiales naturales, como hojas de palma, hojas de yarumo, cañas, y últimamente en algunos edificios aparecieron las tejas cocidas.

Esta técnica es conocida en Perú como quencha o quinchá, que significa empalizada o cañizo, cerca o cerramiento de palos y bejucos.

El bahareque es utilizado tanto en las Antillas, Caribe, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, no sólo para construir viviendas más humildes hasta las grandes casas señoriales, pasando por edificaciones públicas, gubernamentales, asistenciales, educativas y religiosas, con delicadas y exquisitas molduras exteriores, dignas de construcciones tradicionales.



Técnica de bahareque embutido en Villa Unión – La Rioja

4.6 – Técnica del entramado

La técnica del entramado consiste en el aprovechamiento del adobe para cerrar el entramado de madera. Generalmente esta técnica es usada para realizar la planta alta de las viviendas, ya que la planta baja generalmente es una combinación de piedra y adobe.

Existen diferentes tipos de entramado, desde el más tosco, compuesto por rollizos o maderas apenas desbastados, hasta aquellos contruidos con maderas escuadradas, rellenos y terminaciones muy desarrolladas. En cualquiera de los dos casos, el empleo del entramado obedece a razones estructurales de reducir el peso en la planta alta.

La disposición de los montantes de madera es bastante próxima entre sí; algunas veces pueden aparecer algunas piezas inclinadas para formar las diagonales que rigidizarán el sistema. Los huecos o vanos así formados, son rellenos con adobes en hiladas horizontales y con menos frecuencia se realizan los aparejos en “espina de pescado” o simplemente inclinados.

Esta técnica, permite con facilidad crear los vanos correspondientes a las ventanas, por la disposición de los montantes.

El empleo del entramado no se reduce sólo a los muros exteriores, sino que permite con facilidad crear los tabiques y particiones interiores.



Vivienda con técnica de entramado en Lima - Perú

CONCLUSIONES

El propósito de esta ponencia es demostrar que existe una gran variedad de técnicas constructivas con tierra cruda, que han sido empleadas por nuestros antepasados y seguirán siendo usadas en muchas y diversas regiones del planeta, mientras el hombre necesite una vivienda y el único material a su alcance sea la tierra.

Numerosísimas construcciones de tierra se desarrollan sin intervención de profesionales y muchas de las soluciones obtenidas son un ejemplo y evidencian una excepcional adaptación al medio natural en que se desarrollan. La apropiación de esas edificaciones por parte de sus moradores, que con tanto esfuerzo las realizaron, las hacen únicas y creativas, ya que dejan su sello o impronta.

Menospreciar las construcciones con tierra cruda es negar una realidad, el hombre necesita viviendas; más del 50 % de la población mundial no supera los índices de indigencia y pobreza, por lo tanto es imposible pretender que usen los materiales tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA

- BUARQUE, Sérgio. Construyendo o desenvolvimento local sustentável. Garamond. Brasil. 2002
- CASTELLAN, Ferruccio. El adobe y la quincha. Servicio Extensión Agraria. España. 1987
- CHIAPPERO, Rubén. Arquitectura en tierra cruda. Nobuko. Argentina. 2000
- FATHY, Hassan. Architecture for the poor. The University of Chicago Press. EE.UU. 1976
- GOMEZ ALVAREZ, Carlos. Viviendas en madera. Caro Hnos. S.A. Argentina. 1980
- GUIDONI, Enrico. Arquitectura primitiva. Aguilar. España. 1977

MAHLKE, Friedmann. De las Tensoestructuras a la bioarquitectura. Fin de siglo. Alemania. 2007

MINKE, Gernot. Manual de construcción con tierra. Nordan Comunidad. Uruguay. 2001

ROHMER, Erhard. Navapalos 86. Inter-Acción. España. 1986

Patricia Gramajo: Arquitecta. Docente-Investigador, en la Cátedra de Estructuras I de la FAU, en las materias "Estructuras I" y "Arquitectura en zona sísmica". Especialista en "Investigación en la Enseñanza Educativa". Integrante del equipo de Investigación del Proyecto CIUNT B/411. Integrante de la "Red Regional de Tecnología de las Facultades de Arquitectura". E-mail: patrigramajo@arnet.com.ar. Tel: (0381) 4346938

Ana María Moeykens: Arquitecta. Docente-Investigador, en la Cátedra de Estructuras I de la FAU, en las materias "Estructuras I" y "Arquitectura en zona sísmica". Integrante del equipo de Investigación del Proyecto CIUNT B/411. Integrante de la "Red Regional de Tecnología de las Facultades de Arquitectura". E-mail: adelacroix@arnet.com.ar

**VIVIENDA EN ADOBE PARA UNA COMUNIDAD SALUDABLE
RURAL DEL PERÚ:
POBLADO DE SANTA LUISA, CHINCHA BAJA, PERÚ**

María T. Méndez; María A. Guevara; Renato Flores

Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP,
Universidad Ricardo Palma- Av. Benavides 5440-Surco, Lima-Perú
Teléfono 2750450 – Anx. 338- e-mail: cecos@urp.edu.pe

Palabras Clave: construcción en tierra, medio ambiente y sostenibilidad

R E S U M E N

El proyecto consiste en el estudio teórico de un modelo de vivienda que utiliza materiales naturales como adobe y bambú para su construcción. Se sitúa en el poblado de Santa Luisa, distrito de Chíncha Baja, costa sur del Perú.

El adobe como material constructivo es propio de la zona, responde a la economía de las poblaciones rurales, su proceso de fabricación es no contaminante y sus componentes son naturales, brinda confort térmico al interior de las edificaciones y como consecuencia brinda protección a la salud de los usuarios. El proyecto se complementa con utilización de energías renovables y tratamiento adecuado de residuos sólidos. Todo esto trabajado mediante capacitaciones a la población, desde una perspectiva multidisciplinaria.

El diseño del módulo se basa en una interpretación actual de las costumbres de los pobladores, y, en el medio natural y el clima como elementos fundamentales. Presenta al adobe como un material constructivo no sólo "para viviendas de pobres", con empleo de acabados no contaminantes y coloración con pigmentos naturales. La distribución de espacios responde a las consideraciones funcionales y de ahorro energético con elementos que permitan el ingreso de luz natural, el movimiento del viento, utilizando recursos pasivos (orientación, aberturas con protección de ingresos de sol, muros y techos con protección de impacto de sol, paredes y techos con impacto de viento, materiales aislantes) que regulen la temperatura del interior: fresca en verano y cálida en invierno.

Este prototipo de vivienda se emplea como módulo didáctico para mejorar la calidad de vida de los pobladores de las áreas rurales de la costa sur del Perú, las que se encuentran, hasta la fecha, afectadas por el sismo del 2007.

Tiene como objetivo el recuperar un modelo de vida comunitaria saludable bajo un concepto integral: identidad cultural, hábitat, medio ambiente y salud.

El proyecto ofrece actividades de formación, basado en procesos comunitarios participativos que suponen la intervención de todos los miembros de la comunidad.

La metodología de trabajo se basa en la articulación de la educación universitaria (participación voluntaria de profesores y estudiantes), con la realidad social de los sectores más deprimidos del campo y emplea una estrategia participativa basada en el empoderamiento y la autogestión como elementos dinamizadores para el desarrollo sostenible de las comunidades, fortaleciendo su identidad cultural, la preservación del medio natural y la preservación de su patrimonio cultural.

Este proyecto está basado en el enlace con las instituciones de la zona, los gobiernos locales y las organizaciones de base, con la finalidad de garantizar su sostenibilidad.

1. INTRODUCCION

Los países son conscientes de que la Tierra se empieza a quejar: el efecto invernadero, el calentamiento del planeta, el agujero de la capa de ozono. Pese a todos los buenos propósitos y a reuniones internacionales, hasta la fecha no tenemos una solución efectiva.

Los desastres naturales siempre han existido, dejando tras de sí víctimas, o innumerables pérdidas materiales y por consiguiente económicas. Pero, en los últimos tiempos la humanidad se enfrenta a unas adversidades cuyo origen es el propio hombre.

El recalentamiento del planeta o la disminución del espesor de la capa de ozono están directamente relacionados con la emisión de cantidades abusivas de CO₂, aerosoles y otras sustancias cuyas consecuencias directas son desajustes climáticos traducidos en diferentes catástrofes. Estudios indican que el 20% de la población mundial es responsable del 75% de la contaminación. La Conferencia de Río, en el año 1992, se hizo eco de la necesidad de una visión global de los fenómenos contaminantes y la responsabilidad de todos los países en ellos.

Dentro de las actividades del mundo desarrollado, la construcción es una de las actividades con mayor capacidad de contaminación. Estudios plantean que el consumo de energía primaria en el sector residencial y terciario es aproximadamente el 30% del total. Esto solamente para mantener la operatividad de los edificios. Si tenemos en cuenta además, el consumo energético para la fabricación de los materiales de construcción necesarios para construir el edificio, el porcentaje sube hasta cerca del 50%. Si tenemos esto en cuenta, la contaminación ambiental del sector de vivienda resulta equivalente al consumo.

Según el informe sobre energía con bajas emisiones de carbono del Worldwatch Institute de Washington (Flavin, 2007), prácticamente la mitad de las emisiones de dióxido de carbono que hay en la atmósfera son producidas directamente por la construcción y utilización de los edificios. Se estima que cada metro cuadrado de vivienda es responsable de una emisión promedio de 1,9 toneladas de dióxido de carbono durante su vida útil.

Esta problemática ha generado, como consecuencia, la necesidad de cuidar al planeta y sus habitantes y se ha iniciado la búsqueda de nuevas alternativas para vivir de manera sostenible. A ésta es que han surgido nuevas propuestas como respuesta a las necesidades humanas básicas: *el derecho a una vivienda adecuada en un entorno digno*.

En algunos países, en especial Europa, ya se están tomando decisiones para que el impacto en el medio ambiente sea lo menos dañino posible. Se promueve la regulación de los recursos que se emplean, garantizando así el equilibrio y la sostenibilidad para las generaciones futuras. Estas propuestas se desarrollan como respuesta ante el impacto negativo que tiene el sector construcción sobre el mismo.

En un artículo sobre calidad ambiental, Graus R. (especialista del Servicio de Rehabilitación y Medio Ambiente del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona), se pregunta

"[...] ¿Este planteamiento global de los impactos que puede provocar un edificio, requiere una metodología rigurosa de análisis de los materiales utilizados, del proceso constructivo, del consumo de energía, de los costes del derribo, de la revalorización de los residuos, etc.? [...]"

La Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) promueve a su vez la atención primaria ambiental (APA), como una estrategia de acción ambiental comunitaria, para contribuir a la calidad del ambiente y, en consecuencia, al mejoramiento de la salud y de la calidad de vida de las poblaciones.

Desde esta perspectiva se han revalorizado algunos sistemas constructivos, a partir de los cuales, aplicando tecnologías contemporáneas, se intentan crear nuevos espacios habitacionales. La construcción con materiales naturales permite una nueva interpretación de la tecnología

tradicional, favoreciendo un desarrollo sostenible que tiene en cuenta la dimensión local y global de los problemas ambientales y sociales a los que nos enfrentamos.

La toma de conciencia de preservar el planeta ha provocado que actualmente se extienda el consenso para desarrollar asentamientos con sentido ecológico, tomando así auge la arquitectura sustentable. Ésta tiene como fin lograr que el impacto de las edificaciones sobre el medio ambiente sea mínimo o nulo de manera de no afectar los recursos para el futuro. Como consecuencia, uno de los materiales naturales de más antiguo uso, como es la tierra, resurge como una alternativa sostenible dentro de algunas nuevas corrientes arquitectónicas.

En una conferencia sobre construcciones bioclimáticas realizada en Neuquén, Argentina se mencionó “[...] El camino de las construcciones livianas en tierra, es el camino del ahorro de materiales, del ahorro de energía y la protección del medio ambiente, es decir, el de las construcciones ecológicas [...]” (Minke. 2001:1)

La revista en línea *Terra.org. Ecología práctica* nos presenta las siguientes ventajas y propiedades de la tierra en la edificación como material constructivo. “[...]”

- La tierra es un material inocuo, no contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo que no haya padecido contaminación.
- Es totalmente reciclable: si en la construcción no se mezcla la tierra con algún producto fabricado por los humanos (por ejemplo, cemento), sería posible integrar totalmente el material en la naturaleza una vez se decidiera deruir el edificio.
- Fácil de obtener localmente, prácticamente cualquier tipo de tierra es útil para construir, o bien se puede escoger una técnica u otra en función de la tierra disponible. También se pueden hacer mezclas con otro material cercano o con algún mejorante de la mezcla (cal, yeso, paja...).
- La construcción con tierra cruda es sencilla y con poco gasto energético, no requiere un gran transporte de materiales o una cocción a alta temperatura. Es por ello que se considera un material de muy baja energía incorporada. Sin embargo, quizá sí es necesario un mayor esfuerzo e implicación de los constructores.
- Su obtención es respetuosa, si se extrae del propio emplazamiento, provoca un impacto poco mayor que el que ya supone realizar la propia construcción. No lleva asociados problemas como la deforestación o la minería extractiva que implican otros materiales constructivos.
- Excelentes propiedades térmicas, la tierra tiene una gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente (cualidad conocida como inercia térmica). Así, permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable. Sobre todo, resulta adecuada en climas áridos con oscilaciones extremas de temperatura entre el día y la noche pero, si se incluye un aislamiento adecuado, también es idónea en climas más suaves.
- Propiedades de aislamiento acústico, los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados.
- La tierra es un material inerte que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos, esto es así porque se evita el uso de las capas superiores de suelo, con gran cantidad de material orgánico.
- Es un material por naturaleza transpirable, los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones.
- Económicamente asequible, es un recurso barato (o prácticamente gratuito) que a menudo ya se encuentra en el lugar donde se levantará la casa. [...]”

Minke (2001:1), en la conferencia sobre construcciones bioclimáticas en Argentina define:

“[...] los bloques de barro producidos a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre se denominan *adobes*. Cuando la tierra húmeda se compacta en una prensa manual o mecánica se denominan bloques de suelo. Los ladrillos producidos mediante un extrusor en una ladrillera, sin cocer se denominan ladrillos crudos. Los bloques más grandes compactados en un molde se

denominan bloques compactados o adobones. La elaboración de los adobes se realiza ya sea relleno los moldes con un barro de consistencia pastosa o lanzando un barro menos pastoso en el molde. Hay muchos tamaños y formas de adobes en el mundo. En Latinoamérica las medidas más comunes son 38 x 38 x 8 cm o 40 x 20 x 10 cm. [...]”

“[...] Hay que desterrar el concepto de que el adobe es un material muy aislante. En realidad es un material que se comporta térmicamente como el ladrillo cocido, pero tiene la ventaja de regular el contenido de humedad en los ambientes interiores, absorbiendo en su masa además, radiaciones muy perjudiciales para la salud, como el gas radón y otras ondas provenientes de los artefactos modernos, teléfonos celulares, microondas, televisores, etc. mejorando sustancialmente el clima interior. Otra ventaja es la capacidad de las paredes de adobe de almacenar calor en su masa, devolviéndolo luego pausadamente al ambiente [...]”

Lamentablemente, hasta la fecha, en nuestra cultura el *barro está asociado a la pobreza urbana o rural, por lo que el material en sí mismo es desvalorizado*, a pesar de que contamos en el país con un alto porcentaje de viviendas construidas en adobe, con mayor énfasis en las zonas rurales.

Siendo este un tema de creciente importancia para la problemática de nuestro país, el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, a partir del trabajo voluntario de docentes asesores y alumnos, viene desarrollando estudios sobre materiales naturales y técnicas constructivas que no afecten el medio ambiente, como una respuesta sustentable al problema de la autoconstrucción en las zonas rurales de la costa sur del Perú.

El objetivo principal del estudio es analizar *la integración del adobe al medio ambiente*, como material constructivo idóneo para el asentamiento rural Santa Luisa, distrito de Chincha Baja, Ica, Perú. Éste se realiza a partir de un modelo de vivienda rural especialmente diseñada para el poblado y acorde a sus características socioculturales.

El estudio del adobe como material constructivo natural, pretende definir las variables que se conjugan para el comportamiento ambiental idóneo del edificio, en el poblado de Santa Luisa, Chincha Baja.

Emplea una metodología descriptiva-analítica a partir de un prototipo de vivienda diseñado especialmente para la zona, empleando materiales naturales y teniendo como material principal el adobe.

Considera como variables: el clima, los materiales constructivos de composición natural, el comportamiento del edificio respecto a la sostenibilidad del medio ambiente. Se plantea contar con técnicas de acondicionamiento ambiental pasivo adaptadas al entorno, optimizando los recursos climáticos de la zona. Así mismo se plantea la utilización de sistemas de reutilización de los desechos que proviene de la comunidad.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Características de la zona

Santa Luisa es uno de los asentamientos rurales, del distrito de Chincha Baja, más afectados por el sismo de Agosto del 2007, el que tuvo una magnitud de 7.9° escala Richter y un tiempo de duración de más de 2 minutos.

Políticamente, Santa Luisa pertenece al distrito de Chincha Baja, provincia de Chincha, departamento de Ica ubicado a 226 km al sur de Lima. Tiene Latitud Sur 13°28' y Longitud Oeste 76°08', y ubicado a 34,00 msnm. Tiene una extensión de 20.183 m², y, su población está conformada por 220 personas (44 familias aproximadamente).

De acuerdo a la información censal (INEI, 2008), en el distrito de Chincha Baja la población rural es mayor que la población urbana, un 62,6% de la Población Económicamente Activa (PEA) está ocupada en actividades agrícolas, insertándose de ese modo en el espacio económico.

2.2 La comunidad

Santa Luisa es parte del conjunto de asentamientos rurales ubicados en la provincia de Chincha, los cuales gravitan y dependen de los servicios que brindan las ciudades y centros urbanos mayores. Las vías de comunicación entre ellos son deficientes, son caminos de trocha, y la frecuencia de la movilidad pública es mínima o inexistente.

Como poblado, se encuentra débilmente articulado al sistema de ciudades del valle, a través de un camino rural. El 100% de las viviendas, construidas de adobe y caña de manera espontánea, fueron destruidas por el sismo del 2007.

La organización social de Santa Luisa responde a una relación parental dentro de un concepto muy amplio de familia, con una organización productiva basada en la actividad agrícola.

Bajo el aspecto morfológico, los asentamientos humanos rurales en el distrito de Chincha, replican dos modelos heredados: el pre-hispánico y el modelo español de la época de la fundación.

Desde el punto de vista de comunidad saludable, el modelo prehispánico aporta conceptos de integración con el paisaje, unido a una visión cosmomágica del mundo, en la que la tierra agrícola es considerada como Deidad, y los asentamientos como centros administrativos y ceremoniales, asociados a plazas y caminos peatonales unidos a la red regional.

2.3 La vivienda actual

Antes del sismo, las casas en Santa Luisa estaban construidas con muros de adobe, vigas de caña brava y techo de caña chancada con una cubierta de torta de barro. El enlucido de los muros era de yeso pintado. (ver Fig. 1)



Figura 1 – Vivienda típica de adobe en Santa Luisa

Contaban, generalmente, con una sala comedor, 2 dormitorios, 1 baño, la cocina al interior de la casa con abertura en el techo para ventilación y un corral para crianza de animales, al fondo de ella.

En el lugar, es costumbre, cocinar al exterior de la vivienda, en un espacio totalmente abierto, lo que genera falta de higiene y riesgos de salud. La leña como combustible para cocina los hace proclives a enfermedades respiratorias.

La eliminación de los desechos orgánicos e inorgánicos contamina la zona al no existir un sistema de recolección.

2.4 El clima de la zona

La temperatura tiene una fluctuación de 9°C y 8°C en sus valores máximos y mínimos a lo largo del año y en 10°C como promedio a lo largo del día, por lo tanto la temperatura no es muy estable. En los meses de Enero, Febrero y Marzo la temperatura está por encima de la zona de confort en 4°C, por lo tanto la temperatura deberá bajar durante el día, entre los meses de Junio, Julio y Agosto la temperatura esta 6°C por debajo del confort por lo tanto la temperatura deberá subir en la noche. La precipitación promedio anual es de 2,25 mm, por lo tanto, mínima. El viento proviene del S con una velocidad promedio de 4 m/s en verano, y 3 m/s en invierno. De mayo a agosto la humedad esta ligeramente por encima del confort ya que según el limite está entre 20% y 75% (Olgyay, 1998).

El promedio de horas de sol en la zona es de 4.2 h/día y, el mayor número de horas de sol se presentan en el mes de Marzo. El mayor valor de radiación solar sobre plano horizontal se presenta en los meses de Enero y Octubre con un valor que fluctúa entre 7,000 Wh/m² y 6,500 Wh/m² y el menor valor en Junio con un valor que fluctúa entre 4,500 Wh/m² y 5,000 Wh/m²

3. PROPUESTA

3.1 Prototipo de Comunidad Saludable

Conscientes de sus limitaciones económicas, los pobladores de Santa Luisa han aceptado reconstruir el poblado de adobe y caña y, conformar una comunidad saludable modelo.

La estructura espacial para el Asentamiento Rural Santa Luisa, se basa en una vía principal arbolada, de forma longitudinal y cuyos laterales son los frentes de los predios, con una berma central que contempla una ciclo vía, la que se conecta con el camino de acceso al poblado. Adyacente a la vía principal se plantea un espacio central circundado por vías peatonales.

Se plantea la creación de un microclima exterior que dé respuesta al clima del lugar. Propiciar el movimiento del aire en verano y proteger durante el invierno. Durante el verano, se plantea el control del asoleamiento externo con árboles en los espacios de permanencia; los arboles utilizados deben ser de copa ancha y caducifolios, de manera que en el invierno sea posible el asoleamiento y la ganancia indirecta de calor; en los espacios aledaños a la edificación utilizar vegetación corta, tipo césped, para evitar el recalentamiento de éste y la irradiación en la edificación.

En los espacios exteriores se utilizará ladrillo en pisos y tierra compactada.

La humedad se encuentra en confort, pero muy cerca del límite superior, por lo tanto no se debe incrementar las fuentes de humedad solo se usará vegetación para protección solar.

La precipitación es muy poca, la protección debe reducirse a la elección de pisos porosos y las sendas peatonales tendrán una ligera pendiente.

El servicio público de agua se da a partir de un pozo de agua del subsuelo. Los servicios de alcantarillado contarán con una red general de desechos orgánicos que desembocan hacia un pozo séptico y una red independiente de aguas grises, tratada de manera natural (algas), las cuales se emplearán para riego agrícola. La dotación de energía eléctrica para las viviendas será mediante sistemas de energía alternativa.

3.2 La Vivienda

3.2.1 Prototipo de vivienda

La vivienda rural propuesta se fundamenta en condiciones formales y funcionales referidas a la vida comunitaria rural, buscando elevar el nivel de bienestar de los usuarios.

Se ha definido una vivienda construida con materiales del lugar, muros de adobe y techos de caña chancada, cubierta con panel de aglomerado de fibra de madera, fabricada con técnicas que permiten disfrutar de un nivel de seguridad y confort. Los pisos serán de ladrillo King Kong hecho a mano, colocado directamente sobre suelo apisonado y para las ventanas consideramos una contraventana de madera calada para disminuir el impacto de sol sobre todo en verano en la mañana o en media estación y de noche impiden la pérdida de calor.

El Modelo de Vivienda comprende un conjunto de ambientes para desarrollar la vida familiar y al exterior de la cual se establecerán los vínculos comunales. Consta de un espacio de uso múltiple, tres dormitorios y una cocina abierta a un patio central. La familia suele reunirse al aire libre en el patio central o en el espacio exterior, en el frente de la casa, donde puede confraternizar con los vecinos, por este motivo se ha planteado una terraza techada para la protección solar, el que funciona como un espacio adicional a la sala – comedor respetando las costumbres de los usuarios.

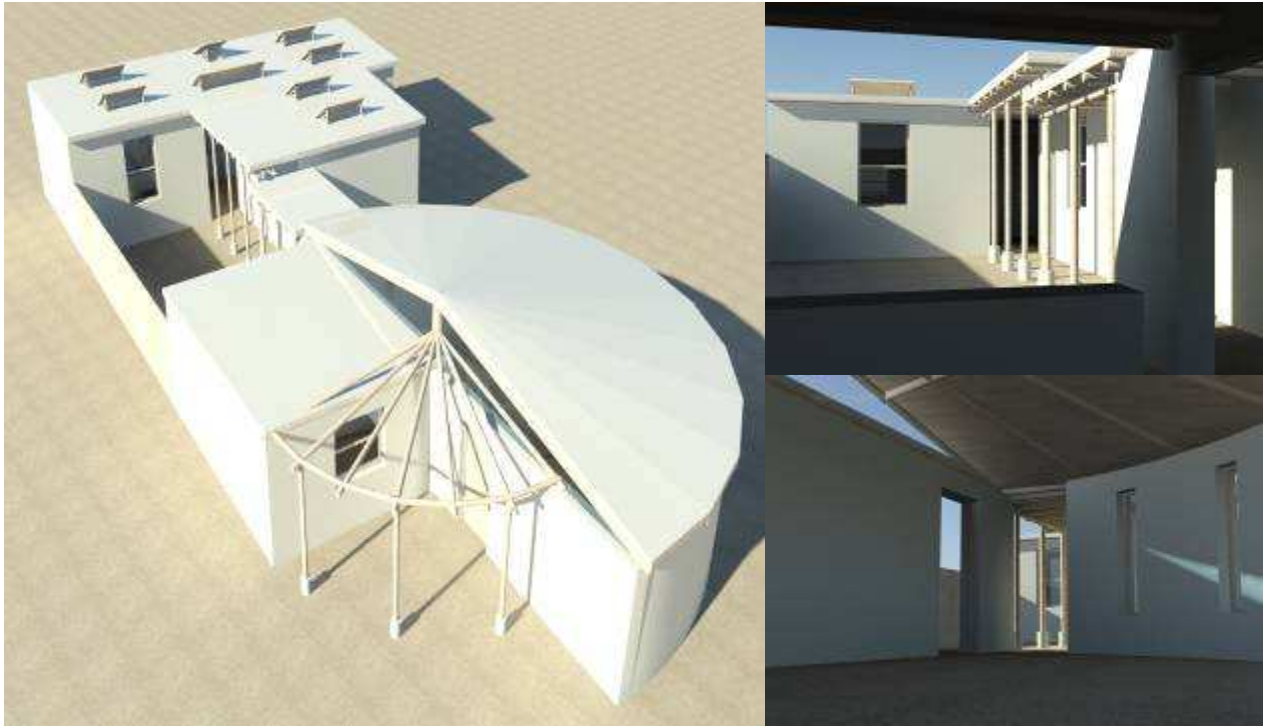


Figura 2 – Vistas del Prototipo de Vivienda

En la vivienda saludable la cocina es un patio techado, muy ventilado. Se propone utilizar una *cocina a leña mejorada* por ser más eficiente.

Los materiales de los acabados en la vivienda son: muros con tarrajeo de tierra y sellado con cal, los que deben ser trabajados cuidadosamente a fin de no dejar espacios que permitan anidar vectores. Al interior de la vivienda se plantea dar color con pigmentos naturales basados en ocre, conservando la identidad cultural de la zona.

3.2.3 Respuesta al clima

A partir de la problemática que presenta el clima se plantean las siguientes consideraciones: Se ha calculado la zona de confort considerando como eje 24°C (Olgay, 1998) y un aislamiento de ropa (Clo) que varía según la temperatura, de .22 Clo en verano, a 1.50 Clo en invierno, la zona de confort por lo tanto estará comprendida entre 23°C a 25°C en verano y entre 27°C y 18°C en invierno.

Para esto la edificación cuenta con un elemento macizo que recibe el sol durante varias horas en el día en especial en la tarde y durante varios meses a lo largo del año, esto permite que el calor no ingrese durante el día a la edificación y se acumule en la masa; durante la noche el calor acumulado es cedido al interior de las habitaciones para que sean más calientes,

Se plantean aberturas de dos tipos: ventanas y teatinas que permiten el ingreso solar a los ambientes en especial en invierno y media estación bloqueando su ingreso en verano en especial en las tardes por este motivo la mayoría de las aberturas están orientadas hacia el NO y NE, son alargadas en el sentido vertical pero estrechas de modo que la habitación este iluminada pero con poco sol, los ambientes se plantean relativamente profundos respecto a las ventanas, propiciando el impacto del sol sobre los muros externos y muy poco ingreso.

La altura de la edificación se plantea de 3 mts. a fin de controlar el exceso de calor alejando un poco el aire caliente del usuario.

Al estar localizados en el trópico, el sol tiene una tendencia vertical por lo tanto la mayor radiación se dará sobre superficie horizontal (4,500 a 7,000 watts h/m² de superficie) por lo que el material de pisos y techos debe evitar el sobrecalentamiento.

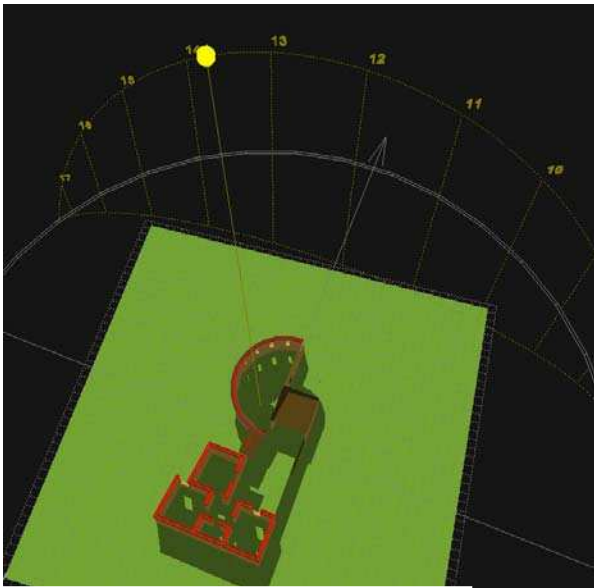


Figura 3 – SOL EN INVIERNO

Los dormitorios tienen ingreso por las ventanas desde las 8 am. hasta las 9:45 a.m. y desde las 9 am hasta las 3:15 por las teatinas
Estar recibe sol desde las 7:15 hasta las 3:15 por las ventanas.

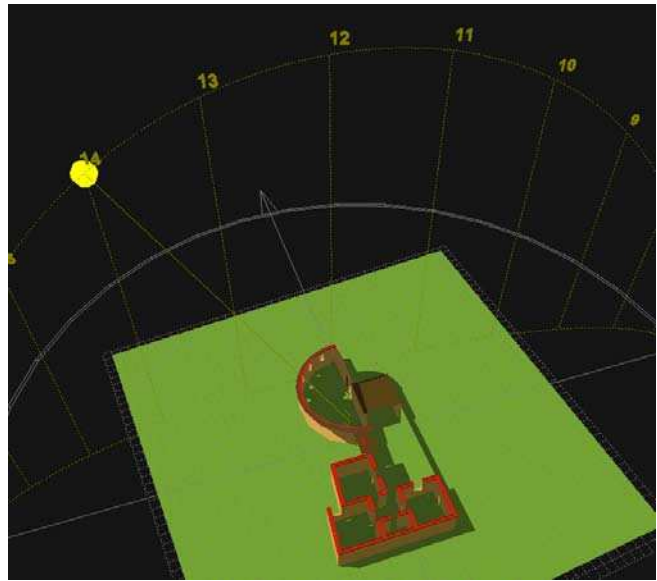


Figura 4 – SOL EN MEDIA ESTACION

Los dormitorios tienen ingreso solar por las ventanas desde las 6:45 hasta las 9 am y por las teatinas desde las 9:45 hasta las 3 pm., sin embargo el asoleamiento es menor.

En el estar el sol ingresara desde las 7:15 hasta las 6:45

Para los techos se ha seleccionado la caña chancada cuya conductividad térmica es de 0,05 W/m²°C con un panel de aglomerado de fibra de madera. Para los pisos se ha seleccionado el ladrillo King Kong hecho a mano, no se recalienta mucho pero tiene masa y por lo tanto de noche no será un piso muy frío.

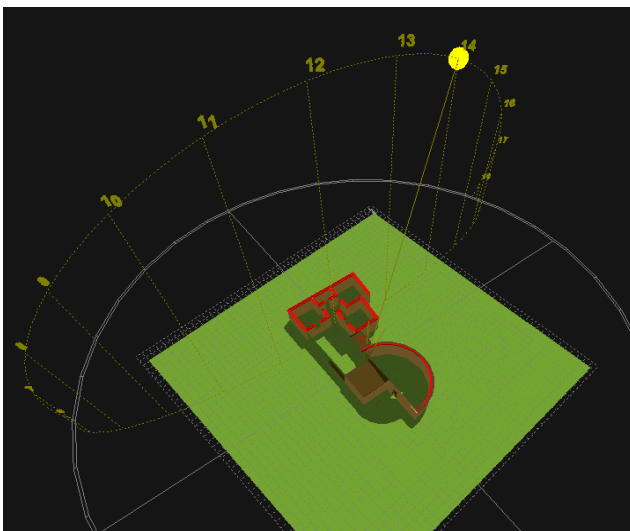


Figura 5 – INGRESO DE SOL VERANO

En los dormitorios ingreso solar desde las 6:45 hasta las 9:15 por las ventanas y por las teatinas no hay ingreso solar

Estar ingreso solar desde las 6:45 hasta las 10:30 am.

En la tarde no hay ingreso solar.

El viento, al tener una velocidad de 4 mts/seg. ayuda a bajar la temperatura, por impacto sobre los muros, o por ingreso a las habitaciones. Las ventanas se han planeado para dejar ingresar aire frío a la habitación por la parte baja de la ventana y dejar salir aire caliente por la parte alta de la misma o por las teatinas que están pensadas como un elemento calado transparente al viento y opaco al sol. Por lo tanto la ventilación cruza la edificación en la etapa del verano permitiendo la pérdida de calor excesivo durante el día y en el invierno debe posibilitar solo la renovación del aire.

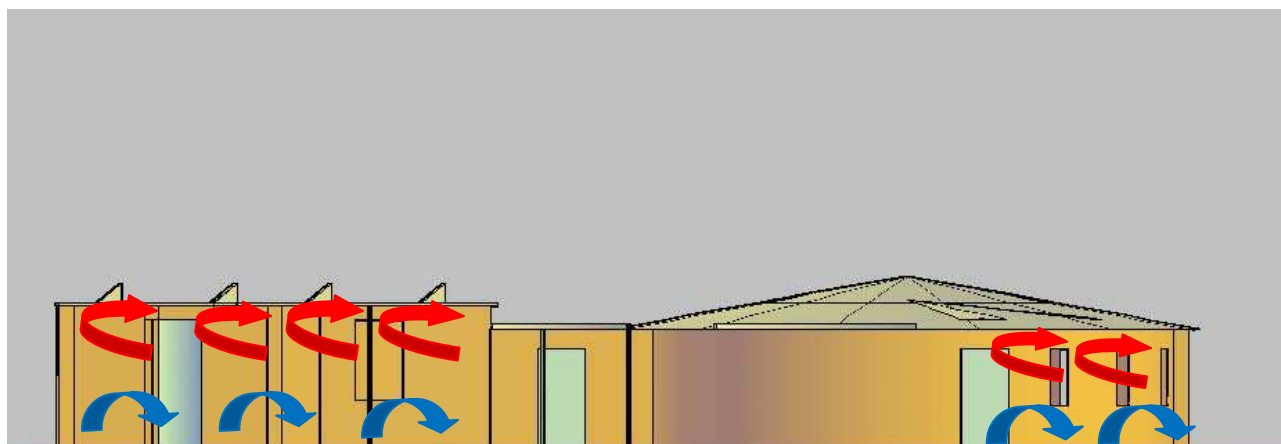


Figura 6 – Esquema de Ventilación

La ganancia y pérdida de calor ha sido calculado en un día típico del 22 de diciembre (inicio del verano). La ganancia se ha calculado a las 12 p.m. (radiación sobre superficie vertical en su mayor valor) y la pérdida a las 5 am., hora de menor temperatura. El dormitorio se calculó orientado al NO con una ventana hacia el NE, considerada como la más desfavorable.

Para los cálculos se consideran los siguientes valores de radiación para los muros según su orientación: muro al SSO 3,162 Wh/ m², muro al NE y NO 1,650 Wh/m² y superficie horizontal 4,500 Wh/m². Así mismo se consideran 4.2 horas de sol en promedio.

ELEMENTO	MATERIAL	ESPESOR	COEFICIENTE DE TRANSMISION TERMICA	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISION TERMICA	ABSORCION	RETARDO TERMICO
Muro	Adobe	.30 MTS	.52			6.5 horas
Acabado	Tierra seca con pintura blanca a la cal nueva	.025	1.05			
MURO DE ADOBE TARRAJEADO CON TIERRA Y PINTADO DE BLANCO				1.15	.11	
Ventana	Ventana de vidrio con contra-ventana de madera			1.42	.92	
Techo	Estera de fibra vegetal		.04			
	Panel aglomerado de fibra de madera		.05			
TECHO ACABADO CON ELEMENTO VEGETAL				.98	.40	

Tabla N°1- Materiales considerados en la edificación

Las ganancias menos las perdidas dan un total de 611 W de ganancia, que puede reducirse al encontrarse dentro de un conjunto de viviendas, debido a que para el cálculo se ha considerado, de manera ideal a la vivienda aislada de las demás.

GANANCIA	
Ganancia por pantalla	
Por muros	210.70 W
Por ventana	63.84 W
Por techo	505.66 W
Ganancia por personas	600.00 W
GANANCIA TOTAL	1,380.20 W
PERDIDA	
Por pantalla	487.76 W
Por infiltración del aire	280.66 W
PERDIDA TOTAL	768.42 W
GANANCIA - PERDIDA	611.79 W

Tabla N°2- Resumen de Ganancia y Pérdida de Calor

Los materiales adoptados para la vivienda presentan un retraso térmico de 6 horas 32 minutos, Esto significa que el calor ganado en el día permanecerá en el material varias horas después del impacto solar, permitiendo conservar la irradiación de calor para la noche, la que es ligeramente fría.

3.3 PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

Construcción del Prototipo de Vivienda y Capacitación en autoconstrucción en adobe

- Una vez definido el prototipo se procederá a su construcción en uno de los lotes ya definidos. Este prototipo servirá para capacitar a los pobladores sobre las técnicas adecuadas de construcción en adobe.

Promoción de la salud física.

- Mediante campañas de promoción y difusión de medidas para evitar enfermedades.
- Control del medio ambiente: control de agua potable, control de desechos sólidos, en especial los desechos orgánicos que pueden ser convertidos en compost con un simple proceso de selección y su introducción en silos verticales de 2 m. de altura; control de insectos y roedores, control de alimentos, control de la contaminación ambiental
- Protección del suministro del agua y del alcantarillado

Minimización de Riesgos y Prevención de desastres

- Charlas de sensibilización a la población
- Organización y entrenamiento de brigadas.
- Formación de comités participación de la comunidad

Sostenibilidad del Proyecto

- Empoderamiento de la población
- Asesoría a las organizaciones de base
- Conformación de un Comité Multisectorial conformado por representantes de:
Población, instituciones públicas y de gobierno, y, sector privado.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta de comunidad saludable, al integrarse de manera natural al medio ambiente, permite mejorar las condiciones de habitabilidad del asentamiento rural Santa Luisa. Puede ser considerada como una estrategia para encausar a estas poblaciones hacia el desarrollo humano. En cuanto al diseño del módulo de vivienda, respeta el modo de vida de la población de Santa Luisa, bajo una perspectiva moderna. La propuesta brinda a la población una visión diferente del adobe como material constructivo, dejando de lado la idea de ser utilizado para *vivienda de pobres*. Aporta un modelo de hábitat rural para este sector de menores recursos, dándole un tratamiento equitativo, dentro de las expectativas de desarrollo humano planteado por las NNUU.

Luego de analizar el adobe, desde el punto de vista del comportamiento térmico encontramos que es similar a otros materiales industrializados. El adobe tiene como ventaja que es un material de elaboración artesanal, que utiliza técnicas constructivas ancestrales; no consume energía artificial en su proceso de elaboración y por lo tanto se ajusta a la economía de las poblaciones rurales y no contamina el medio ambiente. Otra ventaja que presenta este material es que en su proceso de desintegración se incorpora al medio sin alterarlo.

El adobe es un material que posee una plasticidad que permite crear espacios y formas arquitectónicas de gran riqueza, pero para una utilización adecuada que brinde seguridad a sus usuarios, es imprescindible la utilización de las técnicas constructivas y sistemas estructurales idóneos.

De lo anteriormente expuesto se concluye que:

El adobe es un material constructivo idóneo para el asentamiento rural Santa Luisa, distrito de Chíncha Baja, Ica, Perú.

Es importante recuperar los conceptos que rigieron las técnicas constructivas y estructurales ancestrales, propias de la arquitectura vernacular, incorporando técnicas actuales para un mejor comportamiento constructivo- estructural ante la problemática sísmica del país para preservar la identidad cultural de la zona.

5. FUENTES DE INFORMACIÓN

Flavin, Ch. *State of the world 2008: towards a sustainable global economy*. Ed. Earthscan. 288 págs. ISBN: 978-1-84407-498-3. Inglaterra. 2007

Fundación Tierra. Construir con tierra. *Terra.org. Ecología práctica*. Extraído el 12 de Mayo del 2009 desde: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1389>

Hábitat II. UN *Preámbulo del Programa Hábitat. II Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos*: autor. 1996

Extraído el 30 de Junio del 2008 desde: <http://habitat.aq.upm.es/aghab/>

Hart, K. “Thirteen Principles of Sustainable Architecture”. *Building Today for Tomorrow*. Green Home Building.com

Extraído el 20 de Junio del 2008 desde: <http://www.greenhomebuilding.com/articles/susarch.htm>

ITINTEC. *Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo*. NTP 331.202:1979. Biblioteca Virtual INDECOPI. Extraído el 23 de Setiembre del 2008

[http://www.bvindecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION\\$\(76,77\)](http://www.bvindecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION$(76,77))

Instituto de la Construcción y la Gerencia ICG.
<http://www.Construcción.org>

Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú INEI. *Banco de Información Distrital*. 2008. Extraído de <http://www1.inei.gob.pe/inicio.htm>: autor

Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. INEI. *Banco de Información Distrital-Mapa referencial*. 2008. Extraído de <http://www1.inei.gob.pe/inicio.htm>: autor

Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. INEI Perú: *Anuario de Estadísticas Ambientales*. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales.: autor. 2007

Méndez M., Vásquez G., Corasao I., Guevara M. y otros. *Prototipo de comunidad saludable para áreas rurales del Perú: distrito de Chincha Baja, Ica*. Ed. Anaís. ISBN 978-85-86036-41-5 Brasil 2008.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. VIVIENDA. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. RNE.: autor. 2006

Minke, G. *Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra*. Universidad de Kassel. Alemania. 2001

Minke, G. “Arquitectura Ecológica - Construcciones Bioclimáticas en Adobe”. *Revista Arquitectura Andina*. Edición N° 49. 2001
<http://www.arquitecturaandina.com.ar>

Olgay, V. *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Ed. Gustavo Gili. España. 1998.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial. INTI. Saber Cómo. N° 65. Tecnologías Ecosociales - Construcción natural. 2008
<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc65/inti7.php> Revisado 15/05/2009

NOTAS

1 - La Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) promueve la atención primaria ambiental (APA) como una estrategia de acción ambiental comunitaria para contribuir a la calidad del ambiente y, en consecuencia, al mejoramiento de la salud y de la calidad de vida de las poblaciones.

María Teresa Méndez Lan: Mg.c. Arquitecta Universidad Nacional de Ingeniería UNI. Docente Facultad de Arquitectura - Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. Coordinadora del CECOS-BRIGURP. Especialista en Gestión y Prevención de Desastres. Directora del Proyecto Prototipo de Comunidad Saludable para Áreas Rurales del Perú: Distrito de Chincha Baja, Ica.

María Guevara Lactayo: Mg.c. Arquitecta Universidad Nacional de Ingeniería UNI. Docente Facultad de Arquitectura- Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. Jefe del Laboratorio de Cómputo de la FAU-URP. Especialista en Tecnología Ambiental.

Renato Flores Biggio: Estudiante de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

ARQUIÑAU: ARQUITECTURA Y ARTE POPULAR AUTOGESTIVOS, CON BARRO ÑAU, EN MISIONES

*** Eva I. Okulovich- Graciela Anger- Silvia Okulovich- Ariel González-Morales, Maria E.**

Facultad de Artes. Carhue 832, Oberá, Misiones, Te (03755) 401150. Email evaoku@arnet.com.ar

Palabras claves: Adobe- Pintura- Engobe

Resumen

A partir del reconocimiento de la posibilidad de intervención desde la Universidad, con aportes en mejoras de tecnología constructiva y artística, fundados en la utilización de materiales regionales, producidos en el sistema de olería, aptos para la construcción y ornamentación autogestiva de viviendas con tierra -en sectores poblacionales rurales y suburbanos de menores ingresos, sin acceso a Planes Habitacionales. Y la incorporación de la Pedagogía Crítica como estilo de conocimiento adecuado para una educación tecnológica y artística realizable, conducente al perfeccionamiento de la autonomía de la población; cuyo objetivo desde lo artístico es describir, caracterizar y valorizar las prácticas artísticas y artesanales de una subcultura popular. Partimos de un estudio diagnóstico de prácticas artísticas populares, de la subcultura de los “Oleros” en Oberá. Entendiendo como tales, el conjunto de actividades que se realizan para cualquier tipo de creación que involucre una función estética, aunque esto último no sea determinante en el Arte Popular. Donde las prácticas fueron observadas en campo, ya sea como actividades artísticas escolares, o como prácticas artísticas autogestionarias. Lo que nos permitió incorporar la naturaleza de su estética como práctica artística propia de la cultura a la que pertenecen. En el marco de acciones de transferencia tecnológica – productiva, de materiales y técnicas, para la construcción y ornamentación mural autogestiva, de viviendas con tierra y considerando los siguientes aspectos: Ubicación e implantación, funcionales, técnicos constructivos, económicos, ecológicos, sociales y estéticos. Se concluyó con la participación en la construcción y terminación autogestiva de muros con adobes de la olería y mezcla proveniente del mismo lugar. Aprovechando la estructura auto-portante de cabreadas y techo de la vivienda existente. El revoque con *barro ñau* (del guaraní: arcilla), el dibujo, y la pintura de muros con engobes (arcilla, óxidos coloreados y cal) autogestivos.

1. INTRODUCCIÓN

Para este encuentro quisimos compartir una parte de nuestro trabajo de investigación, no concluido, cuyo problema principal es el escaso y casi ausente reconocimiento de las prácticas artísticas y artesanales de los oleros, como asimismo la exigua circulación de teorías que nos permitan reconocer, comprender, interpretar y apreciar en toda su magnitud, las prácticas artísticas populares. Para lo que nos hemos propuesto como objetivos: Determinar características de las prácticas artísticas de los oleros de Oberá, caracterizar las bases del comportamiento estético, sus significaciones y las tecnologías disponibles, e interpretar las mismas en el marco del Arte Popular y la Artesanía.

Se trata de un estudio documental y de campo. Intentamos profundizar partiendo de nuestros estudios anteriores relacionados, e incorporando nuevos casos. La metodología utilizada es la etnografía, desde la perspectiva del *Interaccionismo simbólico*. El objeto de estudio son las prácticas artísticas plásticas autogestivas ya existentes de los oleros de Oberá (dibujos, pinturas, objetos ornamentales, otros) y artesanales (adobes) que se detecten durante la investigación. Asimismo, diseños y pinturas ornamentales de los muros de adobes y piezas cerámicas que involucra diseños formales y decorativos, que realizarán los oleros del caso. Siendo estas últimas experiencias, parte del trabajo de campo con carácter experimental.

Desde lo teórico, se establecerán principios y/o criterios para “escuchar” e incorporar saberes, que nos permitan la descripción, caracterización, valorización de las prácticas artísticas y artesanales y la enseñanza de tecnologías para su desarrollo, que consistirá en

la realización de pintura mural con engobes sobre muros de adobe, o modelado y alfarería (demandados) o cualquier otra demanda artística que pudieran requerir. El análisis se realiza con teorías latinoamericanas, que no excluye las occidentales. Desde la *cultura*, el *arte*, la *educación*, la *estética popular* y la *crítica del arte latinoamericano*. En cuanto a lo pedagógico, se utiliza el modelo teórico que permite la construcción conjunta del conocimiento entre el universo científico- técnico y la población de base según Freire. La Filosofía de la Liberación (Dussel) permite establecer un puente entre el Arte Popular, la tecnología y la investigación. El estudio tiene una doble finalidad: 1- proveer metodologías de empoderamiento a los oleros para estimular su desarrollo de prácticas artísticas y artesanales autogestivas en su espacio cotidiano. 2- proveer herramientas metodológicas a los estudiantes del profesorado en educación tecnológica y en educación artística de la UNaM y a los docentes, para la realización de prácticas pedagógicas artísticas con sectores populares en los espacios (urbano y rural) predominantes en la provincia de Misiones.

2. ANTECEDENTES

En relación con el tema elegido, en la región no se registran más antecedentes que los estudios realizados por nosotros(1), el primero sobre las prácticas artesanales de los oleros de Guaraní del Departamento de Oberá, Misiones, y el segundo; confirma la posibilidad de la aplicación del concepto de *permacultura* y revela la ausencia de prácticas artísticas tradicionales (pintura, cerámica, dibujo, etc.), no obstante la presencia de prácticas artísticas autogestivas, como la predisposición entre los oleros, por aprender nuevas tecnologías para el trabajo con barro.

Ambos estudios se constituyen en elementos diagnósticos de la cultura popular de los oleros, principalmente de los aspectos estéticos, en una aproximación inicial a su mundo cotidiano:

En relación a la estructura formal y material del exterior de las viviendas, existe una disposición estética fundada en los gustos por la elección de los materiales y en la organización de los colores y texturas –elementos que están determinados por la *necesidad* y naturaleza de los materiales disponibles y generan modelos individuales e influye en la percepción del paisaje.

Asimismo, nos pareció oportuno considerar los aspectos internos de la vivienda como una variable que expresa los gustos, no obligados; *una manera particular* (Canclini) de los miembros de la comunidad – voluntariamente ofrecidos-; de exteriorizar prácticas a través de las imágenes y objetos no utilitarios que atesoran en sus viviendas. Si bien el número de casos no permite una generalización absoluta, genera modelos individuales que orientan la comprensión del comportamiento estético del sector, y nos ofrecen información para empezar a pensar en diseños de transferencias posibles.

Las experiencias de los oleros, que constituyen una parte del trabajo de campo con carácter experimental, consisten: en la construcción de una vivienda rural, revoque, diseños y pinturas ornamentales de los muros de adobes realizados por los oleros del caso, que a continuación se describe:

3. CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA RURAL CON ADOBES

La idea de construir viviendas rurales con adobes, en Oberá, Misiones, surgió cuando tomamos contacto con las familias oleras no propietarias, y pudimos comprobar que, quienes dan su vida fabricando ladrillos, sufren necesidades habitacionales que provienen de generaciones anteriores, debido a la situación económica deficiente, que no les permite proyectar más allá de sus carencias, (el *oprimido* de Düssel) puesto que, si bien, ellos mismos pueden producir ladrillos para su vivienda, el dinero no les alcanza para la compra de los demás materiales (cemento y arena); necesarios para el revoque, sobretodo. Por lo que, decidimos, desde el espacio de extensión universitaria, realizar la experiencia de transferencia de tecnologías del barro en relación con prácticas constructivas y artísticas,

teniendo en cuenta la pedagogía crítica que supone el respeto de los saberes del otro a favor de la autogestión.

4. MURO DE ADOBE COMO SOPORTE DE LA PRÁCTICA ARTÍSTICA

Para el diseño y construcción de la vivienda, los participantes partieron de una determinación familiar comunitaria, a favor del destinatario de la misma. La priorización se realizó en función de la condición de discapacidad (2) que padece el mayor de los integrantes de la familia: un tío- abuelo (3), y de la precariedad de la vivienda que fuera implantada por el mismo, con materiales de descarte de la zona. La construcción se realizó respetando los aspectos pre-establecidos en la habitación, por su morador, bajo las apreciaciones y sugerencias del mismo. Y, cuya descripción realizamos, considerando los siguientes aspectos: Ubicación e implantación, funcionales, técnicos constructivos, económicos, ecológicos, sociales y estéticos.



Imag.1 Vivienda original del Sr. López

- 1- Ubicación e implantación: la vivienda está ubicada en la parte alta del terreno, sobre una pendiente pronunciada, al final de la cual se halla instalada la olería a una distancia aproximada no mayor a 100 metros. Se respetó la ubicación original; separada de la vivienda del resto del grupo familiar, por una distancia aproximada de 50 metros; la doble circulación de aire N/S y el soleamiento; las habitaciones distribuidas en sentido E/O, con frente al S; entre los árboles que la protegen de las lluvias y vientos provenientes del N y S, y la resguardan del sol de la tarde al O.
- 2- Funcionales: La vivienda de dos habitaciones, funciona con una circulación única desde el área de aseo y preparación de alimentos (cocina), que distribuye el ingreso en forma dependiente al área de dormir (dormitorio). Esta circulación única, funciona también como conector de estas actividades con el exterior, por sendas puertas; al norte y al sur.
- 3- Técnicos constructivos: Se utilizó la misma estructura auto-portante; rolliza de madera enterrada en el suelo, y cabreada que soportan el techo realizada con rollizos y costaneros. Las bases fueron construidas sobre una capa de 0,10 m. de trozos de ladrillos cocidos (sobrantes de la producción de la olería), con adobes, de 0,30 m. de ancho x 0,30 m. de profundidad. Los muros se levantaron con adobes provenientes de la olería familiar, con un espesor de 0,15 m de espesor. Los vanos de las aberturas se realizaron utilizando los mismos ya existentes.
- 4- Económicos: Los materiales de construcción tienen un costo muy bajo, dada la disponibilidad de materia prima: adobes (4), ladrillos (5), pasta de unión (6), pasta de revoque (7), base impermeabilizante (8), pintura para colorear (9) y maderas (10). Los

adobes, son producidos en forma artesanal por los oleros en la propia olería. La fuerza de trabajo, incluyó a los integrantes de la familia, tanto en el proceso de producción de adobes, como de construcción de los muros y realización artística de dibujos y pintura mural. El aspecto energético de todo el proceso, fue cubierto por fuerza animal (caballo) y humana: familia de oleros y prácticos albañiles.

- 5- Ecológicos: del proceso de producción; el suelo arcilloso apto para la producción de adobes, no es apto para el cultivo, y ambos materiales, incluido el aserrín, abundan en la provincia de Misiones. Del proceso de construcción; dado que se trata de tierra cruda y maderas, en caso de des-habitar la vivienda construida, los materiales son totalmente biodegradables y no contaminantes. De la función; la vivienda responde a criterios bioclimáticos de soleado y ventilación, determinados por el propietario.
- 6- Sociales: como ya se ha dicho anteriormente, se buscó respetar el comportamiento sociocultural de su habitante, en este caso; dado que el habitante estaba impedido de desocupar la vivienda, se procedió a la construcción de los nuevos muros, manteniendo las paredes de la construcción anterior, siendo reemplazadas las mismas durante el proceso de construcción. Se respetó, la dimensión y distribución de los espacios, el aspecto funcional en relación con la circulación, ventilación, iluminación, y la cocina/corredor externo, que responde a la costumbre de permanecer más en el exterior que en el interior de la vivienda.
- 7- Estéticos: aspectos que estuvieron directamente relacionados al proceso constructivo de los muros con materiales crudos en una región con clima subtropical, con abundantes lluvias, propio de Misiones; lo que exigió el tratamiento o terminación de las paredes con material impermeabilizante. En este caso, el proceso consistió primero, en la aplicación de un revoque: arcilla, cemento y cal. En una segunda etapa, aplicación de una base blanca: cal, cemento y agua, con el propósito de sellar las eventuales grietas que pudieran aparecer en la superficie del revoque, una vez terminado, para evitar el ingreso de humedad. Dicho procedimiento dio como resultado la obtención de paredes blancas, lo que llevó a los oleros a la determinación de pintar los frisos con Ferrite, óxido de hierro, de color rojo; práctica tradicional en la provincia de Misiones para contrarrestar las marcas que dejan en las paredes las salpicaduras con tierra roja después de las lluvias. Todo este proceso fue autogestionario, dado que la gestión de los materiales y las técnicas de terminación, se encontraba en manos de los oleros, la transferencia de posibilidades artísticas del grupo extensionista, se limitó a formular una invitación a los integrantes de la familia de oleros presentes en ese momento, madre e hija.



Imag.2 construcción de nuevos muros



Imag3. Aplicación de Revoque

A partir de allí el grupo, desempeñó un papel estimulador, con aspectos más interactivos que instructivos, dando lugar al inicio de la actividad artística, mediante la invitación, por parte de uno de los miembros de la familia de oleros, Estela (36), la madre, a que su hija, Camila (14); iniciara la tarea artística, que en un segundo momento sería continuada por la madre, para concluir luego, juntas, la tarea iniciada, que a continuación describimos.



Imag. 5 Estela pintada mural: lado derecho de la pared.

5. PINTURA MURAL COMO PRAXIS COMUNITARIA AUTOGESTIONARIA

La actividad artística, tal como se expresara más arriba, fue realizada en forma comunitaria, este modo de proceder responde al *ethos* de la subcultura de los oleros. En dicho proceso pudimos observar tres momentos bien diferenciados, dado que la misma se interpuso a las diversas actividades que realizan cada uno de los miembros de la familia (domésticas, escolares, de olería y de ocio).

- 1- En un **primer momento**, la madre (Estela) solicitó a su hija (Camila) que emplee los dibujos de su carpeta de Educación artística que ella había desarrollado en la escuela, la niña se inspiró en ellos para:
 - a) Dibujar con una esteca de madera, mediante un suave esgrafiado, a partir del boceto, sobre el lado izquierdo de la pared del frente de la vivienda, desplazándose a lo ancho de toda la pared, hasta la puerta, sin ajustarse demasiado al mismo.
 - b) Camila inició el dibujo con una flor grande, partiendo de una ubicación central en el muro, bajo la ventana, para continuar desplazándose hacia la derecha, donde realizó otra flor del mismo tamaño, pero diferente a la anterior, y otra hacia la izquierda más pequeña, manifestando una tendencia a completar los espacios entre dichas representaciones, aplicando imaginación y creatividad en los diseños con flores de menor tamaño y mariposas, como se aprecia en la imagen final. (ver infra p. 7)
 - c) Pintar con pinceles sobre los diseños realizados en la pared del frente de la vivienda, utilizando engobes de colores primarios y secundarios (rojo, azul, verde, amarillo), como se puede apreciar en las siguientes imágenes.



Imag 4. Tarea comunitaria: construcción y pintura

- 2- En un **segundo momento**, Estela, continúa la actividad en el lado derecho de la pared del frente, siguiendo los mismos pasos de Camila, que consistió en:
- a) La realización de una composición previa con varias flores sobre hoja de papel, mediante dibujo con bolígrafo, a modo de boceto mimético.
Accedimos al mismo, una vez concluido, indagamos sobre el procedimiento utilizado para la obtención de las flores, y resultó ser el producto de un proceso de mimesis, obtenido de un manual escolar, que Estela mostró con orgullo. Vale mencionar aquí este hecho, puesto que lo consideramos una herencia de la cultura jesuítica-guaraní, ya que en la época de las Misiones los guaraníes fueron destacados copistas para la realización de trabajos artísticos en los templos, por encargo de los padres-jesuitas.
 - b) Dibujar con carbón de leña, con trazos suaves, sobre el lado derecho de la pared del frente, partiendo del boceto realizado.
 - c) Pintar con pinceles, los diseños realizados sobre el muro derecho del frente de la vivienda, mediante la aplicación de engobes, de colores puros y mezclas (rojo, azul, verde, amarillo), respetando la siguiente secuencia: delimitación de las formas pintando los bordes, cubrimiento de las formas, trabajo en los detalles formales y matices.
- 2- En un **tercer momento**, madre e hija, completan el mural quitando e incorporando más diseños a la pared del lado izquierdo del frente de la casa, buscando el equilibrio con lo representado en el lado derecho, mediante procedimientos consensuados.
- a) Cobertura con pintura blanca, del conjunto formal que fuera diseñado y pintado en un primer momento por Camila, hasta hacerlo desaparecer, a fin de otorgar un descanso visual al conjunto. Ambas observaban y expresaban: *-“está muy amontonado todo”* (Estela) *-“sí, queda feo así”* (Camila)
 - b) Dibujo con carbón, de grandes flores, por Estela, sobre el sector izquierdo del muro, y pintura de las mismas por Camila, donde se refleja la intención de mantener la simetría formal y tonal con la representación de lado derecho de la pared, aunque se observa una dinámica relacional distinta: de descenso y ascenso que se produce mediante agrupación y gradación de tamaños orientados diagonalmente, entablándose un diálogo con las flores más pequeñas que continúan sosteniendo cierta simetría formal y tonal, realizadas por Camila en la línea de base.
 - c) Dibujo de palmeras “pindó” (11) con carbón, en forma directa sobre el muro, sin boceto previo, por Estela, manteniendo una simetría especular, y pintura de los contornos por Camila, conservando la transparencia.
 - d) Dibujo con carbón y pintura con engobes coloreados, por Camila, de otros elementos de paisaje como ser un tronco horizontal en perspectiva, que refuerza la línea de base, y la profundidad espacial dada, por su desplazamiento en diagonal, con hormigas, y superposición de flor, que fueron incorporadas por sugerencia de Estela, *“para darle vida”* -expresó- Procedimientos que fueron realizados por Camila, directamente, sin boceto previo, lo cual le otorgó un mayor realismo ambiental.



Fig. 6. ESTELA CHAMORRO DE CORREA; CAMILA CORREA: pintura mural terminada (200 x 500 cm) 2009. Guaraní, Misiones, Argentina.

6. TEXTO CRÍTICO

En principio, cabe señalar la naturaleza de los materiales con que han trabajado las autoras. El soporte es un muro de adobes revocado con 70 % de *barro ñaú*; arcilla, 20 % de cal hidratada y 10 % de cemento, lo que conforma la pared del frente de la vivienda, orientada hacia el sur, ubicada en un lote agrario, en zona suburbana-rural, puesto que está en la periferia del pueblo de Guaraní, y lindante con las últimas estribaciones de la periferia de la ciudad de Oberá, a escasos 20 m. de la ruta nacional N°14, lo que favorece la apreciación del mural de aquellos que transitan por la misma vía. Dicha pared, recibió un tratamiento de base previo a ser pintada, con engobes coloreados constituidos por, 70 % de óxidos (Fe), 10 % de cal hidratada, 10 % de *barro ñaú* y 10 % de agua. Dicho tratamiento, consistió en la aplicación de una base blanca, cremosa, compuesta con 50 % de cal hidratada, 10 % de cemento y 40 % de agua, con el fin de obtener un fondo blanco, que domina la atmósfera, sobre el cual se aplicaron los **colores**; categoría plástica básica y notable, de cuyo uso armónico en cuanto al nivel de saturación del rojo, amarillo, azul, verde, naranja, tierra, y de su distribución equilibrada, dependió en gran medida el resultado artístico del mural, que resulta atractivo y placentero. Aunque los valores superiores y predominantes respecto al color son las **formas**, todas de naturaleza biológica, representadas en forma figurativa, ideal, imaginativa, no mimética. Flores de tres tamaños claramente identificables: pequeñas, medianas y grandes, animales (hormigas, mariposa), árboles: palmeras (“*Pindó*”) y frutos (cocos). Previamente **diseñadas**, dibujadas sobre los muros con carbonilla con suaves trazos, que fueron luego destacadas y realizadas mediante **líneas** curvas, demarcadoras, que se visualizan de color más intenso o más suave, según la circunstancia de la **configuración** artística. **Diagonales** y **puntos**, transforman la **textura** material y crean la **estructura** de las formas. La ausencia de enlace en algunos sectores hace que se perciba la organización de la obra como un espacio donde, realidad/ fantasía coexisten, visibles en la **dinámica** de sus componentes formales: elementos verticales, ligados a la tierra y entre sí, como enraizados, e idénticos elementos aéreos, sueltos, o ligados entre sí de modo fantasioso y alegre. He aquí una obra donde se perciben

polaridades manifiestas: en lo grande y lo pequeño, visible en las flores y hojas; lo lleno y lo vacío, observable en los centros de las flores, y en los espacios cubiertos y despojados del mural; lo denso y lo transparente, apreciable en las zonas densas de color, frente a otras que se perciben solo por su contorno; lo frágil y lo fuerte, visible en los tallos delgados, frente a los troncos gruesos; lo alto y lo bajo, aparece en las palmeras que llegan hasta el techo, en contraposición con los elementos que constituyen la línea de base; lo joven y lo maduro perceptible en los pimpollos incipientes y en las floraciones completas. Se destaca en su conjunto una abrumadora **simplicidad** que repercute sentimentalmente y puede devenir estética, si conceptuamos las líneas, texturas y matices expresivos (dramáticos) de las flores, y al mismo tiempo aceptamos ver grandiosidad (lo sublime) y novedad en la totalidad de la superficie pictórica, cuya **singularidad**, se explica en las dificultades para interpretar los dos polos psicológicos visibles en las representaciones formales. Por cuanto se observa claramente dos tipos de representaciones: cándida, esquemática, reducida, la una, y compleja, rica, ampliada, la otra. Cuya vivencia de parte nuestra, requiere esfuerzos intrincados para traducirlas en sentimientos estéticos. Se necesitan recursos sensoriales, sentimentales y racionales para lograrlo. Y fundamentalmente, el conocimiento de la cultura y el *ethos* de los oleros (Colombres: 2005), que consiste, entre otros aspectos, en la aceptación de la *equidad* para *compartir* (alimento, esfuerzo, alegría, tristeza, ocio, sufrimiento) en el seno de la familia, y *solidaridad* para con sus vecinos, amigos y parientes, que quedan representadas y expresadas en la tarea pictórica, realizada en forma **comunitaria** y **autogestionaria** por las **autoras** madre e hija; artistas autodidactas. Con todo, cabe aludir a la existencia de una armónica belleza en la composición del mural, sus proporciones, sus ritmos, y sobre todo los colores, como resultado de una completa vinculación con la tierra: desde el uso de los materiales (como componente del adobe, pasta de relleno, elemento cubritivo, y vehículo de los pigmentos), la manifiesta **tendencia** temática hacia la naturaleza, y el modo figurativo de representación. Lo que nos obliga a advertir que no podemos incluir a la pintura mural descripta, dentro de lo que es considerado *Arte ambiental* (Fernández Chiti, 2003), ya que dicho arte consiste en *estimular la conciencia ambientalista* con la intención de mejorar los tristes espacios urbanos donde se habita, o los despojados espacios rurales depredados. Mientras que en la intención de las autoras podríamos vislumbrar una doble función: decorativa; cuando realiza los frisos tradicionales y contornos de puerta y ventana. Y, como medio de creación y expresión estética de su *cosmovisión*, cuando despliegan los elementos formales en el plano del mural, transformándolo en espacio significativo. Tampoco debe ser vista como una opción *ecologista*, con un sentido de rescate, sino como algo interno, propio de su visión, de su *cultura*, inherente a la relación del hombre con la naturaleza de la cultura guaraní, para quien dicha relación no es de superioridad o religiosidad, sino que es una relación *per se* (Colombres, op. cit.), dado que el hombre es parte de la naturaleza misma y la naturaleza es principio de todo. Puesto que las autoras carecen de formación académica artística, su arte podría encuadrarse en la categoría de *Arte ingenuo*, que se vuelve *ambiental*, dado que sin proponérselo, estimula la conciencia ambiental. Entonces, ¿Estaríamos ante un *Arte ambiental ingenuo*? o viceversa.

En cuanto a la obra como *producción simbólica*, manifiesta la creación de signos en los que se reconocen sus autoras, puesto que condensan sus vivencias y expresan sus deseos, su sensibilidad y su historia. En ella distinguimos un **plano semántico**, donde los signos se relacionan con elementos del medio ambiente natural exclusivamente (flores, palmeras, hormigas, mariposa, tronco de árbol), y permite a la imagen desempeñar una función epistémica, dado que muestra sus vivencias del entorno natural, real, presente en Misiones: una de las primeras especies vegetales protegida por ley: el *pindó*, aparece dos veces representado, un tronco de árbol trozado sobre el suelo, como signo de la depredación del bosque, la escasa presencia animal, pero existentes aún en la actualidad: hormigas y mariposas. Las flores ideales, fantasiosas, coloridas expresan sensibilidad y realzan la función estética. La imagen desde un **plano sintáctico**, permite hacer una lectura global, favorecida por el fondo blanco, que funciona como el mismo espacio real, abierto; algunas veces pleno, y otras despojado, y la línea de base, donde se enraízan la mayor parte de los

elementos formales, que parecen repetirse, ilusión reforzada por la distribución y simetría de los colores y tamaños. A medida que nos detenemos a observar las particularidades, diferenciamos tres sectores o grupos representados, claramente definidos por intervalos de descanso, y al detenernos en cada uno de dichos sectores, van apareciendo los elementos que los componen, como integrando subgrupos dentro de la composición, donde distintos elementos en **diálogo** (ya sea por color, agrupación, gradación de tamaño, similitudes formales, proximidad) generan relaciones: destacan , subordinan, elevan, multiplican, produciendo microclimas que despiertan distintas emociones, que ya en un **plano pragmático** se manifiesta como un signo de lo bello cuyo significado es : “*que linda quedó la casita*” (práctico albañil). Esta instancia se pudo observar en la alegría y optimismo que produjo la obra en el ánimo de cada uno de los que habían participado y fundamentalmente en el propietario de la vivienda, quien, mientras se desarrollaba el mural: paralelamente, iba desmalezando y mejorando el entorno de la misma, despejando el área circundante a la vivienda, para permitir una mejor visualización; de modo tal que los cambios se producían día a día, a medida que se ampliaba gradualmente el radio del patio.

En cuanto a los **efectos** en relación al sistema artístico al que pertenece la obra: pintura mural, la singularidad reside en constituirse en la primera aparición en el medio sociocultural y ambiental de la Provincia y en la subcultura de los oleros, con tales características: *Pintura mural con tierra sobre paredes de tierra*. Realizado en el medio ambiente de la olería, por los oleros y para los oleros. Aunque existen en la ciudad de Oberá, y en el resto de la Provincia, diversos murales cerámicos, pictóricos y esgrafiados realizados por artistas con formación académica, en distintos lugares públicos, exentos y adosados a los muros; ninguno posee las características antes mencionadas. Los alcances de la pintura mural en la sensibilidad y en la cultura estética de los oleros ha sido de mucho agrado y sorpresa, como se refleja en la voz de los propios autores y en la actitud del destinatario señalada por el práctico albañil: “*¡Quedó lindo! ¡Mira, ni pensé que me iba a salir bien!*” (Estela) “*¡Quedó lindo sí!, si el hombre (12) se fue para allá lejos, para aquellos lados cerca del camino y miraba... miraba... la casa. Después vino, agarró el machete y se puso a limpiar todo alrededor, para que se vea mejor*” (práctico albañil).

Párrafo aparte merece la descripción detallada de los efectos en el dueño de la vivienda. Persona de edad avanzada, con deficiencia auditiva, que lo limita en su expresión verbal. Por lo que tuvimos que valernos de otras prácticas comunicativas - kinesia y proxemia - que nos ayudaron en el momento de la observación a inferir algunos efectos en su mundo interior. Paralelamente al avance de la construcción de las paredes, y más tarde la creación del mural, Santos acompañaba este proceso con una actitud vigilante que expresó mediante movimientos y acciones. De estar sentado en un primer momento, solo mirando las tareas constructivas, pasó a la acción mediante la limpieza con machete con su único brazo, de las malezas que llegaban hasta la puerta de su vivienda. Esta acción fue creciendo y ampliando el radio que circunda la casa; hasta la disposición para la fotografía sentado en el ingreso de su casa. Esto nos permitió llegar a la conclusión de que Santos encontró en las acciones descritas, la manera de manifestar su placer estético.

Como en la voz de los otros oleros de la comunidad: “*Yo vi eso desde la ruta, pero creí que era de algún jardín de infantes de alguna escuela, que le habían regalado*” (Ramón; Presidente de la Asociación de Oleros de Guaraní). El hombre asoció los murales con pinturas que había visto en las escuelas. Respecto a este último cabe aclarar que su admiración fue más allá de la apreciación del mural. La valoración del mismo lo llevó a movilizarlo para replicar la experiencia en un proyecto de mayor amplitud comunitaria: “*Ayer me fui a ver de cerca, quedó re-bueno, sería lindo hacer lo mismo acá en el pueblo, en la Escuela de fútbol estamos necesitando un quiosco, y no tenemos fondo para eso, voy a mostrarle a los demás y vamos a ver qué dicen*” (ídem). En cuanto a otras personas de la comunidad, dijo Estela: “*Ayer, a la tarde pasó un hombre rubio en una camioneta, paró y miró mucho desde la ruta, volvió, entró acá y preguntó qué era, le dijimos, de adobe, ¿de adobe?!... ¿será? dijo, no podía creer y siguió mirando todo, después se fue*”; “*También vino*

un señor con barba y filmó todo, no preguntó nada". Lo que resulta un signo evidente de que el mural despertó interés y asombro.

También tuvo repercusión en el ámbito académico de la Facultad de Artes de Oberá, donde el grupo de profesores que integra el Área de Percepción Visual, en un primer momento, no aceptaba la designación de práctica artística a lo realizado por los oleros, hasta que, finalmente, fue reconocido como tal por el Tribunal Evaluador Programa de Incentivos de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad, 13/04/2009)(13), que expresó: "*Lo notable es la participación de los artistas ingenuos que ornamentan con su fantasía exuberante dichas viviendas. El arte transforma la pobreza de esos lugares elevándolos a categorías estéticas de las que muchas veces carecen las viviendas de las clases pudientes*". Lo que nos dio fuerza para continuar el trabajo, a la vez sentir la satisfacción de que nuestra tarea va por buen camino.

7. CONSIDERACIONES FINALES

Las actividades de campo nos han permitido confirmar la presencia de una práctica artística vinculada a su artesanía madre (adobe-ladrillo), que involucra a todos los integrantes de la familia. A partir de la experiencia artística plástica de la pintura mural, podemos afirmar que esta actividad, ofrece un espacio comunitario, familiar y fértil para la asimilación del *ethos*, la *cosmovisión* y los *valores* del grupo. Asimismo, por ser un espacio de expresión libre, es también una acción *liberadora*. Aunque sea por un instante en la vida de los oleros, la *opresión*, cede a la *creatividad* a partir de la capacidad de *poiesis* manifiesta en el mural de los oleros. En cuanto al *valor simbólico* de dicha práctica, más allá de los mencionados, cabe señalar que es visible en la cultura olera, el arte; y que el mismo tiene una matriz o *etnogénesis* en las huellas de la cultura amerindia. Finalmente, esto es importante, por cuanto señala que, -además del arte occidental único, individual y universal- existe arte en las representaciones plásticas de los oleros; que conllevan la práctica comunitaria y solidaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHA, Juan. *Crítica del Arte: Teoría y Práctica*. Ed. Trillas, México, 1997
- ----- y otros, *Hacia una Teoría Americana del Arte*, Edic. del Sol, Buenos Aires, 2004
- BILL, Molison. *Introducción a la Permacultura*, Anagrama, Buenos Aires, 2003.
- BOURDIEU, Pierre. *Sociología y Cultura*, Grijalbo, México, 1992.
- COLOMBRES, Adolfo *Sobre la Cultura y el Arte Popular*, 2ª ed., Ediciones del Sol, Buenos Aires, 2007.
- ----- *Teoría Transcultural del Arte. Hacia un pensamiento visual independiente*, 1º Edc., 1º reimp., Edic. del Sol, Buenos Aires, 2004
- DUSSEL; Enrique, *Oito Ensaio sobre cultura latino-americana e libertação*, Ed., Paulinas, Sao Paulo, 1997
- FREIRE, Paulo. *Pedagogía de la Autonomía*, 18ª, Ed. Paz e Terra, Brasil, 2002
- GARCIA CANCLINI, Néstor. *La globalización imaginada*, 1º edic., 1999, 1º reimp. 2000, Ed. Paidós, Buenos Aires, 1999
- ----- *La Producción Simbólica. Teoría y Método en Sociología del Arte*, 9º edición, Siglo XXI Editores, México, 2006
- GEERTZ, Clifford, *La interpretación de las Culturas*, 1º edición 1973, 13ª reimpresión, Ed. Gedisa, Barcelona, 2005
- RAMIREZ, Gustavo. *Diseño de Permacultura*, ed., Instituto Argentina de Permacultura, Argentina, 2003.

NOTAS

- 1-En dos trabajos: *Arte, Arquitectura y Tecnología en el Diseño de asentamientos humanos sostenibles en la Provincia de Misiones* (Okulovich, 2004), y *Técnicas, Materiales y Tecnologías en Olerías de Oberá* (Okulovich, 2003).
- 2- Amputación de un brazo por accidente.
- 3- Santo Roberto López ,58 años, soltero, olero; oficio heredado de su bisabuelo, a través de su abuelo y su padre.
- 4- Compuesto de 100% de barro ñaú, disponible en la olería, 20% de aserrín, y agua, cantidad necesaria.
- 5- Los mismos adobes después de atravesar el proceso de cocción para transformarse en material cerámico.
- 6-Barro ñaú en estado puro, o con aserrín incorporado.
- 7-Compuesto de 70% de arcilla, 10% de cemento y 20% de cal hidratada.
- 8-Base blanca compuesta de 50% de cal, 10% de cemento y agua en cantidad suficiente para obtener una consistencia cremosa, que permita ser aplicada con pincel.
- 9-Engobes preparados en base a 70% de óxidos (de color: amarillo, rojo, azul, verde y negro), 10% de arcilla, 20% de cal hidratada y agua en cantidad suficiente para que el color pueda ser aplicado con pincel)
- 10-Los rollizos se extraen de la floresta que los circunda, y los costaneros, son madera de descarte de los aserraderos próximos.
- 11- Especie vegetal de la familia de los dátiles, propia de la región paranaense, de aproximadamente 5 metros de altura, cuyo fruto es comestible. Su follaje es utilizado por los pobladores originarios como protección climática en sus viviendas.
- 12- Se refiere a Santos- el habitante de la vivienda- quien había permanecido sentado en un banco de madera, observando callado y pasivo durante los primeros días.
- 13- MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN. SECRETARIA DE POLITICAS UNIVERSITARIAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES. Tribunal evaluador de informes de investigación constituido por: Bozidar Darko Sustersic. -UBA (C 1) Alicia Mercedes Guzmán – UNaM (C 1), Nina, E. Kislo de Kairiyama – UNaM (C 1). Secretaría de Investigación "APOAVA". Facultad de Artes, Oberá, Misiones, Argentina.

Eva Isabel Okulovich: Prof. UNAM; Mgter. Scientiae, UNER; Doctorando M. Inv. en Artes, Jefa del Área Conocimiento Científico, Dir. Inv. Sec. de I. "APOAVA"; UNAM. SGCyT

Graciela Anger: Lic. en Artes Plásticas, Prof. de Pintura, Inv. Fac. de Artes, Sec. de Inv. "APOAVA"; SGCyT UNAM.

María Ernestina Morales: Lic. en Comunicación, Maestrando en Semiótica, Profesora e Investigadora UNaM, e Inst. Saavedra.

Silvia Marlene Okulovich: Arquitecta. JTP Área Tecnología, Diseño Industrial, Inv. FAO, Estudio Profesional Privado, Mnes.

Ariel González: Ingeniero. UTN, Mgter. Scientiae, UNER; Esp. Control de Vectores y Agentes de la Vivienda.

SUSTENTABILIDAD Y ARQUITECTURA CON TIERRA. DISCREPANCIAS EN LA CALIDAD

Julio Lorenzo Palomera; Daniel Celis Flores; Carlos Fuentes Pérez; Judith Garcés Carrillo

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Campus
Tampico – Madero. México. Tel. (01833) 241 2000.

Palabras clave: tierra, discrepancia, calidad, ergonomía

RESUMEN

El desarrollo de la humanidad ha de producirse garantizando la salud del planeta en miras de asegurar el bienestar de las presentes y futuras generaciones. El desarrollo sustentable predica la armonía entre economía, ambiente y sociedad, en relación con la cultura. La arquitectura con tierra es considerada ambientalmente amigable, y se enmarca en la sustentabilidad por algunas características en el uso del suelo natural. Sin embargo, desde la perspectiva de calidad, se vislumbran ciertas discrepancias en los procesos y productos de arquitectura con tierra: la sustentabilidad se proyecta a las futuras generaciones, pero a costa de las personas participantes en la construcción con tierra.

Los requerimientos para un producto de tierra, como todo aquello que conforma a la arquitectura fabricada con este material, no únicamente son aquellos relacionados con las especificaciones técnicas. Dimensionamiento, capacidades de carga, y resistencia, deben derivarse de requisitos de clientes a los cuales habrá que satisfacer. Los clientes no son exclusivamente los usuarios finales. Hay una serie de partes interesadas en todo el proceso constructivo, y durante todo el ciclo de vida. Un enfoque de calidad no debe orientarse tan sólo al producto, sino a quienes este producto brindará satisfacción, es decir los clientes, ampliando su impacto de beneficio a la sociedad. Es necesario incorporar el valor del factor humano a través de estándares de calidad ergonómica.

Se debería reflexionar si la arquitectura con tierra es realmente una aportación para el desarrollo sustentable, cuando aspectos ergonómicos no son claramente precisados en sus procesos. Y, por lo tanto, actuar en consecuencia para normalizar la calidad de procesos y productos arquitectónicos contruidos con tierra.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sustentabilidad. Arquitectura y ciclo de vida

El concepto de sustentabilidad se funda en el reconocimiento de los límites y de las potencialidades de la naturaleza, así como en la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio. ¹ El desarrollo sustentable es aquel desarrollo económico y social que tiene lugar sin detrimento del medio ambiente ni de los recursos naturales de los cuáles dependen las actividades humanas y el desarrollo, del presente y del futuro. Es el desarrollo que responde a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

Es aquel que de manera eficiente y cuidadosa mantiene la calidad de vida para el ser humano, así como también asegura el acceso a los recursos naturales y la calidad de vida para las generaciones futuras. Para ello se requiere cuidar tres tipos de capital
Existen dos ideas inherentes a la definición de sustentabilidad: el de las "necesidades" de los seres humanos y el de las "limitaciones" del medio ambiente en cuanto a su capacidad para responder a las necesidades actuales y futuras de los seres humanos. Por sus características la arquitectura con tierra es una importante alternativa a los modelos convencionales de diseño y construcción. Pero ¿se cumple plenamente los requisitos de satisfacción de las necesidades humanas?

Recordemos que la arquitectura como sistema de procesos enfocados a la generación de habitabilidad mediante productos pertinentes, se genera, se transforma, se deconstruye o bien se demuele. Cumple con un ciclo de vida.

Se puede resumir el ciclo de vida de arquitectura con el siguiente listado:

- Concepción. Proyecto arquitectónico.
- Extracción de materias primas.
- Proceso de construcción.
- Vida útil.
- Mantenimiento y reparación.
- Reciclaje o reutilización.
- Demolición.

Los principales problemas a solucionar para lograr que una arquitectura sea sustentable, son de acuerdo a Lacomba (2004),

- a) El proceso de construcción, especialmente con desperdicios de obra, solventes, impermeabilizantes, etc.
- b) El proceso de demolición
- c) La contaminación del agua
- d) Las fugas de gas
- e) La contaminación del aire y todo el ruido característicos de sitios de construcción

Por otra parte, entre las reglas que la misma autora propone para que los ambientes internos de los edificios proporcionen una mejor calidad de vida a los usuarios, están

Que el edificio esté construido con materiales naturales y que sean renovables y no contaminantes, como: vidrio, mármol, madera, ladrillo. Que tenga buena ventilación; adecuados niveles de iluminación; buena climatización. Que el edificio ahorre energía eléctrica, agua, y que facilite la separación de basura (Lacomba, 2004)

En cada etapa la intervención humana es innegable. Y en cada etapa el valor que se agrega en la cadena constructiva determina la calidad final del producto. Sin embargo, no deberíamos olvidar que en el sistema de procesos, es necesario satisfacer otras necesidades humanas, no exclusivamente la de un usuario final.

Para comprender esto, es conveniente hacer uso de metodologías empleadas en el marco sustentable como es el Análisis del Ciclo de Vida.

De acuerdo a la norma IRAM-ISO 14040 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco ², el ACV es una herramienta de gestión ambiental que, empleada conjuntamente con otras herramientas tales como la evaluación del riesgo y la evaluación del impacto ambiental, puede ser de suma utilidad para ayudar en la toma de decisiones por parte de quienes tienen a su cargo los destinos de las empresas. Es una técnica para evaluar los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados con un producto, y más precisamente, según la definición incluida en esa norma, es la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto durante su ciclo de vida.

En general, las organizaciones consideran beneficioso conocer, con el mayor detalle posible, los efectos, aunque sean involuntarios, que sus productos, servicios o actividades podrían causar en el medio ambiente, en especial los que provoquen impactos ambientales significativos adversos, por las responsabilidades legales, sociales y políticas que ellos implican, además de las pérdidas económicas y de imagen empresarial.

El ACV es una herramienta para lograr acercarse a ese objetivo. Por un lado suministra información para identificar las posibilidades de mejoramiento del desempeño ambiental de sus productos y sus procesos en términos de uso eficiente y ahorro de recursos materiales y energéticos, con menor generación de residuos y emisiones, y por otro provee una base confiable para formular sus políticas estratégicas corporativas. Es una herramienta que facilita el desempeño ecológicamente eficiente.

El concepto de ecoeficiencia nace de la concepción global de los impactos ambientales de las diferentes fases del ciclo de vida de un producto, y de la voluntad de reducir los diferentes efectos ambientales negativos. La ecoeficiencia es "producir más con menos". Una gestión ecoeficiente de los procesos de producción o de los servicios aumenta la competitividad ya que:

- Reduce el despilfarro de los recursos mediante la mejora continua.
- Reduce el volumen y toxicidad de los residuos generados.
- Reduce el consumo de energía y las emisiones contaminantes.
- Se reducen los riesgos de incumplimiento de las leyes y se favorecen las relaciones con la administración competente.

Sin embargo, cabe señalar que este enfoque de ecoeficiencia se concentra en analizar los beneficios económicos con bajo impacto ambiental. Es necesario introducir el valor de lograr bienestar para las personas durante las etapas de producción.

El ACV define como etapas:

- 1ª. Definición de la meta y el alcance;
- 2ª. Análisis del inventario;
- 3ª. Evaluación del impacto;
- 4ª. Interpretación.

Meta y alcance. La definición de la meta apunta a establecer concretamente para qué y por qué se desea hacer el ACV, y a quién o a quiénes se va comunicar los resultados que se obtengan del estudio. La definición del alcance se orienta a establecer los límites del ACV que se va emprender, lo cual incluye, entre otros varios factores, las fronteras del sistema producto sometido a estudio, además de la función que cumple. (Norma IRAM-ISO 14040)

Análisis del Inventario. Esta fase implica la recolección y la cuantificación de las entradas y salidas de materia y energía correspondientes del sistema producto bajo estudio durante su ciclo de vida. Tales entradas y salidas comprenden, entre otras, materias primas, insumos, material auxiliar, combustibles, carbón, derivados del petróleo, madera y energía eléctrica; emisiones al aire, al agua y al suelo; ruidos, vibraciones, radiaciones y calor. El proceso de recolección de los datos vinculados con esas entradas y salidas es el núcleo principal de esta fase. (Norma IRAM-ISO 14041) El inventario se aplica principalmente para extraer datos e información del sistema producto sometido a estudio.

En actividades tecnológicas como la ingeniería, se admite que hay una multitud de operaciones y procesos diversos e individuales que son necesarios para extraer materias primas y energía, elaborar productos intermedios, diseñar, formular, fabricar, transportar y usar un producto, y gestionar los residuos generados en cada eslabón de la cadena de producción y disposición final. Esos procesos y operaciones están vinculados en el ciclo de vida de un producto, y ese conjunto integrado de procesos y operaciones es lo que constituye un "sistema" para ese producto.

Evaluación del impacto. Esta fase tiene por finalidad conocer y evaluar la magnitud y la significación de los impactos ambientales potenciales que podrían originarse por el

funcionamiento del sistema producto bajo estudio. La evaluación se realiza tomando como base los datos obtenidos en la fase de análisis del inventario. Se subraya el adjetivo potenciales pues en realidad esta fase no permite conocer ni estimar la significación de los impactos ambientales reales o efectivos derivados del sistema producto que se estudia. (Norma IRAM-ISO 14042)

Interpretación. Sobre la base de la meta y el alcance definidos, en la fase de interpretación se analizan conjuntamente los hallazgos de las dos fases previas, y a partir de ellos se extraen conclusiones y se formulan recomendaciones a quienes deban tomar decisiones sobre temas de interés para la organización que encargó el estudio. (Norma IRAM-ISO 14043)

ARQUITECTURA CON TIERRA.				
Desarrollo Sustentable.		Ecoeficiencia.		Análisis del Ciclo de Vida.
Necesidades Humanas.	Limitaciones Ambientales.	Más menos.	con	<u>Materia prima.</u> Producción. Comercialización. Transporte. Utilización. Residuos.
Calidad de Vida.				Materia. Energía. Agua. <u>Impacto ambiental.</u>
S U S T E N T A B I L I D A D.				

Tabla 1. Arquitectura de tierra y sustentabilidad.

Necesitamos revisar los procesos efectuados a través del ciclo de vida de arquitectura para evaluar los impactos ambientales, y corroborar si las acciones favorecen un desarrollo sustentable o no. Véase tabla 1. Consideramos importante reflexionar respecto al factor humano como elemento esencial en este análisis.

Es prioritario vigilar no dañar el ambiente pensando en las generaciones futuras. De la misma forma, señalamos que en algunos casos se sacrifica el bienestar de las personas. El lema: "Piensa global, actúa local", necesita un ajuste.

1.2. Calidad. El valor del factor humano

Haremos referencia a algunos conceptos en el marco de los Sistemas de Gestión de Calidad.

1.2.1. Modelo de Administración por Calidad Total (ACT). Un modelo ACT, se enfoca sistemáticamente hacia la completa satisfacción de las necesidades y requerimientos de la sociedad (clientes, empleados, accionistas y comunidad), a través del involucramiento completo y entusiasta de todos los empleados, en todos los niveles de la organización, en la práctica del control de las dimensiones de la Calidad, procurando consistentemente el mejoramiento continuo en los procesos, productos, servicios y resultados de la empresa.

1.2.2. Calidad. Se define como el grado en que un conjunto de características de un producto o servicio, cumple con las necesidades implícitas y explícitas de los clientes. Aún cuando esta definición aborda únicamente a los clientes, el concepto moderno de la Calidad total, abarca el compromiso de dar valor, a través de bienes y servicios, para la satisfacción tanto de los usuarios, como de los distintos grupos de interés relacionados con sus resultados.

1.2.3. Filosofía de servicio al cliente.

Muchas organizaciones han implantado sistemas de calidad con el fin de mejorar sus productos y procesos. Estas mismas organizaciones se percataron que no basta tener procesos que generen buenos productos, y que dichos productos satisfagan las expectativas de sus clientes.

La filosofía de servicio al cliente consiste en realizar acciones por nuestros clientes. Pensar en ellos cuando hacemos nuestro trabajo. Para ello necesitamos conocer sus expectativas y necesidades para posteriormente implantar sistemas de trabajo que garanticen el cumplimiento de dichas expectativas.

Se consideran dos tipos de clientes: internos y externos. Los clientes internos son personas que colaboran dentro de la organización, desarrollando un producto o servicio para otra persona o área de la organización, con el fin de participar directa o indirectamente en el desarrollo de un producto o servicio final para el cliente externo. Un cliente externo es la persona que adquiere el producto o servicio final de la organización.

1.2.4. Enfoques. Desde sus orígenes hasta la fecha la Calidad se ha manifestado a través de tres enfoques:

1. Enfoque en el producto: las empresas producen lo que consideran conveniente a sus intereses, avocándose a producir bienes y servicios que lleguen al consumidor sin defectos. El cliente tiene que seleccionar de lo que está disponible. Hasta el siglo XIX y principios del siglo XX.
2. Enfoque en el cliente: las empresas identifican las necesidades de los clientes y orienta la producción de bienes y servicios a satisfacerlas. Segunda guerra mundial.
3. Enfoque en la sociedad: se identifican las necesidades de los clientes y de todas las partes interesadas y orienta la producción de bienes y servicios a satisfacerlas, y lograr el bienestar de toda la sociedad en su conjunto.

1.2.5. Modelo de Discrepancias. Entre las estrategias para mejorar la satisfacción de los clientes esté el modelo de discrepancias. Es un modelo útil para garantizar la calidad de un producto o servicio. Las discrepancias miden básicamente las diferencias entre las expectativas y las percepciones de los clientes. Esto es, entre lo que el cliente espera recibir de un producto o servicio y lo que realmente recibe. Estas diferencias se desglosan así:

1. Diferencia entre las expectativas de un cliente y lo que los administradores creen ser las expectativas de los clientes.
2. Diferencia entre lo que los administradores creen son las expectativas de los clientes y las especificaciones que hacen del servicio.
3. Diferencia entre la forma en que se especifica el servicio y la forma en que realmente se da el servicio.
4. Diferencia entre lo que hacemos y lo que decimos que tenemos.
5. Diferencia entre las percepciones del cliente y sus expectativas.

1.2.6. Procesos y mejora continua.

Un proceso es un conjunto de actividades secuenciadas (causas), que producen un resultado (efecto). Para generar una salida, ya sea un producto o un servicio, generalmente se requiere de cinco elementos o factores básicos:

Mano de Obra: Son los responsables de ejecutar el trabajo.

Métodos: Es la forma en que se efectúa el trabajo.

Maquinaria o equipo: Son las máquinas, equipos, herramientas, que se emplean para efectuar el trabajo.

Materiales: Son las entradas sobre las cuales se trabaja.

Medio Ambiente: Se refiere a las condiciones en las cuales se lleva a cabo el trabajo.

La salida del proceso, son los resultados del trabajo realizado. Dicha salida tiene requerimientos de calidad, definidos por las necesidades del cliente interno o externo, que el responsable del proceso debe de estar comprometido a satisfacer. Estos requerimientos se traducen en indicadores y especificaciones; los indicadores miden o cuantifican los resultados y las especificaciones definen un nivel esperado sobre los indicadores que se deben alcanzar para asegurar la satisfacción de las necesidades de los clientes.

El factor humano es esencia de calidad. En los términos de producción adelgazada o magra, conocida por el anglicismo "lean", se considera basura la no satisfacción de necesidades de los clientes. Este concepto se enfoca en el valor añadido de recursos desde el punto de vista del cliente: Qué necesitan, Cuándo lo necesitan, En dónde lo necesitan, A qué precio competitivo, En cantidades y variedad que requieren, pero siempre respecto a la calidad esperada (Alukal- Manos, 2006). La ergonomía debe estar presente en todo proceso, como factor de satisfacción al cliente. Y en toda organización en donde se pretende asumir una filosofía de mejora continua o Kaizen.

1.3. Ergonomía. Adecuación de ambiente y factor humano

El término ergonomía (del griego ergon: trabajo y nomos: ley) ha sido adaptado oficialmente cuando se creó la primera sociedad de ergonomía, la Ergonomics Research Society, fundada en 1949 por ingenieros, fisiólogos y sociólogos británicos a fin de adaptar el trabajo al hombre. (Mondelo, 2000)

La Asociación Internacional de Ergonomía (International Ergonomics Association, IEA), define a la ergonomía como la disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar buscando optimizar el bienestar humano y la ejecución del Sistema Global.

Las investigaciones sobre ergonomía se fundamentan en el análisis de la actividad del trabajo de las personas identificando factores que puedan constituir un riesgo y un obstáculo para la producción, para la seguridad de las personas o para la seguridad en el funcionamiento de las instalaciones.

Por ello, la concepción de la ergonomía como sistema es el resultado de las características de los medios de trabajo, las características de la organización y las características del personal.

La ergonomía se ocupa de: a) el estudio del operario individual o del equipo de trabajo; y b) la facilitación de datos para el diseño. Los objetivos de la ergonomía son, por consiguiente, promover la eficacia funcional, al mismo tiempo que mantiene o mejora el bienestar humano. (OIT, 1996)

El parámetro de confort, es de vital importancia dentro del proceso de diseño, ya que en primera instancia todo diseño arquitectónico debe dirigirse hacia el logro del confort de los usuarios, entendiendo por confort al estado sicofisiológico (mental y físico) que expresa satisfacción con el ambiente biotérmico y sensorial que rodea al usuario.

El confort humano esta en función de múltiples variables. Las principales son: el régimen del flujo del aire sobre la piel; la temperatura radiante media; la temperatura del aire; los niveles de humedad del aire; la cantidad y tipo de vestimenta; y el nivel de actividad del usuario. Es

posible que en muchos casos no sea fácil encontrar una solución, pero la experiencia muestra que a la larga se logra, y que en ningún caso se justifica el sacrificio de la comodidad del usuario. (Vélez, 2002)

Desgraciadamente se da por descontado que el factor humano se considera en toda acción de diseño. Esto se puede relacionar con falacias del diseño.

1. El diseño es satisfactorio para mí, por lo tanto es satisfactorio para todos.
2. El diseño es satisfactorio para la persona promedio, por lo tanto es satisfactorio para todos.
3. La variabilidad del ser humano es tan grande que no es posible complacer a todos, pero como la gente es maravillosamente adaptable, de todas maneras no importa.
4. La Ergonomía es muy cara, y como los productos actualmente se compran por su apariencia y estilo, las consideraciones ergonómicas pueden ser ignoradas a conveniencia.
5. La Ergonomía es extremadamente importante. Yo siempre diseño las cosas con la Ergonomía en mente, pero lo hago de manera intuitiva y confío en mi sentido común. De manera que no necesito tablas de datos ni estudios empíricos. (Prado-Ávila, 2006)

En las actividades de diseño, como practica dirigida a satisfacer necesidades humanas y a procurar una mejor calidad de vida, la ergonomía debe ser parte esencial. Un diseño no ergonómico, generaría no conformidades de producto, al no satisfacer los requerimientos relacionados con la adecuación de procesos productivos y sus resultados. Sin contar con el impacto ambiental de los desperdicios generados en el ciclo de vida.

2. OBJETIVOS

2.1. Alcances.

Vamos a partir de los siguientes aspectos para la formulación del objetivo del presente estudio.

- a) Reducir lesiones y enfermedades.
- b) Disminuir costos por incapacidades e indemnizaciones.
- c) Aumentar la productividad, calidad, seguridad.
- d) Mejorar las condiciones y la calidad de vida en el trabajo.

El ambiente de trabajo se caracteriza por la interacción de los siguientes elementos:

El Trabajador: Con sus características propias de estatura, peso, fuerza, nivel educativo, intelecto, entre otros.

El puesto de trabajo: Que comprende las herramientas, mobiliario, objetos de trabajo, entre otros.

El entorno de trabajo: Que comprende la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones, entre otros.

Factores de Riesgo Ergonómico

Postura: Es la posición que el cuerpo adopta al desempeñar un trabajo.

Fuerza: Es el efecto que provoca en el cuerpo el peso de un objeto al realizar la tarea.

Duración: Es la cantidad de tiempo que se está expuesto a un factor de riesgo.

2.2. Objetivo

Se pretende llevar a la reflexión respecto a las acciones emprendidas hasta ahora en la arquitectura de tierra, demostrando con técnicas básicas de análisis de tareas, y en el marco

de la producción aligerada y limpia, que en varios procesos se generan desperdicios. De aquí que no necesariamente se participa en un desarrollo sustentable cuando se ponen en riesgo a las generaciones actuales.

3. MÉTODO

En el contexto de Ergonomía existen una variedad de métodos y técnicas de investigación. Se describen a continuación algunas técnicas de investigación de tareas. El Análisis de Tareas es el estudio de lo que se requiere del usuario en términos de acciones para completar una tarea. Se entiende por técnica de análisis de tareas el conjunto de procedimientos que, partiendo de un modelo, permiten identificar y generalmente medir, las variables que se consideran características en un determinado puesto de trabajo. (Montmollin, 1967)

La observación es una de las técnicas para coleccionar datos en el desempeño de tareas.

Un procedimiento es el siguiente:

Primera fase: Agrupación de puestos similares. Agrupar los puestos de trabajo que tengan características similares en relación con las tareas, el diseño del puesto y las condiciones ambientales.

Segunda fase: Identificación inicial de riesgos.

Tercera fase: Se aplican Los Métodos de Evaluación que se consideren necesarios.

Cuarta fase: Propuesta de mejoras y planificación de la intervención.

En este caso, se emplea la observación de ejemplos a partir de imágenes, de manera que se ejemplifique el alcance de la propuesta en el sentido de valorar las necesidades de las personas participantes en los procesos de la arquitectura de tierra. Por ejemplo, fabricación y manipulación de los BTC.

Se aplican técnicas de recopilación de información, empleadas en evaluación de riesgos ergonómicos.

4. RESULTADOS

Se presentan algunos de resultados de analizar tan sólo la manipulación de cargas en el caso de BTC mejorado con cemento al 6% fabricado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se emplearon BTC similares en la construcción de un prototipo de vivienda. En dicho prototipo no se realizó estudio de valoración ergonómica. Este análisis representa una actividad de las múltiples ejecutadas durante el ciclo de vida del BTC y de la arquitectura de tierra.

Los BTC considerados en este caso, miden 10x14x28 cms compuestos de arcilla y medrano (arena y limo). EL BTC pesa cada uno 8 kgs (16 kgs), el operador levanta dos piezas colocadas frente a sus pies, desde el suelo hasta una altura superior a sus hombros. Durante el levantamiento de la carga el operador realiza un giro del tronco. Véase figura 1.

El operador necesita sujetar el BTC y de inmediato esforzarse por levantar la carga hasta la altura de sus hombros, flexionando codos y muñecas. El operador dijo no poder agarrar el BTC porque se resbala debido a la textura del producto, es decir desprende polvo. El BTC no presenta asas o medio para agarrarlo y levantarlo cómodamente. Véase figura 2. Por lo tanto, prefiere girar mano, muñeca y brazo para soportar el peso sobre sus palmas. Véase la figura 3.



Fig. 1 Tronco inclinado y con giro.

Fig. 2. Dificultad en el agarre por la porosidad del BTC.

Fig. 3. Manipulación de carga.

Se realiza un análisis preliminar con base en observar las tareas básicas. Primeramente acerca de la manipulación manual de cargas. Véase Tabla 2.

<i>Manipulación Manual de Cargas.</i>	
Sí	Se manipulan cargas > 6 kg
	Se manipulan cargas > 3 kg en alguna de las siguientes situaciones:
Sí	Por encima del hombro o por debajo de las rodillas.
No	Muy alejadas del cuerpo
Sí	Con el tronco girado.
Sí	Con una frecuencia superior a 1 vez/minuto.
No	Se manipulan cargas en postura sentada.
Sí	El trabajador levanta cargas en una postura inadecuada, inclinando el tronco y con las piernas rectas.

Tabla 2. Riesgo ergonómico: Análisis de manipulación manual de cargas.

Posteriormente se analiza postura y repetitividad de la tarea. Véase tabla 3.

<i>Posturas/Repetitividad.</i>	
Sí	Posturas forzadas de algún segmento corporal (el cuello, el tronco, los brazos, las manos/muñecas o los pies) de manera repetida o prolongada.
Sí	Movimientos repetitivos de los brazos y/o de las manos/muñecas.
Sí	Postura de pie prolongada.
	Postura de pie con las rodillas flexionadas o en cuclillas de manera repetida o prolongada.

Tabla 3. Riesgo ergonómico: Posturas/Repetitividad

Se procede a calcular el peso tolerable.

El Peso Aceptable del levantamiento se calcula multiplicando los siguientes cinco coeficientes, que se obtienen a partir de datos de la tarea y del puesto de trabajo:

El mayor peso teórico recomendado es de 25 kg, que corresponde a la posición de la carga más favorable, es decir, pegada al cuerpo, a una altura comprendida entre los codos y los nudillos.

EL BTC pesa cada uno 8 kgs (16 kgs), el operador levanta dos piezas colocadas frente a sus pies, desde el suelo hasta una altura superior a sus hombros. Peso recomendado, 8 kgs. Véase Tabla 4.

Peso recomendado.		
Altura de la cabeza	13 kg	7 kg
Altura del hombro	19 kg	11 kg
Altura del codo	25 kg	13 kg
Altura de los nudillos	20 kg	12 kg
Altura de media pierna	14 kg	8 kg

Tabla 4. Riesgo ergonómico: Peso recomendado

El desplazamiento vertical ideal de una carga es de hasta 25 cm; siendo aceptables los desplazamientos comprendidos entre la "altura de los hombros y la altura de media pierna". Se procurará evitar los desplazamientos que se realicen fuera de estos rangos. No se deberían manejar cargas por encima de 175 cm, que es el límite de alcance para muchas personas.

Desplazamiento vertical	Factor de corrección (FC)
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0.91
Hasta 100 cm	0.87
Hasta 175 cm	0.84
Más de 175 cm	0

Tabla 5. Riesgo ergonómico: Desplazamiento vertical.

El operador levanta la carga de dos BTC desde 0 hasta 1.75, para adoptar la postura favorable para él, ya que de esa manera no se resbala el BTC cuya textura es porosa. FC=0.84 (Véase tabla 5). Además realiza un giro de su tronco en el levantamiento de la carga. FC=0.90 (Véase tabla 6)

Giro de tronco.	Factor de corrección. (FC)
Sin giro.	1
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (90°)	0.7

Tabla 6. Riesgo ergonómico: Giro de tronco.

Agarre de la carga. Se considera un agarre bueno cuando la carga tiene asas u otro tipo de agarres con una forma y tamaño que permita un agarre confortable con toda la mano, permaneciendo la muñeca en una posición neutral, sin desviaciones ni posturas desfavorables.

Se considera un agarre regular si la carga tiene asas o hendiduras que no permiten un agarre cómodo, o si la carga no tiene asas pero puede sujetarse flexionando la mano 90°.

Se considera un agarre malo si no se cumplen los requisitos anteriores.

El operador dijo no poder agarrar el BTC porque se resbala debido a la textura del producto, es decir desprende polvo. El BTC no presenta asas o medio para agarrarlo y levantarlo cómodamente. FC= 0.90 (Véase Tabla 7)

Agarre de carga.	Factor de corrección. (FC)
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9
Tabla 7. Riesgo ergonómico: Agarre de carga.	

Frecuencia y duración de la manipulación. Una frecuencia o duración elevadas de la manipulación de cargas puede producir fatiga y aumentar el riesgo de lesión. En función de estos factores, el peso teórico recomendado que se podría manejar debe reducirse multiplicando por el siguiente factor de corrección:

Frecuencia de manipulación.	Duración de la manipulación.		
	<1 hora	Entre 1 y 2 horas	Entre 2 y 8 horas
Factor de corrección. (FC)			
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez / minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces / minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces / minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces / minuto	0.37	0.00	0.00
>15 veces / minuto	0.00	0.00	0.00
Tabla 8. Riesgo ergonómico: Frecuencia de manipulación.			

El operador, junto con otras 3 personas puede desplazarse para cargar una camioneta con 500 BTC, una distancia de cinco metros, empleando un minuto en cada ciclo. Se considera un FC=0.94 (Véase Tabla 8)

Resumen:

Peso real de carga: 16 kgs.

Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación: 8 kgs.

Desplazamiento vertical: FC = 0.84

Giro de tronco: FC = 0.90

Tipo de agarre: FC = 0.90

Frecuencia de manipulación: FC = 0.94

$8 \text{ kgs.} \times 0.84 \times 0.90 \times 0.90 \times 0.94 = 5.11 \text{ kgs.}$

El peso manipulado por el trabajador (16 kgs) es mucho mayor que el peso aceptable indicado por el método de evaluación (4.79 kgs.) El riesgo no es tolerable.

Como se ve, el material de los BTC es noble, pero se genera desperdicio en términos de calidad de procesos aligerados y limpios. Es decir, la actividad de la persona presenta riesgo de lesiones, no se satisface su necesidad de confort y bienestar.

5. CONCLUSIONES

5.1. Mejora continua en la Arquitectura de tierra.

En el presente de la arquitectura de tierra aparece una problemática que refleja dimensiones y escalas que caracterizan a los grandes desafíos que enfrenta. Estos problemas son identificados por Rotondaro (2007):

- a) Lograr que la construcción con tierra sea valorada por parte de los amplios sectores sociales de menores recursos como una alternativa confiable y de hábitat digno, en el campo de la autogestión y la autoproducción de la vivienda.
- b) Legislar para poder contar con una normalización de fácil acceso y reconocida internacionalmente, adecuada y suficiente para apuntalar la confianza en la tierra como material constructivo.
- c) La posible industrialización de los sistemas constructivos con empleo de tierra cruda. La edificación con tierra no forma parte del mercado convencional de la construcción en la mayoría de los países.
- d) Valorar las ventajas ecológico-ambientales de la construcción con tierra en cuanto a la reducción de la contaminación ambiental y el gasto energético en relación con la producción de edificios, y en cuanto a la posibilidad de su reciclado como material –al menos en un alto porcentaje
- e) Lograr instalar en la educación técnica y universitaria la formación de recursos humanos, de manera responsable, en cuanto a las ventajas y las limitaciones de la tierra como material y como arquitectura.
- f) Hoy el principal motor del impulso que mantiene la arquitectura de tierra sea el paradigma de la sustentabilidad, con el fundamento que le otorgan sus ventajas ya comprobadas. Y tal vez cabe pensar que esto ocurrirá cuando la sustentabilidad del planeta sea el interés común de los distintos sectores de poder y de las sociedades, para que lo que por ahora se consolida como tendencias de desarrollo, pueda evolucionar a la "categoría" de movimiento que caracterice a la construcción del hábitat humano durante el siglo XXI.

Implícitamente se procura el bienestar del ser humano. ¿Por qué no se explicita el requerimiento de satisfacer las necesidades de las personas, considerando un enfoque sistémico, si se pretende alcanzar una dimensión global con la arquitectura de tierra? Consideramos que la búsqueda de soluciones se limita a merodear alrededor de las necesidades de supuestos usuarios, sin hacer contacto con las personas reales, quienes participan en los procesos de la arquitectura de tierra.

Una aproximación a una visión integral se esclarece en el desglose de factores de un diseño ecobioconstructivo sostenible, el cual pretende un equilibrio entre el hombre y su entorno. Aquí, la vivienda se considera un organismo vivo que consume aire y energía, produciendo flujos en su interior, transpira y produce desechos (Barbeta, 2002). Un balance sostenible se obtiene armonizando:

Factores socioculturales. Adaptar el hábitat a una manera de vivir de la gente y una tradición autónoma. No permitiendo la internacionalización de la arquitectura.

Factores psicológicos del habitante. Espacio-luz-color. Ambiente saludable y confortable. Tener en cuenta la ergonomía y la iluminación natural.

Factores técnicos. Uso de materiales y tecnologías no contaminantes, que faciliten reuso y ahorro de recursos.

Factores medioambientales. El hábitat no termina en la puerta de la casa, por lo tanto se requiere del uso de la Geobiología (campos electromagnéticos), la Bioclimática (adaptación de condiciones naturales para un confort térmico), Permacultura (empleo de huertos y jardines, así como medios para ahorro de consumo de agua)

Suponer que la ergonomía únicamente es útil para consideraciones psicológicas es acertado pero insuficiente. De hecho, existen una serie de aportaciones desde la ergonomía cognitiva. Ulteriormente los discursos se dirigen a solventar problemas del producto final de los procesos. Por ejemplo, si consideramos el caso de los BTC, la normatividad establece requerimientos desde granulometría, límite plástico de un suelo, determinación de acidez del agua, métodos de ensayo para determinación de dimensiones, hasta determinación de resistencia inicial a cortante y determinación de valores térmicos, entre otros. (Normas UNE ³) No se encuentra alguna norma que mencione la determinación dimensional de BTC en función de factores ergonómicos, como adecuación antropométrica, factores biomecánicos, prevención de riesgos por levantamiento de cargas, agarre de piezas, posturas de trabajo, etc.

La calidad en la arquitectura de tierra se busca con la pretensión de cumplir con requerimientos técnicos en los materiales transformados. La orientación de la calidad es hacia el producto. Se dice que la tierra es un material con características nobles, amable con el medio ambiente porque aparentemente no genera desperdicios. Es necesario analizar el ciclo de vida de este tipo de construcción, en función de la satisfacción de necesidades de las personas involucradas en todos los procesos. No sólo en la fabricación y empleo de los BTC, sino en la utilización de la tierra como material de construcción. Véase figura 4. Esta tarea es compleja, ya que se trata de analizar un sistema de procesos vasto.



Fig. 4. Etapas en el ciclo de vida de la arquitectura de tierra. Aspectos no ergonómicos: Fábrica de adobe; fábrica de BTC; muros con adobe.

Este tipo de trabajos ya se realizan en el ámbito de la construcción tradicional. Por ejemplo, en el Centro en Red para la Innovación en Prevención de Riesgos Laborales, de la Universitat Politècnica de Valencia, se realizó un análisis multifactorial de riesgo ergonómico, factores de riesgo psicosocial y percepción de riesgos laborales en el sector de la construcción. El objetivo general del proyecto coordinado es reducir la siniestralidad en las actividades de construcción y mejorar la cualificación laboral y las condiciones de trabajo en las obras. Entre los objetivos concretos del proyecto coordinado son los siguientes:

_ Analizar las discrepancias entre la evaluación de condiciones ergonómicas y psicosociales frente a la percepción de los riesgos que tienen los trabajadores estableciendo criterios para incorporar la percepción en los procedimientos 'objetivos' de análisis y determinando estrategias formativas e informativas para mejorar la 'capacidad' de los trabajadores del sector para percibir adecuadamente los riesgos.

En la arquitectura de tierra proporcionamos un servicio con discrepancias de calidad. Existe una diferencia entre las expectativas de satisfacción y bienestar de un cliente, en este caso los operadores, y lo que los arquitectos creen ser las expectativas de los clientes.

5.2. Recomendaciones.

En cualquier caso, considerando esta sola etapa del ciclo de vida de la arquitectura de tierra, particularmente los BTC, si es preciso manejar cargas de forma manual, se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

- ~ Los sacos de cemento grandes han de manipularse siempre entre dos personas. Se recomienda pedir ayuda y utilizar una adecuada técnica de levantamiento.
- ~ Intentar que los sacos o los ladrillos no se encuentren a ras del suelo. Se puede utilizar una mesa auxiliar para tratar que las cargas estén siempre entre la altura de los nudillos y la de los hombros.
- ~ Al manipular cargas no hay que girar el tronco y/o los brazos, es mejor mover los pies. (La Fundación Laboral de la Construcción Argentina - Instituto Biomecánico de Valencia, 2005)

Necesitamos asumir nuevos enfoques en la práctica profesional como arquitectos. Emplear como materia prima a la tierra no necesariamente nos convierte en profesionales con una participación que añada valor a las cadenas de producción de objetos habitables. Aceptemos que podemos mejorar nuestra práctica no sólo con buena voluntad e ideales. Sino con marcos de referencia comprobados, nuevos para los arquitectos, pero exitosas en otras disciplinas. Su aplicación lleva al aseguramiento de la calidad en todo sentido.

Producción Limpia es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, para incrementar la eficiencia de procesos, productos y servicios, y reducir riesgos a los seres humanos y al ambiente. Producción Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos en sí, y a varios servicios proveídos en la sociedad.

Diseño es una actividad creativa cuyo objetivo es el establecimiento de cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas en todo ciclo de vida. El diseño es el factor central de una humanización innovadora de tecnologías, y factor crucial de interacción cultural y económica.

Administración de Valor es un estilo de administración particularmente dedicada a motivar personas, desarrollar habilidades, y promover sinergias e innovación, con objeto de maximizar el desempeño efectivo de toda organización.

1. Identificando los riesgos ergonómicos en los puestos de trabajo
2. Cuantificando las condiciones de riesgo en el puesto de trabajo.
3. Recomendando aplicar controles de Ingeniería o Administrativos para disminuir los riesgos.
4. Entrenando y capacitando a los empleados en cómo identificar las condiciones de riesgo para prevenir lesiones.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Alexandre, J.; Camocho, D.; Catarino, J.; Henriques, J.; Maia, A. *How can Design, Value Management and Cleaner Production work together?*. 2nd International Conference “Quantified Eco-Efficiency Analysis for Sustainability”. Egmond aan Zee, 28-30 June 2006. INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. Lisbon Portugal. 2006.
- Alukal, George – Anthony Manos (2006). *Lean Kaizen. A simplified Approach to Process Improvements*. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin.
- Bertelsen, Sven – Stephen Emmitt. The client as a complex system. Proceedings IGLC-13, July 2005, Sydney, Australia. International Group for Lean Construction. <http://www.iglc.net/>
- Barbeta I Solá, Gabriel. Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI. Tesis Doctoral. Escola Técnica Superior D’Arquitectura de Barcelona UPC. Abril 2002.
- Evans R. James & Lindsay M. William. *The Management and Control of Quality*, Sixth Edition, USA: Thomson South-Western. 2005
- Lacomba, Ruth. *La ciudad sustentable*. Editorial Trillas. México. 2004.

- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. *Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España. 2002.
 - Mondelo, Pedro R. Et al. *Ergonomía*. México. UPC-Alfaomega Grupo Editor. 2000.
 - Montmollin, Maurice de. *Introducción a la Ergonomía: Los Sistemas Hombre – Maquina*. Francis & Taylor. 1967.
 - Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra. *Introducción al estudio del trabajo*. Limusa Noriega Editores. 1996.
 - Prado León, R. – Rosalío Ávila Ch. *Ergonomía y diseño de espacios habitables*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Centro de Investigaciones en Ergonomía. México. 2006.
 - Rotondaro, Rodolfo. *Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos*. En Revista "Apuntes". Vol. 20, núm. 2, 342-353. Publicación semestral de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Pontificia Universidad Javeriana. 2007.
 - Vélez González, Roberto. *La ecología en el diseño arquitectónico*. Editorial Trillas. México. 2002.
 - Zeithaml, V.A. - Parasuraman, A. - Berry, L.L. *Delivering quality service: Balancing customer perceptions and expectations*. New York: Free Press. 1990
 - Michael D. Johnson, Anders Gustafsson, Michael D. Johnson, Anders Gustafsson. *Competing in a Service Economy: How to Create a Competitive Advantage Through Service Development and Innovation*. Jossey – Bass. A Wiley Imprint. University of Michigan Business School. 2003.
 - International Ergonomics Association, IEA. Página web, disponible en: <http://www.iea.cc/index.php?contID=home> Abril, 2009.
 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. En red, disponible en <http://www.iram.com.ar/> Abril del 2009.
 - Sociedad de Ergonomistas de México, A.C., SEMAC. Página web, en red, disponible en: <http://www.semac.org.mx/default.aspx>
 - Centro en Red para la Innovación en Prevención de Riesgos Laborales, de la Universitat Politècnica de Valencia. Página web, en red, disponible en: <http://www.redirl.com/> y en: http://www.redirl.com/proyectos/documentos/5_14_1_Ficha_proy_PN_Construccion.pdf Abril del 2009.
- La Fundación Laboral de la Construcción Argentina - Instituto Biomecánico de Valencia. *Manual de ergonomía en la construcción*. http://www.srt.gov.ar/super/eventos/Semana2009/CD/contenido/1_Construccion/Manual_ergonomia.pdf

¹ Manifiesto por la vida. *Por una ética para la sustentabilidad* en Revista Iberoamericana de la Educación, no. 40, OIE, enero-abril 2006. En internet: <http://www.rieoei.org/rie40a00.htm#1#1>

² Instituto Argentino de Normatividad y Certificación. IRAM. Se toma como referencia el IRAM debido al contexto en el cual se da el Seminario de Construcción con Tierra. SIACOT 2009. Normatividad similar existe como ISO a nivel internacional, UNE normatividad europea, y otros.

³ Esta norma española UNE-BTC ha sido elaborada por el Subcomité Técnico AEN/CTN 41 SC10 Edificación con Tierra Cruda, cuya Secretaría desempeña el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la ETSI Agrónomos de Madrid.

Julio Gerardo Lorenzo Palomera: Arquitecto .Master en Administración. Master en Educación Superior. Diplomado en Calidad y Productividad. Catedrático-Investigador de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. disartaka@yahoo.com

Daniel Celis Flores: Doctorado en la Universidad de Bradford, Inglaterra. Catedrático-Investigador de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. celisdaniel@msn.com

Carlos Alberto Fuentes Pérez: Arquitecto. Máster en Educación Superior; Catedrático-Investigador de Tiempo Completo; Jefe del Seminario de Humanística, y Miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. fuenper@hotmail.com

Judith Garcés Carrillo: Arquitecta. Master en Administración de la Construcción. Secretaria Académica de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. arg_judithgarces@hotmail.com

UNA EXPERIENCIA DIDACTICA EN EL CONCURSO: "RUTA DEL ADOBE – UN CORREDOR TURISTICO CULTURAL EN EL OESTE CATAMARQUEÑO"

Carlos M.A. Prieto; L. Beatriz Coronel; Griselda R. Figueroa; Susana Pellegrino

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.
argbcoronel@hotmail.com

Palabras clave: tradición, desarrollo, turismo, sustentabilidad

RESUMEN

Los trabajos que presentamos son el resultado de una experiencia didáctica de la que participaron estudiantes de 5° año y docentes del Taller de Arquitectura Carlos Prieto de la FAU – UNT, como respuesta a la convocatoria Concurso Nacional de Ideas "La Ruta del Adobe". El propósito de dicho concurso era el de generar un circuito turístico a partir de la recuperación del patrimonio cultural y la generación de infraestructuras y equipamientos necesarios para la conformación de una actividad turística sólida y sustentable.

La llamada "Ruta del Adobe" se ubica a 280 kilómetros al oeste de la capital de la provincia de Catamarca, en el Departamento de Tinogasta, entre Tinogasta y Fiambalá, muy cerca del Paso de San Francisco.

Es un circuito turístico que recorre pequeños pueblos entre montañas, en los que se puede visitar monumentos históricos, pequeñas capillas y viviendas hechas en barro y paja, de hasta tres siglos de antigüedad. En algunas de estas construcciones son destacables ciertas características constructivas de su envoltorio, como las paredes de adobe de un metro de ancho, los techos con tirantes de madera y torta de barro. Allí el valor de la tradición es un principio distintivo.

El lugar posee un gran potencial para emprender algunas propuestas de desarrollo que permitan incentivar una actitud emprendedora y superadora en la gente.

Estos concursos tienen el propósito de promover la reflexión sobre los patrones generales de asentamiento que deberían regir las relaciones del hombre en sociedad, bajo condicionantes culturales, sociales, productivas y ambientales particulares de nuestro país. Además, de esta forma pueden generarse ideas para ofrecer a una comunidad que las requiere, y que tiene potencialidades para desarrollarse.

El tema estuvo centrado en el planteo de estrategias de desarrollo local, tendientes: a) el desarrollo turístico: para posicionar competitivamente a la zona; b) el desarrollo residencial: un asentamiento de 50 unidades de vivienda social; c) el desarrollo productivo: fomentar el área como región vitivinícola; d) la

INTRODUCCION

Los concursos como experiencia de práctica profesional y dispositivo didáctico

Los concursos de proyectos e ideas constituyen una modalidad ya tradicional de práctica profesional en arquitectura, presentándose como un mecanismo que posibilita a los arquitectos una oportunidad democrática de exponer sus propuestas ante problemas del medio, al tiempo que brinda al comitente un producto de calidad como resultado de la libre competencia.

Desde la perspectiva pedagógica, la apertura de estas convocatorias a la participación de los estudiantes aporta una valiosa instancia de aprendizaje. Los concursos constituyen un dispositivo didáctico de enorme potencial por su capacidad de promover aprendizajes significativos, ya que les permite iniciarse en las técnicas investigativas mediante un proceso creativo de indagación de la realidad, para acercar ideas a una comunidad que las requiere y tiene potencialidades para desarrollarse. Al mismo tiempo, constituyen una instancia

superadora de la tradicional "práctica simulada" en el taller al posibilitar un ejercicio de práctica real, con un comitente real y una problemática concreta bajo condicionantes culturales, sociales, productivos y ambientales particulares. Y enfrentarse a la complejidad de lo real convoca inevitablemente al diálogo y a la necesidad de aprender a trabajar articuladamente en equipo.

Al mismo tiempo, se busca fortalecer la interrelación Docencia – Investigación al priorizar aquellos concursos que brinden la posibilidad de profundizar las temáticas indagadas por los docentes del taller en Proyectos de Investigación.

Los trabajos que presentamos son el resultado de una experiencia didáctica de la que participaron estudiantes de 5° año y docentes del Taller de Arquitectura Carlos Prieto de la FAU – UNT, como respuesta a la convocatoria Concurso Nacional de Ideas "La Ruta del Adobe". El propósito de dicho concurso era el de generar un circuito turístico a partir de la recuperación del patrimonio cultural y la generación de infraestructuras y equipamientos necesarios para la conformación de una actividad turística sólida y sustentable.

El marco teórico conceptual de LOS PROYECTOS.

Pedagógicamente se organizaron todos los trabajos tratando de explicitar etapas sucesivas que fueron gestándose a lo largo de todo el proceso de representar la idea- propuesta

Es así que se conformo un cuerpo teórico conceptual donde todos compartiéramos premisas que se resumieron en el análisis de la situación actual (relevamiento) generar un diagnóstico y elaborar una Propuesta-Proyecto (hipótesis).

Análisis de la situación actual:

En este mundo globalizado la "industria del turismo internacional y nacional", se presenta como una "**nueva conquista**" de los pueblos desarrollados, sobre las comunidades autóctonas, conquista que se manifiesta en lo social, lo cultural, lo ambiental y lo económico y se materializa a través del impacto territorializador que algunas acciones privadas y estatales están ocasionando.

Este nuevo intento de conquista genera problemas tanto ambientales, como en las actividades productivas locales, en la pérdida de identidad, en el mal uso, desgaste y entrega del patrimonio histórico, arqueológico, y paleontológico, en el envejecimiento y falta de infraestructuras, etc.

Este "impacto" se manifiesta en la ocupación anárquica de territorios existenciales, por la falta de gestión, planificación sustentable y control, produciendo en definitiva una pérdida de **territorios existenciales sustentables**.

Se propone elaborar una propuesta "turístico medioambiental" desarrollando el concepto de sustentabilidad y capacidad de carga (física y psicológica) que pueden resistir los sitios ante el acceso de visitantes.

A partir de este enfoque LOS PROYECTOS pretenden abordar la problemática desde:

- **Desarrollo económico comunitario.**

Impulsar un desarrollo sostenible desde nuestra propia identidad y realidad, un sistema productivo-educativo-turístico de ocupación del territorio, promoviendo la cultura heredada y una identidad y equidad social, proyectada al futuro, flexible, procesual, contenedora, un capital cultural para las futuras generaciones, formando recursos

humanos capaces de interpretar nuestra realidad y la complejidad económica - cultural que nos toca.

- **Conservacionismo.**

Conservar el equilibrio ambiental para no llegar a puntos de saturación que sobrepasen un límite crítico irreversible de degradación.

- **Abordaje Interdisciplinario.**

En la realización de investigaciones de base,

En la planificación de usos,

En la materialización de proyectos

Fundamentalmente, en la gestión y en el monitoreo de las intervenciones realizadas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales de los proyectos

Estos certámenes están especialmente destinados a estudiantes, con el propósito de invitarlos a reflexionar sobre los patrones generales de asentamiento que deberían regir las relaciones del hombre en sociedad, bajo condicionantes culturales, sociales, productivas y ambientales particulares de nuestro país.

El propósito es comenzar a mirar juntos un mismo lugar y en un mismo momento; y de esta forma acercar ideas a una comunidad que las requiere, y que tiene potencialidades para desarrollarse.

Los objetivos que se priorizaron fueron:

- **Promover** la cultura heredada, a través de acciones que generen prácticas sociales productivas que re-valoricen su identidad y el equilibrio ambiental a través de la educación, extensión y difusión, de los valores etnológicos y ecológicos naturales de Tucumán y del ámbito regional. NOA.
- **Desarrollar** un sistema productivo-educativo-turístico de ocupación del territorio: a través de las artesanías, desarrollo de la flora y fauna andinos, festividades y actividades de recreación pública basadas en los valores naturales y culturales.
- **Conservar y promover** la preservación y puesta en valor del patrimonio natural y cultural del área y su entorno, revalorizando los recursos Históricos, arqueológicos, y paleontológicos de Tucumán y del ámbito regional, NOA

El tema estuvo centrado en el planteo de estrategias de desarrollo local, tendientes: a) el desarrollo turístico b) el desarrollo residencial c) el desarrollo productivo d) la rehabilitación ferroviaria. Las propuestas debían estar adecuadas a las condiciones climáticas, geográficas, sociales y culturales de la zona, con utilización de tecnologías constructivas apropiadas, de recursos y sustentabilidad ambiental.

2.2 Objetivos específicos de los proyectos

Gestión y gobernabilidad

Desafío al sector público y privado para evitar la decadencia y aceleración de la destrucción ambiental de la Puna Catamarqueña, relacionando la calidad de la gestión a la mayor cercanía posible entre los organismos responsables del gobierno y las personas de la comunidad, mediante la autogestión y promoviendo una fuerte cooperación entre los sectores Públicos, de la comunidad y del empresariado.

- Creación de un aglomerado productivo sustentable regional, que permita integrar y capacitar mediante la Escuela y los múltiples factores de gestión y gobernabilidad relacionados con la identidad y las actividades culturales y productivas de las comunidad local y de la región, para poder competir globalmente.

Marco legal

Para recuperar y conservar el patrimonio Arquitectónico Cultural, medio ambiental y de producción, mejorando la calidad de vida de la comunidad. Esta ley debe ser el producto del consenso de la comunidad vallista. Esto tiene que ver con las prioridades en el diseño de las políticas del estado.

- Aprobación de una ley de protección
- Plan Regulador.
- Regulación del uso del suelo
- Regulación del sector urbano.
- Regulación de las actividades del entorno inmediato.

Marco ambiental

Se propone elaborar una propuesta "turístico medioambiental" El objetivo principal, la creación de un "lugar de encuentro"; una nueva comunidad basada en las personas y en la naturaleza. Para lograrlo, proponemos un "Parque- edificio" -una forma - sistema - soporte.

El proyecto devolverá a la comunidad sus contenidos más valiosos, los cuales potenciarán todos los aspectos que en el espacio del sector interactúan. Proponemos revitalizar sus mejores contenidos, abarcando y promoviendo cada aspecto positivo del área.

- Desarrollar un sistema productivo de flora y fauna andina como "atractores turísticos" en la ocupación del territorio.
- Desarrollando el concepto de sustentabilidad y capacidad de carga (física y psicológica) que pueden resistir los sitios ante el acceso de visitantes.
- Replantear las características de la actividad turística tradicional, diferenciando la oferta y reforzando la calidad ambiental como destino turístico.

Cambio cuántico y transferible

Concebir un "Sistema": como "soporte de tecnología de captación y transformación de energía" y de "Clonación del paisaje natural", un sistema arquitectónico que se adapta a las diferentes escalas y terrazas ecológicas.

- Un edificio que se convierta, en una "característica" ligada a un lugar concreto, pero al mismo tiempo transferible, una respuesta "orgánica" que anticipa y acomoda los cambios futuros, evolucionando y adaptándose, sin destruir los preceptos originales.

Normas éticas y equidad social

Generación de una ética social y una práctica de equidad social para una sociedad en transformación con sus valores en crisis.

- Promoción de capacidad asociativa de la comunidad.
- Fuerte cooperación entre los sectores Públicos, sectores de la Comunidad y del Empresariado

Calidad ecológica y conservación de la energía

Tener en cuenta en el diseño y en la construcción del artefacto arquitectónico, el Flujo de materiales y Energía consumida en su vida útil, mantenimiento y reciclado.

- Energía consumida en el proceso de fabricación de los materiales, componentes y sistemas necesarios
- Energía consumida en la distribución y transporte de materiales y componentes.
- Energía consumida en la construcción del edificio.
- Energía consumida por el funcionamiento del edificio, los equipamientos y artefactos.
- Tratamientos de los residuos.
- Reciclaje de materiales

3. RENDIMIENTO ECONOMICO Y COMPATIBILIDAD.

Económicas - Productivas

Alternativas que permitan un desarrollo productivo sustentable involucrando a las comunidades locales.

- Promover inversiones.
- Generar empleo.
- Mejorar el poder adquisitivo de la comunidad.
- Desarrollar un sistema productivo de flora y fauna andina

4. RESPUESTA CONTEXTUAL E IMPACTO ESTETICO

La llamada "Ruta del Adobe" se ubica a 280 kilómetros al oeste de la capital de la provincia de Catamarca, en el Departamento de Tinogasta, entre Tinogasta y Fiambalá, muy cerca del Paso de San Francisco.

Es un circuito turístico que recorre pequeños pueblos entre montañas, en los que se puede visitar monumentos históricos, pequeñas capillas y viviendas hechas en barro y paja, de hasta tres siglos de antigüedad. En algunas de estas construcciones son destacables ciertas

características constructivas de su envolvente, como las paredes de adobe de un metro de ancho, los techos con tirantes de madera y torta de barro. Allí el valor de la tradición es un principio distintivo.

El lugar posee un gran potencial para emprender algunas propuestas de desarrollo que permitan incentivar una actitud emprendedora y superadora en la gente.

El emplazamiento, la sensibilidad con respecto al lugar, la interacción creativa con la naturaleza, la relación simbólica entre la forma construida y la naturaleza, la naturaleza con los "materiales naturales" y el potencial y expresividad de los mismos, la fecundidad de la tierra, la calidez del sol, los espacios iluminados por la luz del día.

Todo esto en yuxtaposición con los avances tecnológicos, son verdaderos disparadores creativos de un lenguaje arquitectónico, que se inspira en lo vernáculo, para servir al espíritu, a la preocupación social, a la sensibilidad regional, y a las aspiraciones de nuestra época y de nuestra cultura.

6. PROYECTOS

6.1 Proyecto N° 1: A.L.DE.A.S.: AGRUPACIÓN DE LUGARES EN DESARROLLO CON ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Alumnos que lo realizaron: Ileana Legname, Santiago Gon y Sabrina Cajal.

El tejido

Constituido por hilos entrelazados generando una TRAMA. La urdiembre es el conjunto de hilos paralelos, entre los que pasa la trama, hilos secundarios, generando puntos.

El tejido es un SISTEMA DE COMUNICACIÓN, constituye una de las expresiones más complejas y desarrolladas del mundo andino.

Durante miles de años los artesanos catamarqueños trabajaron sobre las materias primas, los colores creando variados estilos plásticos, que llegaron a generar verdaderos lenguajes a través de los cuales los pueblos dibujaron sus IDENTIDADES y edificaron sus diferencias.

El significado

Se busca TEJER una tela donde el pasado y el futuro sean parte del vellón de elaboración; así el pasado formado por la tierra y la historia, se una con el nacer de la tecnología y la invención, llevando el adobe a su máxima expresión.

Los hilos: la "Ruta del Adobe" representa el hilo principal, la urdiembre, que mediante el entrecruzamiento de caminos alternativos, trama, forman un tejido del cual resultan las distintas posibilidades de recorrido.

Los nudos: las aldeas temáticas conforman los nudos del tejido; son los puntos de interés que se presentan a lo largo del recorrido y se conectan a través de "los hilos", logrando así generar un SISTEMA que integra los puntos ya existentes.

La oportunidad.....

Integrar la "Ruta del Adobe", conforme al Plan Federal Estratégico, a un circuito turístico mayor que se une a través de la Ruta Nacional N° 40, y permite vincularlo a Chile por medio de los Pasos de Jama (Jujuy) y San Francisco (Catamarca).

La problemática

- Falta de cohesión entre los atractores turísticos
- Falta de infraestructura en las ciudades de Tinogasta y Fiambalá.
- Falta de capacitación de la población de la zona.
- Falta de planificación.
- Ausencia de capital, para el desarrollo y la sustentabilidad.

La propuesta

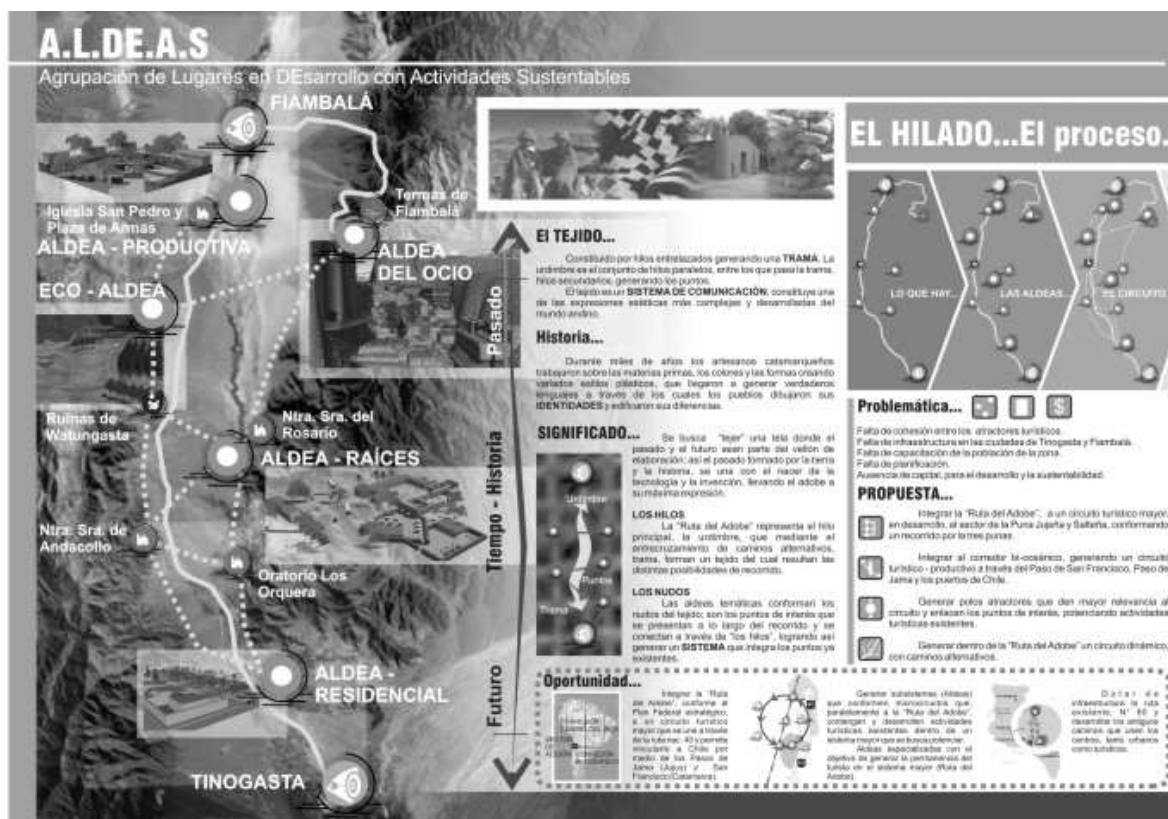
Integrar la "ruta del adobe", aun circuito turístico mayor, en desarrollo, el sector de la puna Jujuña y Salteña, conformando un recorrido por las tres punas.

Integrar al corredor bi-oceánico, generando un circuito turístico-productivo a través del Paso de San Francisco, Paso de Jama y los puertos de Chile.

Generar subsistemas "aldeas" que conformen micro circuitos que paralelamente a la "Ruta del Adobe" contengan y desarrollen actividades turísticas existente dentro de un sistema mayor que se busca potenciar.

Aldeas especializadas con el objetivo de generar la permanencia del turista en el sistema mayor (Ruta del Adobe).

Generar dentro de la "Ruta del Adobe" un circuito dinámico con caminos alternativos.



Aldea Raíces...



ALDEA RAÍCES

Ubicación:
Relacionada con el turismo.

Relacionado con:
Artesanía, gastronomía.

Las actividades:
Artesanía, gastronomía.

Los talleres:
Artesanía, gastronomía.



ECO - ALDEA...

Ubicación:
Relacionada con el turismo.

Relacionado con:
Artesanía, gastronomía.

Las actividades:
Artesanía, gastronomía.

Los talleres:
Artesanía, gastronomía.

Aldea Productiva...



ALDEA PRODUCTIVA

Ubicación:
Relacionada con el turismo.

Relacionado con:
Artesanía, gastronomía.

Las actividades:
Artesanía, gastronomía.

Los talleres:
Artesanía, gastronomía.



EL RIO ACTÚA COMO FILTRO



UN CONTACTO DIRECTO ENTRE EL TURISTA Y EL PASAJE



LA TRANSFORMACIÓN DEL PROCESO ECONOMICO EN UN ATRACTIVO TURISTICO



EL TURISTA PARTICIPE DEL PASAJE DE LOS PUEBLOS



EL RIO ACTÚA COMO FILTRO



LA TRANSFORMACIÓN DEL PROCESO ECONOMICO EN UN ATRACTIVO TURISTICO

6.2 Proyecto N° 2: O.A.S.I.S.: ORDENACIÓN AMBIENTAL DE SISTEMAS INTEGRADORES SUSTENTABLES

Alumnos que lo realizaron: Baby Chavanne, Ana Ciaravino, Sebastián Atencia

O.A.S.I.S.: Área temática situada dentro de un desierto en la que existen características que permiten el desarrollo de concentraciones urbanas con una destacada actividad (turística, educativa, productiva, residencial, etc.).

Este O.A.S.I.S., abarcará distintas escalas, incluida la satelital que se materializará con la forma de ordenación del territorio.

Estrategia de desarrollo regional

Se propone la creación del corredor turístico cultural O.A.S.I.S. que se insertará dentro del Plan Federal de Turismo que está actualmente en vigencia, dentro del marco de la ley nacional de turismo n° 25.997, generando una oportunidad única para reposicionar a Catamarca, y en particular a la "Ruta del Adobe" no solo a nivel regional, sino también nacional gracias a su posición estratégica y articuladora dentro del corredor de la Puna, que se extiende al Oeste de la República Argentina y que tiene como eje a la Ruta Nacional N° 40, recorriendo el país en sentido norte-sur y la Ruta N° 60 que actúa como corredor bio-oceánico.

La creación de este modelo de desarrollo turístico potenciará el circuito transfronterizo "Paso de San Francisco", que articula el sur de la región catamarqueña con la ciudad de Copiapó en Chile y llegará hasta sus playas desde donde se podrá volver por el Paso de Jama en la provincia de Jujuy, pasando por una gran variedad de paisajes.

Identificación del problema y propuesta

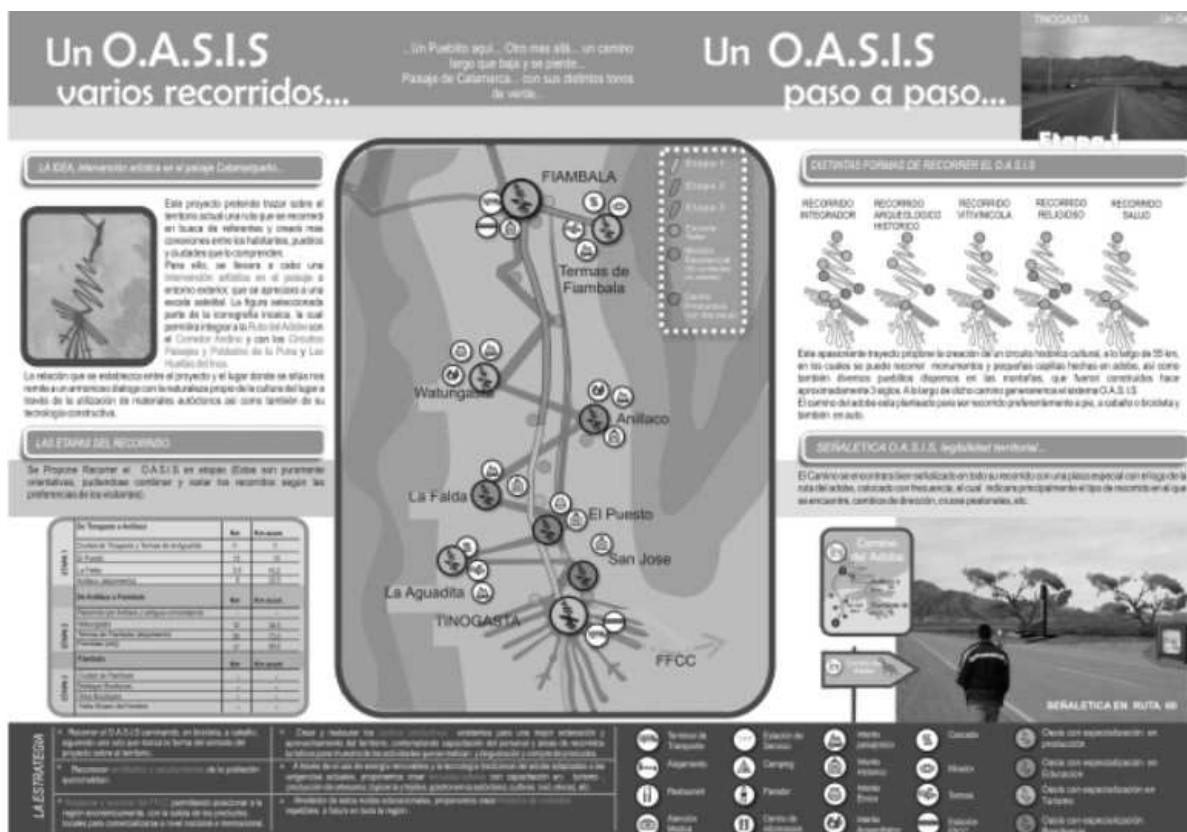
Debido al desequilibrio estructural y espacial que encontramos en la región, proponemos para el territorio en estudio el sistema O.A.S.I.S., en donde Fiambalá y Tinogasta actúan como nodos estratégicos en los cuales se pretende mejorar su competitividad ofreciendo cualidades diferentes pero a la vez complementarias. Estos nodos se vinculan por la "Ruta del Adobe" a lo largo de la cual se desarrolla una serie de oasis, como sub sistemas del sistema mayor en donde cada nodo estratégico independiente del rol o jerarquía que cumpla dentro del sistema, contemplará las cuatro esferas de desarrollo propuestas (residencia, turismo, educación, y producción) pero se especializará en alguna de ellas para lograr competitividad y complementariedad en la región.

Intervención artística en el paisaje catamarqueño

Este proyecto pretende trazar sobre el territorio actual una ruta que se recorrerá en busca de referentes y creará más conexiones entre los habitantes, pueblos y ciudades que lo comprenden.

Para ello se llevará a cabo una intervención artística en el paisaje o entorno exterior. La figura seleccionada parte de la iconografía incaica, la cual permitirá integrar la "Ruta del Adobe" con el "Corredor Andino" y los circuitos, paisajes y poblados de la Puna y la Huellas del Inca.

La relación que se establezca entre el proyecto y el lugar donde se sitúa nos remite a un armonioso diálogo con la naturaleza propia de la cultura del lugar a través de la utilización de materiales autóctonos como así también de sus tecnologías.



Carlos Miguel Angel Prieto: Arquitecto. Profesor Titular de la Disciplina Arquitectura de la F.A.U. – U.N.T. Investigador del CIUNT Categoría II, actual Integrante del Proyecto: El Diseño como Interfaz de Comunicación en Arquitectura.

Luisa Beatriz Coronel: Arquitecta. Jefe de Trabajos Prácticos de la Disciplina Arquitectura y la Cátedra de Construcciones II y III de la F.A.U. – U.N.T. Investigador del CIUNT Categoría IV, actual Integrante del Proyecto: El Diseño como Interfaz de Comunicación en Arquitectura.

Griselda Ruth Figueroa: Arquitecta. Jefe de Trabajos Prácticos de la Disciplina Arquitectura de la F.A.U. – U.N.T. Investigador del CIUNT Categoría V, actual Integrante del Proyecto: El Diseño como Interfaz de Comunicación en Arquitectura.

Susana Del Carmen Pellegrino: Arquitecta. Jefe de Trabajos Prácticos de la Disciplina Arquitectura de la F.A.U. – U.N.T. Actual Integrante del Proyecto CIUNT: El Diseño como Interfaz de Comunicación en Arquitectura.

Aclaración: Los dos trabajos ganadores del concurso, presentados en esta ponencia fueron realizados por los alumnos del Taller Prieto: Baby Chavanne, Ana Ciaravino y Sebastián Atencia - Ileana Legname, Santiago Gon y Sabrina Cajal. Contaron además con la atención docente del arquitecto Mario Fernández Bravo. Se agradece la colaboración de la Arq. Mirta Mateo en parte de este trabajo.

VALORACIÓN TÉRMICO-ECONÓMICA DE MUROS CONSTRUIDOS CON TIERRA

Halimi C. Sulaiman – Irene Blasco Lucas – Celina Filippín

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA)
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) - Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)
Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 - <http://www.faud.unsj.edu.ar>
E-mails: halimi.sulaiman@gmail.com, iblasco@farqui.unsj.edu.ar, cfilippin@cpenet.com.ar

Palabras claves: muros con tierra, desempeño térmico, economía.

RESUMEN

Tradicionalmente en la Argentina –al igual que en otros países de la región- los muros contruidos con tierra son frecuentemente utilizados en zonas suburbanas o rurales de escasos recursos. Con el fin de comparar distintos tipos de tecnologías con tierra, se realiza una evaluación cuantitativa de cinco sistemas durante la fase de uso del ciclo de vida, relacionando sus costos con diferentes parámetros asociados al bienestar higrotérmico y a la seguridad sísmica de sus usuarios, considerando el uso de climatización convencional y mano de obra parcialmente especializada en la construcción de los mismos. Se aplica para ello el Modelo ETE-U (Evaluación Térmico-Económica Unitaria) desarrollado en investigaciones previas, que permite obtener un índice monetario por unidad de superficie para cada tipo de muro.

Los sistemas constructivos con tierra seleccionados abarcan tanto tecnologías livianas como pesadas. Entre los primeros se encuentran: la quinchá tradicional y la quinchá mejorada, y entre los segundos, el adobe tradicional, el adobe mejorado y el suelocemento armado. Para asegurar la homogeneidad de resultados, se definen tramos de muros equivalentes incluyendo consideraciones estructurales, dado que el análisis se realiza para la ciudad de San Juan, Argentina, que se ubica en una zona de muy elevada peligrosidad sísmica.

La evaluación considera integralmente durante la vida útil de los sistemas contruidos, los costos iniciales (materiales, mano de obra, equipos de climatización) y operativos (relacionados con el mantenimiento y el consumo de energía para climatización). Los costos son calculados a valor presente para propiciar una justa comparación y se los contrasta con los de un muro tradicional contruido en ladrillón (sistema de referencia).

El desempeño térmico de los muros se determina a partir de la transmitancia térmica de cada uno, con la cual se calcula por diferencia de temperatura interior y exterior el consumo energético que sería necesario para alcanzar bienestar higrotérmico interior, utilizando datos meteorológicos de temperatura y humedad de la zona registrados en la Universidad Nacional de San Juan y definiendo las condiciones interiores según estándares internacionales de confort. Los índices obtenidos para cada sistema son ponderados con una valoración cualitativa de su nivel de seguridad sísmica.

Los resultados definen el reducido costo de los sistemas constructivos seleccionados respecto al de referencia demostrando la conveniencia de su uso con adecuado mantenimiento. El orden de prelación obtenido ubica a las tecnologías livianas en primer lugar. Entre las pesadas, el suelocemento armado (de 18,5cm de espesor) es comparable al adobe tradicional (de 40cm de espesor), con una significativa mayor seguridad sísmica, pero duplicando su consumo energético.

Por otro lado, el costo total anual de la quinchá representa una tercera parte del valor obtenido para el adobe tradicional, aunque duplica también su consumo de energía. Las tecnologías pesadas presentan costos similares de Mano de Obra entre sí, triplicando y hasta cuadruplicando los ocasionados por las livianas. En cada tecnología, los materiales significan entre el 20% y el 30% de los costos de construcción.

Se realiza un estudio de sensibilidad bajo diferentes escenarios considerando determinadas combinaciones de precios de energía y tasas de interés.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías con tierra pueden ser una propuesta sustentable, una solución económica, de bajo consumo energético, con aceptable seguridad sísmica en zonas urbanas de baja densidad y responder al déficit habitacional que enfrentan los países de la región. El uso de la energía en el ambiente construido es, sin lugar a dudas, uno de los aspectos esenciales a ser abordados por planificadores y diseñadores para alcanzar en medianos y largos plazos la sostenibilidad energética y ambiental de los medios urbanos (Arboit et al., 2008). Está demostrado que los edificios son importantes consumidores de energía en todos los países (Al-Homoud, 2005). Un diseño apropiado de las envolventes puede propiciar el ahorro de energía convencional (Al-Homoud, 2000; Filippín y Flores Larsen, 2005;).

Los muros construidos con tierra son utilizados tradicionalmente por usuarios de escasos recursos y prácticamente son excluidos como una alternativa válida en la construcción y el diseño realizado por profesionales y planes habitacionales en zonas de elevado riesgo sísmico. Sin embargo, existen varios motivos para la utilización de estas tecnologías. Su bajo costo propicia la construcción de diversos usos y facilitan el acceso a la vivienda a gran cantidad de personas. Los componentes constructivos deben ser analizados para poder minimizar el malgasto de energía y maximizar el uso (Fernández, 2003). Las características energético/económicas de estos componentes constructivos superan en muchos casos a los muros tradicionales utilizadas en la región. Esta ventaja ha impulsado el estudio y mejoras en el diseño de los sistemas constructivos que aumentan su resistencia al sismo y mejoran condiciones de confort interior logrando mayor habitabilidad para sus usuarios.

El objetivo del presente trabajo es realizar una evaluación cuantitativa del ciclo de vida de cinco tipos de muro con tierra sobre un escenario base con condiciones concretas de clima, requerimientos de confort y costos de climatización convencional a valores actualizados. Con el fin de unificar en un solo análisis las diversas variables, se establece un ranking de las diferentes alternativas por unidad de superficie y costos anualizados, aplicando el Modelo ETE-U (Evaluación Térmico-Económica Unitaria) desarrollado por Sulaiman en investigaciones previas (Blasco; Sulaiman, 2006).

2. TECNOLOGÍAS ANALIZADAS Y ESCENARIO BASE DE EVALUACIÓN

Los componentes constructivos con tierra seleccionados abarcan tanto tecnologías *livianas* como *pesadas*. La Tabla 1 presenta las características constructivas y estructurales de cada tipo de muro analizado. Para asegurar la homogeneidad de resultados, se definen tramos de muros equivalentes especificados en el ítem dimensión. Dado que la aplicación se realiza en la ciudad de San Juan, Argentina (68° 31' S, 31° 31' O), ubicada en una zona de muy elevada peligrosidad sísmica, se incluyen consideraciones estructurales tanto en los aspectos económicos como térmicos de los muros.

MUROS	DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA	Tamaño	Vida Útil (años)	Mantenimiento		MO (ene 2009)	H	Gas	AC	Elec	Confort	Tasa descuent
					años	% CC							
M1	Muro de suelocemento de 18.5 cm x 18.5 cm.	CF 4 Ø8 + 1 Ø6 c/3 hiladas	2.8 x 4	40	5	10	Oficial: \$/h 9.26 Ayudante: \$/h 7.84 Tiro Balanceado 3000cal/h:\$600, instalación 0.144 (\$/m³)			AC 3000 frig/h: \$ 1890, instalación \$260	0.1691 (\$/kWh)	75% de personas en confort	10%/año
M2	Muro de adobe de 40 cm, revoque con paja	ZC y VES	2.4 x 3	30		16							
M3	Muro de adobe armado con caña, rev. c/ paja	CF	3 x 6	35		12							
M4	Muro de quincha de caña y barro (5 cm esp.)	C de rollizo en terreno natural	2.8 x 4	15		20							
M5	Muro de quincha mejorada (5 cm) con parantes de madera + malla	C de rollizo en base de H°		20		18							

Tabla 1: Muros analizados. CF: contrafuertes, ZC: zapata corrida, VES: viga de encadenado superior, C: columna, %CC: porcentaje de costos de construcción, H: Calefacción, AC: aire acondicionado

Para el cálculo de los costos incurridos en la fase de uso del ciclo de vida es necesario definir ciertos parámetros en un Escenario Base representado en la parte sombreada de la Tabla 1. Dada la diversidad de las tecnologías de muros analizadas, resulta importante definir la vida útil de cada construcción, periodos de mantenimiento requeridos, porcentaje de los costos de construcción (CC) que se reinvierten en cada mantenimiento, etc.

Los costos de materiales y equipos corresponden al mes de abril de 2009 obtenidos del mercado local, en tanto que los costos de mano de obra corresponden a los valores oficiales publicados por la UOCRA (Unión Obreros de la Construcción de la Republica Argentina) para la zona correspondiente. Los costos unitarios de energía corresponden a tarifas residenciales (R1) y la tasa de descuento anual corresponde al 10 %. El requerimiento de confort establecido corresponde al 75% de las personas en confort, parámetro *regular* del International Standard de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, (ASHRAE,1989). Los datos meteorológicos considerados han sido medidos por el Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ en la Ciudad de San Juan, la cual corresponde a la zona bioambiental IIIa de Argentina.

3. VALORACIÓN ENERGÉTICO/ ECONÓMICA

La evaluación considera integralmente durante la vida útil de los sistemas los costos *iniciales* (materiales, mano de obra, equipos de climatización) y *operativos* (relacionados con el mantenimiento y el consumo de energía para climatización). Se desestiman los costos energéticos generados por la producción de materiales. Los costos son calculados a valor presente para propiciar una justa comparación y se los contrasta con los de un muro tradicional construido en ladrillón (sistema de referencia) en Figura 3.

3.1. Costos de construcción y su incidencia en el total

Se presentan gráficamente (Figura 1) los costos totales de construcción de la unidad de superficie (m²), discriminando materiales (MAT) y mano de obra (MO). Se observa enfáticamente la incidencia de la mano de obra semi especializada en los costos de construcción (CC), llegando en algunos casos a triplicar los costos de materiales, como es el caso del adobe mejorado.

Las tecnologías *pesadas* generan mayor costo de mano de obra que las envolventes *livianas*. Esto se debe principalmente a la estructura portante como vigas de encadenado, colado de hormigón en contrafuertes, y cimientos. Los costos estructurales de M1 representan el 48.2% del total, en tanto que la estructura representa el 31.5% para M4. Mejoras estructurales en el diseño del componente constructivo liviano M5 se traducen en un incremento en los costos estructurales. En los CC, la quinchá M4 es un 72.6% más económica que M1 suelocemento armado.

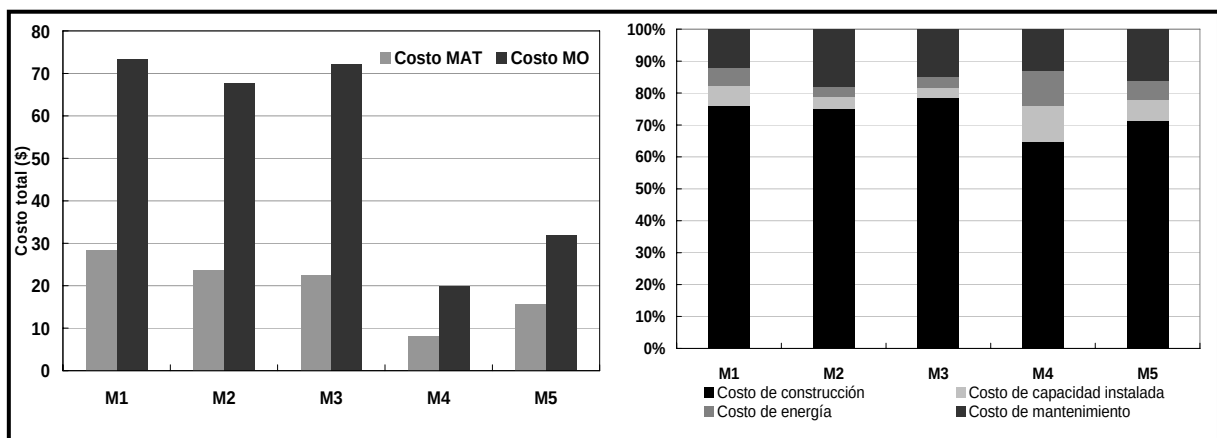


Figura 1: Costos de construcción y porcentaje de costos anuales del total por tipo de muro.

A su vez, se grafica el porcentaje correspondiente al total de costos anuales que implican los cuatro grupos de costos analizados. Es interesante observar, por un lado que los costos de construcción implican entre un 60% (M4) y 80% (M3) del total. Los costos de climatización necesarios para mantener el confort con M2 y M3 representan el 6.5% del total de cada muro, mientras que dichos costos representan el 22.4% en M4 y el 13.2% en M5.

3.2. Costos y consumos energéticos

El desempeño térmico de los muros se determina a partir de la transmitancia térmica que cada componente constructivo presenta, con la cual se calcula por diferencia de temperatura interior y exterior el consumo energético que sería necesario para alcanzar bienestar higrotérmico interior, utilizando datos meteorológicos de temperatura y humedad de la zona y definiendo las condiciones interiores según estándares internacionales de confort. Los costos de climatización comprenden tanto la capacidad instalada (CCI) necesaria como los costos de energía (CE). Se estableció un volumen para acondicionar comprendido entre cuatro muros de las dimensiones específicas para cada tecnología (Ver Tabla 1). El análisis de dichos costos están discriminados en calefacción (H) y aire acondicionado (AC).

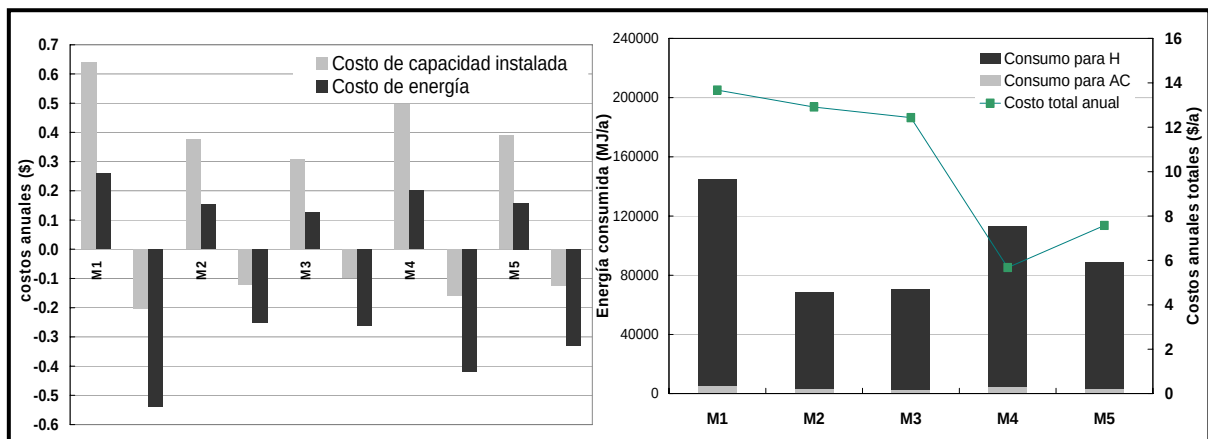


Figura 2: Costos anuales de energía vs capacidad instalada y Energía consumida vs costo total anual de cada muro.

En la Figura 2 se grafican los costos anuales generados por cada tipo de muro de capacidad instalada y de energía tanto para H (-) como para AC (+). En una comparación general se observa que los CCI de AC representan más del doble de los costos de energía requeridos para acondicionar y superan ampliamente los costos de los equipos de calefacción. Por el contrario, la capacidad instalada de calefacción apenas equivale a la mitad de los costos energéticos en invierno. Los mayores costos de climatización los presenta el suelocemento con un costo anual de \$ 0.84 de capacidad instalada y \$ 0.80 de energía por m². A su vez, la quinchita M4 genera un 22.3% menos respecto de M1, tanto de CCI como de CE.

Consecuente con la gráfica de los costos, los consumos energéticos, se destaca el consumo de calefacción respecto de la energía total consumida por los muros. Ello denota cuán económico resulta el gas natural para los usuarios, dado que su elevado consumo no se ve reflejado en los bajos costos de calefacción. Según especificaciones técnicas de los equipos, el sistema de calefacción tiene una eficiencia de sólo el 80%. Dado que el análisis está basado en la transmitancia térmica no tiene en cuenta las cargas térmicas por radiación solar y la posible acumulación y retardo de la energía acumulada, lo cual posiblemente disminuiría el consumo de H y aumentaría AC. Los resultados siguen la tendencia de datos estadísticos del Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de la vecina provincia de Mendoza, Argentina (1998) donde encuentra que del consumo energético del sector residencial, el 41,1% es utilizado para calefacción de los espacios y en enfriamiento y refrigeración el consumo es del 0,5% (Arboit et al., 2008).

3.3. Índice Costo Unitario anual (CUA)

Completando el análisis, en la Tabla 2 se presenta el cuadro síntesis de resultados de cada muro por unidad de superficie. Características térmicas, costos de construcción, operativos y de mantenimiento a la vez que los consumos energéticos de cada envolvente. Finalmente los costos unitarios anuales, el índice CUA. Integra el análisis la figura 3, con la representación de dichos costos contrastando con el consumo energético que genera cada uno en GJ/año.

Los índices obtenidos para cada sistema son ponderados con una valoración cualitativa de su nivel de seguridad sísmica basada en la estructura portante, cuan monolítico o multicapas es el muro, la esbeltez y peso del mismo. La ponderación tiene como referencia mayor (muy seguro) el muro tradicional de ladrillón con encadenado y columnas de hormigón armado. EL nivel de mayor inseguridad lo presenta el muro de adobe.

		M1	M2	M3	M4	M5
Detalle						
U W/m²K		1.42	0.83	0.68	1.10	0.86
C	C. MAT	28.48	23.72	22.53	8.12	15.72
	C. MO	73.27	67.78	72.16	19.77	31.79
	Total	101.75	91.50	94.69	27.89	47.51
	Anual	10.40	9.71	9.82	3.67	5.58
Escenario Base						
C	C. Unit.	AC: AR\$ 0.13 ; H: AR\$ 0.04 (\$/W/año)				
	AC nec. W/h	5	3	2	4	3
	H nec. W/h	-7	-4	-3	-5	-4
	C. AC	0.64	0.38	0.31	0.50	0.39
U	C. H	-0.20	-0.12	-0.10	-0.16	-0.12
	Anual	0.84	0.50	0.41	0.65	0.51
	E. AC MJ/a	5520	3261	2670	4289	3371
	E. H MJ/a	-139755	-64973	-67606	-108589	-85337
U	C. AC	0.26	0.15	0.13	0.20	0.16
	C. H	-0.54	-0.25	-0.26	-0.42	-0.33
	Anual	0.80	0.40	0.39	0.62	0.49
CM		1.63	2.31	1.82	0.74	1.25
CUA		13.67	12.91	12.43	5.68	7.83
Resistencia sísmica		poco seguro	muy inseguro	inseguro	inseguro	poco seguro

Tabla 2: Síntesis de resultados. Siglas ver Notas.

Un producto interesante de observar en los resultados son las características para la climatización, comenzando por los valores de transmitancia térmica (U), capacidad instalada necesaria y consumos de energía de cada muro. Claramente la performance térmico-energética de M3 es la mejor. Los valores registrados en dichos ítems son comparables a envolventes *bioclimáticas* (Filippín, 2005), pero a un costo muchísimo menor. Sin embargo, tanto la valoración de sismo resistencia y el índice de CUA, la posicionan penúltima dentro de los muros analizados, seguida por M2.

Los resultados muestran que M5 presenta un excelente comportamiento térmico y considerable ahorro energético a un costo sólo superable por la quincha tradicional M4, la cual no ofrece condiciones de resistencia mínimas al sismo y su consumo energético es mayor. Más allá de las falencias energético/económicas presentadas por algunas tecnologías, no se debe olvidar que superan ampliamente al muro de referencia de Ladrillón. Respecto de M1, podrían mejorarse sus características térmicas aumentando el espesor del mampuesto. De esta manera se mantendría una construcción sencilla, factible con costos aceptables de mano de obra.

Resulta fundamental destacar, que se considera una vida útil de sólo 15 años, con costos de mano de obra y mantenimiento (los cuales no siempre son incurridos en la construcción espontánea). Bajo estas condiciones la tecnología de quincha es considerablemente superadora por su bajísimo costo, simplicidad constructiva, características sismorresistentes, y regular consumo energético.

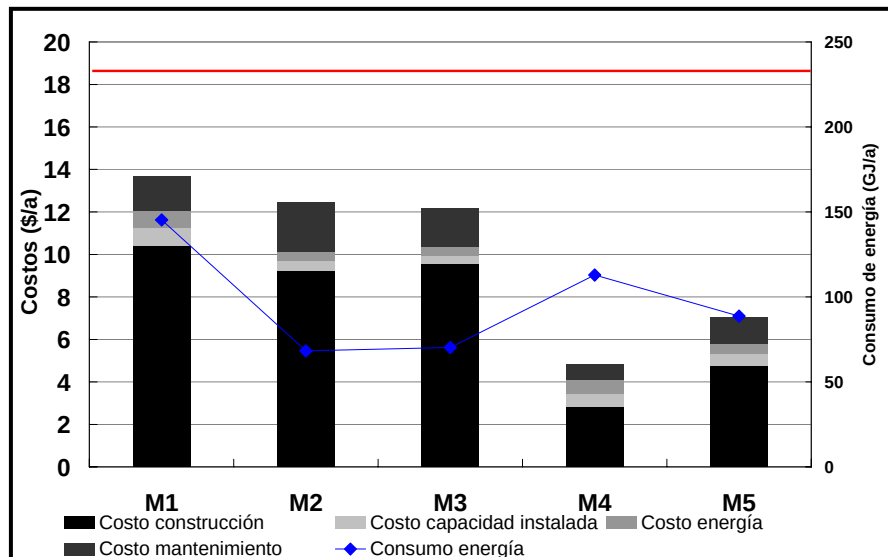


Figura 3: Costos totales anuales de cada ítem y consumo de energía anual de cada muro.

La Figura 3 muestra en diagrama de barras los costos totales anuales discriminado cada ítem y con puntos los consumos de energía. La línea roja corresponde a los valores del muro de referencia (Ladrillón, junta enrasada, encadenado de H⁹A) tanto de costos anuales (\$/a 18,78) como del consumo energético (236 GJ/a).

Claramente la gráfica muestra el orden de prelación resultando de mayor rentabilidad económica la quincha seguida por M5, M3 y M2, con valores similares y finalmente M1. M4 es 58,4% más económica que M1, el muro más caro. En detalle, se observa que los costos de construcción son el ítem más significativo en todos los muros. Sin embargo, no es despreciable la incidencia de los demás costos en el total, los cuales varían según la tecnología. Por ejemplo, los costos de climatización (CCI y CE) son importantes en M1 y M4, mientras que el mantenimiento es relevante en todas las tecnologías pesadas. Los CE generados por M1 son el doble que los generados por los adobes, 22% mayores respecto de M4 y 39% respecto de M5. Observando el CUA M4 resulta un 58.5% más económico que M1. Comparando las dos tecnologías con mayor seguridad sísmica M1 y M5, esta última es un 42,7% más económica que la primera.

Respecto del muro convencional de referencia todos los muros de tierra generan menor consumo de energía para climatización. El consumo de M1 es 38,5% menor con un valor de 145,2 GJ/año. Si a esto se tiene en cuenta que el costo unitario anual es 37% menor, podemos afirmar que esta tecnología es una propuesta superadora, tanto desde el punto de vista del ahorro energético, como desde la eficiencia económica.

En posteriores estudios se podría incorporar los costos ambientales, en los que seguramente M1 también superaría al muro de Ladrillón. Del mismo modo M5, es 2,4 veces más económica que el muro de ladrillón, con un consumo energético 2,65 veces menor. Sin lugar a dudas, la inversión en estudio, investigación en estos componentes constructivos al igual que su aplicación en diferentes proyectos piloto, son una alternativa sustentable en momentos de crisis energéticas y económicas como la que afronta actualmente nuestro país.

3.4. Análisis de Sensibilidad

Para este caso resulta interesante realizar dos análisis de sensibilidad posibles: Aumento del costo de la energía, tomando los costos energéticos actuales como base y diferentes tasas de descuento anual, siendo el 10% el valor considerado en el presente trabajo.

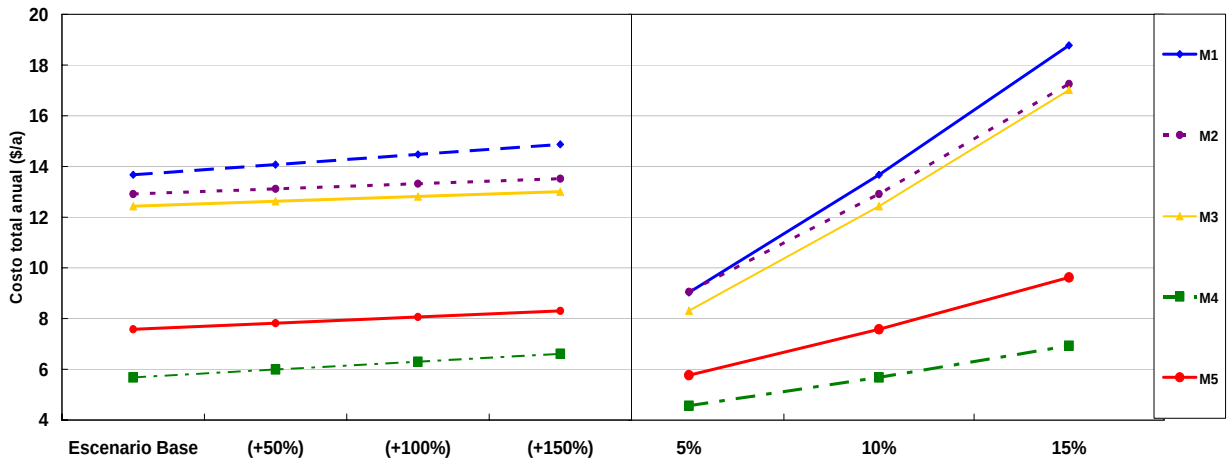


Figura 4: Sensibilidad del costo de energía y de Tasa de descuento anual.

La Figura 4 presenta el comportamiento de los costos totales anuales de cada tipo de muro dentro de dichos escenarios. Se agrupan los resultados según sean muros pesados o livianos, estos últimos considerablemente más económicos. M4 se posiciona primero en el ranking y se mantiene así en todos los escenarios analizados. Dado los bajos costos de energía actual, las posibles subas no modifican sustancialmente los resultados manteniendo una leve pendiente ascendente. Sin embargo, se observa notablemente la gran influencia que ejercen los cambios en la tasa de descuento anual. Ello se debe al significativo peso que tienen los costos de construcción en el total. Es de destacar como los CUA de M2 se igualan a los de M1 con una tasa de 5% pasando luego parecerse a los de M3 en un escenario de 15% de tasa de descuento anual. A su vez, las tecnologías livianas se separan considerablemente de las pesadas en este último análisis de sensibilidad.

4. CONCLUSIONES

El modelo ETE-U aplicado no considera ganancias de calor por radiación, ni la energía embebida en los materiales, lo cual ponderaría aún más los resultados a favor de las tecnologías con tierra. Mediante su uso se determina de manera sencilla un ranking de eficiencia económica durante la fase de uso del ciclo de vida de cinco tecnologías con tierra para muros, facilitando una rápida comparación entre las mismas, propiciando una elección basada en la interrelación de aspectos térmico-energéticos y económicos.

Bajo estas condiciones, la quinchá mejorada consume 2,65 veces menos y es 2,4 veces más económica que el muro de referencia, lo cual implica un substancial ahorro de recursos. Ello justifica ampliamente el estudio, mejoramiento y aplicación de dicha tecnología, en los lugares que exista disponibilidad de madera y caña apropiadas para su construcción. Si bien los resultados son válidos bajo los parámetros detallados en la Tabla 1 y a los criterios aplicados a los datos de entrada para calcular los costos de inversión inicial, de operación y mantenimiento del modelo utilizado, el trabajo contribuye a cuantificar monetariamente las ventajas que las tecnologías con tierra presentan, brindando fundamentos para demostrar que constituyen una propuesta sustentable, que es a la vez una solución económica de bajo consumo energético, con aceptable seguridad sísmica en zonas suburbanas de baja densidad, y por lo tanto apropiadas para responder al déficit habitacional que enfrentan muchos países de la región.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AL-HOMOUD, M. "Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials". *Building and Environment* 40. Elsevier. 2005. 351–364.
- ARBOIT, M.; Arena, P.; de Rosa, C. "Evaluación térmica y económica de componentes constructivos con tecnologías disponibles, en viviendas unifamiliares en la región de Mendoza". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 12, 2008. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184 2008
- ASHRAE, Standard 55–81, in: Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, 2001.
- BLASCO LUCAS I., SULAIMAN H. "Procedimiento de evaluación térmica económica unitaria de envolventes edilicias de Zonas Áridas y Sísmicas". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (AVERMA) Argentina. 2006. Vol. 10, pp. 05.167-05.173.
- CHANDÍAS M., Ramos J. *Cómputos y Presupuestos: Manual para la construcción de edificios con computación aplicada*. Decimonovena Edición. pp. 355-420. Librería y editorial Alsina. Bs. As. 2004
- FERNÁNDEZ, J. Basso, M., Córca, M. L. y de Rosa, C. "Consecuencias energéticas de las nuevas reformas al código de edificación de la Ciudad de Mendoza" AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina. 2003.
- FILIPPÍN, Celina. *Energía Eficiente. Uso eficiente de la energía en edificios*. Amerindia. Argentina. 2005.
- FILIPPÍN C., FLORES LARSEN S. "Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en Condiciones reales de uso" *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 9,. Impreso en la Argentina. 2005. pp. 05.67-05.72
- Ministerio de Ambiente y Obras Públicas. "Estudio energético integral de la provincia de Mendoza". Mendoza, Argentina. 1998.
- Normas IRAM 11601. *Aislamiento Térmico, Métodos de Cálculo*. Argentina. 2002
- Normas IRAM 11603. *Clasificación Bioambiental de Argentina*. Argentina. 1996.
- SANTAMOURIS M., Asimakopoulos D.) *Passive Cooling in Building*. Second Reprint 2001. James & James (Science Publishers) Ltd. UK. 1996.

Notas:

U: Transmitancia térmica de cada componente constructivo
CC: Costos de construcción
CCI: Costos de capacidad Instalada
CE: Costos de energía
CM: costos de mantenimiento
C: Costos (por ej.: C. Mat costos de materiales, C. MO costos de mano de obra)
AC: Aire acondicionado
H: Calefacción
CUA: Costo unitario anual

Currículum:

Halimi Sulaiman: Arquitecta (2004). Becaria Doctoral CONICET Tipo II (2009-2011). Candidata Doctoral en Arquitectura (UM-2008). Investigadora en el IRPhA. Ex-Becaria DAAD (Servicio Alemán de Intercambio Académico) para realizar parte de su Tesis en la Universidad de Colonia, Instituto de Tecnologías del Trópico (ITT) (2008), Alemania. Fue abanderada de la FAUD (2004/05).

Irene Blasco Lucas: Magíster en Energías Renovables (2001). Arquitecta, (1979). Candidata Doctoral en Arquitectura (UM-2005). Directora de la Becaria. Categoría I (2005). Ha dirigido desde 1983 investigaciones en arquitectura sustentable, energías renovables y tecnologías apropiadas. Prof. Titular y Asociada Efectiva desde 1990. Docente en la Cátedra Taller de Arquitectura IV-B y Responsable del Módulo Áridex (Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas -FAUD-UNSJ).

Celina Filippín: Doctora en Ciencias, Especialidad Energías Renovables (2005). Magister en Energías Renovables (2000). Arquitecta (1977). Co-Directora de la Becaria. Investigadora Independiente de CONICET. Docente en Maestrías de la especialidad y responsable de actividades de Transferencia de Tecnología en el área arquitectura de bajo consumo de energía.

ESTUDO DO GANHO ENERGÉTICO ASSOCIADO À CONSTRUÇÃO DE UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR COM RECURSO A MATERIAIS NATURAIS NO CONTEXTO PORTUGUÊS

António Murta¹; Carlos Teixeira¹; Humberto Varum²; Isabel Bentes¹; Jorge Pinto³

¹ ECT, Departamento de Engenharias. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal, c.e.: murtadesigns@yahoo.com.br; cafonso@utad.pt; ibentes@utad.pt;

² Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro (UA). Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro. Portugal, c.e.: hvarum@ua.pt

³ ECT, Departamento de Engenharias. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal, c.e.: tiago@utad.pt

Palavras-chave: ganho energético, sustentabilidade, materiais naturais

RESUMO

Em Portugal a indústria de construção habitacional tem recorrido essencialmente às estruturas de betão armado e de alvenaria de tijolo cerâmico. As estruturas metálicas, de madeira e de alvenaria de pedra têm tido expressão reduzida neste sector da construção e são muito pontuais as aplicações da terra crua como solução construtiva, desenvolvidas por técnicos e empresas particularmente interessadas nestes materiais.

Por sua vez, tem havido uma crescente sensibilização de todos os agentes envolvidos no sector da construção civil para aspectos relacionados com o equilíbrio do meio ambiente e com a sustentabilidade neste sector. É neste contexto que este trabalho de investigação se insere, estudando soluções construtivas sustentáveis recorrendo ao uso de materiais de construção naturais. Para o efeito, foi estudada uma habitação unifamiliar com uma tipologia típica para duas soluções estruturais: uma estrutura porticada pilar-viga de betão armado e lajes aligeiradas pré-fabricadas (designada neste trabalho por solução tradicional); uma solução estrutural à base de materiais naturais (designada aqui por solução sustentável). A solução estrutural com recurso a materiais naturais estudada é definida por paredes resistentes de adobe e estrutura de madeira nos pavimentos e cobertura. Estas duas soluções estruturais são comparadas em termos de estimativas de custo, parâmetros de gasto energético e do teor de emissão de CO₂ associados à produção dos materiais e à própria construção tendo-se verificado que a solução sustentável é mais vantajosa no que diz respeito a estes três aspectos.

1. INTRODUÇÃO

Os principais tipos de técnicas construtivas usadas em Portugal que recorriam à terra crua foram a taipa, o adobe e o tabique. Estas técnicas caíram em desuso aquando do aparecimento do betão armado e das alvenarias de tijolo cerâmico.

Os blocos de adobe são fabricados essencialmente à base de terra crua, moldada em moldes de madeira e secos ao sol. Após a moldagem segue-se o processo de secagem destes blocos. A secagem é natural. Os blocos de adobe podem ser fabricados com diferentes dimensões, tipos de solo e eventualmente podem incluir fibras naturais ou algum ligante, como por exemplo a cal [1].

No âmbito nacional, a reutilização dos materiais e a aplicação de materiais naturais tem um obstáculo complementar que é a limitada legislação existente, o que limita a sua utilização corrente nas construções. A regulamentação relativa às alvenarias estruturais [2] tem cerca de 50 anos. Esta poderá ser a razão porque este tipo de construção é frequentemente preterido em relação às outras soluções estruturais e, em particular, por soluções de betão armado. Com o surgimento dos Eurocódigos estruturais, e particularmente com o Eurocódigo 6 [3] dedicado às estruturas de alvenaria, a construção com materiais naturais terá certamente um novo fôlego.

Paralelamente, a obtenção dos materiais correntes na construção portuguesa requerem bastante energia durante as várias fases (extracção, transporte, transformação, aplicação, demolição e eliminação ou reciclagem), associada a uma libertação de gases nocivos para a atmosfera.

O que se pretende estudar neste trabalho é a viabilidade de aliar a aplicação de materiais naturais, de fácil obtenção perto do local de construção, a métodos construtivos que requeiram pouca energia na sua aplicação e, implicitamente, um baixo teor de emissão de gases para a atmosfera.

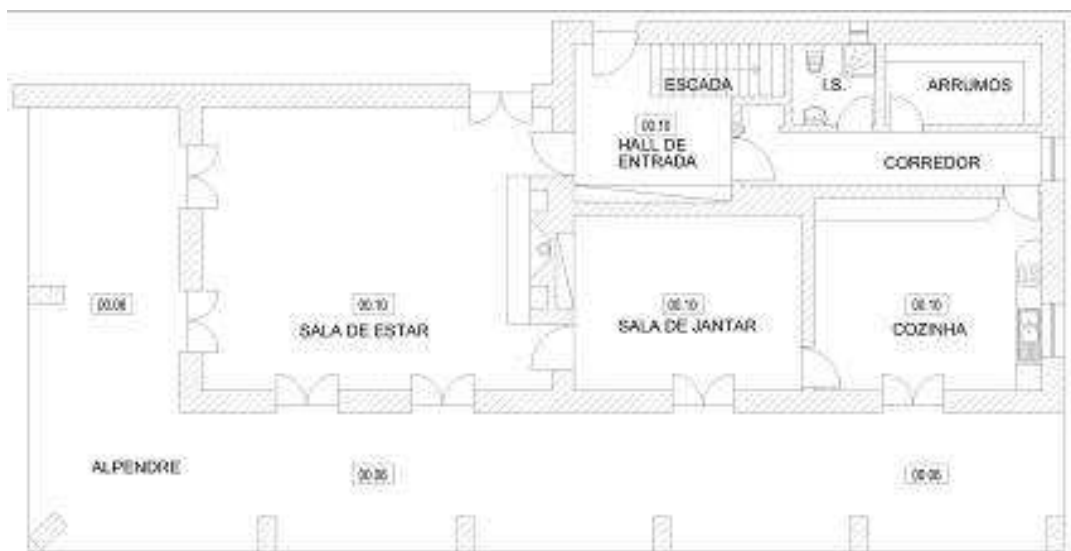
É neste sentido que se estudou a aplicação do solo em adobes de terra crua para a construção de habitações unifamiliares correntes.

Para o efeito foi definida uma tipologia corrente de habitação unifamiliar para a qual foram estudadas duas soluções estruturais, uma solução tradicional e uma solução sustentável. A solução tradicional é do tipo pilar-viga de betão armado com lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas nos pavimentos e também lajes maciças em certos elementos como varandas e escada e, alvenarias de tijolo cerâmico. A solução sustentável é do tipo paredes resistentes de adobes e pavimentos de madeira. Para cada uma destas duas soluções foram quantificados e comparados o custo de construção, o gasto energético e a emissão de gases nocivos para a atmosfera permitindo concluir que a solução estrutural sustentável é mais vantajosa a nível económico e ambiental.

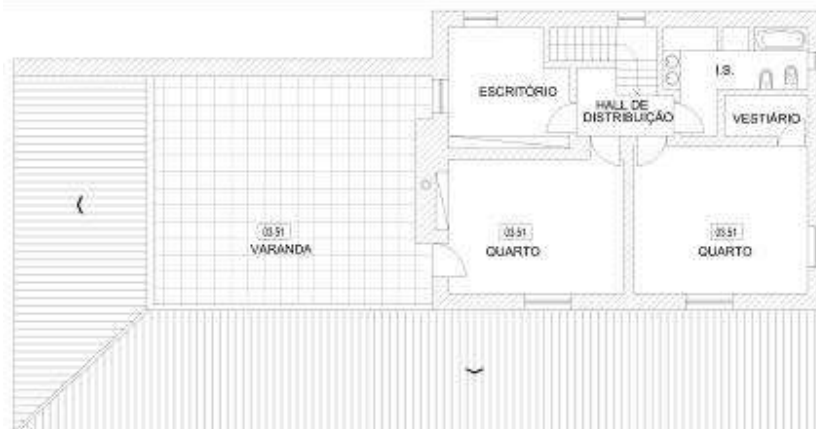
Espera-se com estes resultados re-estimular a aplicação de materiais naturais na construção civil.

2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO ESTUDADO

Neste estudo foi adoptada uma tipologia de habitação unifamiliar adequada a um agregado familiar composto por 3 a 4 pessoas, e que é o mais procurado no mercado português, actualmente. A figura 1 mostra as plantas do edifício.



b) Piso 0



b) Piso 1
Figura 1: Plantas de arquitectura

Os espaços foram distribuídos por dois pisos considerando que a utilização do piso térreo (piso 0) é essencialmente do tipo social e que a utilização do piso superior (piso 1) é essencialmente do tipo privado. As áreas brutas de construção dos pisos 0 e 1 são 288.50 m² e 168.50 m², respectivamente.

O piso 0 é constituído por uma sala de estar, uma sala de jantar, uma cozinha, uma zona de arrumos, instalações sanitárias, hall de entrada e corredor, existindo um alpendre que se desenvolve ao longo de duas fachadas do edifício. No piso 1 existem dois quartos (um deles com vestiário privativo), um escritório, instalações sanitárias, hall de distribuição e uma varanda.

A ligação entre pisos é efectuada por uma escada que liga o hall de entrada ao hall de distribuição. A cobertura, ao nível do piso 1, é inclinada, com revestimento em telha cerâmica e a cobertura do piso 2 é horizontal, não acessível, com revestimento de seixo rolado. A entrada tem uma orientação voltada a Este.

Geograficamente, o edifício estudado foi idealizado para ser implantado na região centro de Portugal, na zona litoral mais concretamente, no concelho da Figueira da Foz, distrito de Coimbra.

3. ESTUDO E MÉTODOS

Para o dimensionamento da solução estrutural tradicional, utilizaram-se programas de cálculo automático comerciais.

Os pilares e as vigas foram representados pelos seus eixos e são definidos estruturalmente por elementos de barra. A estes elementos estão associadas as características geométricas e mecânicas que importam no cálculo e no dimensionamento, como é o caso do tipo de secção transversal e do módulo de elasticidade do material. O programa de cálculo utilizado permite efectuar uma análise dinâmica modal com avaliação prévia dos vários modos de vibração e a determinação da resposta da estrutura com modelação da acção sísmica através de espectros de resposta.

Na quantificação da acção do vento é utilizado o prescrito no [2] considerando a acção do vento como estática. Esta quantificação é feita de modo automático pelo programa de cálculo após indicação da zona e da rugosidade associada ao local de implantação do edifício, bem como das dimensões do edifício em planta.

Foram elaboradas algumas folhas de cálculo em Excel para a verificação e análise dos resultados obtidos através do programa de cálculo automático. Estas folhas de cálculo foram também utilizadas para o dimensionamento de alguns elementos estruturais isolados, tal como vãos de escada.

Para a solução sustentável e atendendo à inexistência de programas de cálculo automático de dimensionamento de alvenarias de adobe, foram desenvolvidas folhas de cálculo em Excel para este efeito, recorrendo ao disposto nos códigos [2, 3].

Para o dimensionamento dos elementos estruturais de madeira (pavimentos e escadas) recorreu-se ao disposto no Eurocódigo 5 [4] e elaboraram-se também folhas de cálculo específicas em Excel.

4. SOLUÇÃO TRADICIONAL

4.1 Considerações gerais

Para o edifício em estudo, e de acordo com [5], foi considerado um betão do tipo C25/30 em todos os elementos em contacto com o terreno e um betão C20/25 para os restantes elementos estruturais (pilares, vigas, escadas e sapatas). O aço considerado nas armaduras correntes foi o aço S400NR e nas armaduras electrossoldadas o aço S500EL, de acordo com o [6]. As paredes exteriores serão duplas em alvenaria de tijolo cerâmico, tendo o pano exterior 0.15 m e o pano interior 0.22 m de espessura, argamassadas nas juntas. Entre os dois panos de parede considerou-se uma caixa-de-ar com 0.10 m de espessura e com isolamento térmico em poliestireno extrudido de 0.05 m de espessura. As paredes interiores são panos simples de alvenaria de tijolo cerâmico de 0.15 m de espessura argamassadas nas juntas.

4.2 Análise estrutural

Para a análise estrutural do edifício foi necessário quantificar inicialmente as acções a considerar e estimar os seus valores nos elementos estruturais. A acção permanente considerada corresponde ao peso próprio dos elementos estruturais e não estruturais e como acções variáveis foram consideradas a sobrecarga, o vento e o sismo.

Para o peso próprio dos elementos estruturais consideraram-se os pesos específicos de referência, 78.50 kN/m^3 para o aço, 24.00 kN/m^3 para o betão simples e 25.00 kN/m^3 para o betão armado. O peso das paredes divisórias considerou-se 0.50 kN/m^3 visto que essas paredes são praticamente todas coincidentes nos dois pisos e aquelas que não estavam alinhadas foram alvo de um dimensionamento específico. Para o revestimento dos pisos e da cobertura considerou-se 2.00 kN/m^2 e 3.00 kN/m^2 , respectivamente.

Para as sobrecargas de utilização, e segundo o descrito no [2] considerou-se 2.00 kN/m^2 para as zonas habitáveis, 1.00 kN/m^2 para os terraços não acessíveis e 3.00 kN/m^2 para zonas de acesso. Para a acção do vento, e segundo [2], considerou-se a localização do edifício na zona B e rugosidade do tipo II. Para a acção sísmica, e segundo o [2], considerou-se a zona sísmica C, o terreno do tipo II, o coeficiente de sismicidade de 0.50, o coeficiente de amortecimento de 5% e coeficiente de comportamento de 2.0.

Para o valor da capacidade resistente dos solos sob as fundações considerou-se 200 kPa.

Os pavimentos dos pisos serão maioritariamente realizados com lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas. Estes pavimentos têm um funcionamento unidireccional, previsto para resistir essencialmente a momentos flectores positivos. Admite-se contudo a continuidade destes pavimentos, desde que, os momentos flectores negativos obtidos por cálculo elástico sejam redistribuídos, considerando-se normalmente apenas 50% do valor desses momentos flectores. Esses momentos flectores são resistidos por armaduras passivas. Quando os momentos flectores negativos apresentam um valor significativo opta-se por um maciçamento. O apoio destes pavimentos faz-se directamente em vigas.

Para a fundação dos pilares previu-se a execução de sapatas isoladas. Dado que na base dos pilares não existem momentos flectores significativos, não foi necessário considerar a realização de vigas de equilíbrio capazes de equilibrar as excentricidades geradas. Nas situações em que os lintéis de fundação têm apenas a função de contraventamento, impedindo deslocamentos relativos dos elementos de fundação, não se procedeu a nenhum cálculo especial.

a) Fundações

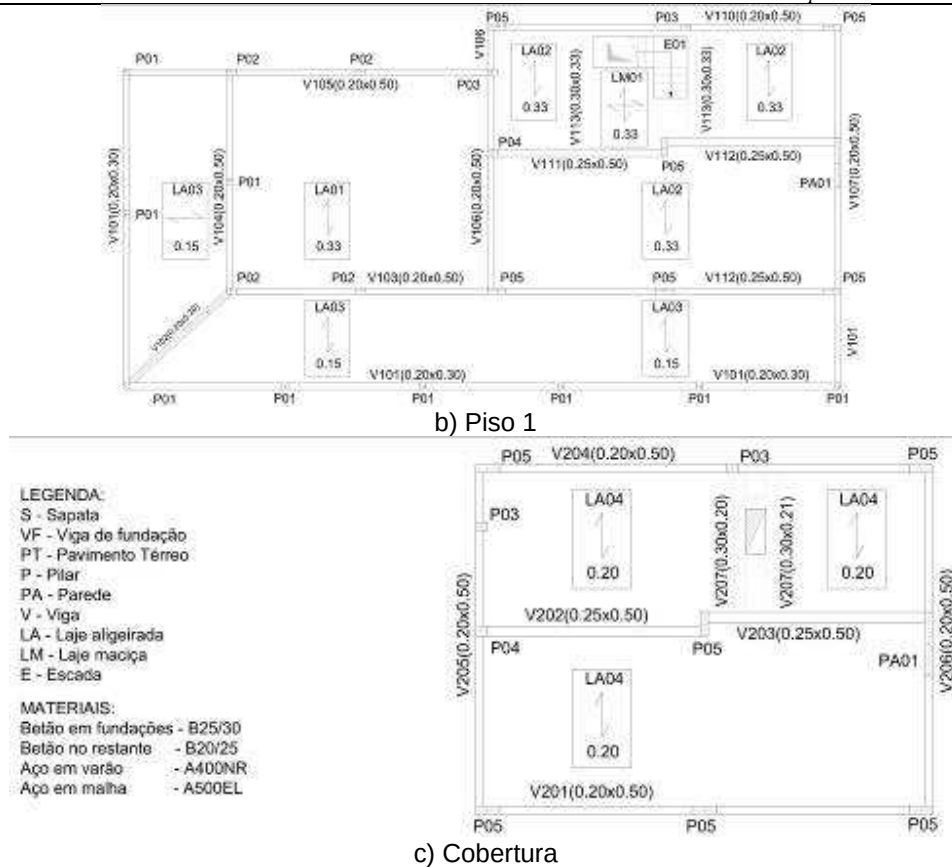


Figura 2: Plantas estruturais da solução tradicional

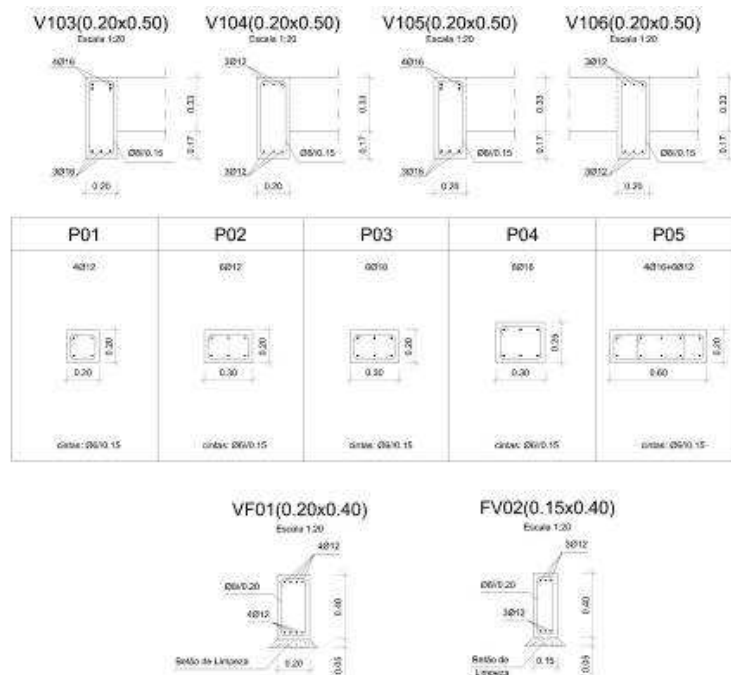


Figura 3: Pormenores estruturais da solução tradicional

Material	Unidade	Quantidade	Custo (€)	Gasto (MJ)	Emissão (CO ₂)
Betão	m ³	156	10690	397582	246963
Aço (S400)	m ²	457	4536	1022858	463581
Argamassa	kg	59100	1477	85311	42555
Elementos cerâmicos	kg	1109650	3296	327956	167439

Tabela 1 – Quantidades totais por material para a solução tradicional

5. SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL

5.1 Considerações gerais

Para a solução estrutural sustentável, procedeu-se a um pré-dimensionamento dos elementos estruturais admitindo as dimensões mínimas admissíveis para todos estes elementos de acordo com o preconizado em [3, 4]. Posteriormente, dimensionaram-se todos estes elementos utilizando folhas de cálculo em Excel especialmente desenvolvidas.

As paredes resistentes são concebidas em adobe com uma resistência à compressão de 3.0 MPa e juntas com argamassa de assentamento da classe M3, de acordo com [3].

Para o pavimento do piso 1, para a cobertura e para as escadas foram consideradas vigas e soalho em madeira de pinho *pinus pinaster* da classe C22, de acordo com [4].

As fundações das paredes resistentes foram materializadas por lintéis de fundação contínuos de betão da classe C25/30 e com aço S400.

5.2 Análise estrutural

A análise estrutural efectuada à solução sustentável seguiu os procedimentos referidos anteriormente e para a solução tradicional. O peso específico dos blocos de terra crua foi considerado de 20.00 kN/m³, da madeira de 4.00 kN/m³, do revestimento dos pisos e da cobertura considerou-se de 2.00 kN/m² e de 3.00 kN/m², respectivamente. As restantes de acções são análogas às definidas e quantificadas na secção anterior.

Para o dimensionamento dos pavimentos realizados em soalho e vigas de madeira e, dada a ausência de esforços axiais de relevo nas vigas de pavimento, as suas dimensões foram calculadas à flexão simples e ao esforço transversal. Para isso, foi desenvolvida e utilizada uma folha de cálculo em Excel utilizando o prescrito no [4]. O apoio destes pavimentos faz-se directamente nas paredes resistentes de adobe.

Por sua vez, as paredes de adobe foram dimensionadas tendo em conta o especificado em [3, 2] e recorrendo a uma folha de cálculo em Excel desenvolvida para o efeito.

Após o dimensionamento da solução estrutural sustentável adoptada para o edifício em estudo chegou-se aos resultados expostos nas figuras 4 e 5. Com estes resultados foi possível quantificar os materiais inerentes à construção desta solução e estimar o seu custo, o gasto energético e o teor de emissão de CO₂. Estes resultados apresentam-se na tabela 2.

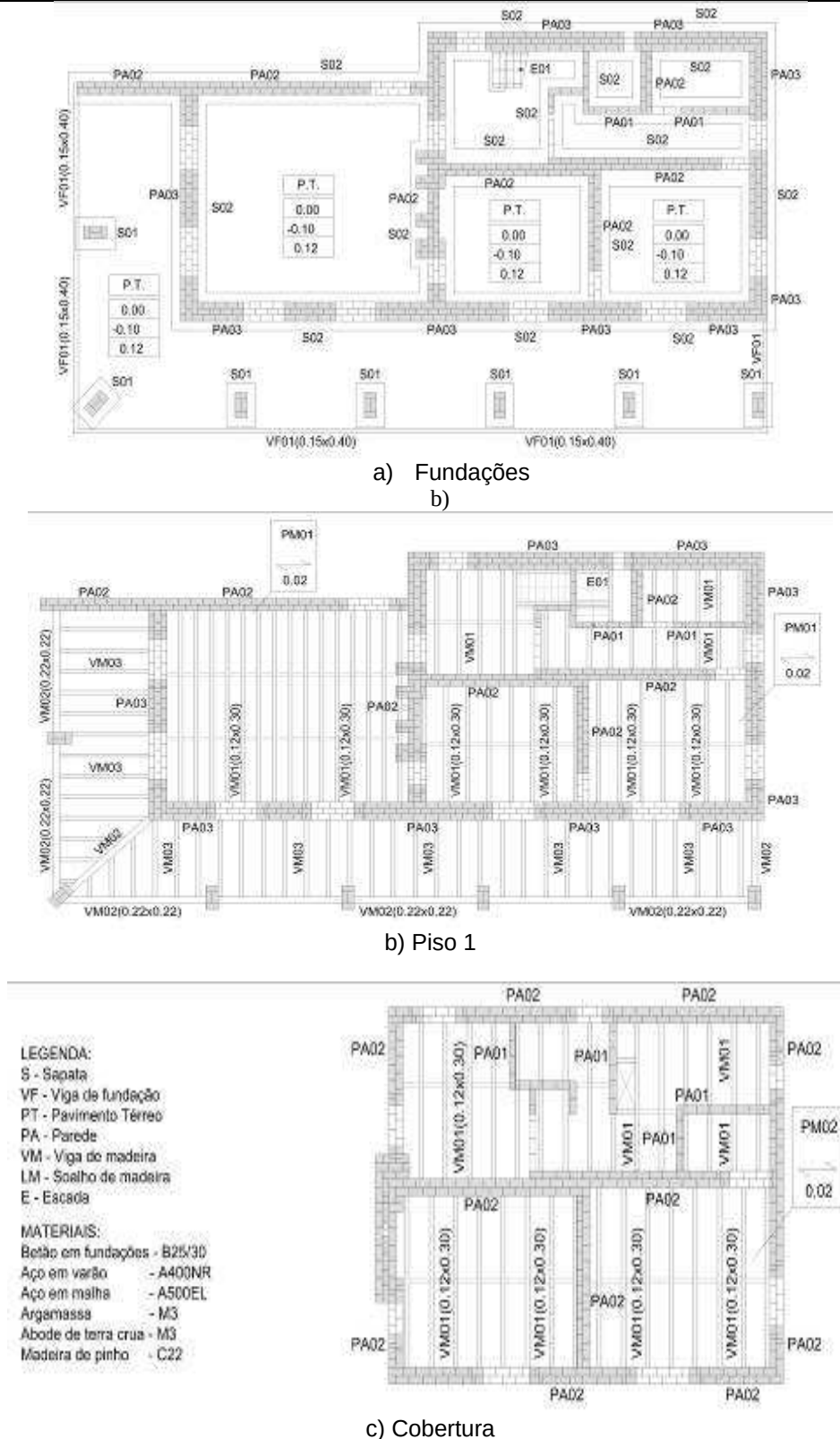


Figura 4: Plantas estruturais para a solução sustentável

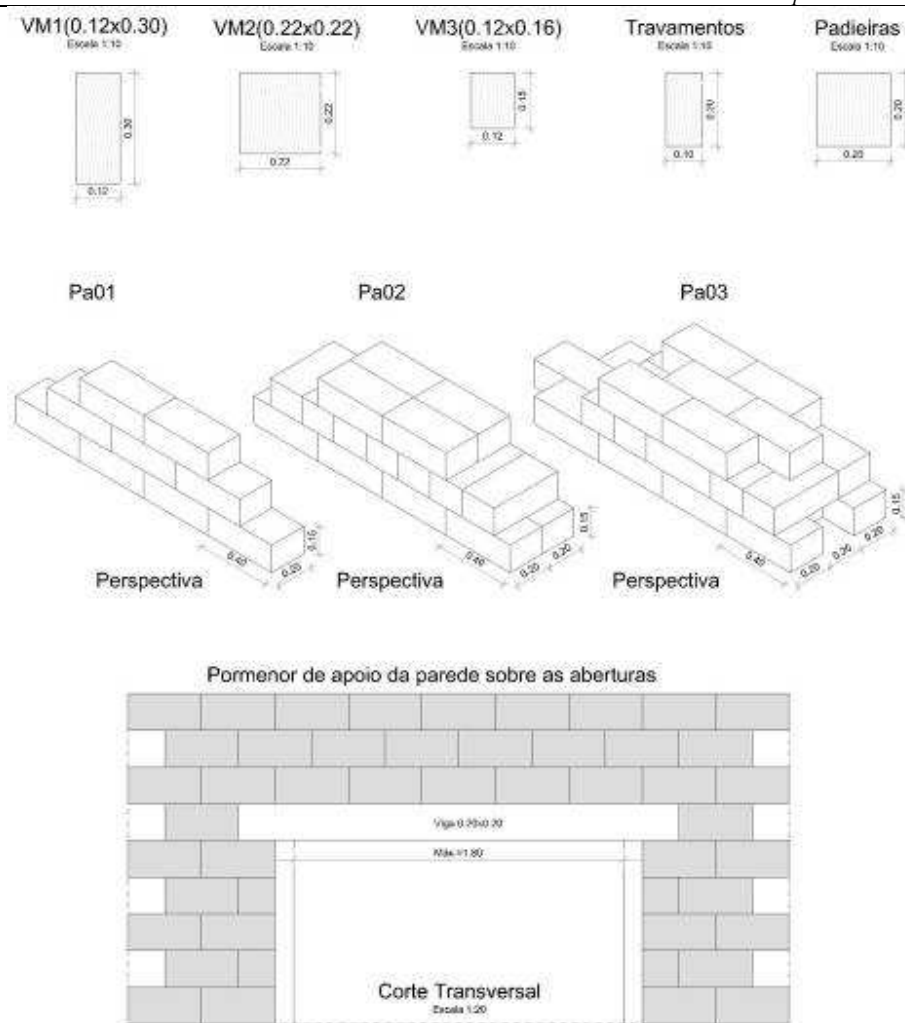


Figura 5: Pormenores estruturais e de construção para a solução sustentável

Material	Unidade	Quantidade	Custo (€)	Gasto (MJ)	Emissão (CO ₂)
Betão	m ³	118	6463	300154	37513
Aço (S400)	M ²	80	2223	303056	24030
Argamassa	kg	103680	2592	149667	19899
Adobe de terra crua	m ³	216	3780	2592	181
Madeira de pinho	kg	13578	4752	28785	2702

Tabela 2 – Quantidades totais por material para a solução sustentável

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1 Custo de construção

A análise económica das duas soluções estruturais foi efectuada aplicando valores de custos unitários correntes no mercado português às quantidades de cada material obtendo-se deste modo os custos que aparecem nas tabelas 1 e 2. Os custos totais para a construção das soluções estruturais tradicional e sustentável foram estimados em 20 000 € e 19 810 €, respectivamente.

6.2 Gasto energético

A análise energética das duas soluções estruturais foi efectuada aplicando os valores de consumo energético às quantidades de materiais estimadas anteriormente. Os valores de consumo energético unitários foram determinados recorrendo a uma base de dados internacional [7] capaz de enumerar todos os gastos energéticos contemplando todo o ciclo de vida útil do material (desde a extracção da matéria-prima até ser considerado como resíduo). Obtiveram-se desta forma os gastos energéticos por material, indicados nas tabelas 1 e 2. Para as soluções estruturais tradicional e sustentável obtiveram-se, então, os gastos energéticos totais de 1 833 707 MJ e 784 253 MJ, respectivamente.

6.3 Emissão de CO₂

Analogamente à análise energética, a base de dados [7] fornece também a quantidade de gases nocivos libertados para a atmosfera por material. Neste estudo, esses gases nocivos estão convertidos em CO₂. Os teores de emissão de CO₂ relativos à construção tradicional e sustentável encontram-se indicados nas tabelas 1 e 2. Para as soluções estruturais tradicional e sustentável foram obtidos os valores totais de gases emitidos para a atmosfera de 920 539 CO₂ e 84 325 CO₂, respectivamente.

6.4 Comparação entre soluções

A tabela 3 apresenta os valores totais dos parâmetros usados na comparação das duas soluções estruturais (tradicional e sustentável) adoptadas para a construção da habitação unifamiliar tipo estudada neste trabalho. Esses valores foram já apresentados nas tabelas 1 e 2.

A tabela 3 permite facilmente observar que a solução estrutural sustentável apresenta valores dos três parâmetros de comparação que favorecem a sua escolha em detrimento da solução tradicional. De facto, a opção da solução estrutural sustentável permite uma redução do custo de construção de 1% uma redução do gasto energético de 57% e uma redução de emissão de CO₂ de 91%. Estes factos demonstram que a opção solução estrutural sustentável embora não seja significativa mais económica é sobretudo ambientalmente mais sustentável. Se fosse considerado o custo ambiental associado ao gasto energético e à emissão de CO₂ da solução tradicional o seu custo seria bastante relevante.

	Solução Tradicional	Solução Sustentável	Melhor Solução
Custo de construção	20 000 €	19 810 €	Sustentável
Gasto energético	1 833 707 MJ	784 253 MJ	Sustentável
Emissão de CO ₂	920 539 CO ₂	84 325 CO ₂	Sustentável

Tabela 3 – Comparação entre as soluções estruturais

7. CONCLUSÕES

Uma solução estrutural que usa essencialmente materiais naturais do tipo terra crua e madeira foi apresentada e desenvolvida neste trabalho para a construção de uma habitação unifamiliar tipo no contexto português e proposta como sendo uma alternativa à solução estrutural do tipo pilar-viga de betão armado e lajes aligeiradas pré-esforçadas mais correntemente usada.

Constatou-se que ainda existe alguma inexperiência na aplicação da regulamentação em vigor relativa ao dimensionamento deste tipo de materiais naturais assim como uma escassez de programas de cálculo automático comerciais para o dimensionamento de elementos estruturais concebidos com este tipo de materiais.

A comparação das duas soluções estruturais propostas neste estudo, tradicional e sustentável, demonstrou que a solução estrutural sustentável apresentada mostra-se claramente favorável, quer em termos económicos quer em termos ambientais. Este facto é revelador das vantagens associadas ao uso de materiais construtivos naturais no contexto português, em particular, ao uso de adobes na execução de paredes resistentes de habitações unifamiliares.

8. BIBLIOGRAFIA

Carvalho J., Pinto J., Varum H., Jesus A., Lousada J., Morais J.; “Construções em Tabique na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro”. CINPAR 2008 – 4th International Conference on Structural Defects and Repair. Civil Engineering Department. University of Aveiro. Portugal. 2008. [1]

CEN, “Eurocódigo 5 – Projecto de Estruturas de Madeira – ENV 1995-1”. Bruxelas. 1998. [4]

CEN, “Eurocódigo 6 – Projecto de Estruturas e Alvenaria – ENV 1996-1”. Bruxelas. 1995. [3]

Decreto-Lei nº 235/85 de 31 de Maio. “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes”. Portugal. 1985. [2]

Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho. “Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado”. Portugal. 1983. [6]

Base de Dados: Swiss Centre for Life Cycle Inventories Data V2.01. 2007. [7]

António Murta: Aluno do Mestrado em Engenharia Civil da UTAD

Carlos Teixeira: Assistente da ECVA da UTAD

António Murta: Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil, da UA

Isabel Bentes: Professor Auxiliar da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD

Jorge Pinto: Professor Auxiliar da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD

III.

Investigación y desarrollo tecnológico:
Materiales, componentes, sistemas y procesos constructivos. Resistencia y durabilidad / sismo y humedad

SISTEMAS DE CUBIERTAS Y ENTREPIOS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL. EL CASO DE LAS BÓVEDAS MEXICANAS.

Ramón Aguirre Morales; Alan Laguerenne Becerril

Arcilla diseño y construcción
UAM-Xochimilco

Palabras clave: bóvedas, tierra, construcción

RESUMEN

A lo largo de la historia, el hombre, ha tenido la necesidad física de un lugar en donde habitar. Y para concretizarlo ha dependido de la manera en que lo ha construido, es decir, su forma y su tecnología, siempre lidiando con las fuerzas de la naturaleza y la gravedad, y de esto ha sacado partido. En esta búsqueda de cubrir los espacios, han tenido relevancia todo tipo de bóvedas. Como lo plantea Arenas de Pablo (1998: 13) "Estamos tan acostumbrados a vivir bajo las bóvedas de piedra de nuestras viejas catedrales que podemos llegar a creer que el equilibrio estático que pregonan y que hace posible los grandes huecos de sus naves y cruceros es inmediato y fácil de alcanzar."

Las bóvedas, en este devenir constructivo, han quedado hasta cierto punto en desuso, al ser substituidas por las técnicas modernas de construcción de alto costo, que son impuestas por reproducciones totalmente ajenas a nuestras necesidades locales, pero se han mantenido presentes en nuestro país. Las bóvedas motivo de la presente trabajo se presentan en el centro norte de México, para precisar en poblaciones del Bajío en los estados de Querétaro, Guanajuato, Jalisco y en algunas comunidades aisladas de Aguascalientes y Michoacán.



Vista interior del espacio abovedado.

Las bóvedas tienen una evolución constructiva rica en posibilidades, ya que tienen una estructura, cuya estabilidad y resistencia conjugan el aprovechamiento de la forma, con las cualidades de los materiales que las componen, que dan como resultado cubiertas y entrepisos, para espacios de cualquier género, con el mínimo de consumo de energía.

La aplicación de materiales y sistemas constructivos, económicos y bajo impacto ambiental como son las bóvedas, es de gran importancia ya que nuestra realidad como país en vías de desarrollo nos deja a la sombra de modelos implantados, que están fuera de nuestras necesidades. Nuestra realidad como país, necesita una alternativa viable, que se adapte a nuestras necesidades actuales y futuras.



Vista exterior de bóveda, casa en el barrio de santo domingo.

DESARROLLO

Los problemas que se nos presentan en la actualidad son múltiples y complejos pero presentan tres características que podemos caracterizar en tres vertientes que son los ambientales, las desigualdades sociales y el problema Fáustico que se refiere a la capacidad mega-destructiva de la tecno ciencia contemporánea (Riechman, 2006).

- Los problemas ambientales se muestran como consecuencia del derroche y depredación del planeta, ya que se le consideraba como una fuente de inagotable riqueza. Sin embargo las reflexiones que se han hecho de que "la tierra es un sistema cerrado y la hipótesis Gaia," (López, 2007) nos da una visión de cómo estamos ensuciando al planeta y esto tiene que ver cómo interactuamos con él. Es decir, la extracción, la producción, distribución, consumo, y desecho de nuestros residuos. Esto sobre pasa a la naturaleza y no puede auto-regenerarse por lo que pierde la capacidad de asimilar tales impactos. Estos impactos se muestran como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Foladori, 2005).
- Las desigualdades sociales: "En la región de América Latina y el Caribe al 2002 existen 220 millones de personas que viven en la pobreza de los cuales el 60% son pobres urbanos y el 40% son pobres rurales con economías de subsistencia, aunque existe un proceso de reducción de la indigencia actualmente desacelerada, los pobres indigentes son más vulnerables que antes y el escenario de escaso crecimiento económico es un escenario muy problemático para alcanzar a reducir la pobreza [...]" (Calla, 2003). Otro ejemplo son los potenciales de consumo energético esta imagen la encontramos, "Al comparar el potencial de consumo energético de una persona nacida en los Estados Unidos de Norteamérica y el potencial de consumo de una persona nacida en algún país africano: la proporción es de 1 a 280; esto significa que sería posible atender la demanda energética de 280 personas africanas con la energía consumida por una sola persona estadounidense" (Boada, 2004). Estas desigualdades sociales se pueden ejemplificar desde diferentes perspectivas y todas ellas llevan a un deterioro de la sociedad a una desarticulación con su asentamiento y su calidad de vida.

El desarrollo sustentable como paradigma para superar los problemas actuales

El desarrollo sustentable se da como una alternativa para superar los problemas de la civilización. Este exige la transformación de los patrones de producción y consumo el abatimiento de la pobreza y el consumo racional de los recursos energéticos renovables. Se basa en la idea de equidad y trans-generacional entre humanos y especies.

El desarrollo sustentable es de carácter tripartito, el factor económico, el factor ambiental y el factor social. Ningún factor es más importante que otro ya que todos se complementan.

El desarrollo sustentable se enfoca en los seres humanos y no en índices económicos. Así que debemos entregar a la Tierra a nuestras futuras generaciones en las condiciones de vida que se nos entrego a nosotros, para seguir la preservación de nosotros como humanos y de las especies. La vida es el fin que buscamos en un ambiente de equidad social y económica, entre sus individuos, y comunidades. El desarrollo sustentable funge como punto de partida y da seguimiento a la idea de la preservación de las condiciones de vida, que se basan en complejas interacciones.

En la actualidad el desarrollo sustentable puede ser una alternativa para los problemas actuales, ya que de alguna forma sustituye la idea del progreso, esta idea se basa en el crecimiento económico, y en las actividades industriales. Y se da como una alternativa para superar la actual crisis, para el abatimiento de la pobreza, el consumo irracional de los recursos energéticos, y éste requiere que intervengan la cooperación entre individuos y naciones.

Para generar una verdadera transformación de la civilización contemporánea es preciso el generar procesos de colaboración y compromisos, para abatir el empoderamiento de unos cuantos y que permee de forma real al grueso de la población para la solución de los problemas que aquejan a la sociedad.

Pero para hacer una verdadera transformación hacia al ideal de una sociedad sustentable es necesario afrontar de manera simultánea los graves problemas ambientales y sociales, es decir embestir los variados frentes y dimensionar la crisis de la civilización.

La Ciudad de México en su contexto.

En la ciudad de México existe el problema de la falta vivienda y es uno de los problemas que más afectan a la población, pero no solo en la ciudad de México, este problema de la falta de vivienda es de prioridad mundial.

La ciudad de México como otras ciudades de Latino América que se encuentran en vías de desarrollo presenta este problema con sus características propias ya que por ser la capital de nuestro país presenta condiciones específicas, primeramente por tamaño desproporcionado de la urbe y de sus peculiaridades endógenas.

La carencia de vivienda en países que se encuentran permanentemente en vías de desarrollo se debe a las políticas neo-liberales, que perciben al problema con una visión de mercado, o sea la especulación inmobiliaria de la ley de la oferta y la demanda.

El problema también se ve reflejado en que "Gran parte de la población queda excluida de una vivienda por la falta de posibilidad de adquirirla, por los mecanismos financieros." (Ortiz, 1998). Las desigualdades sociales provocan un contexto urbano con asentamientos populares poco o escasamente controlado. Provocando una desintegración en el tejido urbano. Y presentan escases de infraestructura en el mejor de los casos o es nula.

La lucha constante para resolver la carencia de vivienda no solo es problema que aqueja a la ciudad de México. Sino que se han hecho movimientos internacionales para terminar con esta carencia desde la Declaración Universal de los Derechos Humanos en 1948 hasta los compromisos por parte de los gobiernos en los planes de acción Mundial de Habitat acordados en 1996.

En la zona metropolitana de la ciudad de México presenta los índices más altos de habitantes por hectárea 162. Esto quiere decir que un poco más del 60% de su población se encuentra en zona urbana (CONAPO, 2000). Viviendo en condiciones de calidad de vida deplorables.

La industria de la construcción

La industria de la construcción nos ha dejado en claro que somos capaces de construir cualquier tipo de edificación. ¿Pero a que costo? ¿Estamos dispuestos a asumir los daños irreparables al medio ambiente?

La industria de la construcción contribuye al deterioro del medio ambiente y tiene que ver con las formas en que producimos y consumimos los recursos naturales, hemos roto el vínculo con el entorno natural. Somos capaces de modificarlo a nuestro antojo o como mejor nos convenga. Pero esto nos lleva a que no dejamos que se reponga del daño que provocamos.

Tomamos del entorno natural lo que está a nuestro alcance y devolvemos a él lo que no nos sirve en forma de desperdicio. Llenamos los vertederos, contaminamos la tierra, el agua, el aire y desequilibramos los ecosistemas.

La industria de la construcción genera miles de toneladas de residuos contaminantes que son arrojados a la atmósfera y miles de toneladas de CO₂. Estos contaminantes han incrementado el calentamiento global con el llamado efecto invernadero.

La industria de la construcción consume la mayor parte de energéticos producidos, y la mayor parte de los energéticos tienen su origen en combustibles fósiles no renovables.

La construcción con concreto y acero es la que mayor impacto presenta, ya que combina los problemas ecológicos de ambos materiales, y es la que más se usa como sistema de cubiertas y entrepisos para la vivienda u otro tipo de edificación.

Es necesario poner un alto a esta forma de hacer las construcciones, ya que si seguimos con este camino no dejaremos nada a las futuras generaciones.

Justificación

Esta trabajo se enfoca a investigar los materiales y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental y se centra en el caso específico del sistema constructivo de cubiertas y entrepisos que se conocen bajo los nombres de bóvedas mexicanas, bóvedas de ladrillo recargado, bóvedas de cuña o bóvedas del Bajío, como una alternativa para la construcción de estructuras económicas y de bajo impacto ambiental.

Estas bóvedas, son la suma de una práctica atesorada, es una respuesta edilicia a las necesidades locales con los materiales disponibles. En ese sentido, es necesario insistir en las condiciones de vida que tiene la mayoría de la población, es fundamental que sean apropiadas y apropiables. Como lo plantea Toca (1998, 108) "Apropiadas a la región, a los recursos y materiales disponibles, y al medio ambiente en el que se pretenda insertarlas; y apropiables, para que los usuarios las puedan aprender y reproducir."

Los profesionales en el ámbito de la arquitectura, deberíamos diseñar objetos arquitectónicos con criterios ambientales y utilizar para su concreción materiales y técnicas constructivas que permitan el máximo aprovechamiento de sus propiedades, con un mínimo gasto de energía.

Además se espera que se produzca el menor número de emisiones contaminantes y sus residuos sean reaprovechables en nuevos procesos. Sólo cuando minimicemos insumos y residuos, podremos mejorar la eficiencia ambiental del proceso de producción del hábitat. Esto se traduciría en una arquitectura sana y sustentable.

Por otro lado, derivado del rol social la arquitectura, no debería dejarse lugar para las especulaciones de "arquitectos artistas". Como explica Ramírez Ponce (2004:3) "Esta postura es debida, en gran parte, a la de-formación académica, pues en muchas escuelas, los problemas inmediatos, las obras pequeñas, nuestras tradiciones constructivas, no se consideran dignas de ser estudiadas, no son 'arquitectura'. No son merecedoras de la atención de los inefables arquitectos 'artistas'. Siempre pendientes de lo que sucede allende nuestras fronteras, sobre todo, lo que sucede en los países primermundistas. Que sean otros los que piensen e inventen para que nosotros copiemos. Allá, los hombres, acá los monos. A los monos, los reconocemos por su capacidad de imitación, ese raptó de lo ajeno siempre a destiempo. Los arquitectos 'artistas' podrán ser, como en realidad algunos lo son, buenos imitadores, su problema es que nunca dejarán de ser monos." Esta avalancha de arquitectura sin sentido puede y debe ser detenida devolviendo a los pueblos la herencia renovada de una vigorosa tradición de construcción, inspirada en el territorio, en el conocimiento profundo del sitio y de su realidad. Como se sabe, la tradición es la síntesis de la experiencia acumulada por la sociedad que, a través de atávicos ensayos y errores, ha ido depurando las mejores respuestas constructivas: las que mejor se adaptan a las necesidades locales, a las condiciones geográficas y a los recursos materiales disponibles. (Guerrero, 1994: 12)

Las bóvedas de cuña, cumplen con esta apropiación tradicional por su sencillez constructiva y por ser amigables con el medio ambiente al ser auto portantes y no requerir el uso de cimbras, por lo que hay que tomarlas como respuesta a la necesidad de cubiertas para inmuebles de todo tipo, que permiten dar a los usuarios un lugar digno. Ya que por la problemática y desequilibrios sociales, de la mayor parte de la población que se encuentra viviendo en casas o conjuntos habitacionales con condiciones de vida infrahumanas.

En la actualidad es obvio cuestionarse acerca de qué papel estamos desarrollando para resolver la problemática que tenemos presente, en materias económicas, sociales y medio ambientales. De éste último se ha despertado una preocupación global, por el desgaste desmedido de los recursos naturales que pone en grave riesgo la salud de la población.

Es indispensable tomar conciencia y sensibilizar a la población sobre la necesidad imperante de respetar al medio ambiente, sin dejar de lado la satisfacción de las necesidades del ser humano de habitar con una calidad de vida adecuada para su desarrollo integral. Y tiene que ver con las formas en que la sociedad se ha relacionado con el medio natural, y de cómo interactúa con él. Es por esto que nuestras acciones deben orientarse a detener, revertir y a prevenir los procesos de deterioro del medio ambiente para encaminarnos al desarrollo sustentable del país.

Entiéndase como desarrollo sustentable, "Satisfacer las necesidades de la actual generación sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus necesidades, esto significa reconocer el derecho de cada persona a un nivel de vida adecuado en cuanto a la salud y el bienestar, incluido un acceso adecuado a la alimentación, el vestido, la vivienda, el cuidado médico y los servicios sociales necesarios".¹ Así que, el desarrollo sustentable ha ido teniendo una gran importancia en el quehacer humano al poner en la mira todos los procesos que el hombre utiliza para su habitar. Tal es el caso de la industria de la construcción, ya que su actividad es una de las que más violenta al medio natural por su alto consumo de recursos y energía, por lo que toma del medio los insumos y residuos que genera.

Haciendo un breve análisis es dramático constatar la irracionalidad y el desperdicio de materiales y técnicas que emplean los habitantes para procurarse de una morada, en ciudades y aéreas rurales.

Otro de los problemas es la autoconstrucción, que es una realidad a la que no podemos dar la espalda. Primeramente, algunos materiales de construcción dejados a la intemperie se desperdician o se echan a perder, ya que el proceso de hacerse de su morada empieza con un periodo de acopio de materiales que puede tardar meses o incluso años.

Después con la ayuda de familiares o parientes se realiza la construcción de uno o varios cuartos y el proceso culmina con un techo de concreto armado regularmente.

Y así sucesivamente se repite este esquema con la ampliación de la misma, que se va gestando mediante las necesidades de sus ocupantes. Y en consecuencia se van agregando cuartos sin ninguna planeación. Aunado a esto, no se toma en cuenta ningún tipo de criterio ambiental, ni en materiales ni mucho menos en sus procesos constructivos.

Ante este panorama, en la actualidad existe una diversidad de formas en que los profesionistas de la arquitectura están tratando de dar respuesta a esta demanda, desde el punto de vista sustentable. Y es ahí en donde partimos para dar respuesta a la sociedad, desde el punto de vista teórico y práctico.

Las bóvedas mexicanas como ventaja contra otros sistemas constructivos.

¿Qué ventajas técnicas, económicas y ecológicas presenta la construcción de bóvedas mexicanas en comparación con otros sistemas convencionales?

Las ventajas técnicas que presentan la construcción de bóvedas mexicanas es que son fáciles de construir. Una vez que se conoce el sistema y como funciona es fácil de transmitir. Porque es simple y repetitivo.

La principal característica de las bóvedas mexicanas, es que funcionan por medio del recargue o sea se recargan las hiladas una a otra. Así las bondades estructurales son que trabaja por medio de arcos que se auto-sustentan y reparten las cargas homogéneamente. Una de las principales características es que las piezas que se utilizan regularmente para la construcción de bóvedas es el ladrillo conocido como cuña que tiene dimensiones de 5x10x20 y este se recarga en el anterior así que ya una vez que se van colocando las hiladas se mantienen por su forma.

Otra de las características que tiene el sistema es que no requiere de cimbra para la construcción ya que como lo decíamos en párrafos anteriores los ladrillos son colocados de canto y se soportan unos a otros y las cargas se reparten homogéneamente.

Este sistema singular tiene características constructivas por su estabilidad y se basa en el recargamiento de las piezas. Lo que lo hace un sistema sencillo de aprender y tiene una ligereza por su forma.

En comparación con otros los otros sistemas de cubiertas o entrepisos es que al no requerir de cimbra para su construcción lo hace un sistema viable y rápido de construir.

Las ventajas económicas que tiene el sistema de bóvedas de cuña es que en comparación con los sistemas que usan regularmente en este caso las losas macizas de concreto es que resultan más caras en comparación con las bóvedas mexicanas. Ya que requieren de cimbra, mano de obra abundante para el colado y manejo de los materiales, y los costos de los materiales resultan mucho más caros, el manejo del acero (las varillas) las dificultades constructivas.

Otro de los problemas de los sistemas que se usan con regularidad es el peso del material ya que este no resiste por su forma sino por el sistema estructural que lo sustenta.

Los costos de las bóvedas por metro cuadrado están entre el 50% y el 60% del costo de una losa de concreto armado que se usan regularmente. Esto es para los claros pequeños ya que para los claros que van de 5m en adelante los costos se incrementan ya que es sabido que las losas de dichas dimensiones necesitan de elementos adicionales para que se sustenten.

Las ventajas ecológicas que se ven someramente a simple vista es que las losas de uso cotidiano conjugan a los materiales más contaminantes como son el concreto y el acero. Las bondades de las bóvedas es que pueden construir de ladrillos cuña o incluso de piezas de tierra sin cocer. Estas piezas de tierra sin cocer están en su fase inicial.

Como se sabe, las estructuras de tierra son totalmente ecológicas ya que para su elaboración no consumen energía de fuentes no renovables, ni tampoco emiten desechos contaminantes, a diferencia del resto de los materiales constructivos. Además, se trata de un material muy económico y al alcance de la mayor parte de la población que, debido a la facilidad de los sistemas constructivos que utiliza, los usuarios pueden ser partícipes directos tanto de la generación y modificación de su hábitat como de su mantenimiento y reparación. (Guerrero, 2007b: 10)

Particularidades del diseño de una bóveda mexicana.

¿Qué tipo de condiciones particulares presenta el diseñar y construir una bóveda?

El diseño de una bóveda tiene relación con el claro a cubrir. Es decir, depende del tamaño del claro y la flecha de la bóveda, ya que es un material que trabaja a compresión.

"Las superficies constan de dos elementos básicos, sus directrices o perímetro envolvente y sus generatrices formadas por las distintas hiladas de ladrillo. Ésta últimas se mantienen constantes, pero la variación la podemos encontrar en la geometría de sus directrices." (Ramírez, 2004).

La relación entre la flecha de la bóveda y el claro a cubrir se define por la posición de los puntos de inflexión y porque el ladrillo es un material que trabaja principalmente a compresión. Es decir, los puntos en los que cambia el fenómeno tensional (Torroja, 1960), de "Las compresiones en la parte superior, – área en la que debe mantenerse la bóveda – a las tracciones de la parte inferior". (Ramírez, 2004).

Bien, las bóvedas más simples son las de planta cuadrada. Estas se inician en las cuatro esquinas con un grado de inclinación de las piezas de 45° para que los esfuerzos se mantengan en la zona de los esfuerzos de compresión. Las hiladas son líneas que se curvean como arcos, no desde el punto de vista estructural, sino geométrico. "Aunque en realidad, lo que forman no son líneas curvas, porque el ladrillo no lo es, sino secciones poligonales cuyo lado es el largo del ladrillo, es decir, 20 cm." (Ramírez, 2004).

Una vez que se entiende el sistema de las bóvedas mexicanas y como trabajan las posibilidades son infinitas ya que se pueden adecuar a cualquier tipo de espacio, ya sea habitacional o de cualquier género.

Caso de estudio

Desde hace mas de 15 años el Arq. Ramón Aguirre Morales, Director del despacho Arcilla y Arquitectura, junto con un equipo de profesionales en la industria de la construcción se han dado a la tarea de aplicar el sistema constructivo de las bóvedas mexicanas, en su práctica profesional. Sin embargo, hace pocos meses se realizó la primera bóveda con piezas de tierra

sin cocer, en el barrio de Santo Domingo en la ciudad de México, en el que participó el arquitecto Aguirre y el maestro bóvedero Juan Mejía, con la colaboración del ingeniero Salvador Lee Godínez.

Se utilizaron piezas de barro sin cocer de 5 x 10 x 20 cm estabilizado con 5% de cal, incorporando como mortero de liga la misma mezcla pero en estado plástico. Cada pieza mide 1000 cm³ y pesa 1.5 Kg. Se utilizan 90 piezas por metro cuadrado (con un 2.5% de desperdicio) y considerando la junta y el acabado final la bóveda tan solo pesa 270 Kg/m². Para cuantificar las piezas de barro sin cocer por metro cuadrado se toma en cuenta la forma cóncava de la superficie y se incrementa en 30 % al área a cubrir, de modo que 1 m² en planta equivale a 1.3 m² de bóveda.

Los bloques de tierra sin cocer fueron evaluados en el Instituto Politécnico Nacional y presentaron resistencias aproximadas de 31 Kg/cm² a la compresión y 2 Kg al cortante. Estas características hacen muy manejables las piezas, por lo que pueden ser rebajadas manualmente conforme se avanza en su colocación.

El trabajo en la vivienda de Santo Domingo consistió en la construcción de tres bóvedas como cubierta de sendos locales: el primero de 5.0 x 3.5 m, el segundo de 3.5 x 3.5 m. y el tercero de 2.0 x 2.0 m.

Las bóvedas de ladrillo suelen tener un desarrollo en el que su flecha (altura de la bóveda a lecho interior) corresponde a un 20% de la dimensión del lado corto del local que se ha de techar. Sin embargo, como la resistencia a la compresión de las piezas es menor que la de los tabiques, el maestro Mejía, decidió darle una flecha 30%.

De este modo se obtuvo un peralte mayor, en comparación con las bóvedas de ladrillo de manera que, además de obtener un reparto más homogéneo de las cargas, se consiguió tener mayor pendiente para el apropiado desalojo de las aguas de lluvia.

La mezcla para el mortero tenía una consistencia viscosa y ligeramente excedida de humedad para lograr una mejor adherencia con las piezas. Se preparó en una proporción aproximada de 12.5 kg de cal y 8 cubetas de 19 litros de la tierra cernida. Con relación se consiguió un rendimiento de 4 m².

El sistema requiere de una cadena de cerramiento elaborada con concreto armado, similar a la trabe de una losa, con la diferencia de que su lecho bajo cuenta con un patín de 10 x10 cm en todo su perímetro interior, sobre el cual se desplantarán la bóveda.

El procedimiento de ejecución consistió en los siguientes pasos:

1. Se trazó la mitad de las directrices del claro a cubrir de (5.0 x 3.5 m.), que en este caso fue de 2.5 m. y 1.75 m respectivamente, considerando el lado corto de los locales.
2. Se unieron las intersecciones y se obtuvieron cuatro triángulos conoides a los que llamaremos pechinas.
3. La primera hilada de cada pechina se inició colocando una pieza en el vértice, con el canto hacia abajo y las caras dispuestas con una inclinación de 45° con respecto a la vertical. Para lograr un ajuste adecuado, esas piezas se recortan en las esquinas que se apoyan en el patín de la trabe, con el objeto de conseguir el ángulo de reposo mencionado.

4. En la segunda hilada se apoyaron dos piezas sobre la primera, manteniendo la inclinación con respecto a la vertical pero semejando un arco. Se requiere también cortar las aristas de las piezas para que tomen la forma del patín de las trabes.
5. La tercera hilada o generatriz estuvo compuesta por tres piezas y una sección de ajuste al centro, a manera de dovela clave, para mantener el traslape necesario en toda mampostería.
6. La cuarta hilada llevaba cuatro piezas y se mantuvo el corte de las aristas de las piezas que se unen a la trabe para lograr un desplante adecuado.
7. De la quinta hilada en adelante, varía la cantidad de piezas en función del tamaño de la pieza que esté apoyada a la trabe. El procedimiento se repite en las siguientes hiladas hasta llegar a la mitad de la longitud de la trabe, colocando las piezas a los extremos y teniendo el ajuste al centro del arco hasta terminar la primera pechina, este procedimiento se realiza en las cuatro esquinas.



Las bóvedas de tierra en Santo Domingo.

8. Es conveniente realizar la limpieza del intradós de la bóveda durante todo el proceso de construcción con un cepillo de alambre. De este modo se evita la presencia de manchas o residuos y hacen posible el acabado natural de las piezas a la vista en el interior de los locales.
9. Terminadas las cuatro esquinas, se coloca una hilada en cada pechina en forma espiral para que mientras avanzan las hiladas paulatinamente se vaya cerrando la bóveda.



Avance de la segunda bóveda.

10. El acabado exterior de la bóveda se recubrió con cuatro capas: una lechada de cal para tapar los poros, una lechada de cal con arena fina y cernida, un aplanado con mezcla cal y 10% de cemento con arena y tela de gallinero, y finalmente otra lechada de cal para tapar las fisuras, dejando una superficie pulida lista para su posterior impermeabilización.



Vista interior del espacio abovedado.

11. La impermeabilización se realizó con una mezcla de cal y mucilago de nopal. Posteriormente se le aplicó una capa de impermeabilizante convencional.



Impermeabilizante de mucilago de nopal y agua.

12. Como acabado en el interior de la bóveda se aplicó una capa de sellador a base de mucilago de nopal y agua.

Como se sabe, las estructuras de tierra son totalmente ecológicas ya que para su elaboración no consumen energía de fuentes no renovables, ni tampoco emiten desechos contaminantes, a diferencia del resto de los materiales constructivos. Además, se trata de un material muy económico y al alcance de la mayor parte de la población que, debido a la facilidad de los sistemas constructivos que utiliza, los usuarios pueden ser partícipes directos tanto de la generación y modificación de su hábitat como de su mantenimiento y reparación. (Guerrero, 2007 b: 10). Analizando esta experiencia del Arq. Aguirre consideraría que haciendo un estudio de caso contribuiría a generar criterios de aplicación, en cuanto a mantenimiento, costos, seguridad, y la normatividad requerida para su aplicabilidad.

La necesidad de utilizar procesos y materiales ecológicos o de bajo impacto ambiental, evitando desperdicios y mejorando los sistemas vigentes y es fundamental para ayudar a que se logre una real transformación de la forma de ver a la arquitectura, no solo en el aspecto formal, sino en el aspecto de la problemática actual.

¿Qué importancia tiene el conservar una tradición? Primero que nada nos hace ser únicos, orgullosamente diferentes a los demás pero sin sentirnos superiores o inferiores a nadie. Nos da la capacidad de compartir nuestra forma de ser y los conocimientos que hemos heredado de generación en generación. De este modo oponemos resistencia al bombardeo de publicidad, que nos enseña a despreciar lo propio, con la ingenua y cuestionable idea de poder "ser modernos" y así ocupar un lugar en el mundo globalizado.

Pero entonces ¿es posible adecuar un sistema constructivo antiguo a las necesidades de la vida moderna? ¿se puede desarrollar una técnica propia que no ignore, niegue, ni excluya a las comunidades locales? En el ámbito de la construcción esto es posible si el conocimiento se difunde sin un afán egoísta de anteponer el "yo" a la idea de "compartir". En otras palabras, se puede lograr si se enseña a otros a solucionar sus problemas de una manera lógica y ecológica.

En este proceso, la difusión de los conocimientos relativos a las "bóvedas mexicanas" como una alternativa de construcción, puede ser una modesta contribución para aminorar el problema de la vivienda, a través de un movimiento de convergencia, que resista los embates de la globalización que actúa como una imposición basada en la riqueza y la generación de dependencias tecnológicas.

El aprendizaje de la técnica y la capacitación resultan sencillos para los profesionales en la materia, para los auto-construtores, así como para aquellos que tengan la voluntad de hacerlo ya que se trata de un sistema constructivo simple y repetitivo.

CONCLUSIONES

"Las creaciones tradicionales desde el diseño de objetos, actividades individuales o colectivas hasta las transformaciones espaciales, para poder trascender requieren de tres elementos fundamentales. Primero el conocimiento y respeto de su valor, segundo la revitalización de su uso con las aportaciones creativas pero responsables de cada generación y, tercero, de la obligatoriedad de su transmisión. Las tradiciones son delicadas y sensibles por lo que para que puedan seguir vivas requieren algo más que su estudio y difusión, algo más que su repetición y almacenaje en ambientes artificiales y asépticos ajenos a su origen: necesitan su actualización, es decir, su activación condicionada a las circunstancias cambiantes de cada época." (Guerrero, 1994: 18)

Somos herederos de una riqueza constructiva, fruto del saber popular, probado, vigente, y que en nuestra realidad latinoamericana, donde los procesos de industrialización son costosos y escasos, se vuelve un patrimonio invaluable.

Nos sumamos al esfuerzo y al trabajo conjunto por difundir y seguir elaborando propuestas acordes a cada cultura, pero sin que esto signifique rechazar el desarrollo técnico que se adapte a las necesidades de cada sociedad. Las carencias de nuestra civilización actual son demasiado evidentes como para no estar seguros de que son indispensables los cambios fundamentales en la asimilación de la técnica que sustenten el progreso real de la sociedad.

Como diseñadores y constructores que creemos que la arquitectura tiene un compromiso social, vemos en esta forma de edificar una alternativa en la que los materiales se usan a partir de una comprensión profunda de su esencia y de sus posibilidades. Difundir herramientas como ésta y ponerlas en práctica, podrá acercarnos a una forma equilibrada de re-humanizar la técnica y dirigirla al servicio y desarrollo del hombre en convivencia con la naturaleza.

Es necesario creer en la posibilidad de crecer en el conocimiento de nuestra propia capacidad cimentada en la estructura de nuestra cultura. Las alternativas que representen los avances tecnológicos también pueden formar parte de nuestro acervo cultural, siempre y cuando sean usados con sentido crítico. Una arquitectura no puede ser sana y sustentable si no responde a las necesidades esenciales del hombre.

GLOSARIO

Arista o arístón.- Línea que resulta de la intersección de dos superficies, considerada por la parte exterior del ángulo que forman.

Clave.- dovela central en el vértice de un arco. Piedra más alta de una bóveda o la intersección de dos o más nervios.

Cúpula de pechinas.- Cúpula formada cortando una semiesfera por cuatro planos verticales que corresponden a los lados de un rectángulo inscrito en el círculo de arranque: es decir, es una cúpula levantada sobre las cuatro pechinas. También llamada Bóveda vaída.

Bóveda.- Estructura arqueada de piedra, ladrillo u otro material que forma el techo o la cubierta de una habitación o de otro espacio parcial o totalmente cerrado. Obra de fábrica curvada, que sirve para cubrir el espacio comprendido entre dos muros o varios pilares. Habitación labrada sin madera alguna, cuya cubierta o parte superior es de bóveda.

Bóveda de cañón.- bóveda de sección transversal semicircular. Sinónimo bóveda cilíndrica.

Bóveda cónica.- La que tiene una sección transversal circular de mayor diámetro de un extremo que en otro.

Dovela.- Piedra labrada en forma de cuña, para formar arcos o bóvedas, el borde del suelo del alfarje, etc. // Constr. Cada una de las superficies de intradós o de trasdós de las piedras de un arco o bóveda.

Directriz.- línea fija que guía el movimiento de una generatriz para descubrir una curva o superficie. Dicho de una línea, de una figura o de una superficie: Que determina las condiciones de generación de otra línea, figura o superficie. Conjunto de instrucciones o normas generales para la ejecución de algo.

Estribar.- Dicho de una cosa: Descansar en otra sólida y firme.

Hilada.- Serie horizontal de ladrillos o piedras en un edificio.

Hilada de arranque.- En una bóveda de albañilería, hilada horizontal que constituye la transición entre los contrafuertes o las impostas de la bóveda.

Intersección.- Encuentro de dos líneas, dos superficies o dos sólidos que recíprocamente se cortan, y que es, respectivamente, un punto, una línea y una superficie.

Lechada.- Masa muy suelta de cal o yeso, o de cal mezclada con arena, o de yeso con tierra, que sirve para blanquear paredes y para unir piedras o hiladas de ladrillo.

Mucilago o mucilago.- Sustancia viscosa, de mayor o menor transparencia, que se halla en ciertas partes de algunos vegetales, o se prepara disolviendo en agua materias gomosas

Patín.- Es una saliente en perímetro interior de la trabe, sobre el cual se desplanta la bóveda.

Pechina.- Cada uno de los triángulos esféricos que forman la transición de la planta circular de de una cúpula a la planta poligonal de su estructura sustentante: dicho de otro forma, Cada uno de los cuatro triángulos curvilíneos que forman el anillo de la cúpula con los arcos torales sobre que estriba.

Generatriz.- Elemento que engendra una figura geométrica, en especial una línea recta que engendra una superficie al desplazarse de una manera determinada. Dicho de una línea o de una figura: Que por su movimiento engendra, respectivamente, una figura o un sólido geométrico.

BIBLIOGRAFÍA

Definiciones.

1.- Definición del centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos HABITAT, 1991.

Libros.

Fathy, Hassan, 1975, Arquitectura para los pobres, Textos Extemporáneos, México D.F.

Ramírez P., Alfonso, 2001, Habitar una Quimera, UNAM, México D.F.

Toca F. Antonio, 1998, Arquitectura y ciudad, IPN, México D.F.

Guerrero B., Luis, 1994, Arquitectura de tierra, UAM-Azcapotzalco, México D.F.

Guerrero B., Luis (Coord.), 2007b, Patrimonio construido con tierra, UAM-Xochimilco, México D.F.

Juan J. Arenas de Pablo, 1998, Las grandes bóvedas hispanas, Madrid 1998.

Pedro Lorenzo Gállido, (Coordinador y redactor general) 2005, Un techo para vivir, ETSAV. Ecola Técnica Superior d' Arquitectura del Vallès.

Riechmann, Jorge, (2006), Biomímesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, eco socialismo y auto contención, 1a ed., España, editorial Los libros de la Catarata, 2006, 362

López López, Víctor Manuel, 2007, Sustentabilidad y desarrollo sustentable, Origen precisiones y metodología operativa, Editorial Trillas.

Ortiz Flores, Enrique, (1998), Notas sobre la Producción Social de Vivienda - Elementos básicos para su conceptualización e impulso. Documento para discusión, México, D. F., Casa y Ciudad, Febrero de 1998, 71 páginas.

CONAPO (2000), Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010, México.

TORROJA, Eduardo, 1960. Razón y ser de los tipos estructurales. Editorial Instituto E. Torroja, p. II-3.

Tesis

Pacheco Martínez, Jorge Alberto, 2008, El consumo energético en la vivienda autoproducida. UAM-Xochimilco, México D.F.

Ramírez P., Alfonso, 2002, "Bóvedas de suspiro y barro", en Revista Bitácora, nº 7, Facultad de Arquitectura de la UNAM, México D.F.

Du Plessis, Chrisna, 2002, Agenda 21 For Sustainable Construction in Developing Countries, CSIR Building and construction technology, Petroria, Sudáfrica.

Seminarios.

Calla García, Alberto, 2003, Ponencia: La tecnología en la producción de viviendas y su influencia en la calidad de vida, Seminario Iberoamericano de políticas de viviendas. San Miguel Tucumán, República de Argentina del 11 al 14 de noviembre de 2003.

Páginas web.

Ramírez P., Alfonso, 2004, "Arquitectura propia. Cubiertas de ladrillo 'recargado' (1)", Abril, Portal Vitruvius, http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq047/arq047_03_e.asp

Marín, P., Ana María, 2002, "Más con menos: elementos gráficos para un estudio de las variaciones de las bóvedas aligeradas de fábrica (tabicadas) S. XVIII-XX", e IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación
<http://www.udc.es/dep/rta/WebEGA/PDFs/Grupo3/MARI2.pdf>

Bóvedas mexicanas <http://www.arcillayarquitectura.com> Aguirre M., Ramón.

Ramón Aguirre Morales, Egresado de la UNAM, Especialización en Cubiertas ligeras en el posgrado de la UNAM. Experiencia laboral: Construcción de bóvedas, de forma independiente desde 1991 y como director técnico de la firma Triángulo Diseño y construcción. Difusión del tema, por medio de cursos, conferencias y prácticas, en diferentes instituciones en México como en el extranjero.c.e.: aguirre30@msn.com

Alan Laguerenne Becerril, Egresado de la UAM-X, Diplomado en Conservación y reutilización Arquitectónica, Estudiante de Maestría en la UAM-X, en el área de Sustentabilidad ambiental. Experiencia laboral: Coordinador del Área de Proyectos en Asesoría Jurídica Notarial e Inmobiliaria S. C. Coordinador de Proyectos de Vivienda, en Fundación Vamos a dar S.C. c.e.: alanlaguerenne@hotmail.com

Currículum:

Ramón Aguirre Morales, Egresado de la UNAM, Especialización en Cubiertas ligeras en el posgrado de la UNAM. Experiencia laboral: Construcción de bóvedas, de forma independiente desde 1991 y como director técnico de la firma Arcilla y Arquitectura. Difusión del tema, por medio de cursos, conferencias y prácticas, en diferentes instituciones en México como en el extranjero.

Alan Laguerenne Becerril, Egresado de la UAM-X, Diplomado en Conservación y reutilización Arquitectónica, Estudiante de Maestría en la UAM-X, en el área de Sustentabilidad Ambiental. Experiencia laboral: Coordinador del Área de Proyectos en Asesoría Jurídica Notarial e Inmobiliaria S. C. Coordinador de Proyectos de Vivienda, en Fundación Vamos a dar S.C.

COMPRESSÃO EXCÊNTRICA EM PAREDES CONSTRUÍDAS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE SOLO-CIMENTO

Assis, João B. S. de - Chahud, Eduardo - Assis, Paulo S.

Palavras-chave: solo-cimento, blocos intertravados, resistência à compressão de paredes

RESUMO

Sabe-se que a construção com terra é tradicional e ancestral. O solo é utilizado como matéria-prima para a obtenção de tijolos ou blocos vazados ou não e com as mais diversas formas. Os avanços e inovações de técnicas de construção com terra têm ocorrido de forma relativamente lenta. O sistema construtivo ora apresentado foi criado no Brasil e desde a sua criação está sendo testado e a partir de ensaios laboratoriais deseja-se comprovar o seu desempenho. O bloco intertravado, componente principal do sistema construtivo foi utilizado para compor paredes para serem ensaiadas à compressão excêntrica. Em parte do trabalho serão apresentadas resumidamente as características dimensionais dos blocos, com o objetivo de ressaltar a sua qualidade dimensional. As paredes são montadas empilhando-se os blocos padrão com um trespasse de meio bloco e a finalização da parede é feita por meio bloco padrão. Prismas com três fiadas foram preparados e ensaiados à compressão com o objetivo de comparar os resultados das tensões deles com as obtidas nas paredes. Ressalta-se que, diferente da alvenaria convencional, as paredes são construídas com os blocos montados sem argamassa de ligação, nas juntas horizontais.

Visando-se a ampliar o conhecimento relativo às características de paredes construídas com blocos intertravados, foram executados ensaios de compressão excêntrica em paredes com dimensões de 1210 x 2700 (mm²), objetivando determinar as tensões de compressão e os deslocamentos verticais e horizontais delas. Através destes ensaios foi possível observar também como as paredes se rompem e perdem a sua estabilidade. Os resultados finais foram analisados e comparados com cargas que seriam necessárias a paredes de uma edificação hipotética. Chegou-se à conclusão que paredes deste tipo, construídas conforme as do ensaio aqui estudado atendem às exigências relativas à sua segurança estrutural.

1. INTRODUÇÃO

A construção com terra é uma técnica tradicional ancestral. A terra (solo) é utilizada como matéria-prima para a obtenção do adobe; de tijolos com ou sem fibra; de tijolos vazados das mais variadas formas e, mais recentemente, de tijolos especiais retificados, produzidos na França, segundo CAVALHEIRO (1994).

Os tijolos que não são levados ao forno para serem queimados normalmente recebem o nome de tijolos de terra crua. Na estabilização do solo, vários são os ligantes aplicados, tais como: betume, fezes de animais, cal, cimento e resinas orgânicas.

Os blocos utilizados neste trabalho, também denominados blocos intertravados, são de solo-cimento e foram utilizados, sem argamassa de assentamento, introduzindo uma forma inovadora de compor as paredes, que difere da alvenaria conhecida como tradicional, conforme ASSIS e CHAHUD (2001).

Por esta razão, visando-se ampliar o conhecimento relativo de paredes construídas com blocos de encaixe ou intertravado e, sem argamassa de assentamento, foram executados ensaios de compressão excêntrica em três paredes, objetivando determinar as cargas limites por unidade de comprimento e os deslocamentos verticais e horizontais delas. Ainda, para verificar se as paredes podem ou não ser utilizadas em edificações, uma situação hipotética foi considerada para ao final comparar com os resultados experimentais obtidos neste estudo. Através destes ensaios foi possível observar também como as paredes se rompem e perdem a sua estabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 Materiais

Os materiais utilizados foram os seguintes:

Blocos de solo-cimento; Cimento CP II E 32; Areia lavada de rio; Prensa de tração universal, com capacidade máxima de 400 kN; Balança eletrônica com capacidade máxima de 15 kg e resolução de 1g; Misturador planetário com capacidade de 5 l e com duas velocidades de rotação; Pórtico apropriado para ensaio de paredes em escala real; Cilindros hidráulicos com capacidade de 100 kN cada um; Células de carga com capacidade de 100 kN, cada, e resolução de 1 kN; Relógios comparadores para medição dos deslocamentos verticais e horizontais. O D3, utilizado para a medição do deslocamento horizontal, com resolução de 0,1 mm e os D1 e D2, utilizados para a medição dos deslocamentos verticais com resolução de 0,01 mm; Câmara climatizada mantida (com dispositivos de controle) com umidade acima de 90% e; Pequenos equipamentos e acessórios comumente utilizados em laboratórios.

1.2 Métodos

Durante a execução de todo o trabalho que originou os resultados aqui apresentados, tomou-se o cuidado de garantir as mesmas condições na realização dos ensaios, como:

(i) os mesmos materiais, e o mesmo operador para a montagem de todas as paredes e prismas; e (ii) os ensaios das paredes seguiram as diretrizes preconizadas pela NBR 8949/85, “paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples”, da ABNT.

Dos 2000 blocos recebidos no laboratório, foram extraídos 12 (doze) exemplares para a avaliação dimensional. Esta ação torna-se extremamente necessária por se tratar de blocos para alvenaria encaixada e sem argamassa de assentamento.

Num segundo momento foram preparados prismas com e sem argamassa com o objetivo de saber as suas resistências à compressão e poderem-se comparar estes resultados com os obtidos nas paredes. Complementarmente, foram realizados ensaios para a determinação da resistência à compressão da argamassa utilizada para o preenchimento dos furos dos blocos e de prismas construídos a partir de blocos extraídos da amostra principal, durante a execução de cada parede-teste.

Por fim, foram preparadas paredes em escala real, com largura de 1.210 mm, espessura de 110 mm e altura de 27 fiadas. Estas paredes receberam cargas de compressão excêntrica, conforme detalhes a seguir apresentados.

1.2.1 Carga permanente e acidental na parede

Com o objetivo de poder comparar os resultados dos ensaios realizados com as cargas possíveis de ocorrer em uma edificação hipotética, considerou-se uma construção fictícia com cômodos de vãos máximos de 4 m. Como carga distribuída, no telhado, considerou-se 0,70 kN/m² (permanente) e 0,5 kN/m² (acidental). Adotou-se, ainda, uma laje com as cargas de 1,85 kN/m² e 1,00 kN/m², permanente e acidental, respectivamente. Condensando os cálculos, obteve-se:

Telhadoⁱ

Carga permanente	$0,70 \times 5,75/2 = 2,01 \text{ kN/m}$
Carga acidental	$0,50 \times 5,75/2 = 1,44 \text{ kN/m}$

Laje

Carga permanente	$1,85 \times 4,0 = 7,4 \text{ kN/m}$
Carga acidental	$1,00 \times 4,0 = 4,0 \text{ kN/m}$

Resumo

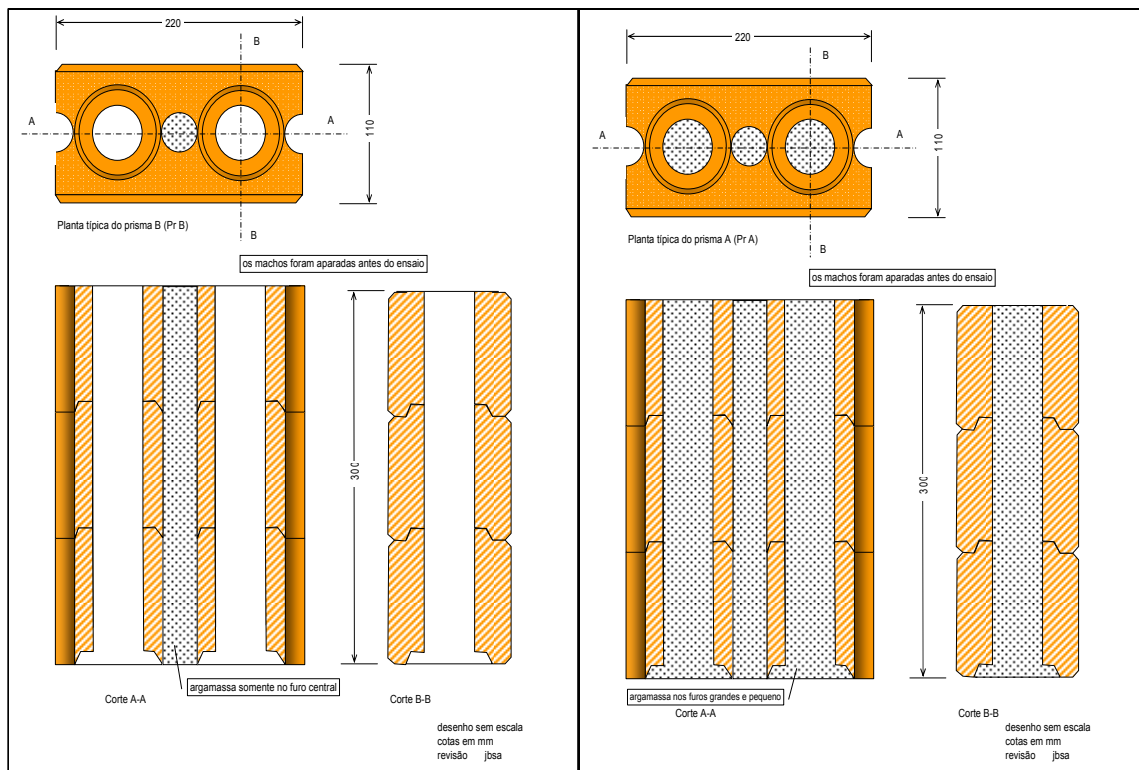
Carga permanente total	$S_{gk} = 2,01 + 7,4 = 9,41 \text{ kN/m}$
Carga acidental total	$S_{qk} = 1,44 + 4,0 = 5,44 \text{ kN/m}$
Carga total na parede	$1,4 \times S_{gk} + 1,7 S_{qk} = 22,42 \text{ kN/m}$

1.2.2 Características das paredes e dos prismas ensaiados

As paredes foram construídas simultaneamente. A primeira foi construída sob o pórtico de ensaio e as outras proximamente a ele. As 2ª. e 3ª, tão logo terminou o ensaio da anterior, foram transportadas para o pórtico de ensaio. Os blocos foram empilhados com juntas de amarração equivalentes à metade de um bloco-padrão (TJ110), simplesmente encaixados uns aos outros, sem a utilização de argamassa de assentamento. Para a consolidação das paredes, os furos menores foram preenchidos com argamassa, e os furos grandes das extremidades foram armados com barras de aço de 5 mm de diâmetro e, posteriormente, preenchidos com a mesma argamassa. Seguindo as recomendações do sistema construtivo, as duas últimas fiadas receberam barras de aço com diâmetro de 5 mm, na horizontal, colocadas no centro da parede. Nestas duas últimas fiadas utilizaram-se blocos com detalhe especial e caracterizados como TJ 115, blocos estes próprios para a confecção de cintas e vigas.

As características geométricas e detalhes dos prismas Pr B podem ser visualizadas através da **!Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Nesta figura apresentam-se a planta do prisma, os cortes e a região de preenchimento com argamassa tipo ii (1 de cimento e 4 de areia), conforme recomendação da norma britânica BS 5628.

As características geométricas e detalhes dos prismas tipo A estão apresentados na Figura 1b. Nesta figura apresentam-se a planta do prisma, os cortes e a região de preenchimento com argamassa.



(a) – Detalhes do prisma Pr B

(b) – Detalhes do prisma Pr A

Figura 1 – Planta e cortes dos prismas Pr B e Pr A

Para a determinação da resistência à compressão dos blocos e argamassa empregados na construção das paredes, foram moldados, em paralelo à sua confecção, 18 (dezoito) corpos-de-prova cilíndricos ($\phi = 5$ cm e $h = 10$ cm) da argamassa utilizada no preenchimento dos furos dos prismas e paredes, e 12 (doze) prismas, sendo 6 (seis), com argamassa nos furos pequenos e grandes, prisma Pr A e 6 (seis) preenchidos por argamassa somente no furo central pequeno, prisma Pr B.

As paredes foram construídas em quatro dias e pelo mesmo pedreiro, para evitar introdução de variável importante vinculada à mão-de-obra. A argamassa utilizada foi 1:4, Tipo II, segundo a norma BS 5628.

Antes da construção das paredes definitivas para este trabalho, construiu-se uma única parede com os furos centrais pequenos, preenchidos com argamassa, objetivando verificar se ela suportaria a carga excêntrica desejada. Tendo-se obtido um resultado de baixo valor, optou-se por ensaiá-las de uma forma definitiva, porém, com a inserção de barras de aço instaladas apenas nos furos grandes das extremidades direitas e esquerdas.

1.2.3 Procedimentos do ensaio

Os ensaios das paredes foram realizados seguindo-se as diretrizes da norma NBR 8949/85, “Paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples”, da ABNT.

As paredes foram confeccionadas com largura de 1210 mm e altura de 2730 mm com os blocos e meios blocos. Nas extremidades direita e esquerda os furos grandes foram armadas com barras de aço CA 60 com 5 mm de diâmetro e preenchidos por argamassa de cimento areia 1:4. As duas últimas fiadas de cada parede foram construídas com os blocos TJ 115. Durante a montagem delas, barras de aço CA 60 com 5 mm de diâmetro foram colocadas e, após a conclusão do empilhamento, os furos foram preenchidos pela argamassa 1:4 informada anteriormente. A Figura 2 apresenta esquematicamente a posição dos relógios comparadores e o local em que se aplicou a carga excêntrica. O carregamento vertical foi aplicado com excentricidade de 1/6 da espessura da parede. Para a aplicação das cargas, foram utilizados dois cilindros hidráulicos com capacidade de 100 kN cada um. Foram utilizadas, ainda, duas células de carga com capacidade de 100 kN, cada, e resolução de 1 kN.

Adotou-se como carga de referência para o primeiro estágio, um valor aproximadamente igual à soma das cargas permanente e acidental do telhado majoradas pelos coeficientes respectivos para S_{gk} e S_{qk} . Efetuando-se os cálculos, chegou-se ao valor de 5,3 kN/m, e, para a parede de 1,21 m de largura, ao valor aproximado de 6,5 kN/m.

A aplicação das cargas foi executada em quatro estágios. No primeiro, aplicou-se a carga até atingir 6,5 kN e, ao atingir este valor, retirou-se totalmente a carga. No segundo, aplicou-se a carga de 52 kN (aproximadamente a metade da carga de ruptura prevista). Neste estágio, o carregamento foi gradual e com cinco paradas, objetivando efetuar as leituras de deslocamentos relativos a cada carga. Terminada a leitura e registro do deslocamento da carga máxima deste estágio, esta foi retirada por completo. No terceiro ciclo de carregamento, aplicaram-se cargas até a máxima prevista, divididas em cinco paradas, objetivando a leitura e apontamento dos deslocamentos. Após a anotação do deslocamento com a carga máxima neste estágio, ela foi retirada da parede, por completo. No último estágio, os instrumentos foram retirados e a carga foi aplicada até a ruptura da parede. Neste estágio não houve medição de deslocamentos.

A disposição da instrumentação utilizada nos ensaios das paredes encontra-se detalhada na Figura 2. Os deslocamentos horizontais foram medidos pelo relógio comparador D3. Os relógios comparadores D1 e D2, utilizados para a medição dos deslocamentos verticais apresentaram resolução de 0,01 mm.

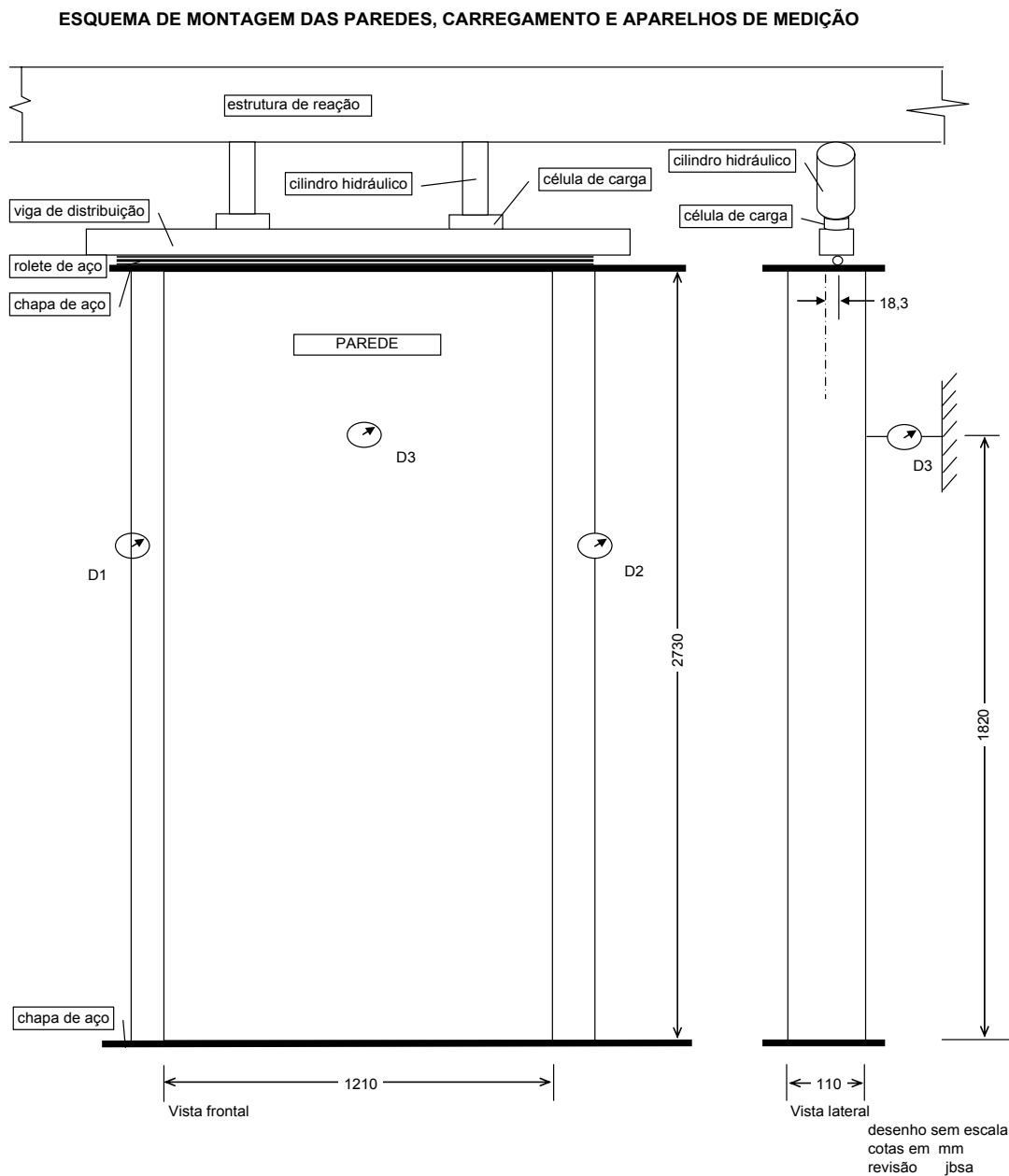


Figura 2 – Esquema de montagem dos instrumentos das paredes

3. RESULTADOS DOS ENSAIOS

1.3 Características dimensionais dos blocos

A Figura 3 mostra com detalhe todas as cotas do bloco padrão identificado por TJ 110. Os valores médios das cotas mostradas nesta figura encontram-se apresentados na Tabela 1.

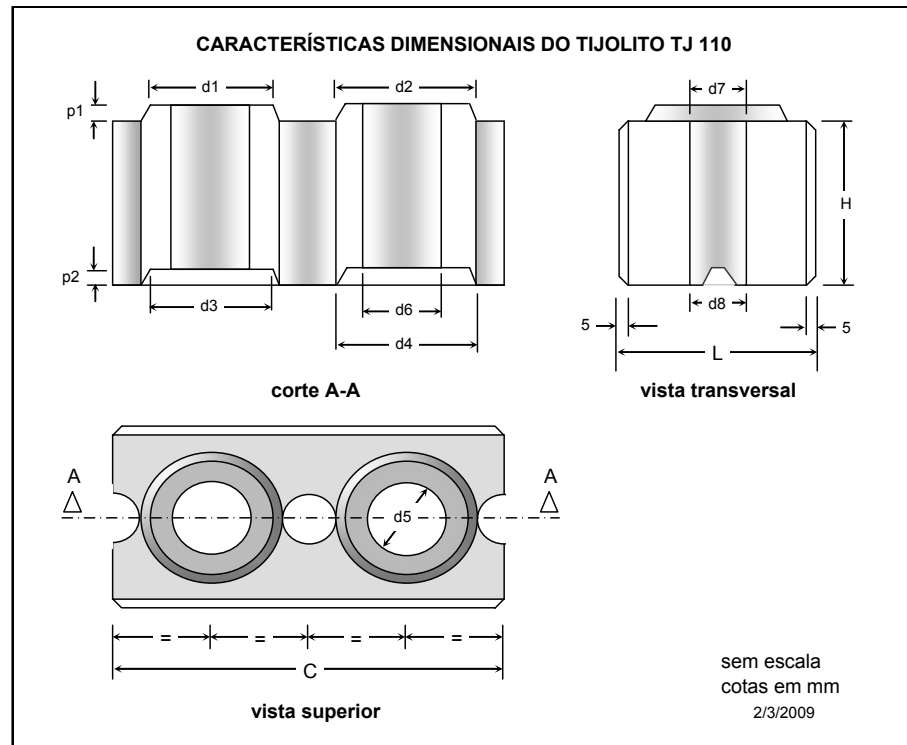


Figura 3 – Características dimensionais do bloco padrão. Fonte: ASSIS (2001)

Dimensões (mm)													
cp	L	H	C	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	p1	p2
média	110,2	100,0	220,1	69,2	78,7	70,0	80,3	44,7	45,8	31,9	32,8	9,9	11,1
s	0,16	0,57	0,19	0,38	0,39	0,35	0,63	0,24	0,07	0,09	0,20	0,15	0,19
cv (%)	0,15	0,57	0,09	0,56	0,50	0,50	0,79	0,54	0,16	0,28	0,62	1,48	1,76

Tabela 1 – Valores médios para as dimensões dos doze blocos avaliados. Fonte: ASSIS (2008)

1.4 Compressão em prismas de blocos e em corpos-de-prova de argamassa

Os resultados dos ensaios à compressão axial dos prismas Pr A e Pr B e dos corpos-de-prova (cps) da argamassa utilizada no preenchimento dos furos dos blocos e das paredes, encontram-se na Tabela 2 e na Tabela 3, respectivamente:

Prismas	Carga última em kN	Tensão última fp em MPa	Prismas	Carga última em kN	Tensão última fp em MPa
Pr A-1	103	4,3	Pr B-1	60	2,5
Pr A-2	113	4,7	Pr B-2	62	2,6
Pr A-3	107	4,4	Pr B-3	55	2,3
Pr A-4	95	3,9	Pr B-4	50	2,1
Pr A-5	90	3,7	Pr B-5	55	2,3
Pr A-6	92	3,8	Pr B-6	58	2,4
Média	100	4,1	Média	57	2,3
s	9	0,4	s	4	0,2
cv%	9	9	cv%	8	8

Tabela 2 – Resistência à compressão dos prismasⁱⁱ Pr A e PrB – área bruta

cps	Carga última em kN	Tensão última f_a em MPa	cps	Carga última em kN	Tensão última f_a em MPa
1	11,2	5,6	10	14,0	7,0
2	13,0	6,5	11	14,2	7,1
3	14,2	7,1	12	14,6	7,3
4	15,6	7,8	13	14,5	7,2
5	14,5	7,2	14	14,2	7,1
6	15,6	7,8	15	14,0	7,0
7	16,2	8,1	16	14,6	7,3
8	16,4	8,2	17	14,1	7,0
9	16,1	8,0	18	13,2	6,6
			Média	14,5	7,0
			s	1,3	0,2
			cv%	9	4

Tabela 3 – Resistência à compressão da argamassa utilizada nos furos dos prismas e paredes

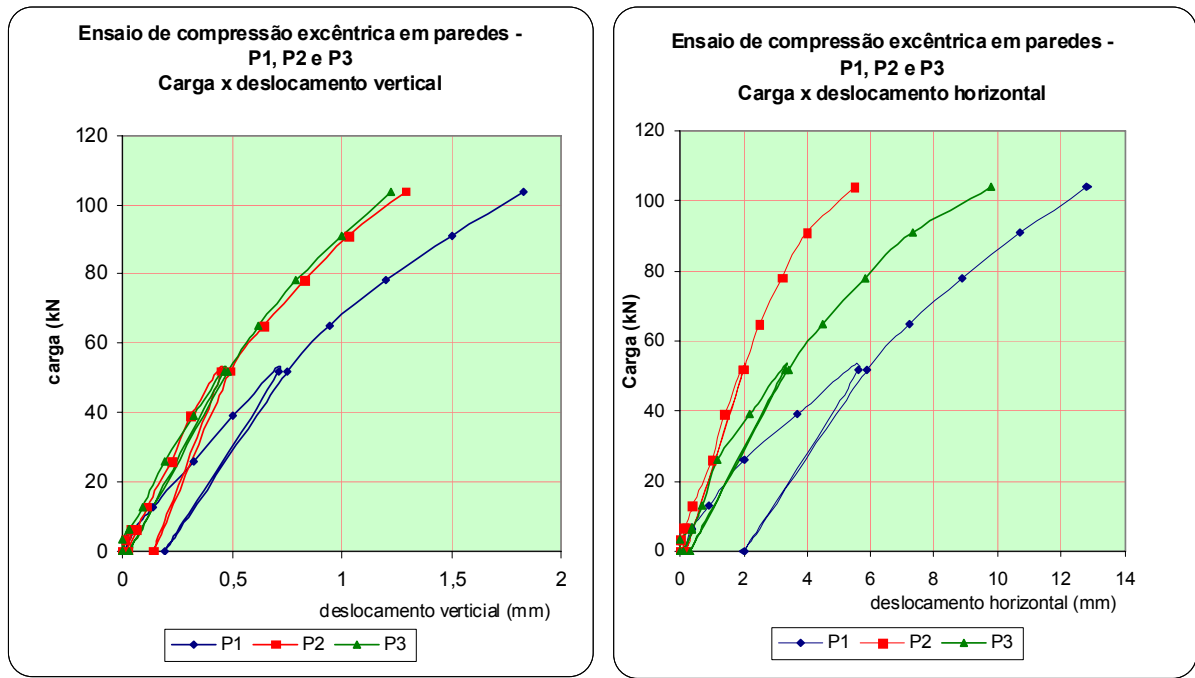
1.5 Compressão excêntrica das paredes

As cargas de ruptura, os deslocamentos verticais médios e horizontais ocorrentes durante os ensaios estão apresentados na Tabela 4:

carga (kN)	PAREDE 1		PAREDE 2		PAREDE 3	
	DM ⁱⁱⁱ (mm)	D3 (mm)	DM(mm)	D3(mm)	DM(mm)	D3(mm)
-	-	-	-	-	-	-
3,25	0,01	-	0,01	-	-	-
6,50	0,05	0,40	0,04	0,10	0,03	0,40
-	0,01	0,10	0,02	0,10	-	0,10
6,50	0,05	0,40	0,06	0,20	0,03	0,40
13,00	0,14	0,90	0,11	0,40	0,09	0,70
26,00	0,32	2,00	0,22	1,00	0,19	1,20
39,00	0,50	3,70	0,31	1,40	0,32	2,20
52,00	0,71	5,60	0,45	2,00	0,46	3,30
-	0,19	2,00	0,14	0,20	0,03	0,30
52,00	0,75	5,90	0,49	2,00	0,48	3,40
65,00	0,94	7,20	0,64	2,50	0,62	4,50
78,00	1,20	8,90	0,83	3,20	0,79	5,80
91,00	1,50	10,70	1,03	4,00	1,00	7,30
104,00	1,83	12,80	1,29	5,50	1,22	9,80

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de compressão excêntrica das paredes P1, P2 e P3

A Figura 4 apresenta os gráficos de carga vs deslocamento horizontal e vertical registrados durante os ensaios de compressão simples com carga excêntrica. O deslocamento residual variou entre um mínimo de 0,03 mm e um máximo de 0,19 mm. Os deslocamentos limites superiores, obtidos nas cargas máximas, ficaram entre um mínimo de 1,22 mm e um máximo de 1,83 mm. Os deslocamentos horizontais limites, medidos durante a aplicação das cargas máximas, variaram de um mínimo de 5,5 mm e um máximo de 12,8 mm. Em se tratando de paredes com blocos intertravados e isentos de argamassa nas juntas horizontais, os valores encontrados são, a nosso ver, aceitáveis. Aproveita-se ainda, este momento para divulgar os resultados deste estudo com o objetivo de contribuir com futuros resultados de outros pesquisadores.

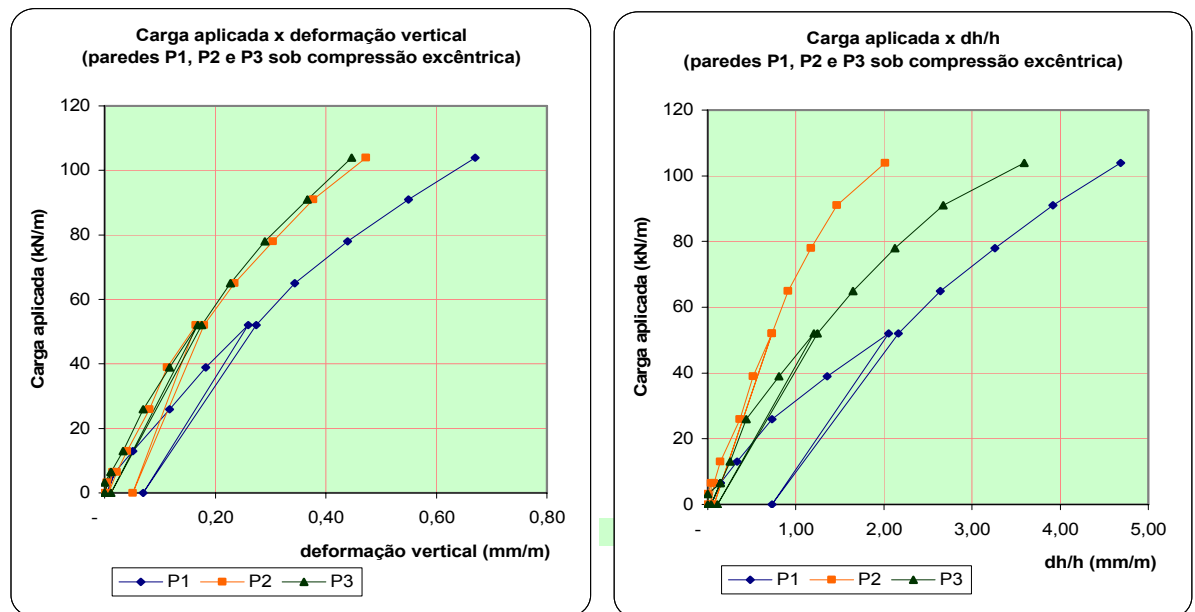


(a) Carga x deslocamento vertical

(b) Carga x deslocamento horizontal

Figura 4 – Diagramas carga x deslocamento das paredes P1, P2 e P3

A Figura 5 apresenta gráficos de carga x deformação vertical e carga x dh/h. No gráfico da figura 5(a) observa-se que a parede P2 apresentou valores intermediários se comparados com os valores obtidos em P1 e P3, mas muito próximos dos resultados da parede P3. As deformações limites, mínima e máxima, medidas na carga máxima, foram 0,47 mm/m e 0,67 mm/m, respectivamente. As deformações residuais ficaram entre um mínimo de 0,01 mm/m e um máximo de 0,07 mm/m.



(a) Carga aplicada x deformação vertical

(b) Carga aplicada x dh/h

Figura 5 – Diagramas Carga x deformação e Carga x dh/h

1.6 Determinação das tensões na base da parede

Considerações iniciais

Os cálculos a seguir serão apresentados considerando-se para a parede, o comprimento unitário de 1,0 m e a altura de 2,73 m e uma carga limite, média de compressão excêntrica de 103,87 kN. O peso médio de cada bloco, adotado, foi de 36 N. Como o peso próprio diminui a parcela do momento na base, as tensões serão calculadas na região do relógio comparador D3. A parcela do peso próprio utilizada na seção transversal foi de 1/3 dele, por estar a seção transversal objeto do cálculo na região de D3. Para o momento fletor devido ao peso próprio, considerou-se somente a metade deste valor.

Na Tabela 5 serão apresentados os valores, de forma resumida, que farão parte dos cálculos das tensões normais na base da parede ensaiada.

Carga média aplicada (N)	peso próprio total da parede (N)	Dimensões para o cálculo (mm)			
		largura	espessura	altura	excentricidade imposta
103.867	4.467	1.000	110	2.730	18,33

Tabela 5 – resumo de dados para a determinação da tensão normal

A tensão normal, genérica, numa seção transversal de área A, sugerida por BARBOSA (1996), para uma peça flexo comprimida pode ser expressa pela Equação 1:

$$\sigma_z = -\frac{P_T}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} y \dots\dots\dots [1]$$

As mínima e máxima tensão normal na seção transversal mais solicitada da parede, são:

$$\sigma_{z,\min} = -0,96 + 1,46 = +0,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,\max} = -0,98 - 1,46 = -2,41 \text{ MPa}$$

Como as paredes ensaiadas resistiram bem às cargas aplicadas e não se observou abertura de juntas, indicando a possibilidade de tração numa das faces, pode-se concluir que as duas pequenas colunas armadas participaram bastante dos quinhões dos esforços solicitantes.

Sugere-se que em outros estudos, sejam verificados os quinhões de carga para a argamassa e a barra de aço das colunetas existentes nas extremidades da parede.

2. CONCLUSÕES

- 1- Os deslocamentos verticais, das paredes P1, P2 e P3, ensaiadas, foram de; (i) 1,83 mm; (ii) 1,29 mm; e (iii) 1,22 mm, respectivamente. As deformações relativas à altura das paredes foram para P1, P2 e P3, 0,67 mm/m; 0,47 mm/m; e 0,45 mm/m, respectivamente. Se se considerar um valor médio para as deformações de todas as paredes ensaiadas, chega-se ao valor de 0,53 mm/m. Comparando este valor com os obtidos por BARBOSA (1996), verifica-se, ser ele perfeitamente aceitável, principalmente porque a excentricidade usada pelo pesquisador indicado foi inferior a utilizada neste trabalho.
- 2- Como as deformações residuais verticais ficaram entre 0,01 mm/m e 0,07 mm/m, a nosso ver, pode-se considerá-las perfeitamente aceitáveis. A deformação residual horizontal máxima foi aproximadamente 0,73 mm/m, tomando a altura da parede como referência. Comparando o deslocamento residual máximo com o máximo deslocamento medido, chega-se a 15%. Como não se comparou estes resultados com nenhuma bibliografia, eles servem como elementos para possíveis comparações futuras.
- 3- Os deslocamentos horizontais obtidos nos ensaios das paredes P1, P2 e P3, foram de: 12,8 mm; 5,5 mm; e 9,8 mm, respectivamente. O valor médio foi de 9,37 mm. Considerando este valor como uma flecha horizontal e comparando-a com a altura da parede chega-se a uma relação h/dh = 291. Este valor não será comparado com nenhuma referência, mas poderá servir para futuros estudos similar aos aqui apresentados, porém a nosso ver, pode ser aceitável.

- 4- Considerando-se que a carga média de ruptura das paredes foi de aproximadamente 104 kN/m com um coeficiente de variação de 8,6%, pode-se obter o coeficiente de minoração γ , do seguinte modo: $\gamma = 1 + 4 \cdot C_v = 1,34$. Este valor foi utilizado para obter a carga máxima, com segurança, para as paredes, portanto, a carga segura foi de: $P_r/\gamma = 104/1,34 = 77,3$ kN/m. Como o valor máximo projetado, por hipótese, foi de 22,42 kN/m, conclui-se que as paredes suportam o carregamento excêntrico, com segurança. Se este valor foi obtido para um pavimento, seria possível executar esta parede, com segurança, para até três pavimentos.
- 5- Considerando os cálculos apresentados anteriormente, observa-se que houve tensão de tração na seção transversal avaliada e que a tensão de compressão máxima foi de 2,41 MPa. Como não se observou abertura das juntas, sugeridas pela tração calculada, pode-se concluir que as colunetas armadas devem ter sido as responsáveis pela estabilidade das paredes, excluindo-se a possibilidade de utilizar-se a equação 1, para obter as tensões numa seção transversal genérica.

3 . BIBLIOGRAFIA

- ASSIS, João Batista Santos de. Avaliação experimental do comportamento estrutural de paredes não armadas, submetidas à compressão axial, construídas com tijolito. Orientador: Eduardo Chahud. 2001. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- _____. Determinação experimental da resistência à tração na flexão em paredes construídas com blocos intertravados de solo-cimento. Orientador: Professor e Dr. Eduardo Chahud. 2008. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6461. Bloco cerâmico para alvenaria: verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.
- _____. NBR 15.575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.
- BARBOSA, Normando Perazzo. Construção com terra crua, do material à estrutura. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 1996. 86 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS-5628: Code of practice for structural use of masonry: part I: unreinforced masonry. London, 1992.
- CAVALHEIRO, O. P. Alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto: exemplo de cálculo segundo a norma brasileira. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. Proceedings ... Florianópolis: UFSC, 1994. p. 375-385.

Autores

João Batista Santos de Assis: Engenheiro civil, Doutor em engenharia de estruturas, Professor Adjunto III e coordenador do departamento e do curso de engenharia civil do PUC Minas. Diretor técnico da SAPS – Engenharia e Consultoria. e-mail jbsassis@yahoo.com.br

Eduardo Chahud: Professor e coordenador do curso de mestrado em Construção Civil da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo. Universidade Fumec – e-mail chahud@fumec.br

Paulo Santos de Assis – Prof. Titular da Escola de Minas de Ouro Preto, Prof. da REDEMAT, Prof. Honorário da HUST, China. e-mail: assis@em.ufop.br

ⁱ Considerou-se o telhado com telhas cerâmicas, engradamento de madeira e laje pré-moldada revestida. O telhado e a laje foram considerados bi-apoiados.

ⁱⁱ (a) A tensão f_p foi obtida a partir da área bruta, determinada com base no desenho do bloco apresentado na Figura 3; (b) Os prismas A receberam argamassa em todos os furos; e (c) Os prismas B receberam argamassa somente no furo pequeno central.

ⁱⁱⁱ DM representa a média dos valores de D1 e D2, relógios comparadores que mediram os deslocamentos verticais. D3 indica os valores obtidos em leituras do relógio comparador que mediu os deslocamentos horizontais.

APAREJO COMPUESTO CON MAMPUESTOS CUADRADOS DE SUELOCEMENTO

Irene Blasco Lucas

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)
Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 – Fax: +54(0)264 423 5397 –
<http://www.faud.unsj.edu.ar> - E-mail: iblasco@farqui.unsj.edu.ar

Palabras claves: suelocemento , mampuestos cuadrados , aparejo compuesto

RESUMEN

En investigaciones previas fue desarrollada en el IRPHa una prensa de matriz cuadrada para fabricación de mampuestos de suelocemento, cuyas dimensiones originales fueron 19 x 19 x 8 cm, que permitían un muro de traba simple de 19 cm de espesor, el cual no cumplía la transmitancia térmica ($K_{\text{máx}}$) estipulada por la Norma IRAM 11604 (2004) para la zona. Posteriormente estas medidas se redujeron a 18,5 x 18,5 x 7,5 cm para lograr que la junta vertical del muro pudiese ser rellena correctamente con mortero, resultando un muro de aparejo simple con 18,5cm de espesor que con mayor razón sobrepasó el $K_{\text{máx}}$. Con el fin de resolver esta dificultad, y seguir aprovechando las prensas ya fabricadas, se recurre a un aparejo compuesto por mampuestos de sogá y panderete, que permite un espesor de muro de 28,5 cm, cuya transmitancia se adecua a la Norma mencionada.

El sistema constructivo prescinde de columnas de hormigón, pues prevé contrafuertes en esquinas y cada 2,4 m en paredes de mayor longitud, con armadura vertical en los encuentros de muros, la cual se ancla en la zapata corrida armada, y en la viga de encadenado superior, siendo reforzada con armaduras horizontales a la altura de antepecho de ventana y dintel. Para lograr las perforaciones por las que pasan los hierros verticales, respetando la traba de las hiladas, se debió diseñar distintos tipos de mampuestos y fabricar nuevos accesorios para la prensa, como piezas complementarias.

El artículo describe en detalle el diseño de los mampuestos para el nuevo aparejo del sistema constructivo, las hiladas básicas, los elementos necesarios para su fabricación, los ensayos de compresión realizados, y la experiencia de construcción del muro, que verifica su factibilidad constructiva.

1. INTRODUCCIÓN

El presente desarrollo tiene lugar en el marco de los proyectos de investigación financiados por CICITCA llevados a cabo por el equipo de trabajo desde el año 2003, englobados en el PICT 13059 subsidiado por FONCYT-ANPCyT (2004-2007) denominado “*Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*”, y del proyecto de extensión 2008 subsidiado por CONEX-UNSJ “*Proyecto Demostrativo de Aplicación de Tecnologías Apropriadas en Centro Comunitario de Zona Rural Árido-Sísmica*”. A través de los mismos se realiza el diseño y construcción participativos de un Centro Comunitario (CC) como Unidad Productiva rural Comunitaria (UPRC), emplazado en la localidad de Balde de Leyes, Dpto. Caucete de la Provincia de San Juan en Argentina.

En base a los resultados obtenidos de la evaluación de la calidad constructivo-estructural aplicando MECE (**M**odelo para **E**valuación de **C**alidad **E**structural), y el análisis térmico mediante el uso de KG-MOD (**M**odelo para el **C**álculo de **K**: Transmitancia Térmica, y **G**: Coeficiente Global de Pérdidas de Calor), PREDISE (Modelo de **P**rediseño Térmico) y SIMEDIF (Modelo de **S**imulación Térmica de **E**dificios), del anteproyecto de CC (Blasco Lucas et al., 2006a y 2006b), incluyendo los aportes brindados en forma indirecta por la evaluación térmica realizada a la propuesta de vivienda para UPR familiar (Re y Blasco, 2007), se procedió a realizar modificaciones al anteproyecto inicial definido participativamente con los pobladores. Esta última particularidad condicionaba cualquier cambio morfológico-funcional, por lo cual se decidió introducirlos en el aspecto geométrico y constructivo. La relevancia que adquieren las características de sismicidad y aridez de la zona, otorga un valor preponderante a las recomendaciones que surgen de los respectivos

procesos de evaluación, lo cual implicó en el presente caso, llegar a una re-elaboración del planteo original.

Para contribuir a mejorarlo desde el punto de vista estructural, se decidió por un lado subdividir el complejo en tres unidades constructivas separadas por juntas de dilatación, y por otro, bajar 14cm la altura de los muros, a la vez que darles mayor espesor, para evitar la esbeltez de los mismos. Esta última medida fue adoptada además porque surgió como conclusión del análisis térmico. También se aumentó el ancho de ventanas, de 60cm a 80cm, y se incorporó cerramiento de polietileno en la galería durante invierno, ambas medidas con el fin de propiciar la ganancia solar.

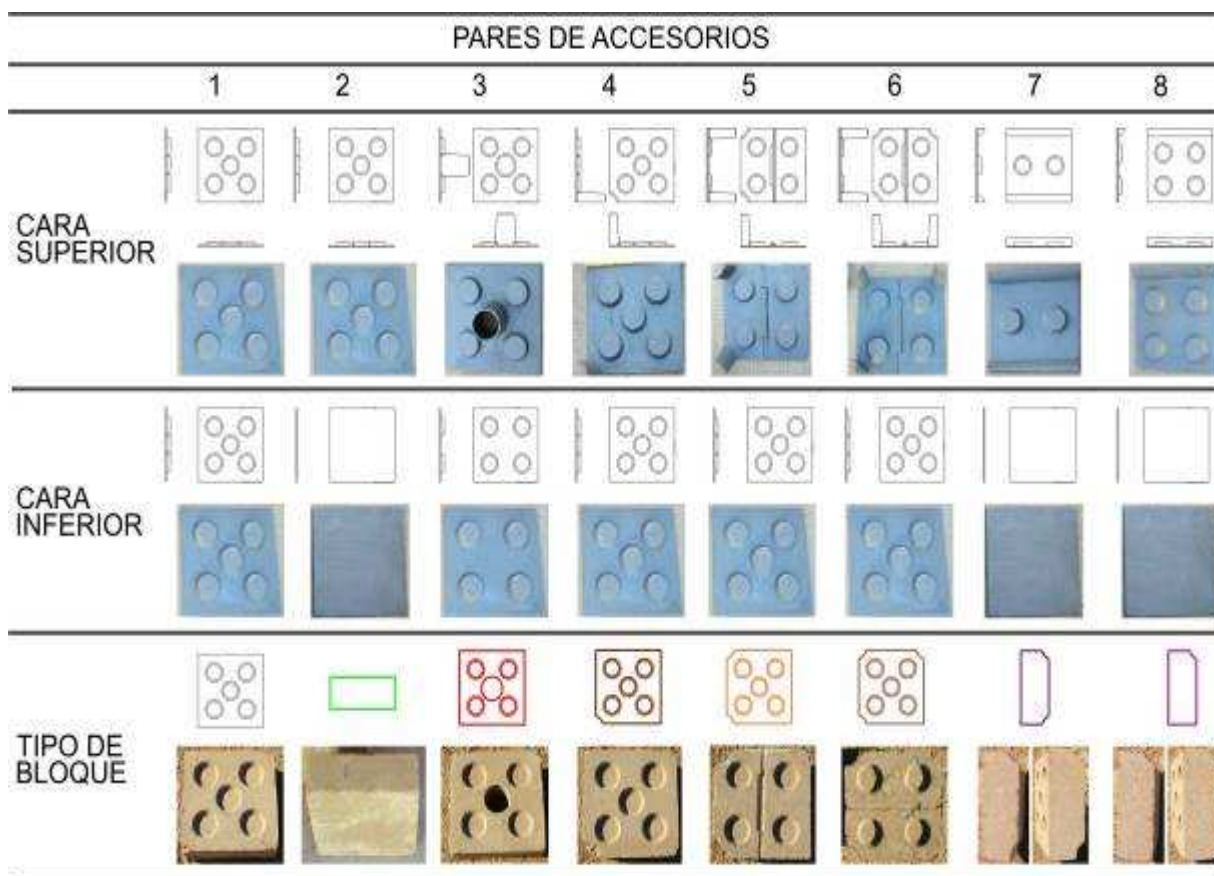
La división del edificio en tres cuerpos geométricos, no presentó mayor dificultad, pues no afectaba el funcionamiento, y la UPRC podía continuar como unidad funcional. También admitía el diseño un mayor espesor de los muros, lo cual le incrementaba la solidez tanto estructural como perceptual, contribuyendo a una mayor seguridad al riesgo sísmico y riqueza estética. Sin embargo, desde el punto de vista constructivo de los muros de suelocemento armado, esta última medida demandó realizar algunos desarrollos tecnológicos complementarios para la prensa IRPHa-RAM (Albarracín, 2002) de fabricación de mampuestos cuadrados de suelocemento, con el fin de lograr resolver las perforaciones que deben tener para que los encuentros de muros tengan refuerzos verticales de hierro embebidos en ellos, lo cual es motivo del presente trabajo.

2. DESARROLLO DE PARES DE ACCESORIOS

La traba adoptada para permitir el aumento de espesor de los muros es la de aparejo compuesto con mampuestos de sogá y de panderete, que por las dimensiones que tienen los mismos (18,5 x 18,5 x 8cm), resulta en total de 28,5cm. Aunque es más complejo que el aparejo simple, se creyó conveniente utilizarlo de este modo, pues las ventajas que brinda tanto estructural como térmicamente, justifican sacrificar parcialmente la sencillez inicial, de lo contrario, habría que diseñar y construir una nueva prensa con una matriz de otras dimensiones, y no se contaba con presupuesto para ello. Para salvar la dificultad mencionada, se han dibujado por etapa constructiva todas las hiladas del CC prolijamente diferenciando con colores cada tipo de mampuesto, a modo de documentación técnica para la obra.

Las caras de los mampuestos son diferentes en cada tipo de bloque, tal como puede observarse en la Fig. 1, donde se muestran tanto en dibujos como en fotos, los pares de accesorios para la fabricación de mampuestos de suelocemento del muro de 28,5cm de espesor. Los pares 2 y 4 a 8, son los nuevos diseños que se fabricaron para lograr resolver con una traba adecuada el muro de 28,5cm de espesor, mientras que los 1 y 3 fueron diseñados en investigaciones previas. Seis de los pares son necesarios para lograr hacer los orificios en los mampuestos, para introducir la armadura vertical que refuerza los encuentros de muros.

Además se dotó a todas matrices de un mayor espesor en las placas de hierro buscando una mayor robustez que permitiese prolongar la vida útil de las mismas, y se aumentó a 1cm la altura de los discos que producen las rugosidades en las caras que llevan mortero, para mejorar su adherencia y de este modo, la resistencia al desplazamiento en las juntas. También se incrementó 1cm el diámetro de los orificios para facilitar la colocación de la armadura vertical en su interior. Además la matriz de la prensa IRPHa-RAM se redujo a 18,5 x 18,5cm, para que las juntas verticales fuesen de 1.5cm de ancho y pudiesen ser rellenas con mortero (anteriormente la matriz era de 19 x 19cm).

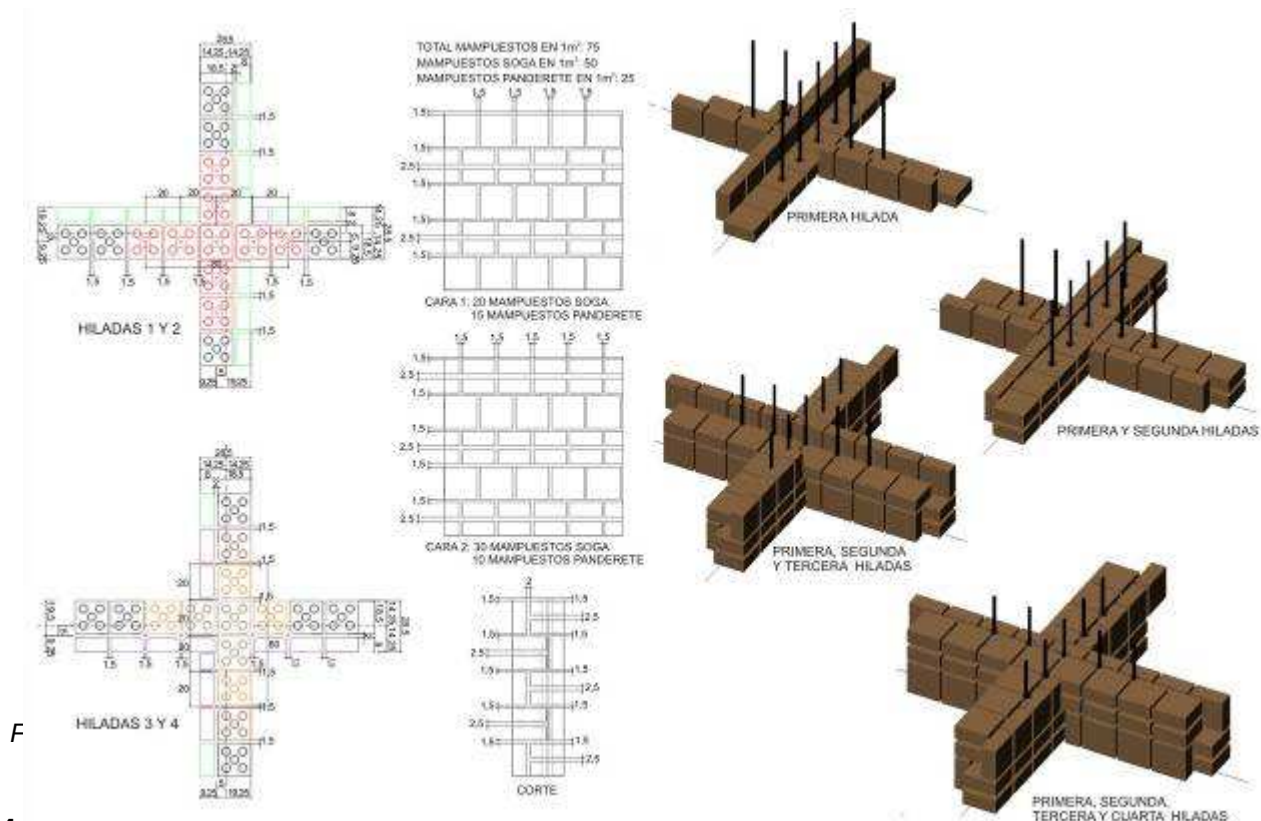


3. DISEÑO DEL APAREJO COMPUESTO

En la Fig. 2 se detallan las hiladas 1 a 4 del encuentro de muros de 28,5 cm de espesor, tanto en plantas como en alzadas y perspectivas. La unidad de traba es en este caso el conjunto formado por un mampuesto en panderete y dos en sogá, por ello, la primera y segunda hiladas del muro compuesto están formadas cada una por dos hiladas simples. El total de mampuestos que se requieren para construir 1 m² de este aparejo mixto son 75, de los cuales 50 van en sogá y 25 en panderete.

El sistema constructivo prescinde de columnas de hormigón, pues prevé contrafuertes en esquinas y cada 2,4m en paredes de mayor longitud, con armadura vertical en los encuentros de muros, la cual se ancla en la zapata corrida armada, y en la viga de encadenado superior, siendo reforzada con armaduras horizontales en juntas a la altura de antepecho de ventana y dintel.

Se ha representado en la Fig. 2 una esquina de cierre de construcción, donde se utilizan 9 hierros verticales de 10mm de diámetro, cuyo eje de ubicación se desplaza 5cm del eje del muro. Cuando se trata de encuentros de contrafuertes situados en tramos medios del muro, se reduce la armadura a 5 hierros de 10mm, omitiendo los que se ubican en los extremos. La vinculación con armadura horizontal se ata a la vertical con alambre N°17 y se realiza con hierro de 8mm diámetro y estribos de 6mm cada 50cm.



4. ENSAYOS DE LOS MAMPUESTOS DE SUELOCEMENTO

En primera instancia, para utilizar mampuestos de suelocemento, es muy importante verificar que la tierra posee las características apropiadas, tanto en su granulometría como en el contenido de sales, las cuales no pueden ser nocivas para combinarse con el cemento. Por este motivo, se realizó el análisis de dos muestras de suelo del lugar en el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, en base a cuyos resultados se comprobó que sólo una de ellas cumplía los requerimientos para esta tecnología, y el yacimiento respectivo fue seleccionado para la fabricación de los mampuestos.

Por otro lado, dado que la construcción del CC con el sistema constructivo adoptado tiene carácter experimental y se lleva a cabo con el Ministerio de Infraestructura y Tecnología como caso piloto, se consideró necesario efectuar ensayos destructivos de resistencia de componentes, tales como las losetas de doble curvatura del techo, y los mampuestos de suelocemento. Los ensayos para ambos se realizaron en dos instancias, aquellos de las primeras en el INPRES, y de los segundos en el mismo organismo en una oportunidad y en el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, en otra.

Las Tablas 1 y 2 resumen los datos ordenados de mayor a menor, de las dos muestras de mampuestos de suelocemento ensayadas a la compresión en dos oportunidades y por dos organismos diferentes. Los primeros fueron realizados por los pobladores, mediante mezcla manual de los componentes y con una proporción de 1:9:0,5 (cemento : tierra : agua). Sus medidas fueron 19 x 19 cm, con una superficie de 3,61cm², y el tiempo de curado fue de 28 días. Aunque la muestra se formó sólo con tres mampuestos –lo cual es escaso- se tuvo en cuenta los resultados debido a la baja resistencia que mostraron, decidiendo disminuir la proporción de tierra a 7,5 partes en la producción futura. Los segundos fueron fabricados entonces con una proporción de 1:7,5:0,5 (cemento : tierra : agua) con mezcladora mecánica por el personal del Obrador Central de la Dirección de Arquitectura, y sus medidas fueron ya de 18,5 x 18,5cm, con una superficie de 3,42cm². El período de curado fue de 30 días. La muestra correspondiente se formó con 12 mampuestos –tamaño apropiado-

escogidos al azar, habiendo realizado la documentación fotográfica de la misma (Fig. 3), y de cada ensayo, algunos de los cuales se exponen en la Fig. 3.

Prueba	Carga	P.U.	Tensión		Espesor	Peso	Volumen	Densidad
	Kg	gr/cm ³	Kg/cm ²	MN/m ²	cm	Kg	m ³	Kg/m ³
1	11900	1,641	33,0	3,30	7,53	4,46	0,0026	1725
2	11400	1,587	31,4	3,16	7,50	4,32	0,0026	1678
3	9800	1,478	27,3	2,71	7,35	3,90	0,0025	1548
3	11033	1,57	30,57	3,06	7,46	4,23	0,0026	1651

Tabla 1. Ensayo a la compresión de la primera muestra de mampuestos de suelocemento. Realizado en el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ.

Prueba	Carga		Descripción ensayo	Espesor	Peso	Volumen	Densidad
	Kg	MN/m ²		cm	Kg	m ³	Kg/m ³
1	31850	9,31	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,7	5,00	0,0025	1974
2	31600	9,23	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,2	4,28	0,0024	1812
3	30700	8,97	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	8,2	5,22	0,0027	1930
4	24620	7,19	Ca5 sobre rodillo. El cabezal de la prensa apoyó un poco más parejo.	7,5	4,43	0,0025	1797
5	23850	6,97	Ca5 sobre rodillo. El cabezal de la prensa apoyó un poco más parejo. Se utilizó el programa 4, pero la resistencia del SC superó el máximo del mismo, por lo cual se continuó el ensayo con el programa 5.	7,4	4,62	0,0024	1901
6	23120	6,76	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,2	4,52	0,0024	1914
7	21950	6,41	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,6	4,75	0,0025	1901
8	20400	5,96	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,3	4,70	0,0024	1961
9	19400	5,67	Control manual. El cabezal de la prensa apoyó muy desparejo.	7,0	4,40	0,0023	1918
10	17700	5,17	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,3	4,62	0,0024	1928
11	17570	5,13	Control automático con progr. 5 (Ca5). El cabezal de la prensa apoyó muy desparejo.	7,3	4,32	0,0024	1803
12	14900	4,35	Ca5 con cabezal de casquete esférico. El cabezal de la prensa apoyó bien parejo.	7,7	4,65	0,0025	1836
12	23138	6,76	PROMEDIOS	7,45	4,63	0,0024	1890

Tabla 2. Ensayo a la compresión de la segunda muestra de mampuestos de suelocemento. Realizado en el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES).

En este caso, el equipo utilizado fue una prensa UH-1000kNA-Shimadzu programada para seguir el procedimiento recomendado por la Norma INP-CIR 103-III (ex-IRAM 12518), según la cual los mampuestos alcanzarían la clase C de ladrillos cerámicos macizos. Los mismos están muy próximos a la clase B, cumpliendo una condición en exceso (siete mampuestos resisten una carga unitaria mayor que 6MN/m², siendo el mínimo 5) y otras en defecto: el promedio de la muestra posee una resistencia unitaria de 6,76MN/m², que resulta ser un poco menor que el mínimo de 7,5MN/m² fijado, y 5 mampuestos estuvieron por debajo del mínimo de 6MN/m² estipulado para las probetas individuales. Esto indicó que la nueva

proporción era adecuada, pero que se debía poner mayor cuidado en el prensado de la mezcla para que no exista una dispersión tan grande de valores.



Fig. 3. Arriba: Mampuestos de suelocemento de la segunda muestra. Al medio: Probetas con cabezas preparadas con los mampuestos (Izq.) y equipo de ensayo (Der.).
Abajo: ensayo destructivo de la probeta 10.

5. EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA

La experiencia constructiva del nuevo aparejo se llevó a cabo en la Sala Comunitaria del CC, con el apoyo de personal del Obrador Central de la Dirección de Arquitectura, en el marco del Convenio firmado con el Ministerio de Infraestructura y Tecnología de la Provincia.

Una de las características del sistema constructivo adoptado, es que requiere prever un período prolongado para fabricar los mampuestos de suelocemento, por lo cual, se utilizaron dos prensas IRPHA-RAM para acelerar el acopio de bloques (Fig. 4 Arriba, Izq.). Dos operarios, trabajando 8 horas diarias, pueden producir entre 200 y 250 mampuestos por

prensa. Además es necesario dejarlos a la sombra, cubiertos con nylon (para conservar la humedad) para el fraguado y endurecimiento durante 7 días (Fig. 4 Arriba, Der.), y luego aún para que este proceso continúe son necesarios 28 días más, pero mojándolos generosamente y tapándolos con nylon apilados a la sombra.



Fig. 4. Arriba: Operarios fabricando los mampuestos de suelocemento con dos prensas IRPHa-RAM.
Al medio: Armadura horizontal y vertical en la zanja de la zapata corrida.
Abajo: Zapata armada hormigonada y armado de encofrado del sobrecimiento.

El cómputo de la cantidad de mampuestos por tipo necesarios en cada hilada, se realizó usando los planos técnicos especialmente elaborados para este fin y para que sirviesen de guía de obra. Con los datos así obtenidos, se programaron planillas electrónicas en MS-Excel, que permitieron programar adecuadamente las tareas. El cambio de espesor del muro involucró prever el ajuste de varios de los elementos constructivos que intervienen en esta tecnología: aumento del ancho de la fundación, del sobrecimiento, de la viga de encadenado inferior, de dinteles y de la viga de encadenado superior.



Fig. 5. Arriba: Asiento de mampuestos en soga (Izq.) y en panderete con línea y nivel (Der.). Al medio: Cuatro primeras hiladas asentadas con mortero (Izq.) y vista del muro con seis hiladas (Der.). Abajo: Armadura horizontal a la altura de antepecho de ventana (décima hilada).

La zanja se replantea 15cm más ancha que el muro ($28,5 + 15 = 43,5\text{cm}$) (Fig. 4, en el medio). El estribo de la viga de armado de la zapata es de $25,5\text{cm} \times 17\text{cm}$ más la pata de 7,5cm a cada lado (se corta de 1,10m). El armado es similar al realizado para el muro simple de 18,5cm de espesor, solo que adopta las nuevas medidas. Se respetan las mismas recomendaciones sobre limpieza y control de línea y nivel antes de hormigonar. El sobrecimiento se realiza de 20cm de altura, por el ancho del muro, y al igual que en el muro simple, presenta la dificultad de resolver el encofrado en los nudos en esquinas y contrafuertes (Fig. 4, Abajo, Der.).

Para la elevación de la mampostería, se colocó la capa hidrófuga y se realizó un cuidadoso emplantillado de las cuatro hiladas iniciales, con ayuda de los planos respectivos,

verificando la correcta traba de los mampuestos. Se debió tirar un hilo en cada cara de los muros, para lograr la alineación de ambas. Utilizando un mortero sin cal en proporción 1:4 (cemento: arena), se asentaron los mampuestos de soga (Fig. 5, Arriba, Izq.) y panderete (Fig. 5, Arriba, Der.). En las fotos del medio de la Fig. 5 se puede observar el avance del muro hasta la sexta hilada, y en las de abajo, la armadura horizontal a la altura de antepecho sobre la décima hilada.

Se utiliza junta enrasada como terminación, para dejar las superficies sin revocar. Al finalizar la obra se le dará una mano de lechada liviana de cemento, con el fin de brindar una mayor protección a los mampuestos.

6. CONCLUSIONES

Se ha verificado la factibilidad constructiva del aparejo compuesto de mampuestos cuadrados de suelocemento, que permite la construcción de un muro de 28,5cm de espesor, el cual cumple con el valor de transmitancia máxima para la zona fijado por la Norma IRAM 11604 (2004), alcanzando además una mayor resistencia y dimensiones más proporcionadas que contribuyen a mejorar la estética.

Soluciona el problema que planteaba el aparejo simple (18,5cm de espesor), utilizando 21 mampuestos adicionales (39%) por unidad de superficie de muro. La mayor complejidad en su construcción se minimiza realizando una cuidadosa sistematización de los cálculos y de la planificación de la obra, como también controlando minuciosamente el replanteo y emplantillado.

Las nuevas matrices resuelven adecuadamente los orificios de los mampuestos a través de los cuales se coloca la armadura vertical en encuentros de muros, pudiendo reforzar con 9 hierros en esquinas y con 5 en nudos de contrafuertes intermedios.

Ha quedado demostrada la importancia de realizar el control inicial y periódico de la calidad de los mampuestos, mediante ensayos a la compresión, para ajustar la dosificación tanto del cemento como de la cantidad de material que se introduce a la matriz de la prensa, y del grado de homogeneidad de la mezcla, pues todas son variables claves para lograr una resistencia aceptable de los mismos.

El muro de aparejo compuesto brinda un buen equilibrio entre economía, bienestar y seguridad, apropiado para la zona de implantación, desde el punto de vista físico y social, constituyendo una alternativa válida de aplicación de los mampuestos cuadrados de suelocemento.

7. REFERENCIAS

ALBARRACÍN, Osvaldo; BLASCO LUCAS, Irene. "Suelo-Cemento: Mejoramiento de Técnicas para la Autoconstrucción en Areas Rurales Arido-Sísmicas". Actas Digitales del Primer Simposio de la Vivienda de Hoy, editadas por la Universidad Tecnológica de Mendoza, Argentina. 2001. Trabajo 3.2, 9 páginas.

BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; SIMÓN GIL, Laura; HOESÉ, Liliana; PONTORIERO, Domingo; MERINO, Norma; HIDALGO, Elena; ROSES, Rodolfo; PIGNATARI, Graciela. *Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*. IRPha-FAUD. Libro digital en edición. Argentina. 2006.

BLASCO LUCAS, Irene; RUIZ HARRINGTON, Gabriel; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; CARESTÍA, Carina. "Sustainable Architecture applied in a Communal Center located in Rural Habitat of Seismic-Arid Zone". Digital Proceedings of the WREC IX (World Renewable Energy Congress IX) (Session Low Energy Architecture, Building and Sustainability), Elsevier Science and Pergamon. Florencia, Italia. 2006. LEA27: 8 páginas.

BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; SIMÓN GIL, Laura; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; MESQUIDA, Sabrina. *Proyecto Demostrativo de Aplicación de Tecnologías Apropriadas en Centro Comunitario de Zona Rural Árido-Sísmica*. Informe Final de Proyecto de Extensión. IRPHa-FAUD-UNSJ. Argentina. 2008.

ENET, Mariana. *Herramientas para Pensar y Crear en Colectivo en Programas Intersectoriales de Hábitat*. CYTED-HABITED-RED XIV.f. Córdoba, Argentina. 2008.

Norma 11604. 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. IRAM. Argentina. 2004.

Norma 103-III. Ladrillos cerámicos comunes. INP-CIR. (Reemplaza la Norma IRAM 12518). Argentina. 1998.

Irene Blasco Lucas: Arquitecta. Magíster en Energías Renovables (2001). Investigadora Categoría I (2005). Ha dirigido desde 1983 en la UNSJ veinte proyectos de investigación en arquitectura sustentable, energías renovables y tecnologías apropiadas. Prof. Titular y Asociada Efectiva a partir de 1990. Docente en la Cátedra Taller de Arquitectura IV-B y el Módulo Aridez en la Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas de la FAUD-UNSJ.

ESTUDIO ANALITICO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA DE SUELO-CEMENTO.

José Luis Bustos; Mary Zaldívar; Osvaldo Albarracín

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la
Universidad Nacional de San Juan (IRPha-FAUD-UNSJ).

Av. Ignacio de La Roza y Meglioli, Rivadavia, 5400 San Juan, Argentina.

osalbarra@fargui.unsj.edu.ar -

Web: <http://www.irpha.com.ar> - Tel: +54(0)264 423 2395. Fax: +54(0)264 423 5397.

Palabras claves: ensayos, sistemas constructivos, resistencia, sismo

RESUMEN

En el marco de investigaciones realizadas por el IRPha en el tema de tecnologías apropiadas aplicadas a la vivienda social en regiones árido-sísmicas, se llevan a cabo verificaciones experimentales de un sistema constructivo basado en el uso de suelo-cemento con contrafuertes.

El comportamiento de este tipo de estructuras durante la ocurrencia de un sismo destructivo es complejo y sus propiedades de rigidez, resistencia y capacidad de deformación son altamente variables según el diseño adoptado y las características de los materiales.

Como primer paso se realizó un ensayo pseudo-estático de un muro en escala natural en la Losa de Carga del Laboratorio de Estructuras del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la U.N.S.J., del que se obtuvo la rigidez, el módulo de corte y la capacidad de disipación de energía de la mampostería, parámetros necesarios para la valoración del sistema estructural, en zonas de alto riesgo sísmico como la Provincia de San Juan. Es importante destacar que los mampuestos y el modelo ensayado se construyeron respetando las condiciones de trabajo que cuentan los destinatarios del sistema, y no las ideales de laboratorio.

Del comportamiento estructural observado, y con los parámetros obtenidos en el ensayo, se construyó y ajustó un modelo analítico del prototipo ensayado, utilizando un programa de elementos finitos (SAP 2000 versión educativa).

Con el ajuste de este modelo se pudo avanzar en la modelación de prototipos completos de viviendas y así poder determinar pautas de diseño que garanticen un comportamiento sísmico adecuado del sistema constructivo propuesto. En el presente trabajo se muestran los resultados de esta modelación para el caso de un prototipo completo de vivienda en zona rural, y su comportamiento ante cargas sísmicas.

INTRODUCCIÓN

La problemática que se origina en el déficit de viviendas rurales aptas para los sectores de menores recursos de los países "emergentes" que las demandan, no parece encontrar respuestas acordes con la complejidad de la temática en las políticas habitacionales implementadas. Lejos de ello los avances tecnológicos propios del fenómeno de la globalización no contemplan soluciones sostenibles a una problemática particularmente compleja.

En un intento por dar solución al problema de la vivienda social, los organismos oficiales responden con propuestas de diseño de viviendas que no presentan diferencias significativas entre los ámbitos semirurales, suburbanos y urbanos. La urbanización de lo rural implica una apropiación del espacio propuesto que responde a modos de vida rurales o por el contrario una transformación en los hábitos culturales de los pobladores.

Sumado a lo anterior el costo constructivo de las viviendas en la provincia de San Juan se ve incrementado por la problemática sísmica, que conlleva requerimientos de sismo-resistencia establecidos en la normativa vigente (normas INPRES-CIRCO). Sin embargo, se ha prestado poca atención a la problemática de la vivienda social en su vinculación con el medio ambiente, a diferencia de lo que sucede en otras regiones del mundo con la promoción de construcciones sustentables, verdes ecológicas, eco-tecnológicas y normativas relativas al control del consumo de materiales y energía.

Constituye un verdadero desafío tecnológico ofrecer alternativas constructivas innovadoras para el sector, que contribuyan a atenuar el déficit de viviendas, como así también al

mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de las mismas principalmente, en lo referido a facilitar la posibilidad de autoconstrucción de viviendas rurales y suburbanas sin sacrificar la calidad de las mismas en sentido amplio.

En el marco de investigaciones realizadas por el IRPHa en el tema de tecnologías apropiadas aplicadas a la vivienda social en regiones árido-sísmicas, se llevaron a cabo verificaciones experimentales de un sistema constructivo basado en el uso de suelo-cemento con contrafuertes.

En este trabajo se muestra como los datos obtenidos de las mencionadas verificaciones experimentales fueron usados como input en un software de análisis tridimensional "SAP 2000", con el objeto de obtener una herramienta informática que permita la evaluación del comportamiento ante cargas gravitatorias y sísmicas de distintos modelos materializables con el sistema propuesto.

ANTECEDENTES

El sistema constructivo pensado y analizado teniendo presente que esta destinado a zonas rurales, con mano de obra no especializada, fue presentado en reuniones técnicas anteriores, y como ya se expuso con detalle en esas oportunidades, hacemos solo un resumen a fin de marcar el punto de partida de este trabajo.

Se comenzó realizando ensayos de los distintos elementos constitutivos (tierra, mampuesto, murete), a fin de normalizar su uso. A partir de los resultados obtenidos se modeló en escala natural un muro que reflejaba el sistema estructural completo y donde se aplicaron los resultados y recomendaciones de los ensayos anteriores.

El muro fue sometido a un ensayo pseudo-estático en escala natural en la Losa de Carga del Laboratorio de Estructuras del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la U.N.S.J., del que se obtuvo la rigidez, el módulo de corte y la capacidad de disipación de energía de la mampostería, parámetros necesarios para la valoración del sistema estructural, en zonas de alto riesgo sísmico como la Provincia de San Juan. Los resultados del ensayo nos permitieron determinar parámetros mecánicos y dinámicos de la mampostería de suelo cemento sin encadenar, como la rigidez inicial de aproximadamente 21tn/cm, ver Figura 1.

Una vez agrietado el muro presenta rigidez baja, como se puede observar en las curvas carga deformación, debido a la baja resistencia friccional de la junta horizontal. La rigidez del conjunto cambia para desplazamientos sucesivamente mayores, con una marcada caída de pendiente. Para una deformación de 10mm la rigidez secante fue de 8.8t/cm. La carga alcanzada para una deformación de 30mm fue de 11.5t que corresponde a una tensión nominal de corte de aproximadamente 1,3 kg/cm².

La rigidez en el primer ciclo de este último ensayo fue de 3.5 t/cm. Del ensayo de obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1- La rigidez observada en los ensayos es baja si se la compara con resultados obtenidos para muros de mampostería de ladrillón.
- 2- La armadura horizontal ha resultado muy efectiva para disminuir y distribuir el agrietamiento. Se considera que se debe exigir su uso.
- 3- El comportamiento del muro ante la aplicación de carga vertical y lateral en su plano fue buena ya que no se produjo el vaciamiento del panel agrietado ni tampoco la expulsión o caída de mampuestos o trozos de estos.
- 4- Se infiere que es posible utilizar el muro como elemento de cierre en viviendas económicas con techo liviano.
- 5- Los resultados del ensayo nos permitieron determinar parámetros mecánicos y dinámicos de la mampostería de suelo cemento sin encadenar.

A partir de éstos primeros resultados son necesarios una serie de estudios, e investigaciones con el objeto de llegar a encontrar índices, coeficientes, para la valoración de una vivienda en una zona de alto riesgo sísmico, garantizando la seguridad de vida de sus ocupantes para el sismo de diseño.

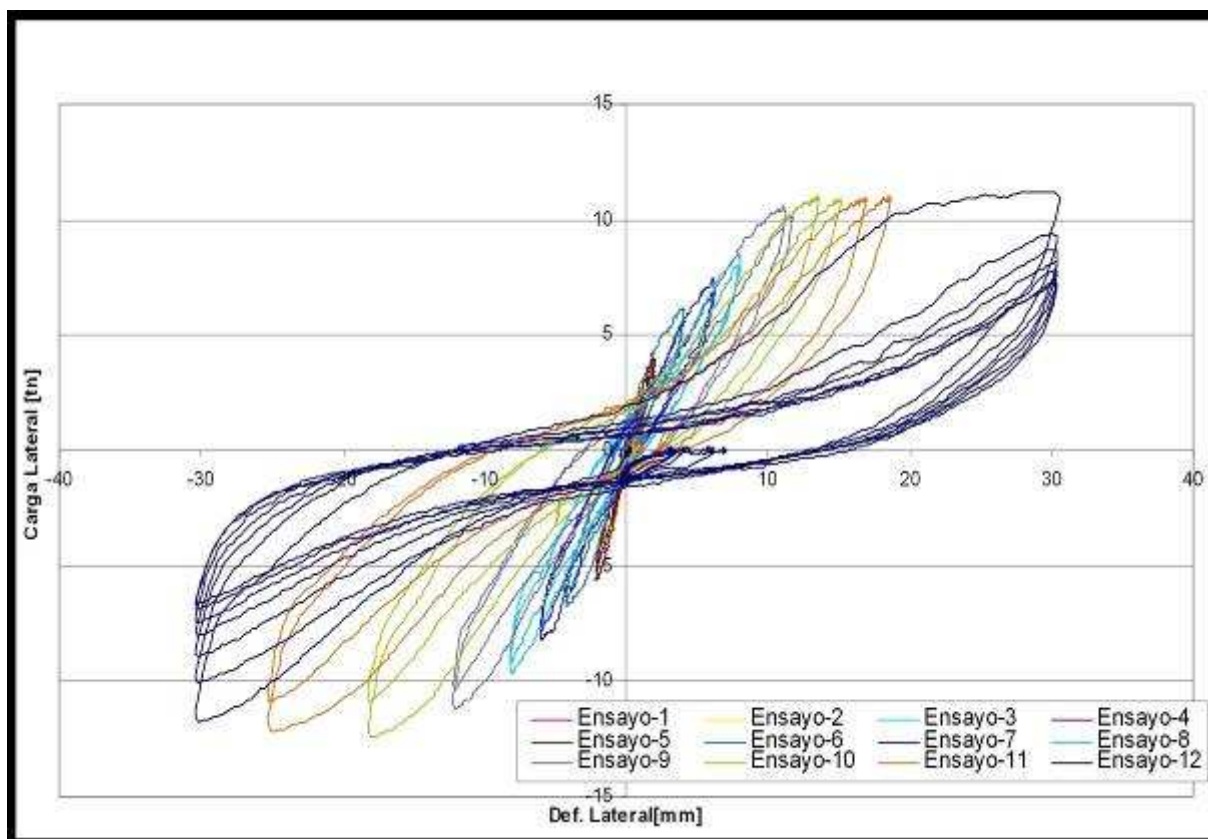


Figura 1. Gráfico Carga –Deformación del Ensayo

OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO

La provincia de San Juan se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, motivo por el cual al generar un sistema constructivo no tradicional debe evaluarse su sismo resistencia. Teniendo en cuenta que la zona, objetivo del proyecto, es de carácter rural, bastante amplia y con características particulares, se propone alcanzar los siguientes objetivos:

- Analizar el comportamiento global del sistema a través del modelado de una vivienda tipo diseñada a tal fin, mediante el uso de elementos finitos.
- Determinar los límites de aplicabilidad del sistema constructivo propuesto, prescripciones constructivas y pautas de diseño estructural sismorresistente.
- Obtener una herramienta informática que nos permita la evaluación del comportamiento ante cargas gravitatorias y sísmicas de distintos modelos materializables con el sistema propuesto.
- Analizar el comportamiento individual de los elementos que nos permitirá concluir en pautas de diseño que sean pertinentes tanto desde lo estructural como desde lo funcional.

DESARROLLO

Del comportamiento estructural observado, y con los parámetros obtenidos en el ensayo del muro a escala natural, se construyó y ajustó un modelo analítico del prototipo ensayado, utilizando un programa de elementos finitos (SAP 2000 versión educativa). Ver Figura 2.

Se ajustó el modelo (características de los materiales) para que los valores de deformación en la dirección de aplicación de la carga sean los medidos en el ensayo, y además consecuente con el estado tensional del modelo matemático indicado en el patrón del mismo.

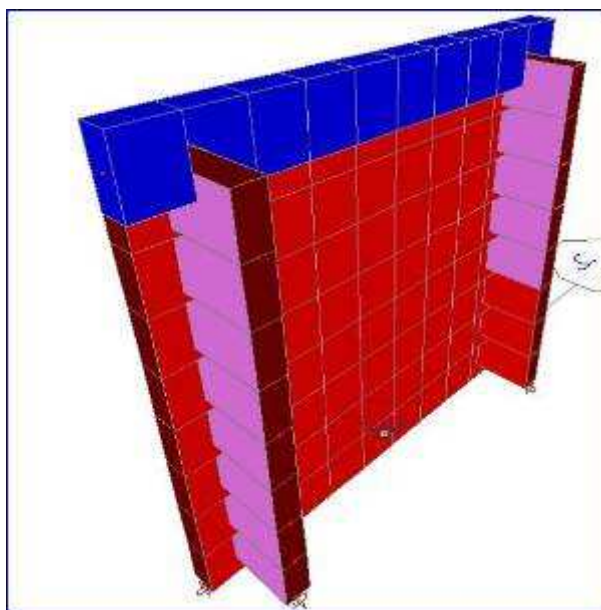


Figura 2. Vista del Modelo en Elementos Finitos

Partiendo de este estado de avance de las investigaciones y usando los resultados de los mismos como input en el software "SAP 2000" se procedió al modelado de un prototipo de vivienda, en forma tridimensional, sometidos a las distintas solicitaciones requeridas por la normativa vigente de modo de analizar su respuesta ante las mismas.

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA VIVIENDA MÍNIMA DE SUELOCEMENTO

La vivienda propuesta ha sido diseñada conjugando los modos de vidas propios de los sectores sociales a la que está dirigida, es decir a zonas rurales y semirurales. Dicho modelo se desarrolla en una superficie aproximada de 54 m².

El diseño de la vivienda responde a las pautas constructivo-arquitectónicas, que establece el sistema constructivo. Por lo tanto poseen una estricta coordinación modular que condiciona las dimensiones interiores de los locales a múltiplos de módulos de 0.60x0.60 metros, modulación que se compatibiliza con las medidas de mampuestos, por consiguiente el número de mampuestos utilizados resulta un número entero en las hiladas pares e impares, asegurando la correcta traba de las juntas verticales del aparejo.

La vivienda posee una resolución de diseño compacto del núcleo húmedo, que contiene a la cocina, baño y lavadero, para permitir que se mantenga la economía de las instalaciones materializándose dentro de un bloque sanitario.

Morfológicamente la vivienda presenta una segregación espontánea de los volúmenes. Las formas segregadas presentan una rápida interpretación de las proporciones de sus lados, esto es debido a la estricta coordinación modular, con las que han sido diseñadas.

La materialidad de la vivienda explota el uso del bloque de suelo cemento a la vista, esto no solo evita el uso de revoques, sino también que se exalta la rugosidad del material y genera texturas superficiales, que se evidencian tanto a nivel visual como táctil, generando viviendas con cierto carácter expresivo.

La morfología de la vivienda resulta de la yuxtaposición de volúmenes, donde el esquema compositivo no se ve confinado a los límites del terreno. Además se hace uso de elementos funcionales, entre ellos el volumen del tanque de agua y los contrafuertes, como partes del esquema morfológico compositivo. Por ejemplo, el uso de los contrafuertes le otorga cierto ritmo a las fachadas.

Existe una adecuada diferenciación espacial en el interior de la vivienda, que se evidencia en el exterior y se encuentra condicionada por el uso de sus ambientes. La altura interior de dichos ambientes está en relación con la escala del usuario y se encuentra proporcionada según el uso, sea este diurno o nocturno.

La vivienda, a través del uso de galería, genera un espacio semiabierto que sirve de transición y expansión. Además, al estar en relación directa con el espacio diurno de la vivienda facilita los modos de vida en el exterior, modos que poseen los sectores de población a los que están destinados.

La habitabilidad de la vivienda se encuentra condicionada a la capacidad de responder a las necesidades originadas por las diferentes actividades que poseen dichos sectores sociales, a las condiciones de economía, y al siguiente programa de vivienda:

- Un área de estar- comedor unida a la cocina (zona diurna), y desde la cual se vincula con el baño y la zona de dormitorios (zona nocturna).
- El área de trabajo doméstico (cocina) se comunica con el área de lavado (lavadero).
- El área de dormitorio, goza características de iluminación, ventilación y espacio para guardar y se conectan en forma directa con el baño.
- El baño posee ventilación, iluminación y desarrollo de instalaciones mínimas.
- El área galería / pérgola, de extensión al aire genera espacios habitables, con una relación espacial interior-exterior.

El crecimiento de la vivienda, se desarrolla conforme a las necesidades de la familia y según el número de sus miembros, dejando previsto la posibilidad de ampliar los dormitorios por el paso que se genera entre el baño y su vinculación con el exterior. Asimismo, la galería permite su cerramiento y brinda la oportunidad de ampliar la zona diurna.

Bioclimáticamente la viviendas ha sido diseñada para ser orientada norte-sur, así se aprovecha el asoleamiento y las corrientes de aire característica de la zona, de esta manera se mejoran las condiciones de habitabilidad, y se optimiza el uso de energía para el acondicionamiento climático.

El sistema constructivo de la vivienda, posee el concepto de caja armada, esto se debe a que no posee columnas, este condicionante permite la realización de volumetrías con mayores quiebres. El uso de los contrafuertes facilita constructivamente la realización de ampliaciones.

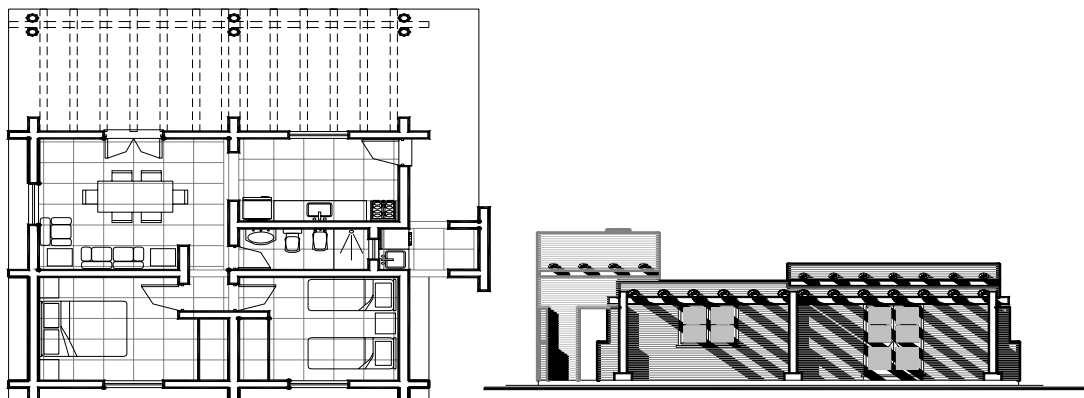


Figura 3. Planta y vista de la vivienda.



Figura 4. Imagen de la vivienda.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Para la formulación del modelo matemático tridimensional en elementos finitos se emplearon dos tipos de elementos:

- a-) El elemento tipo viga, con eje recto con dos nudos y seis grados de libertad en cada uno y que permite tener en cuenta las deformaciones por esfuerzo normal, flexional y de corte. Estos elementos se han utilizado para modelar la viga de encadenado superior y la viga de fundación. La viga de encadenado superior recibe el peso de techo y sirve de viga collar en la aplicación de la carga vertical permanente y la carga lateral de distorsión. También fue empleado un elemento tipo viga para simular los encuentros de muro y contrafuertes armados verticalmente.
- b)- El elemento tipo wall-shell para modelar el paño de mampostería principal y los contrafuertes. Este elemento tiene eje recto con cuatro nudos y rigidez membranal y flexional.

De esta manera la vivienda modelada en elementos finitos se muestra en la figura 5. Las cargas aplicadas al modelo son:

Carga uniformemente distribuida en dirección vertical sobre el muro que equivale a la reacción del peso del techo ($q = 150 \text{ kg/m}^2$).

El peso propio de los muros, los tiene en cuenta el programa, como estado de carga de peso muerto, y lo calcula con el valor ingresado del peso por unidad de volumen del material suelo-cemento declarado.

Para estudiar el efecto sísmico, se considera una carga lateral estática equivalente como la que prevé la Norma Inpres-Cirsoc, que se obtiene del semipeso en altura del muro superior afectado por un coeficiente sísmico, en cada dirección de análisis.

Con estas consideraciones resulta: Carga uniformemente repartida de 120 kg/m en dirección horizontal obtenida aplicando un coeficiente sísmico de 0,3 fijado por la norma INPRES CIRSOC, vigente.

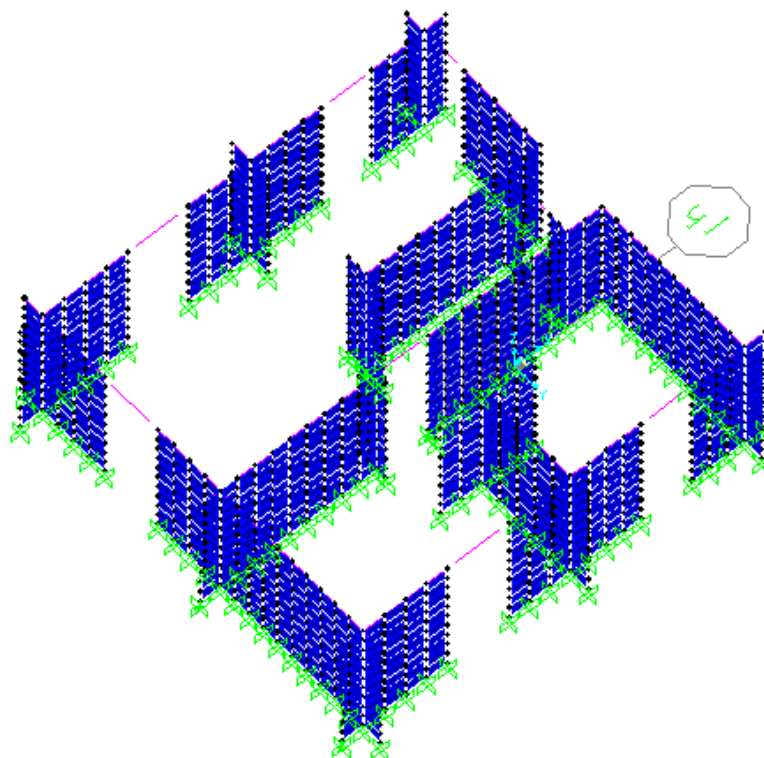


Figura 5. Vista del modelo de elementos finitos

COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Los techos propuestos en el sistema son livianos, flexibles en el sentido de no ser aptos para distribuir las fuerzas sísmicas a los muros, proporcionales a sus rigideces y los muros vibran como un borde libre, parecido a una caja de zapatos sin tapa.

Por tal motivo las fuerzas sísmicas a considerar en la verificación de cada muro, son las que se obtienen de aplicar el correspondiente coeficiente sísmico a las cargas verticales actuantes sobre los mismos.

Al actuar la fuerza sísmica provoca solicitaciones perpendiculares al plano del muro. Este proceso lleva a que los muros tiendan a volcar, trabajando en voladizo.

El fenómeno analizado se ve incrementado a medida que aumenta la separación entre los muros, pues el momento flector se incrementa.

Por su parte los contrafuertes aparte de mejorar la estabilidad de las paredes permiten materializar el anclaje de la armadura de la viga collar en los refuerzos longitudinales de los contrafuertes.

Para mejorar la resistencia al corte se coloca armadura longitudinal compuesta por $2\Phi 6$ c/ 5 hiladas.

Se analiza el estado tensional más desfavorable de la combinación de cargas de peso propio más la carga lateral sísmica equivalente, como se muestra en la figura 6, en la que se puede deducir que en general los muros se encuentran comprimidos, o con una tensión de tracción prácticamente nula. Este resultado garantiza la estabilidad de la estructura, y comparativamente con el modelo ensayado, se puede inferir que el agrietamiento resulte nulo.

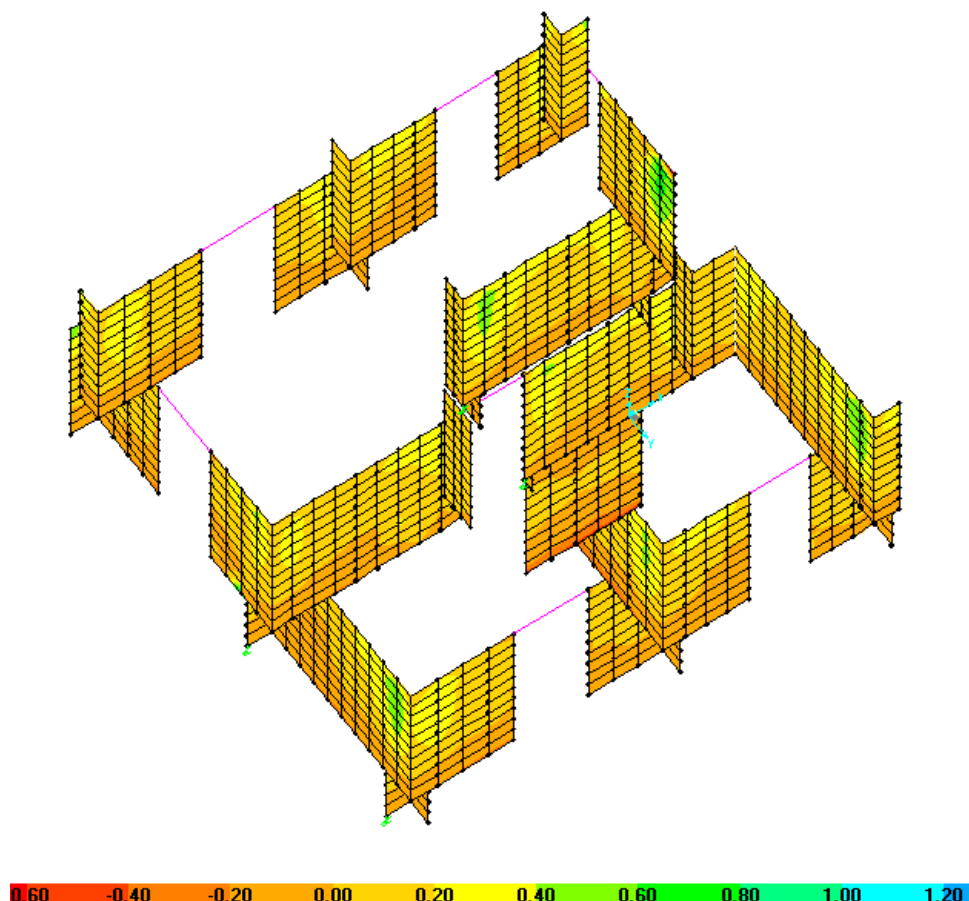


Figura 6. Estado tensional resultante más desfavorable.

Se han controlado también los desplazamientos máximos resultantes de la aplicación de la combinación de cargas antes mencionada. El caso más desfavorable resulta de un nudo extremo en un muro perimetral de la vivienda, con un valor de 0,7cm, el cual se considera por demás aceptable, en función de la altura de la vivienda.

REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO FORMAL DE LA VIVIENDA

- ✓ Se deben procurar plantas simétricas con distribución balanceada de muros.
- ✓ Limitación de altura de los muros a una planta y no superar la relación de 14 veces el espesor del muro.
- ✓ Limitación de la longitud máxima de los muros entre contrafuertes (mantener la relación de 15 veces su espesor), cuando la longitud supere este valor deberá colocarse contrafuertes intermedios.
- ✓ Los muros deberán poseer en su borde superior e inferior vigas de encadenado con dimensiones y armadura mínima.
- ✓ Aberturas de puertas y ventanas pequeñas (con anchos no mayor de 1,20 m).
- ✓ Los vanos de puertas y ventanas alejados por lo menos 1,00 m de las esquinas o de lo contrario en el centro del muro.
- ✓ Empleo de techos livianos como elemento de cierre horizontal.
- ✓ La suma de las longitudes de las aberturas en un muro deberá ser no mayor de 1/3 de la longitud total del mismo.
- ✓ Los dinteles se ubicaran en coincidencia con la viga de coronamiento superior.
- ✓ El terreno de fundación deberá ser suelo firme. Suelo arenosos pobremente compactados y zonas con alto nivel de la napa freática deben descartarse.

BIBLIOGRAFÍA

GUIDELINES FOR EARTHQUAKE RESISTANT NON-ENGINEERED CONSTRUCTION IAEE - nice
2004 REDUCCION DE DESASTRES – Julio Kuroiwa- LIMA, enero de 2002
Giuliani H. (1984). Arquitectura Sismorresistente. Editorial FAUD-IRPHa.
Merril A.; (1990). Casas de tierra apisonada y suelo cemento. Editorial Winsor, Buenos Aires, Argentina.
SAP 2000 (Versión 10-Demo-Educativa)

José Luis Bustos: Magíster Ingeniero. Profesor Titular F.I.-UNSJ. Docente en las Cátedras de Computación y en Dinámica I. Investigador en el Laboratorio de Estructuras del I.D.I.A. de la UNSJ. E-mail: jlb@unsj.edu.ar

Mary Zaldívar: Ingeniera. Profesor Adjunto de la FAUD-UNSJ. Docente en las Cátedras de Estructuras I, de la Facultad de Arquitectura de la U.N.S.J. y Estructuras Especiales, de la Facultad de Ingeniería de la U.N.S.J. Investigador en el Área Tecnológica del IRPHa-FAUD-UNSJ. E-mail: msaldivar@sinectis.com.ar

Oswaldo Albarracín: Arquitecto. Profesor Adjunto Interino de la FAUD-UNSJ. Docente en la Cátedra Construcciones II y en la Asignatura Electiva Vivienda de Interés Social. Director del Proyecto CICITCA-UNSJ 21/A381, Co-Director del Proyecto PIP 03007/00, e integrante del Grupo Responsable del PICT 13059. E-mail: oalbarra@farqui.unsj.edu.ar

LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN ZONAS SISMICAS

Patricio Cevallos Salas

Av. 6 de Diciembre 2130 y Av. Colón. Edificio Antares, oficina 604
Casilla postal 17-15-442C Quito – ECUADOR
Teléfonos: (593 02) 2502 268; (593 09) 9804 185
p.cevallos@yahoo.es , Cevallos.patricio@gmail.com

Palabras clave: sismo; construcciones con tierra

RESUMEN

En América y, especialmente, en la zona andina donde la presencia de sismos es frecuente, las construcciones con tierra son las más afectadas y las pérdidas de viviendas y monumentos históricos son altas. Tradicionalmente se ha venido construyendo de mala manera y debido a los procesos de empobrecimiento de los sectores populares y el incremento de los costos de los materiales de construcción, varios elementos que conformaban la construcción tradicional, han sido eliminados provocando que la edificación este aún más expuesta al efecto de los sismos.

En la zona andina del Ecuador se ha observado que los errores constructivos y la mala calidad de los materiales han provocado la pérdida de miles de viviendas, las que han debido ser reemplazadas con el apoyo nacional e internacional y con la mano de obra de los damnificados. Lamentablemente, la construcción con tierra con todos sus errores constructivos y la falta de criterios sismorresistente, a la hora de construir de manera comunitaria e inclusive con dirección profesional se continúa ejecutando lo que demuestra una falta de conocimiento de esta tecnología y de criterio técnico a la hora de definir un proyecto.

El mirar los errores develados por los sismos, analizarles y darles explicación técnica y proponer soluciones, permitirá que las nuevas construcciones sean de mejor calidad y presenten un mejor comportamiento ante los esfuerzos, especialmente de corte, provocados por los sismos.

En varios sismos ocurridos en Ecuador se han inventariado algunos de los daños que sufrieron las construcciones de tierra, se ha procurado una explicación técnica para cada una de las fallas y las posibles soluciones o recomendaciones para corregirlas. Estas recomendaciones están vinculadas a normas constructivas existentes y/o propuestas de norma. Mediante la sistematización de las experiencias anteriores y de la adopción de normas, de una tecnología blanda y de la presencia de profesionales capacitados en estas tecnologías se podrá preparar a los futuros constructores, especialmente a las comunidades andinas que continúan construyendo de manera intensiva con este material y así lograr reducir la pérdida de viviendas y, especialmente, de vidas humanas.

1. INTRODUCCIÓN

En América los sismos continúan asolando las construcciones cuyo material principal es la tierra que conformando muros portantes, se han venido construyendo de manera tradicional y con tecnologías no adecuadas para las zonas, especialmente las andinas, donde la incidencia de los sismos es muy recurrente y las pérdidas de viviendas y, lamentablemente, de vidas humanas es alto.

La construcción con tierra como elemento portante, ha recuperado espacio en la construcción de viviendas periurbanas, la tendencia de salir de las grandes urbes para construir las viviendas en la periferia, ha permitido que varias familias se decidan por construir en tapial, adobe o bahareque. En el sector rural, especialmente en Los Andes, se construyen obras nuevas con las limitadas condiciones económicas que hace que prevalezcan las formas tradicionales y comunitarias de construcción, tradicionales por que se continua utilizando el adobe moldeado manualmente y el muro de tapial y, comunitarias porque la vivienda o la obra de uso público se la construye mediante el sistema de mingas o presta manos, es decir que toda la

comunidad colabora en la construcción a condición de que el propietario provea la comida y bebida y, preste su mano para una futura construcción comunitario o de un comunero.

En las obras que ejecutan las poblaciones indígenas y campesinas, se mantienen los errores constructivos que tradicionalmente provocaron el colapso de sus viviendas ante sismos de mediana intensidad, por tal razón el trabajo de difusión de tecnologías adecuadas a zonas sísmicas es importante en estas zonas donde el uso de la tierra es vital para su supervivencia en el páramo.

Urbanamente la construcción en tierra se abre su espacio por varias razones, siendo la principal la económica sin olvidarnos de los "clientes" interesados en recuperar el uso de materiales tradicionales y aquellos que por razones ecológicas y de salud así lo solicitan.

En todo caso el tema de la vivienda tanto en el sector urbano como en el periférico y rural está permanentemente discutido y no solo desde el aspecto de durabilidad y costo sino como elemento de asenso social (status), por tal razón si en los ochentas y algo de los noventas las viviendas se diseñaron imitando viviendas españolas antiguas, ahora el requerimiento cada vez más generalizado es la vivienda con diseños arquitectónicos de corte moderno, este es el reto y esto permite competir con la vivienda de materiales "modernos".

Por ser el Ecuador un país ubicado en zona sísmica es importante que las construcciones mantengan presentes los criterios sismorresistentes y por lo tanto las obras en tierra deberán ejecutarse bajo estos conceptos, que si bien no existe una norma en nuestro país, se deben considerar las recomendaciones y normas que la experiencia de otros países nos señalan

2. LAS CONSTRUCCIONES EN EL ECUADOR

2.1 El sector rural

En el área rural las construcciones que se han mantenido en pie han sido las de "mayor edad", aquellas construidas con criterios adecuados al uso de la tierra. En las viviendas "nuevas" donde los constructores han tratado de simular viviendas modernas y urbanas, se han suprimido varios elementos vitales para la estabilidad de la construcción como la cimentación, las soleras y todos aquellos que, en su criterio, son innecesarios y evidentemente consumen recursos económicos que casi siempre resultan escasos e insuficientes.

En todo caso, las experiencias vividas a raíz de los sismos de 1987 y de 1996, durante los cuales vastas áreas rurales fueron fuertemente afectadas, han propiciado la conciencia de revisar errores y la necesidad de reforzar muros y demás elementos, lográndose un uso más adecuado de la tierra en especial dentro del sistema de autoconstrucción en lo que respecta al diseño de la planta arquitectónica y a los refuerzos utilizados.



Fotografía 01



Fotografía 02

Estas viviendas son un ejemplo de construcciones que pese a no tener ningún servicio de mantenimiento, se han conservado.

La presencia de técnicos no siempre ha sido provechosa, la falta de conocimientos y de rigurosidad constructiva en los proyectos por ellos asistidos, han dado lugar a mantener errores que venían arrastrándose, de manera reiterativa en los procesos de autoconstrucción como lo evidencian los daños ocasionados a programas de viviendas.



Fotografía 03

Vivienda auto construida en la zona andina del Ecuador



Fotografía 04

Viviendas debidamente conservadas, cuya condición de estabilidad es adecuada.



Fotografía 05

Vivienda de BTC en un programa de reasentamiento luego del sismo de 1996 con apoyo técnico



Fotografía 06

Vivienda afectada por el sismo de 1996 y que fuera construida con asistencia técnica.

2.2 El sector urbano

En el sector urbano, la construcción con tierra está siendo aceptada por los técnicos. Por la presión existente en el mercado (de altos costos y pocos recursos financieros), el cliente solicita la construcción de una vivienda con tal o cual material, viéndose los profesionales obligados a incursionar en el manejo de estas tecnologías y, varios carentes de la capacitación requerida, se han aventurado a "copiar" elementos constructivos en tierra sin considerar el planteamiento general de una estructuración sismorresistente de muros portantes.



Fotografía 07



Fotografía 08

Ejemplos de viviendas urbanas construidas en tapial y bahareque.



Fotografía 09



Fotografía 10

Vivienda de construcción mixta (madera/adobe) y vista de una vivienda de tapial.

Existen ejemplos de un buen manejo de tecnologías con tierra, sin embargo, la realidad permite constatar que se cometen errores de concepto, pues prima la formación académica en hormigón y acero. Por ello es importante propiciar la capacitación a nivel de universidades y colegios profesionales.

La poca capacitación iniciada en algunas ciudades se caracteriza por ser parcial, temporal y dispersa y por tanto no se puede lograr un verdadero y sistemático interés por la temática.

Pese a lo señalado, la tierra es considerada como parte importante del sector de la construcción y los técnicos conocedores del tema son invitados a dictar conferencias, seminarios y cursos en distintas universidades, bienales de arquitectura, colegios profesionales y, en general, en foros donde el tema de la construcción es aludido.

De ahí la necesidad de sistematizar y organizar de manera sostenida y consistente la capacitación profesional en el uso de la tierra.

3. LAS PATOLOGIAS

Es evidente que si una estructura de tierra, madera u hormigón armado no está debidamente capacitada para soportar un sismo, ésta se daña severamente y colapsa. El material utilizado en la construcción no es sinónimo de seguridad.

Los errores patológicos encontrados en la construcción en tierra se ubican generalmente en las fases y en los elementos que tienen relación con la implantación, la cimentación, la elaboración de adobes, muros, esquinas, encuentros de paredes, vanos, diseño y construcción de la cubierta y, evidentemente, las características de la mano de obra.



Fotografía 11

Estructura de hormigón armado colapsada por mal diseño y posibles errores constructivos.

Cubierta liviana mal diseñada, con



Fotografía 12

colapso en el encuentro de hormigón armado, falló la unión y el anclaje a las vigas-solera de la cubierta



Fotografía 13

Construcción en adobe ejecutada fuera de normativas, es muy susceptible de sufrir la disgregación de sus muros.



Fotografía 14

La falta de mantenimiento de la madera, especialmente de la expuesta a la intemperie causa su pudrición, se fractura y ocasiona colapsos en parte o toda la estructura

La ubicación o implantación de la vivienda es de vital importancia. La vivienda debe estar retirada de taludes, ríos y cualquier accidente geográfico que pudiese, en algún momento, afectar su estabilidad.

Las viviendas que se adosan a otra deben tener una junta mínima de 10 centímetros, de manera que en la presencia de un sismo, los muros de adosamiento no se golpeen entre sí, pues los muros tienen o pueden tener diferentes períodos de vibración y diferentes tipos de rigidez, lo que provoca que uno de ellos martille al vecino.



Fotografía 15



Fotografía 16

Vivienda implantada muy cerca del talud. Su deterioro en el muro correspondiente al talud fue debido al deslizamiento del suelo. La vivienda de hormigón construida junto a la de tierra golpeó y fracturó el muro de adobe.

Como se conoce la cimentación es el elemento que permite que la vivienda se sujete contra el suelo y que las cargas sean transferidas de manera eficiente. El cimiento, en consecuencia, tiene especial importancia para evitar que las viviendas "caminen".

Esto ocurrió -por ejemplo- en la comunidad de La Gloria en Pujilí – Ecuador, donde las viviendas por efecto del sismo no resistieron el deslizamiento y se destruyéndose todas las existentes en el área.

En toda vivienda es necesaria y debe existir una cimentación implantada sobre un suelo duro o medianamente duro y estable.



Fotografía 17

Pese a la destrucción total de la vivienda, se aprecia que no existen huellas de una posible cimentación, ésta construcción fue literalmente "barrida".

La cimentación debe tener una profundidad mínima de 60 centímetros y un ancho 40 centímetros.

Debe estar construida con hormigón ciclópeo o con mampostería de piedra, dejando un sobrecimiento mínimo de 20 centímetros sobre el nivel natural del terreno, para evitar el ascenso de agua por capilaridad y el deterioro respectivo de la base del muro de tierra.

Los muros deben estar contruidos con adobes o con BTC, pero que necesariamente cumplan los requisitos de una elaboración adecuada.

Deberán tener la suficiente capacidad para soportar los esfuerzos de tracción que se producen en un sismo, por lo que para ello deben tener algún tipo de refuerzos, sean de caña, madera, acero, malla exterior, etc.

Estos refuerzos deben anclarse en el cimiento y llegar hasta la viga solera, los verticales y los horizontales se colocarán cada 3 ó 4 hiladas, de manera que el muro tenga la capacidad requerida para disipar los esfuerzos de tracción y su comportamiento sismorresistente mejora de manera sustancial, evitando la disgregación de los elementos constitutivos del muro y el colapso total de la vivienda.



Fotografía 18



Fotografía 19

La ausencia de refuerzo en los muros, la mala calidad de morteros y la falta de cimentaciones producen el colapso de las viviendas. Como se aprecia en las fotografías.

Las esquinas y encuentros de paredes son los sitios donde se concentran los esfuerzos y por lo tanto deben tener suficientes refuerzos, de forma que éstos funcionen como "costura" de las paredes.



Fotografía 20

Esquinas mal trabadas y sin refuerzo alguno.



Fotografía 21

Nótese la esquina de 30 x 30 ¿resistirá a empuje lateral?



Fotografía 22

Trabe esquinero mal elaborado



Fotografía 23

Unión en "T" donde el muro transversal no está debidamente trabado.

Los contrafuertes deben ser lo suficientemente resistentes para evitar el desplazamiento lateral del muro, deben convertirse en un verdadero apoyo con la debida resistencia. De no ser así, los contrafuertes son despedidos o se fisuran con mucha facilidad, quedando el muro expuesto a esfuerzos de flexión.



Fotografía 24



Fotografía 25

El contrafuerte es muy pequeño o no está debidamente trabado al muro. En las fotografías se aprecia que el contrafuerte disipó la energía, en un caso rompiéndose totalmente y en otro rompiéndose en su base. Es preciso indicar que la falla de la base puede ser por mala calidad de albañilería.

En la construcción de los muros en especial, la mano de obra debe ser debidamente calificada. Los errores en la elaboración del mortero y de la colocación de los adobes, son causas muy comunes para la fisuración y colapso de paredes de adobe. En las fotografías se observan como la falla es potenciada debido a errores constructivos.



Fotografía 26

Esquinas con defectos por trabajos de albañilería.



Fotografía 27

Las puertas y ventanas deberán llegar, de preferencia, hasta la solera y si se requiere dinteles, éstos deben rebasar a cada lado del vano 40 centímetros, de lo contrario los dinteles romperán las esquinas de los vanos. Esta fisura es a 45°.

Cuando los vanos son mayores que la tercera parte de la longitud del muro, se concentran muchos esfuerzos y la rotura es casi inevitable, transformándose este vano en un posible plano de falla.

Es recomendable que se coloque algún tipo de refuerzo en el antepecho



Fotografía 28



Fotografía 29

Mala calidad del mortero, las juntas no están debidamente selladas. En la fotografía de la derecha (29), nótese como varios adobes tienen las caras limpias, eso indica que no existía ninguna vinculación entre hiladas.



Fotografía 30



Fotografía 31

En la fotografía de la izquierda (30) se observa que la ventana tiene un dintel adecuado mientras que la puerta no lo tiene y colapsa; en la segunda fotografía (31), se aprecia como el tamaño del vano se transforma en un plano de falla.

Las soleras o cadenas de cubierta que pueden ser de madera o de hormigón armado deben estar debidamente ancladas a las paredes, así se logra que se consolide y sujete la cubierta contra el muro y que la transmisión de los esfuerzos sea más uniforme, logrando que la solera actúe como un collar superior que evite la fisuración de las esquinas y encuentros de muros.



Fotografía 32

La cubierta mal diseñada, las soleras sin anclaje a los muros, los muros de mala calidad y con mucha altura, (problema de esbeltez).

En el caso de los muros con un extremo libre, la solera tiene una vital importancia. Si

el anclaje no es adecuado el muro flamea y colapsa.



Fotografía 33

La falta de vinculación de la solera con el muro libre de adobe, en el caso expuesto en la fotografía, permitió que este se "desprendiera" de la cubierta y colapsara

La cubierta debe ser diseñada de manera que no produzca empujes laterales en los muros que pueden desestabilizarlos.

Este elemento, tradicionalmente pesado ya sea porque se lo construye con madera y teja de barro y, en muchos casos, se lo usa en la cumbrera como bodega de granos, produce importantes fuerzas de tracción que en ausencia de un elemento que las equilibre, expulsan al muro y colaboran con la fisuración de las esquinas, provocando en muchos casos que la cubierta se precipite al interior de la vivienda.



Fotografía 34



Fotografía 35

Resultados causados por de cubiertas mal diseñadas. En la fotografía 34 se muestra como la cubierta expulsó al muro de su plano y lo colapsó; en la fotografía 35 se observa como las esquinas se abrieron lo necesario para que toda la cubierta se precipite al interior de la vivienda. Nótese la ausencia de soleras o cualquier rastro de elemento de arriostre o refuerzo.

Las fotografías son elocuentes, en especial, respecto de cómo la cubierta mal diseñada provoca la expulsión de los muros y como éstos se desplazan fuera de su plano y colapsan.

Cabe en especial señalar que los muros colapsados corresponden a los que soportan la estructura de la cubierta y por su mal diseño no permiten absorber los esfuerzos de tracción que desplazan finalmente a los muros.

Por lo tanto en las cubiertas que usan el sistema de tijerales, es conveniente y necesario que "el sistema estructural del techado garantice la estabilidad lateral de los tijerales".

Los muros de adobe o de bloques de terro-cemento (BTC) tienen la particularidad de fisurarse por las juntas de albañilería, por lo que es importante que los morteros tengan mínimo la misma calidad que la de los adobes o BTC



Fotografía 36.

Cubiertas con tijerales que no tienen elementos que equilibren los esfuerzos laterales y provocan empujes en la cabeza del muro.



Fotografía 37

La mala calidad de trabes en el muro produjo una falla tipo sandwich y colapsó la mitad de éste.



Fotografía 38

Esta aula de bahareque se comportó de manera adecuada. Los muros disiparon la energía mediante la fisuración de su material de relleno, la estabilidad de la estructura se mantuvo luego del sismo.



Fotografía 39



Fotografía 40

Las viviendas de las fotografías 39 y 40 debidamente arriostradas y bien mantenidas, pese a su edad, se mantienen sin problemas en los requerimientos de sismos.

Actualmente y pese a las dolorosas experiencias en los sismos pasados, la calidad de construcción, no en todos los casos, se mantiene con errores que antes se han señalado, como se puede observar en las fotografías siguientes.



Fotografía 41



Fotografía 42



Fotografía 43

Nótese como la construcción tiene poca mampostería y las esquinas son poco estables, se puede intuir por la fotografía 42 que la planta tiene poca área de muros.

Como criterio general deberá considerarse el uso de refuerzos sea al interior de los muros o en el exterior (mallas como lo ha ensayado el equipo de la PUCP), en el caso personal suelo utilizar el adobe amasado a mano en moldes fáciles de armar y desarmar como se muestra en las fotografías 44, 45, 46 y 47, moldes que permiten que participe la comunidad y que pueda ser replicada la experiencia, de esta manera la transferencia tecnológica y las innovaciones a la tecnología que ellos utilizan se queda en y con la comunidad.

El adobe se elabora con suelos arcillo-arenosos donde el contenido de granos finos es de aproximadamente el 50%, es importante señalar que no utilizo cemento y la estabilización o es en función de la granulometría o con fibra natural. Los refuerzos son varillas de acero que se colocan en los alvéolos y son debidamente trabados en la cimentación y se anclas con la solera y cada tres o cuatro hiladas una malla electro soldada de 4,00 mm cada 10,00 cm y que tenga al menos tres hilos longitudinales. De manera que se conforma un elemento que puede soportar esfuerzos de tracción y compresión y por lo tanto su comportamiento ante un sismo es más eficiente ya que el adobe soporta esfuerzos de compresión y los refuerzos a los esfuerzos de tracción



Fotografía 44



Fotografía 45



Fotografía 46



Fotografía 47

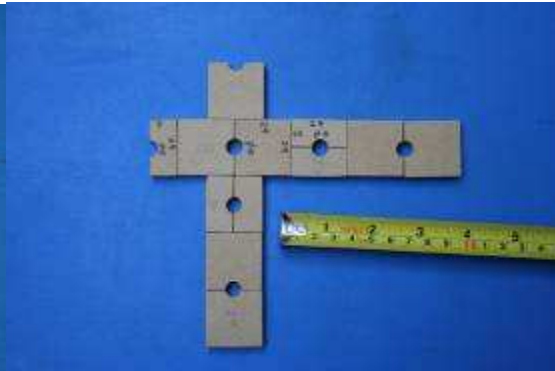
La cubierta se convierte en un diafragma superior que le permite "amarrar" la cabeza de los muros y evitar su desplazamiento fuera de su plano, por esta razón la cubierta no puede generar empujes laterales que desestabilicen a los muros de fachada y preferiblemente debe ser liviana para evitar que el efecto de "péndulo invertido" afecta la estabilidad de la estructura.

4. LA CAPACITACIÓN

Para lograr trabajar en las comunidades rurales, se ha debido elaborar maquetas de los adobes de manera que el armado y trabe de los muros y la ubicación de los refuerzos puedan ser claramente entendidos y poder trasladar, este aprendizaje, a la obra que cuando es la primera se transforma en un taller de complemento de la capacitación.



Fotografía 48



Fotografía 49



Fotografía 50



Fotografía 51

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los casos observados, con frecuencia lamentablemente, torna necesario advertir sobre la importancia de que las construcciones en y con tierra se ajusten a normas técnicas y, en caso de no existir recomendaciones expresas, se rijan por lo menos a los criterios fundamentales de sismo resistencia en la construcción.

Es importante e imperativo –por responsabilidad con la comunidad- que se logre normar la construcción con tierra y en general con materiales alternativos y de esta manera “formalizar” el uso de estos materiales y exigir la capacitación de los técnicos en todas las instancias de formación.

De igual manera la formación del profesional orientado al manejo de estas tecnologías, especialmente en zonas sísmicas, es una responsabilidad que ya no se puede eludir por parte de los institutos superiores

El trabajo comunitario debe ser debido y responsablemente organizado. No cabe la improvisación cándida o audaz, ni la presencia de obreros no calificados que ejecuten tareas para las que no están capacitados.

Esto sucede con frecuencia en la construcción de viviendas generalmente promovidas por organizaciones que en el afán de reducir los costos utilizan mano de obra comunitaria no capacitada, carente de supervisión, cuyos resultados, en algunos

casos, son expuestos en este documento. En consecuencia la capacitación y formación de mano de obra para estas tecnologías es urgente y necesario.

La construcción en tierra debidamente ejecutada, es estable. Lamentablemente la carencia de normas hace que se omita mucha información existente sobre criterios adecuados para su construcción.

En la modalidad muy común de la minga en el área rural, donde las tareas de construcción se hacen de manera comunitaria y en el caso de las viviendas, todos hacen las casas de todos, es necesaria la capacitación a los líderes o jefes de construcción de las comunidades. Las experiencias personales de estas acciones han sido satisfactorias.

En el trabajo comunitario, la organización de tareas debe ser hecha técnica, y profesionalmente a conciencia, ya que éste garantiza la calidad de la construcción.

Las tecnologías aplicadas en los sectores rurales, donde es común la construcción con tierra, es necesario que se impongan tecnologías blandas que permitan una reproducción total sea para obra nuevas promovidas desde la comunidad o para ampliaciones o reparaciones de obras existentes.

BIBLIOGRAFÍA

REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN
NTE E. 080. ADOBE. Sencico. Lima. Perú. 2000

Patricio Cevallos: Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Asesor y consultor de construcciones con tierra y otros materiales naturales.
Director de Tecnología Alternativa
Miembro de PROTERRA

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO TÉRMICO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA DE BLOCK DE TIERRA COMPRIMIDO EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO.

José Adán Espuna Mújica; Pablo David Elías López

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas
Av. Universidad S.N. Esquina Blvd. A. López Mateos
Tampico, Tam. México- Tel-Fax- +52 833 241200 Ext. 3351
jespuna@uat.edu.mx ; pdelias@uat.edu.mx

Palabras clave: comportamiento térmico, simulación, evaluación

RESUMEN

Se presentan los resultados del análisis del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda construida con block de tierra comprimida (BTC).

La tierra es uno de los primeros materiales de construcción en la historia de la humanidad; como sistema constructivo requiere de muy poca energía para su fabricación (adobe). Su uso se ha sustituido por materiales industrializados debido a deficiencias en la resistencia estructural y la resistencia a la humedad principalmente. El sistema BTC consiste en blocks de tierra que son comprimidos mecánica o manualmente; este proceso mejora las condiciones de resistencia estructural respecto a un adobe común. Diversas variantes mejoran la resistencia a la humedad pero incrementan la demanda energética para su elaboración. La presente alternativa utiliza la savia de nopal como aglutinante.

La utilización del mucílago o savia de nopal en el BTC permite beneficios en las características de resistencia estructural y a la humedad sin incrementar sustancialmente el consumo de energía para su elaboración. Esto se debe a que la savia permite mayor adherencia, plasticidad y densidad del BTC. El BTC utilizado tiene densidad estimada de 1900 kg/m^3 , una conductividad de 0.9 W/m K y una transmitancia de $1.90 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Se puede agregar que si bien la tecnología de construcción en tierra es muy antigua y ha sido superada, todavía tiene potencial positivo para ofrecer soluciones a los problemas habitacionales actuales (de disponibilidad de recursos energéticos y económicos).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño térmico de dos espacios arquitectónicos ubicados dentro de la vivienda o prototipo de BTC, edificado en el Campus Universitario Tampico-Madero; donde uno de los espacios, la recámara oeste, ha sido modificado, incorporándole una capa de poliestireno expandido de 2.5 cm en la parte interior de la cubierta.

OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar las condiciones de habitabilidad teórica y determinarlos en las recámaras de la vivienda de BTC en la ciudad y puerto de Tampico, Tamaulipas,

- Evaluar las condiciones de confort del prototipo en los espacios considerados de mayor utilización en la vivienda sustentable de tierra, edificado en la zona sur de Tamaulipas.
- Simular con programas computacionales el comportamiento físico del prototipo y la vivienda, contrastándolos con elementos de construcción diferentes durante el periodo de recolección de datos.
- Establecer y determinar las relaciones posibles entre los factores biofísicos y los materiales de construcción.

Esto para evaluar el comportamiento termo higrométrico referente a la vivienda o prototipo, con la intención, en su caso de rediseñar elementos y materiales, con soluciones acordes a las necesidades de sus habitantes, utilizando productos que no produzcan emanaciones tóxicas y con un material natural, que se adecue al contexto físico

ANTECEDENTES

Es conocido en el campo de la arquitectura que un ambiente sensiblemente cálido resulta incómodo para los habitantes de los espacios diseñados. Si a las condicionantes térmicas se le incrementa una elevada humedad relativa, se acentúa la incomodidad, ya sea en temperaturas elevadas, con la consecuente transpiración, como en clima frío, en donde se pueden presentar problemas de salud. Uno de los aspectos a considerar a la hora de diseñar una vivienda o de escoger un material con el que se va a edificar, es el impacto ambiental que se genera por su fabricación. La construcción de las viviendas consumen entre el 45% i el 60% de los materiales extraídos de la litosfera, por tanto su extracción y transformación supone una parte significativa del impacto ambiental en la sociedad actual. Este impacto puede ser de forma de agotamiento de los recursos no renovables, las emisiones de diversos tipos de gases y los efectos nocivos que perjudican los ecosistemas o bien, la acumulación de los residuos sólidos que pueden lixiviar sustancias contaminantes al suelo y al aire.

Considerando que los principios de adecuación de los espacios arquitectónicos habitables deben aparecer como un hábito en la construcción y no como una rareza o una excepción. Se debe hablar de buenas prácticas arquitectónicas y constructivas y no de arquitectura como un elemento aislado de su edificación. Estas buenas prácticas tendrán como objetivo la calidad del ambiente interior y la reducción de los efectos nocivos que sobre el entorno la edificación pueda ocasionar, como puede ser:

- La calidad del ambiente interior: condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire, etc.
- Los efectos de los edificios sobre el entorno serán función de las sustancias que desprendan, del impacto que produzca el asentamiento y de los consumos que afecten al desarrollo sostenible del lugar.
 - Sustancias desprendidas: sólidas (residuos sólidos urbanos), líquidas (aguas sucias) y gaseosas (gases de combustión vinculados fundamentalmente al acondicionamiento).
 - Impacto del asentamiento: Exceso de población, vías de acceso, aparcamientos, destrucción de tejido vegetal, etc.
 - Desarrollo sostenible del lugar: consumo energético y de recursos hídricos o de materias primas contaminantes o que estén por encima de su capacidad de renovación.

Analizar el consumo energético en los edificios puede tener algunas variables. Tratar de reducir representa menor costo para sus habitantes, además de menor dependencia de fuentes limitadas, con la consecuente disminución de la contaminación vinculada a la producción. Se puede agrupar los aspectos arriba mencionados, en tres grandes grupos:

- Aspectos energéticos (vinculados a los consumos de materias primas y a la contaminación gaseosa).
- Calidad del ambiente interior.
- Contaminación y medio ambiente (vinculados a las sustancias desprendidas, el impacto del asentamiento y el desarrollo sostenible).

El buscar un concepto de arquitectura bioclimática se ha vuelto cada vez más complejo, por ser una preocupación retomada recientemente, la arquitectura de suyo es bioclimática, sin embargo, se ha ido olvidando que ésta debe estar en diálogo con su entorno natural, “... No existe una “arquitectura bioclimática”, sino la arquitectura, simple y llanamente” (López de Asiaín; 1997; 19). Como consecuencia, se hace cada vez evidente que la estandarización de modelos de viviendas en diferentes puntos de la geografía del país es inadecuado y sobre

todo, no es recomendable si se buscara una vivienda de calidad.

En la primera etapa de análisis sobre la habitabilidad del modelo de vivienda sustentable, presentado en el anterior SIACOT, realizado en Sao Luis do Maranhao, Brasil, se analizaron los espacios y el resultado mostraba que existía una problemática de sobrecalentamiento presumiblemente por la cubierta, como se menciona por Espuna (2008) en donde ... “Los resultados de las simulaciones en la vivienda de Tampico indican que las construcciones con BTC tendrá mejores condiciones de confort si contasen con aislamientos mínimos, que se hacen indispensables para alcanzar los niveles de confort en verano”. . Edificado el centro universitario de Tampico-Madero, Tamaulipas, se construyó un módulo experimental de vivienda con este sistema constructivo. Es conveniente recordar que la vivienda tiene muros de carga de 28 cm de espesor y divisorios o de cerramiento de 14 cm, aplanados en ambas caras con mortero de cal-arena con mucílago de nopal. Está diseñado en dos plantas, en la planta baja se localiza el acceso, la sala-comedor, la cocina, las escaleras y un cuarto de baterías en la parte exterior, en la planta alta se localizan dos recámaras y el baño.

Se realizó una fase de medición durante los meses de septiembre de 2008 a enero de 2009. Se midió la temperatura mediante Data-loggers marca Onset - Hobo modelos U-12 ubicados al interior de la vivienda en cuatro espacios. Cada espacio coincidente con una orientación (N, S, E, W). Se contrastó con las mediciones de temperatura exterior realizadas por la estación meteorológica del aeropuerto de Tampico. La vivienda se encuentra normalmente con poca gente en ella, se abre de las 9:00 a las 14:00 horas, de lunes a viernes, misma que se encuentra utilizándose como centro de trabajo del Cuerpo Académico de la FADU e investigadores de la misma. Los registradores de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO U-12, fueron colocados en las ubicaciones indicadas en la Tabla 1.

REFERENCIA	UBICACIÓN	COMENTARIOS
1	Recámara Este	En el centro de la habitación, suspendido del techo a una distancia de 40 cms.
2	Recámara Oeste	En el centro de la habitación, suspendido del techo a una distancia de 40 cms.

Tabla 1. Ubicación de los registradores de temperatura

Para la segunda etapa del proyecto de investigación, en este caso, la evaluación con aislamiento y simulación térmica, la metodología propuesta abarcó la investigación directa a base de la prospección y análisis del hecho arquitectónico, así como de la investigación documental, dentro de la cual se recurrió a las fuentes históricas, acervos de archivos, monográficos, estadísticos y censos, entre los que conviene destacar en esta etapa:

- Medición y análisis de datos climáticos, con énfasis especial en la intensidad de la radiación solar, obtenida con mediciones sistemáticas y automáticas cada 30 minutos durante el periodo mencionado.
- Simulación del comportamiento térmico de espacios similares con diferentes materiales a fin de obtener temperaturas interiores pico y máxima demanda de energía en épocas de calor.
- Presentación de resultados: método gráfico de evaluación de alternativas, análisis de conclusiones

Se consideraron las temperaturas para el estudio las del mes de septiembre se empezaron a hacer una serie de mediciones y recolección de datos a manera de ensayo, con la intención de establecer una metodología de trabajo, basándonos en la propuesta de López de Asiaín (1997) que permitiese en términos generales:

- La toma de datos y recolección de información, tanto del entorno como del interior

de los espacios habitables.

- Valoración de los resultados, mediante la interrelación de los datos obtenidos.
- Interpretaciones parciales y globales del análisis, con la ulterior conclusión.

El análisis bioclimático que se realizaron, así como su vinculación en la vivienda que se evaluó está referido a aspectos climáticos, como lo es la temperatura y humedad relativa. Para la toma y recolección de la información de los factores climáticos debe haber una continua interrelación en los datos parciales obtenidos, con la intención de obtener conclusiones manejables en lo que respecta a los valores de bienestar o habitabilidad, tanto en el prototipo como en la vivienda convencional, mismos que estarán vinculados a determinar una zona teóricamente adecuada a las condiciones de un clima subtropical húmedo.

De lo anterior se desprende el presente estudio. Se analizaron las diferentes posibilidades que causaban este sobrecalentamiento y se encontró que efectivamente la problemática era la cubierta. Se probaron diferentes alternativas entre un techo masivo (incorporar un sistema de terrado), el techo ligero (situación actual) y techo aislado. Las simulaciones numéricas realizadas para cada sistema constructivo (simulación de régimen estacionario para calcular la U o K que es el coeficiente global de transmitancia) arrojaron que la mejor opción era el techo aislado. Por lo anterior se probó aislar el techo; se colocó un *plafón* de poliestireno expandido (PeE) densidad mediana con un espesor de 3 pulgadas (7.56 cm) de modo que quedó acorde al siguiente esquema (fig 1). Este material tiene las siguientes características, tomadas de las normas del ASHRAE: Densidad, Calor específico y Conductibilidad.

El espacio que presentó las condiciones más relevantes tuvo una temperatura exterior máxima (To_{max}) de 33.5°C y mínima (To_{min}) de 27°C lo que provoca una oscilación térmica exterior (ΔTo) de 6.5 °C ($\Delta To = To_{max} - To_{min}$). Temperaturas interiores máxima (Ti_{max}) y mínima (Ti_{min}) de 30°C y 29°C con una oscilación térmica interior (ΔTi) de 1.5 °C ($\Delta Ti = Ti_{max} - Ti_{min}$).

El sistema constructivo permitió que al interior se manifestara amortiguamiento (η) del 23% respecto a las condiciones exteriores ($\eta = \Delta Ti / \Delta To$) lo cual indica que el sistema constructivo está amortiguando las condiciones exteriores evitando el sobrecalentamiento interior. Esto es positivo para la evaluación del desempeño térmico. Se identifica también un desfase térmico (ω) de 2 horas entre la hora de temperatura exterior máxima (hro_{max}) y la hora de temperatura interior máxima (hri_{max}); ($\omega = hro_{max} - hri_{max}$) lo cual indica que la masa térmica del sistema constructivo permite pasar al interior las condiciones exteriores amortiguadas hasta después de 2 horas.

Las oscilaciones térmicas exterior e interior se desarrollan respecto a un mismo rango de temperatura media del período de medición. Solo un sistema consumidor de energía permitiría temperaturas interiores inferiores a la media exterior, esto se puede lograr mediante sistemas pasivos de enfriamiento. La principal conclusión del presente artículo es que el uso del BTC como sistema constructivo en muros permite controlar las condiciones exteriores de temperatura. Combinado con las mejoras estructurales el BTC puede ser utilizado como material de construcción económico y de bajo consumo energético con posibilidades de utilizarse total o parcialmente en viviendas de interés social.

METODOLOGIA

El análisis del desempeño térmico en el presente estudio, se evaluó desde el enfoque del amortiguamiento y desfase térmico que se presenta en la vivienda estudiada. Con el análisis de estos factores, es posible determinar el aporte de las modificaciones arquitectónicas a la cubierta (capa de poliestireno expandido). El amortiguamiento térmico (η) se define como: la diferencia entre la temperatura máxima exterior (T_{maxext}) y la temperatura máxima interior

(T_{maxint}).

$$\eta = \Delta T_{max\ ext} - T_{max\ int}$$

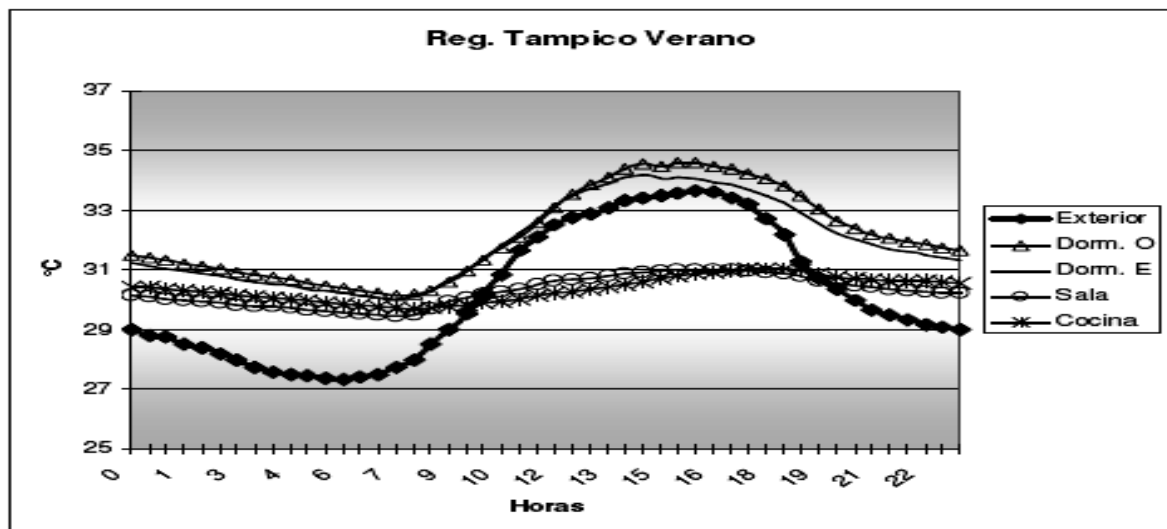
El desfase térmico (ω) se define como: La diferencia entre la hora de temperatura exterior máxima ($hT_{e_{max}}$) y la hora de temperatura interior máxima ($hT_{i_{max}}$).

$$\omega = hT_{e_{max}} - hT_{i_{max}}$$

BASES DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Para realizar el estudio se tomaron datos de dos bases de datos. Por una parte, la base del monitoreo al interior de la vivienda, entre el periodo antes mencionado (Septiembre 2008 a enero 2009), dicho monitoreo con los Data-loggers con un intervalo de 30 min. Por otra parte los datos exteriores del año típico de la zona de estudio de la base de datos de Meteoronorm 6.0. En el presente estudio se evalúa únicamente del 9 al 23 de septiembre de 2008, por ser el mes más crítico por la temperatura tan elevada que se presenta en la zona de estudio.

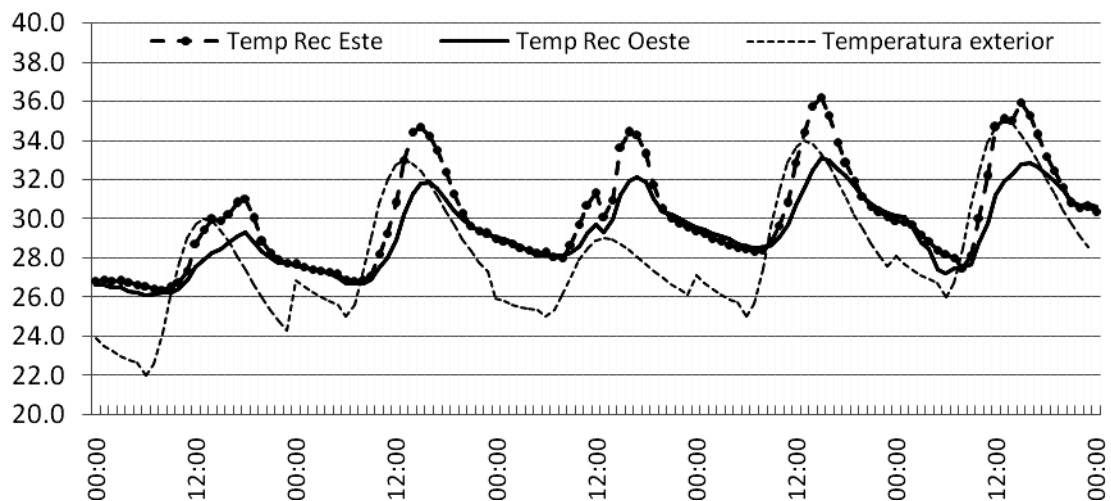
Las mediciones se realizaron en el intervalo indicado anteriormente, a una separación aproximada de la techumbre de 40 centímetros, al centro de las recámaras, para evitar las corrientes de viento, en donde la primera, que estuvo con el acabado original, ubicada al este y la segunda, ubicada al poniente, que en resultados anteriores se había comprobado, como se puede observar en la Gráfica 1 que era la más cálida, se le colocó una protección de poliestireno de 7.5 cms.



Gráfica 1. Temperaturas promedio registrados durante los seis días de medición en verano (De acuerdo a Espuna, et al; 2008)

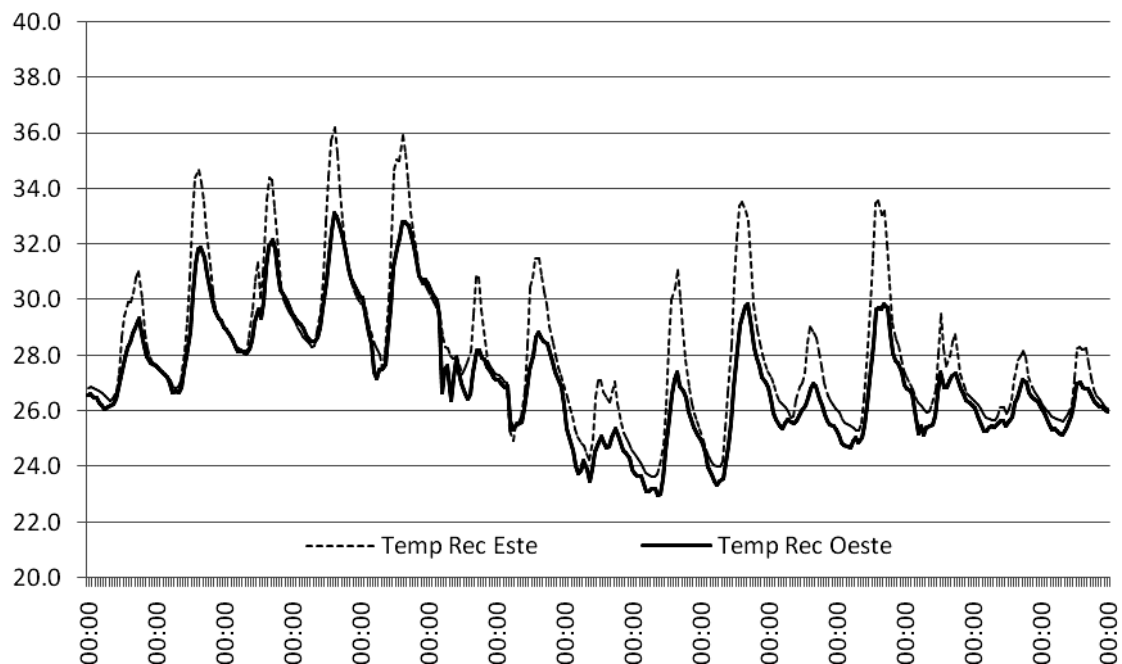
RESULTADOS

En la gráfica 2 se presentan y contrastan los datos de la *temperatura exterior* frente a las temperaturas de la recámara *este* y *oeste*. Como se puede observar en dicha figura, la temperatura exterior en general se encuentra por debajo de las temperaturas al interior de la vivienda, sin embargo, siendo la recámara al este la de mayor temperatura con respecto a la del oeste.



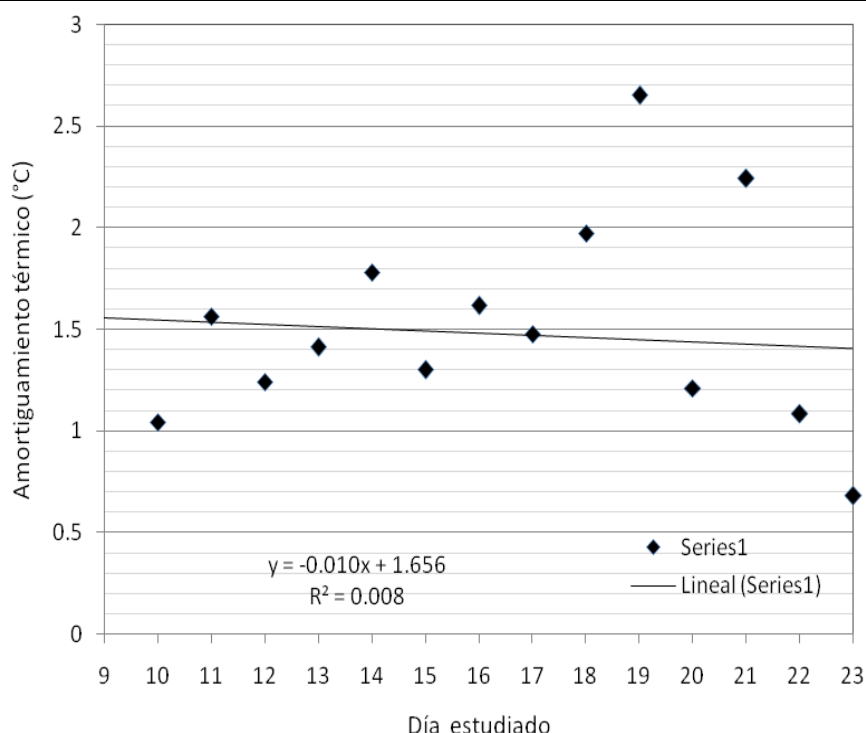
Gráfica 2: Temperaturas exterior e interior al este y oeste. Datos del 9 al 13 de septiembre de 2008

En la Gráfica 3 se analizaron las temperaturas monitoreadas de 9 al 23 de septiembre de 2008, en dicha gráfica se observa que la habitación al Este (no aislada) presentó las condiciones más críticas de sobrecalentamiento, mientras que la habitación al Oeste (aislada) logró evitar los "picos" de sobrecalentamiento al medio día, que presenta la habitación al este.



Gráfica 3: Temperatura interior de recámara este comparada con la recámara oeste.

Del estudio anterior se obtiene que el amortiguamiento térmico promedio es de 1.5°C. Como se puede observar en la figura 3, la dispersión de los datos de amortiguamiento tienen una tendencia central a 1.5°C, sin embargo, como la misma gráfica, los valores son significativamente dispersos.



La hora que en promedio se presentó la temperatura máxima fue las 16:00 hrs. Presentándose un desfase térmico promedio del sistema constructivo en general de 2.5 hrs.

CONCLUSION

La mejoría que presenta el aislante térmico es importante al momento de evaluar el desempeño térmico de la vivienda de block de tierra comprimida. El aporte más importante de este sistema constructivo (BTC + cubierta aislada) radica en que, el almacenamiento de la masa térmica del BTC permite que la temperatura mínima sea similar a la temperatura mínima exterior, mientras que el aislante térmico, evita que la temperatura máxima se eleve considerablemente.

Con el anterior análisis queda demostrado que una vivienda con estas características no solamente es sustentable ambiental y económicamente, sino que puede proveer a los usuarios de mejores condiciones de confort térmico al interior.

BIBLIOGRAFÍA:

- COSCOLLANO RODRÍGUEZ, (2002) *Ahorro Energético en la Construcción y Rehabilitación de Edificios*; Ed. Paraninfo Thomson Learning, Madrid, España.
- ESPUNA MÚJICA, JOSÉ ADÁN; ROUX GUTIÉRREZ, RUBÉN SALVADOR; GARCÍA IZAGUIRRE VÍCTOR MANUEL; ARVIZU SÁNCHEZ, EDUARDO (2008): *Análisis de habitabilidad en una vivienda sustentable de tierra en un clima subtropical húmedo*; Terrabrasil 2008: VII Seminario Iberoamericano de Construção com Terra; Proterra-UNESM; Sao Luis do Maranhao, Brasil.
- EVANS, J. M. (2004) *Construcción en tierra, aporte a la habitabilidad*, 1 Seminario Taller, Construcción en Tierra, FADU UBA, Buenos Aires, Argentina
- GARCÍA IZAGUIRRE, ROUX GUTIÉRREZ, ESPUNA MÚJICA Y ARVIZU SÁNCHEZ, (2007) *Diseño modular una alternativa sustentable*, SIIDS – Tampico, México.
- GONZÁLEZ Y LÓPEZ DE ASIAÍN, (1994) *Análisis Bioclimático de la Arquitectura*; Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla; Sevilla, España
- PATRONE J. C. (2005) *Gestión y Desarrollo en la Construcción de la Vivienda de Interés Social con empleo de suelo estabilizado*, Construcción con Tierra 1, FADU UBA, Buenos Aires, Argentina.
- RODRÍGUEZ VIQUEIRA, ((2001) *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*; Ed. Limusa; México, D.

F.

ROUX GUTIÉRREZ, ESPUNA MÚJICA, GARCÍA IZAGUIRRE Y ARANDA JIMÉNEZ (2007) *La construcción con tierra en Zonas Húmedas caso Tampico SIACOT – Tampico, México*

José Adán Espuna Mújica Doctor. Profesor e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable, donde realiza investigaciones sobre Materiales Sustentables y Comportamiento y habitabilidad en los prototipos de vivienda sustentable desarrolladas por el Cuerpo Académico y estudios sobre arquitectura habitacional de la zona.

Pablo Elías López : Doctor. Profesor investigador de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Arquitecto de formación, durante 2008-2009 realizó estancia postdoctoral en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM. Actualmente se enfoca en las temáticas: Sistemas pasivos y de ahorro energético para la climatización de espacios arquitectónicos, así como, simulación térmica de edificaciones con el programa “Energy Plus”.

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS (BTC) SIN ADICIÓN DE CEMENTO

Fernando Galíndez

Colaboradores: **Gabriela Polliotto ; Manuel Zambrano**

Universidad Católica de Salta – Facultad de Arquitectura – Fundación Mapfre
Entre Ríos 451 – P.A.- 4400 Salta - Tel-fax: 0387-4214537 - mail: ecosol@ucasal.net

Palabras clave: bloques, arcilla, presión, impermeabilización

RESUMEN

Esta investigación estudia un material alternativo, bloque de tierra cruda comprimido (BTC) sin adición de cemento, para la construcción de muros. La eliminación del cemento de la mezcla base del mampuesto BTC, responde fundamentalmente a dos razones, una económica por cuanto el precio del cemento encarece el costo del mismo y otra ambiental que tiene que ver con el impacto que produce el proceso de fabricación del cemento, lo cual añade un costo ambiental al bloque de suelo-cemento, a pesar de tener éste menor impacto que los ladrillos de tierra cocida, ya que el material es crudo.

Generalmente para la fabricación de BTC se considera que las tierras con mucho contenido de arcilla no son aptas, debido a que para obtener resistencias aceptables se debe adicionar mayor cantidad de cemento que a las tierras arenosas. Esto se refleja en las Normas IRAM que especifican que para la fabricación de suelo cemento en caso de suelos arcillosos se debe adicionar hasta el 15% de cemento. Debido a esto quedan excluidos en la fabricación de BTC, grandes cantidades de suelos, a menos que tengamos la posibilidad de adicionarlos con arenas o lo que es peor con mayor cantidad de cemento. Esto a su vez implica mayores costos económicos y ambientales.

La posibilidad de aprovechar la cualidad de las arcillas como aglomerante natural y evitar la adición de cemento al mampuesto, recurriendo a la estabilización por compactación y hacerlo mediante métodos que garanticen el cumplimiento de las premisas teóricas en fábrica o en obra, será el principal aporte de la presente investigación, en concordancia con un nuevo paradigma de desarrollo de materiales de construcción más sustentable.

Para el desarrollo de la investigación se propuso trabajar con tres tipos distintos de tierras arcillosas, compactadas a tres presiones diferentes, 4 kg/cm², 6 kg/cm² y 8 kg/cm², a fin de demostrar que a mayor plasticidad de la tierra, sometida a su vez a mayor presión de compactación, la resistencia a la compresión del mampuesto aumenta. A su vez se propuso, a fin de solucionar la sensibilidad del material ante la presencia de agua, una impermeabilización del mismo con aceite usado para vehículos.

Finalmente se demostró empíricamente que los mampuestos tipo BTC realizados con tierras Areno-Arcillosas de mediana Plasticidad, debidamente compactadas e impermeabilizados con aceite usado de vehículos, constituyen un mampuesto confiable para la construcción.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

La presente investigación se propuso estudiar el comportamiento de un material alternativo (bloque de tierra cruda comprimida sin adición de cemento - BTC) para la construcción de muros. Este mampuesto elimina en su fabricación la etapa de cocción, que implica la mayor afectación ambiental, no sólo por la emisión de contaminantes a la atmósfera (con su correspondiente aporte al efecto invernadero) sino también por el consumo de recursos no renovables (leña de bosques nativos y gas natural) en la producción de las importantes cantidades de energía requeridas en el proceso.

Existen probadas experiencias del buen funcionamiento de los bloques comprimidos de suelo-cemento, sin embargo no se han hallado investigaciones sobre el comportamiento de los bloques sin cemento. La eliminación del cemento de la mezcla base del mampuesto BTC, responde fundamentalmente a dos razones, por un lado la económica debido al precio del cemento y por otro lado la ambiental que tiene que ver con el impacto que produce en el ambiente el proceso de fabricación del cemento.

2. PROBLEMÁTICA A RESOLVER:

El deterioro ambiental que viene agravándose en las últimas décadas en todo el mundo, afecta fundamentalmente a la naturaleza, a través de elevados niveles de explotación de los recursos naturales (incluyendo el suelo fértil), contaminación de la atmósfera y agotamiento y contaminación de los recursos hidrológicos, ocasionados por la acción antrópica. Como consecuencia, no sólo se alteran los ecosistemas, sino que en muchos casos se pone en riesgo la salud humana o se producen importantes pérdidas en la calidad de vida de determinados sectores.

Particularmente, el sector de la construcción es responsable de grandes aportaciones económicas y sociales a través de la producción de bienes y servicios. Históricamente, este sector ha requerido de grandes cantidades de materias primas y energía, lo que consecuentemente provoca grandes cantidades de emisiones gaseosas, líquidas y sólidas, contaminantes del medio ambiente.

Los diferentes sistemas constructivos no han logrado reemplazar, a lo largo del tiempo, la utilización del ladrillo en la construcción, sobre todo en Latinoamérica. Esto se debe a dos causas fundamentales, una económica, ligada a los costos del mismo y otra cultural, vinculada a la identificación histórica de este material con un cierto “status”. Su fabricación no demanda una tecnología sofisticada ni tampoco mano de obra calificada (Muller, M, 1997). Estas condiciones se mantienen en la actualidad debido a que no se están internalizando los costos ambientales de las externalidades producidas por la actividad a nivel de impacto ambiental.

Augenbroe (1998), por ejemplo, sugiere que el sector de la construcción comience a modificar su forma de trabajo, contemplando la satisfacción del usuario, el menor consumo de materia y energía y el menor impacto medioambiental tal como se esquematiza en la figura que sigue:

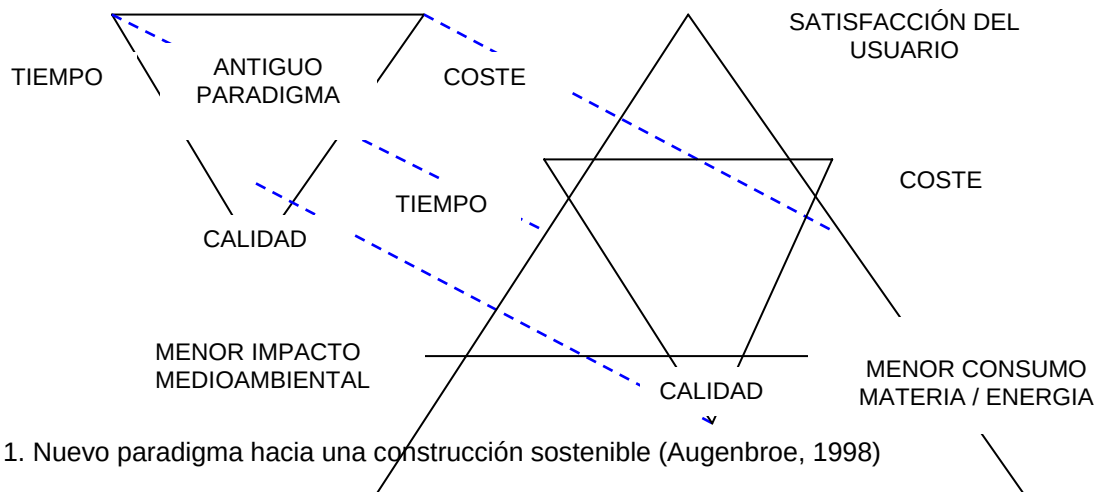


Figura 1. Nuevo paradigma hacia una construcción sostenible (Augenbroe, 1998)

Para evaluar medioambientalmente al sector de la construcción, se requiere reconocer, cuantificar y calificar tanto los recursos consumidos, como las emisiones generadas en las distintas etapas de los procesos.

Algunos criterios medioambientales para acceder a una selección del material de construcción medioambientalmente correcto, se resumen a continuación:

- **Ahorro Energético:** en el proceso de fabricación principal del bloque sólo hay gasto de transporte de la tierra dentro de la obra, hecho habitual ya que la tierra es un material al alcance de casi todos los proyectos. Además, hay que considerar que si la tierra proviene de los trabajos de excavación de la propia obra, el gasto energético consecuente queda repartido. Por otra parte, térmicamente es un material muy ventajoso que presentará gran ahorro energético en la climatización.

- Valorización de residuos: que implica no sólo la utilización de desechos de otras industrias, sino también la posibilidad de reciclado del propio bloque de tierra, una vez concluida su vida útil.
- Tecnología limpia: durante el proceso de fabricación del bloque no se produce ningún tipo de contaminación, ni acústica, ni gaseosa ni térmica, sólo se producen los residuos de las mermas que son a la vez reciclables posteriormente como áridos y tierra inerte para construir nuevos bloques.
- Ausencia de toxicidad: durante el transcurso de su vida útil el material no desprende ningún tipo de radiación ni producto tóxico.
- Durabilidad: es un material durable y de fácil mantenimiento; no sufrirá el ataque de microorganismos si se elige el revestimiento adecuado
- Por último, la economía del material brinda una alternativa al déficit habitacional, sobre todo en los países de Latinoamérica, donde alrededor de 135 millones de personas no cuentan con una vivienda digna y por otro lado, plantea un acercamiento a una construcción más sustentable.

Siguiendo los criterios de selección de materiales medioambientalmente correctos planteados por Fábregas (1998) se podría decir que el bloque de tierra comprimida sin cemento cumple con todos los requerimientos.

3. MARCO TEORICO

Una de las propiedades destacadas de las Arcillas es la cohesión que se genera entre sus partículas. La cohesión deviene la actividad de atracción y repulsión entre las partículas, actuando como cargas eléctricas con intensidad variable según la distancia entre ellas o distancia interlaminar. Con un bajo contenido de humedad, las arcillas conforman un sólido coherente con densidades altas (Fratelli, Graciela; 1993). La presencia del agua altera esta cohesión. La inclusión de agua en el espacio interlaminar deviene en la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento o degradación. Cuando aumenta la cantidad de agua entre las láminas, éstas se separan disminuyendo las fuerzas de cohesión y aumentando la repulsión electrostática (García Romero, Emilia; 2007). Debemos entonces aumentar el acercamiento de las partículas y evitar el ingreso de agua, para mantener la cohesión natural de las arcillas.

Si bien la cohesión lograda por la compresión, será decisiva para disminuir la absorción de agua en el mampuesto, no evitará la degradación paulatina de las capas superficiales del mismo, por efecto del contacto directo, que implica ingreso del agua en los primeros espacios interlaminares. El realizar un tratamiento superficial con hidrófugos podría evitar este fenómeno y estabilizar más el comportamiento del mampuesto. La investigación "TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA MUROS DE ADOBES TRADICIONALES" realizada en el Universidad Nacional de Tucumán – Argentina, por Irene C. Ferreyra - Stella M. Latina - Rafael Soria Nieto- Rafael F. Mellace, prueba que el tratamiento superficial con hidrocarburos de mampuestos de tierra cruda (adobe tradicional), mejora el comportamiento de los mismos ante la presencia de agua.

El comportamiento complejo de las arcillas fue analizado desde el punto de vista físico – mecánico, ya que esto permite acceder a las propiedades que interesan a esta investigación. El estudio de los límites Atterberg, Límite Líquido, Límite Plástico y el Índice de Plasticidad y la Carta de plasticidad, brindan una importante y basta información sobre el comportamiento Físico – Mecánico de las arcillas. "La relación existente entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla" (García Romero, Emilia; 2007).

4. OBJETIVOS Y PROPOSITO

4.1.- Objetivo General

- Aportar al desarrollo de la tecnología para la fabricación de mampuestos para la construcción de edificios, con bajo costo energético y ambiental y que puedan ser producidos por medio de autoconstrucción y/o pequeñas unidades productivas.

4.2.- Objetivos específicos:

- Desarrollar el procedimiento de fabricación de mampuestos tipo BTC sin adicionar cemento, logrando buenas cualidades físicas y mecánicas, con el menor costo energético posible.
- Desarrollar una mejora en la máquina tipo SIMVA RAM, a fin de obtener alta presión de compactación y datos sobre la intensidad de la misma.
- Llevar los resultados de la Investigación a un manual operativo para la fabricación de BTC, adecuado a quien fabricará este tipo de material, con explicaciones claras y precisas, con procedimientos y unidades en función de un equipamiento mínimo disponible en obra.

5.3.- Propósito

Posibilitar el uso del mampuesto tipo BTC en la construcción de edificios, como una alternativa válida ya que reúne cualidades de un material sustentable, con un comportamiento físico y mecánico recomendable, aportando a la solución del problema del gran gasto energético que produce la construcción con materiales actualmente en uso.

5. METODOLOGÍA

5.1. Hipótesis Sustantiva

Se pueden fabricar mampuestos de tierra comprimidos (BTC) sin cemento y obtener comportamientos físicos y mecánicos recomendables, usando suelos tipo arcillosos de mediana plasticidad, aplicando presión de compactación elevada, teniendo en cuenta la teoría de Proctor e impermeabilizando superficialmente el mismo con aceite usado de motores.

5.2.- Hipótesis de Trabajo:

Si se fabrican mampuestos comprimidos de suelo-cemento, teniendo en cuenta las siguientes condiciones, se obtendrán comportamientos físicos (absorción de agua) y mecánicos (resistencia a la compresión y a la abrasión hídrica) recomendables, con suelo de tipo arcilloso, exceptuando aquellos con alto contenido de materia orgánica (sobre todo los suelos ácidos):

- Clasificando correctamente los suelos, determinando el contenido y tipo de arcillas en cada uno de ellos.
- Usando suelos de tipo arcillosos o arenas con un contenido de arcillas de mediana plasticidad (SC).
- Aumentando la presión de compactación, por lo menos a 8 kg/cm², a fin de lograr un aumento en el peso unitario seco, considerando la humedad óptima, en función a la energía a aplicar, para así lograr el mayor acercamiento entre partículas (Proctor).
- Impermeabilizando superficialmente el mampuesto con aceite usado de motores.

Se establecieron las variables independientes y dependientes. Dentro del conjunto de variables dependientes se tuvieron en cuenta las propiedades físicas y mecánicas. En cuanto a las variables independientes se propusieron el tipo de suelo y la presión al compactar.

6.3. Cuadro de Variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	TIPO DE SUELO	
	PRESION AL COMPACTAR	
VARIABLES DEPENDIENTES	PROPIEDADES FISICAS	ABSORCIÓN DE AGUA
	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
		RESISTENCIA ABRASIÓN HIDRICA

5.4. Diseño de los Procedimientos

- Se analizaron tres tipos de tierras distintas y se clasificaron, según las Normas correspondientes, mediante ensayos de Granulometría, Límite Líquido y Límite Plástico (12 ensayos)
- Se hicieron ensayos tipo Proctor de la tierra T1, con energías de 6Kg/cm² y 8kg/cm²; de la tierra T2 con energías de 4kg/cm² y 8kg/cm² y de la tierra TIII con 8kg/cm². (20 ensayos).
- Se fabricaron en total 114 Probetas con la Prensa CBR y con el molde para ensayo de Proctor tamaño chico de 10cm de diámetro, de los tres tipos de tierras clasificadas, comprimidas a distintas presiones (4, 6 y 8Kg/cm²) a fin de realizar los ensayos de Compresión, Absorción y Abrasión hídrica..



Foto probetas para diferentes ensayos

6. RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

6.1. Clasificación de Suelos

Tierra tipo T1

- Arena bien graduada
- Pasante tamiz 200 (0,075 mm) 10,13%
- Límite Líquido = 33,10
- Límite Plástico = 19,72
- Índice de plasticidad = $33,1 - 19,72 = 13,38$

Suelo tipo SC - ARENA ARCILLOSA de mediana plasticidad

Tierra tipo T2

- Arena bien graduada
- Pasante tamiz 200 (0,075 mm) 21%
- Límite Líquido = 33,10
- Límite Plástico = 19,72
- Índice de plasticidad = $26,3 - 18,82 = 7,48$

Suelo tipo SC – ARENA ARCILLOSA de baja Plasticidad

Tierra tipo T3

- Arena bien graduada
- Pasante tamiz 200 (0,075 mm) 23,19%
- Límite Líquido = 37,45
- Límite Plástico = 21,64
- Índice de plasticidad = $37,45 - 21,64 = 15,81$

Suelo tipo SC - ARENA ARCILLOSA de mediana plasticidad

6.2. Ensayos Proctor

Tierra T1

Humedad Optima para energía de 8Kg/cm² = 17,34%

Tierra T2

Humedad Optima para energía de 8Kg/cm² = 21,6%

Tierra T3

Humedad Optima para energía de 8Kg/cm² = 24,00%



Foto preparación ensayo Proctor

6.3. Ensayos a la Compresión

6.3.1. Ensayos a la Compresión de probetas de tierra T1

Presión de compactación 4 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,6598	15,09

Presión de compactación 6 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,713	25,49

Presión de compactación 8 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,737	35,20

Tabla 1: Ensayos a la compresión de probetas de tierra T1

6.3.2.- Ensayos a la compresión de probetas de tierra T2

Presión de compactación 4 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,57	14,56

Presión de compactación 6 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,60	18,73

Presión de compactación 8 Kg/cm² - Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio	Tensión Media
1,62	24,33

Tabla 2: Ensayos a la compresión de probetas de tierra T2

6.3.3. Ensayos a la compresión de probetas de tierra T3

Presión de compactación 8 Kg/cm² – Probetas ensayadas 6 (seis)

Peso específico medio 1,614	Tensión Media 43,93

Tabla 3: Ensayos a la compresión de probetas de tierra T3

Se observa un importante incremento en la resistencia media a la compresión con respecto a los valores obtenidos para las tierras T1 y T2, relacionados con que esta tierra (T3) tiene una mayor plasticidad.

Analizando los números expuestos en los párrafos anteriores se deduce que existe una relación entre la resistencia a la Compresión de las probetas y la plasticidad de las arcillas con que se fabricaron.

6.4. Ensayos de Absorción de Agua

6.4.1. Ensayos de Absorción de Agua probetas de tierra tipo T1

Presión al Compactar (kg/cm ²)	Tiempo medio comenzó Disgregarse	Tiempo medio Rotura
4,00	0h 20'	1h 50'
6,00	0h 40'	2h 03'
8,00	1h 45'	3h 23'
Probeta 8Kg/cm ² s/aceite	0h 05'	1h 55'

Tabla 4: Tiempos medios de Absorción - Tierra tipo T1

En principio se puede observar la gran diferencia de tiempo para comenzar a disgregarse, entre la probeta con aceite, promedio 1h 40' y la sin aceite 0h 05', diferencia que se achica en cuanto al tiempo de rotura que para la primera es de promedio 3h 20' y para la segunda es de 1h 55'.

También se observa un aumento de tiempo para comenzar a disgregarse y para la rotura en función del aumento de presión de compactación.

6.4.2. Ensayos de Absorción de Agua probetas de tierra tipo T2

Presión al Compactar (kg/cm ²)	Tiempo medio comenzó Disgregarse	Tiempo medio Rotura
4,00	0h 50'	1h 50'
6,00	2h 43'	6h 56'
8,00	3h 43'	8h 08'
Probeta 8kg/cm ² s/aceite	0h05'	2h00'

Tabla 5: Tiempos medios de Absorción - Tierra tipo T2



Foto probetas ensayadas a absorción de agua

En el caso de la tierra T2 observamos aún mayor diferencia entre los valores, que en la tierra T1. El comienzo de la disgregación en la probeta con aceite se verificó en un promedio de 2h40', mientras que la sin aceite en sólo 5 minutos. En cuanto a la rotura la diferencia también es amplia, 6h30' para la primera, en tanto que la segunda 2h00'

6.4.3. Ensayos de Absorción de Agua probetas de tierra tipo T3

En el caso de la tierra T3 se ensayan sólo probetas de 8Kg/cm² teniendo en cuenta que, con los ensayos anteriores se obtuvieron suficientes datos como para analizar la absorción de agua en función de la compactación.

Probetas de 8Kg/cm ² c/aceite		
Probetas	Comienzo Disgregarse	Rotura (15%)
P1	0,50	1,90
P2	0,70	2,10
P3	0,58	1,95
Tiempo medio	0,59	1,98
Tiempo medio sexagesimal	0h 35'	2h 00'
Probetas de 8Kg/cm ² s/aceite		
Probetas	Comienzo Disgregarse	Rotura (15%)
P1	0h 02'	0h 40'

Tabla 6: Tiempos medios de Absorción - Tierra tipo T3

6.5. Ensayos de Abrasión Hídrica por goteo

6.5.1. Ensayos de Abrasión Hídrica probetas de tierra tipo T1

Probetas	Comienza Impronta	Impronta a 1 hora (mm)	Sin Impronta a 1h 30'
Probetas 4 kg/cm ²	0h 19'	6,3	No
Probetas 6 kg/cm ²	0h 22'	5,33	No
Probetas 8 kg/cm ²	0h 52'	1,37	No
Probetas 8 kg/cm ² s/aceite	0h 10'	4,65	No

Tabla 7: Tiempos medios de Abrasión hídrica - Tierra tipo T1

Observamos una importante diferencia en el comienzo de la impronta, entre la probeta con aceite, promedio 0h 52' y la sin aceite 0h 10'. También en la profundidad de la impronta de 1,35 mm promedio para la primera a 4,65mm para la segunda.

6.5.2. Ensayos de Abrasión Hídrica probetas de tierra tipo T2

Probetas	Comienza Impronta	Impronta a 1 hora (mm)	Sin Impronta a 1h 30'
Probetas 4 kg/cm ²	-----	-----	Si
Probetas 6 kg/cm ²	-----	-----	Si
Probetas 8 kg/cm ²	-----	-----	Si
Probetas 8 kg/cm ² s/aceite	0h 5'	5,00	No

Tabla 8: Tiempos medios de Abrasión hídrica - Tierra tipo TII

El comportamiento de estas probetas en el ensayo de Goteo merece ser analizado con detenimiento. En principio podemos observar que han sido las de mejor comportamiento, no presentando impronta en el 90% de los casos y que existe una marcada diferencia entre las que están tratadas con aceite y las que no.

6.5.3. Ensayos de Abrasión Hídrica probetas de tierra tipo T3

En el caso de la tierra T3 se ensayan sólo probetas de 8Kg/cm² teniendo en cuenta que, con los ensayos anteriores se obtuvieron suficientes datos como para analizar la Abrasión hídrica en función de la Compactación.

Probetas	Comienza Impronta	Impronta a 1 hora (mm)	Sin Impronta a 1h 30'
Probetas 8 kg/cm ²	0h 20'	7,07	No
Probetas 8 kg/cm ² s/aceite	0h 4'	8,00	No

Tabla 9: Tiempos medios de Abrasión hídrica - Tierra tipo T3

6.6. Ensayos de Contracción lineal de Alcock

Se tomaron los valores de contracción en cm y se compararon con el largo total de la probeta.

Tipo de Tierra	Contracción (cm)	Largo total	Porcentaje
T2	2,09	61	3,43
T1	2,47	61	4,05
T3	3,22	61	5,28

Tabla 10: Valores de contracción lineal

7. TRATAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

El material con que se trabajó cumplió con las siguientes condiciones, dos tierras obtenidas de excavaciones para fundaciones de edificios y una tercera de una cantera de arcilla para ladrillos.

La clasificación de los tres tipos de tierras dio como resultado tres Arenas Arcillosas: dos de mediana y una tercera de baja Plasticidad. La importancia de este dato radica en que generalmente son tierras abundantes. La tierra más apta resultó ser la T3, clasificada como Arena Arcillosa de mediana plasticidad, Límite Líquido 37,45, Límite Plástico 21,64 e Índice de plasticidad 15,81 (ver pág. 5) y 23,19% material pasante Tamiz N° 200. Se hace evidente, comparando con los valores obtenidos en las otras dos tierras, que lo importante es la plasticidad y la cantidad de partículas menores a 0,075 mm.

Es importante destacar los resultados obtenidos en los ensayos a compresión. En las tierras T1, T2 y T3, se obtuvieron valores que permitieron definir un comportamiento en función de las variables independientes.

7.1. Análisis del comportamiento de la variable Resistencia a la Compresión

Se comenzó analizando el comportamiento de las tierras, considerando la variable dependiente Resistencia a la Compresión en función de la variable independiente Presión al Compactar. Según los resultados de los ensayos para las tierras T1 y T2, se observa en ambos casos que la Resistencia a la Compresión aumenta con el aumento de la presión a compactar (aumento del peso específico), como se puede ver en las figuras 2(a) y 2(b).

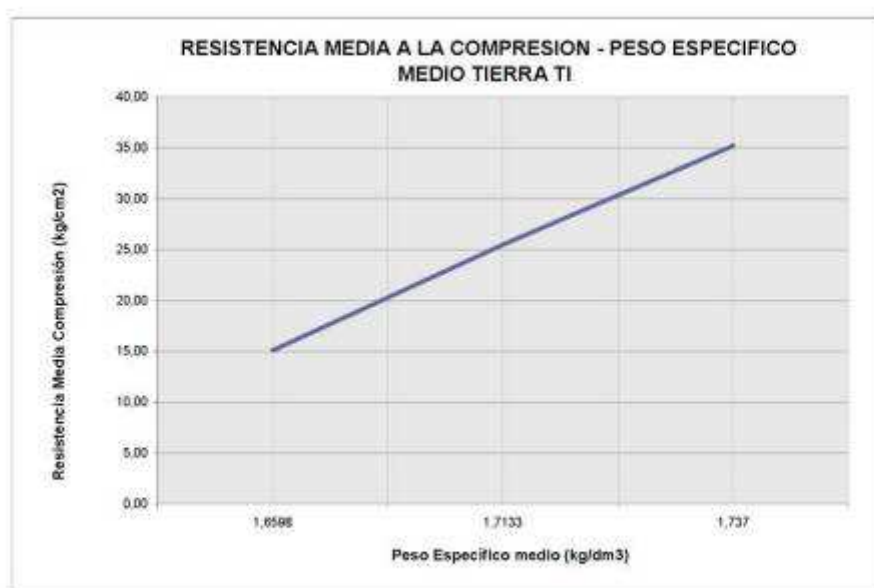


Figura 2(a) Resistencia media a la Compresión – Peso Específico medio – Tierra TI

En la figura 2(a) del tipo de tierra T1, para un P.E. de 1,66gr/cm³ corresponde una resistencia de 15,1kg/cm², para un P.E. de 1,71gr/cm³ una resistencia de 25,49kg/cm² y para un P.E. de 1,74gr/cm³ una resistencia de 35,2kg/cm².

En la figura 2(b) del tipo de tierra T2, para un P.E. de 1,57gr/cm³ corresponde una resistencia de 14,56kg/cm², para un P.E. de 1,60gr/cm³ una resistencia de 18,73kg/cm² y para un P.E. de 1,622gr/cm³ una resistencia de 24,33kg/cm².

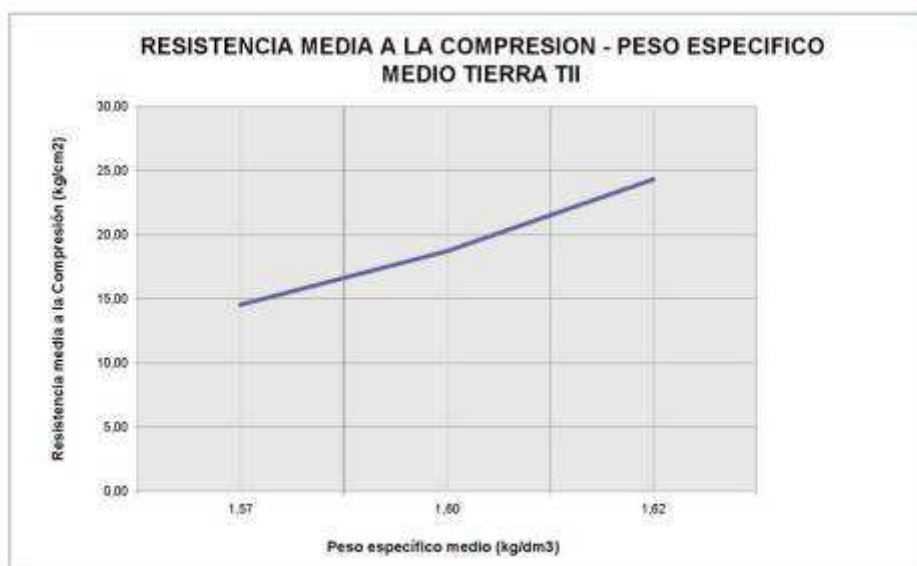


Figura 2(b) Resistencia media a la Compresión–Peso Específico medio – Tierra T2

Esto vendría a demostrar experimentalmente lo enunciado teóricamente sobre la importancia de lograr un acercamiento de las partículas de arcilla, para lograr con esto un aumento en la fuerza electrostática intermolecular de cohesión.

En cuanto al comportamiento de las tierras analizando la variable dependiente Resistencia a la Compresión, en función de la variable independiente Tipo de Suelo según su plasticidad, manteniendo constante la presión de compactación en 8kg/cm^2 , se observa en los ensayos de los tres tipos distintos de tierra (T1, T2 y T3), un aumento significativo de los valores de Resistencia a la Compresión cuando el valor de Índice de Plasticidad (I.P.) es mayor. Para un I.P. 7,69 tenemos una resistencia de 25Kg/cm^2 , para un I.P. de 13,38 una resistencia de $32,2\text{kg/cm}^2$ y para un I.P. de 15,81 una resistencia de 45kg/cm^2 (Figura 2(c))

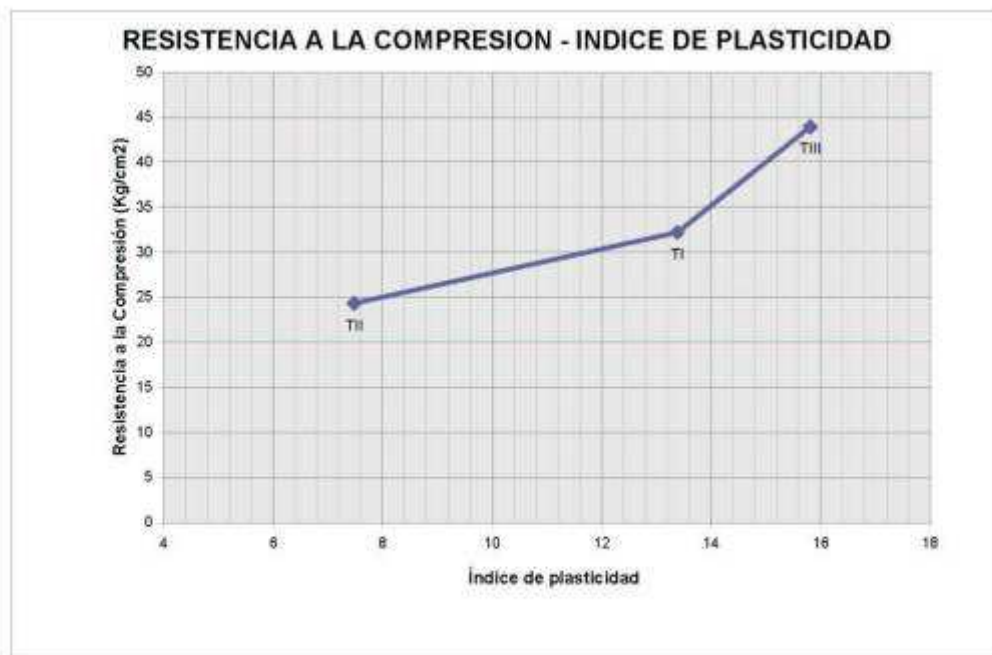


Figura 2(c) Resistencia media a la Compresión – Índice de Plasticidad

Esto demostraría experimentalmente que a un mayor Índice de Plasticidad (manteniendo constante la presión al compactar) corresponde una mayor Resistencia a la Compresión.

Por un lado verificamos la importancia de aumentar la presión de compactación y por otro la de tener en cuenta la Plasticidad del suelo a usar. ¿Cuáles son los límites de estas variables? El límite de aumento de Presión está dado por una cuestión física para el material y una cuestión mecánica para la máquina que compactará. Por otro lado el límite en la Plasticidad del Suelo viene dado en la circunstancia que ésta está asociada a la Contracción del mismo y dicha Contracción ocasiona problemas de fisuras difíciles de resolver. Luego el criterio será lograr una presión que nos garantice, con un suelo adecuado y la presión necesaria, la resistencia suficiente para construir un muro. Este sería el caso de la tierra T3 compactada a 8kg/cm^2 que nos dio valores de resistencia media a la compresión de 44Kg/cm^2 , valor muy aceptable para un mampuesto tipo BTC.

7.2. Análisis del comportamiento de la variable Absorción de Agua

En relación a la variable dependiente Absorción de Agua los datos más importantes son los que resultan de comparar el comportamiento de las probetas impregnadas en aceite y las que no lo están. Pero es importante destacar que en los ensayos con las tierras T1 y T2 se determinó que también existe una relación en la Absorción de Agua, con la presión de compactación (ver tablas siguientes)

Se observa claramente en las tablas de páginas 7 y 8, en los dos tipos de tierra, que tanto el tiempo en que comenzaron a disgregarse las probetas, como el tiempo medio que llegaron a la rotura están relacionados con la presión de Compactación, a medida que aumenta la compactación lo hace el tiempo para comenzar a disgregarse y también el de rotura.

También se puede verificar que los resultados de los ensayos de la tierra T2 dan valores en la mayoría de los casos, salvo en los de las probetas sin aceite y las compactadas a 4kg/cm², mayores los de la tierra T1, por una diferencia que supera a dos veces. Este fenómeno puede indicar que la tierra T2 absorbió mas aceite que la T1, creando una película de mayor espesor.

En cuanto a la tierra tipo T3 sólo se ensayaron las probetas compactadas a 8kg/cm² y los resultados son menores que los de las otras tierras.

Mientras en la T1 (8kg/cm²) y la T2 (8kg/cm²) los tiempos para la rotura son 3h 23' y 8h 08' respectivamente, para la T3 es de 2h 00' (ver tablas páginas 7 y 8). De todos modos este último valor de tiempo para la rotura está muy por arriba de los 40' que le tomó a la probeta sin aceite y si analizamos el tiempo de comienzo de la disgregación, la diferencia es muy significativa de 2' la sin aceite a 35' la con aceite.

Si comparamos el comportamiento de las probetas compactadas a 8kg/cm² sin aceite y con aceite, de las tierras T1 y T2, es notoria la diferencia, tanto en el tiempo en que comienzan a disgregarse como en el tiempo de Rotura. En las probetas no tratadas con aceite el tiempo para comenzar a disgregarse es de 0h 05', y en la probeta con aceite, promedio 2h 40' y en cuanto al tiempo de rotura que para la primera es de promedio 1h 55' y para la segunda es de 5h 30'. Proporcionalmente se achica la diferencia en el tiempo de rotura, fenómeno que podría deberse a que lo más importante de la cobertura de aceite que es la demora en la disgregación de las primeras capas de partículas, de ahí que una vez rota esta barrera el proceso sigue el curso normal. Corroboraría este concepto el que los resultados del ensayo para probetas sin aceite de los dos tipos de tierra son casi iguales 5' para comenzar y 2h para terminar, mientras que en las tratadas existe una importante diferencia, ya mencionada en el párrafo anterior.

7.3. Análisis del comportamiento de la variable Abrasión Hídrica

Respecto a la variable dependiente Abrasión Hídrica los resultados de los ensayos guardan cierta similitud de comportamiento con los de absorción de agua.

Los valores más altos son para la tierra tipo T2, siguiendo la T1 y por último la T3. Este fenómeno podría estar relacionado con la Plasticidad de las tierras, que mientras mayor es menos es la absorción de aceite. Además la tierra T2, según su granulometría, si bien tiene una mayor cantidad de finos, por su ubicación en la Carta de Plasticidad indica que gran porcentaje de ellos son Limos. Igualmente el comportamiento de la tierra T3 con aceite mejora de manera importante respecto a la sin aceite.

8.4.- Ensayo de Alcock

La importancia de establecer una relación entre el índice de Plasticidad y la Contracción Lineal, según el ensayo de Alcock, radica en la sencillez de este ensayo que nos permitiría en campo determinar si la tierra disponible es apta.



Figura 3: Contracción lineal – Índice de plasticidad

Al observar la figura 3, Contracción Lineal – Índice de Plasticidad, se puede establecer que efectivamente hay una relación de crecimiento de valores entre ambas variables. Esto permitiría establecer rangos de valores de Contracción Lineal, que permitan determinar si la Tierra es apta.

8. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos con probetas del mismo tipo de tierra comprimidas a diferentes presiones, demuestran empíricamente que la resistencia a la compresión aumenta conforme aumenta la presión de compactación de dichas probetas.
- También se demuestra empíricamente, a partir de los resultados obtenidos con probetas de distintos tipos de tierra, que la resistencia a la compresión aumenta conforme aumenta la plasticidad de dichas tierras.
- La tierra tipo T3, clasificada como Arena Arcillosa (SM) de mediana Plasticidad, con un Índice de Plasticidad de 15,81 y un Límite Líquido de 26,3 compactada a 8kg/cm², dio valores de resistencia media a la compresión de 44Kg/cm², valor muy próximo a los valores de resistencia media de los BTC con cemento, además aptos para la construcción de viviendas.
- Para mejorar la resistencia del BTC sin cemento se puede aumentar la compactación y/o hacerlo con tierras de mayor plasticidad. El límite de esas variables está dado por la tecnología propuesta para compactar y por el comportamiento de las arcillas de alta plasticidad cuando pierden humedad. Sin embargo contando con tecnología que logre mayores presiones para arcillas de mayor plasticidad podría lograrse mampuestos de mayor calidad.

- El procedimiento de impermeabilizar los bloques superficialmente con aceite usado, para estabilizar la reacción de las arcillas ante la presencia de agua, dio mejores resultados en arcillas de baja plasticidad. No obstante el comportamiento de las probetas de arcillas de mayor plasticidad tratadas, mejora en proporción de tres a uno respecto a las que no tienen tratamiento.
- En cuanto al comportamiento hídrico de las probetas sin aceite, en todos los ensayos dieron valores menores que las con aceite y muy similares entre sí. Este resultado, considerando que todas las probetas ensayadas estaban comprimidas a 8kg/cm², sumado a los obtenidos en las probetas con aceite, podría indicar, que dentro de los valores de plasticidad con que se trabajó, la mayor plasticidad no mejora el comportamiento hídrico. Esto se debería a que el fenómeno de disgregación comienza en la superficie, lugar en donde el mampuesto está más seco, y por lo tanto más propenso a absorber agua por los poros.
- En referencia al ensayo de Contracción Lineal de Alcock se puede establecer que la tierra es apta con valores de contracción entre 3cm a 4cm.

BIBLIOGRAFIA

- ALDERETE, Carlos; MELLACE Rafael. *Ensayos Físicos de Suelos y Componentes constructivos de tierra cruda*. Publicaciones LEME. Tucumán 1996
- ARENA, ALEJANDRO PABLO. *Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El análisis de ciclo de vida. I – Consideraciones metodológicas, usos y limitaciones*. INCIHUSA. CRICYT. Mendoza.
- ARENA, ALEJANDRO PABLO. *Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El análisis de ciclo de vida. II – Adecuación para el sector edilicio*. INCIHUSA. CRICYT. Mendoza.
- BARBETA I SOLA, GABRIEL. *Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI*. Tesis doctoral. Barcelona, 2002.-
- DE LA FUENTE LAVALLE, Eduardo. *Suelo – Cemento. Sus usos propiedades y aplicaciones*. Instituto Mexicano del cemento y del Concreto. 1995
- ENTEICHE, Augusto. *Suelo – Cemento. Su aplicación en la edificación*. Centro Interamericano de vivienda y planeamiento. Bogotá 1963
- MCHENRY JR, Paul Graham(1996). *Adobe, como construir fácilmente*. México: Trillas. 1996
- MELLACE Rafael; ROTONDARO, Rodolfo. *Ensayos de Suelos. Proyecto de componentes constructivos de tierra cruda*. Publicaciones LEME. Tucumán 1996
- MITCHELL, J.; ARENA, A.P. *Evaluación Ambiental comparativa de materiales mampuestos aplicados en muros de viviendas en regiones áridas andinas*. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. CRICYT. Mendoza.
- MINKE, Gernot. *Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra*. Forschungslabor für Experimentelles Bauen. Universidad de Kassel, Alemania. 2001.
- MINKE, Gernot. *Manual de Construcción en Tierra*. Ed. Fin de Siglo. Uruguay 2005
- OLARTE – GUZMÁN. *Manual de Edificación con Tierra Armada*. Conserjería de política territorial. Madrid, 1993
- V SIACOT. *Construir con tierra Ayer y Hoy*. INCIHUSA – CRICYT. Argentina. 2006 -
- TORRENTE; SAGÜES. *Estabilización de Suelos. Suelo – Cemento*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona
- VARIOS. *La Tierra Cruda en la Construcción del hábitat – Memoria seminario 2002* Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, 2002
- VARIOS. *Memorias del III Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra*. “La tierra cruda en la construcción del habitat”. Universidad Nacional de Tucumán. 2004
- VAZQUEZ ESPI, Mariano. *Construcción e impacto ambiental: el caso de la tierra y otros materiales*. Madrid, 2001.

Fernando Galíndez: Ingeniero en Construcciones, Profesor Universitario en Ingeniería, Posgrado en Metodología de la Investigación Científica. Docente de las cátedras de Materiales y Técnicas Regionales, Estructuras II y III y Construcciones de Maderas de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Salta. Co autor Proyecto Ecosol, Barrio ambiental y Sustentable, Investigaciones y publicaciones sobre BTC.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE MEZCLAS DE SUELO ESTABILIZADO EN MODELOS CONSTRUCTIVOS FRENTE A ACCIONES CLIMÁTICAS

Adriana Beatriz García; Juan Pablo Mazzeo; Pablo Grazi

Facultad Regional Avellaneda. Universidad Tecnológica Nacional. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEME) - Departamento Ingeniería Civil

civil@fra.utn.edu.ar - San Vicente 206 - Villa Dominico - Pcia. Bs. As., Argentina –
Tel. 54-11-4353-0220 - int. 118

Palabras clave: control de calidad, suelo estabilizado, modelos constructivos

RESUMEN

La búsqueda de materiales de menor nivel de agresión hacia el medio ambiente, conjuntamente con la problemática económica global y la escasez de recursos, se ve particularmente reflejada en países de Latinoamérica. En este contexto se han desarrollado numerosos estudios de "eco-materiales" aplicados a la construcción de viviendas, como respuesta válida al déficit habitacional.

La aplicación de mezclas de suelo seleccionado y/o estabilizado en viviendas presenta ventajas tecnológicas, económicas y de transferencia a la comunidad.

El estudio se encuadra en el proyecto de investigación y desarrollo denominado: "Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD", diseño experimental de un sistema de control estandarizado basado en modelos de ensayo construidos en suelo estabilizado.

Las investigaciones tienen por objetivo el desarrollo de métodos estandarizados de control en laboratorio y campo, considerando las características propias de este tipo mezclas, los métodos constructivos y su destino final.

La evaluación del comportamiento de estas mezclas en su exposición a agentes climáticos, es de gran importancia desde el punto de vista de la durabilidad de las construcción y su habitabilidad.

Los trabajos que se están llevando a cabo sobre muestras testigo de modelos de ensayos que son sometidas a procesos alternativos de humedecimiento y secado, grado de absorción de agua y relevamiento de fallas, simulando situaciones climáticas a las que se ve sometida una construcción y grado de deterioro posible.

Esta situación a menudo es sufrida por la población especialmente aquella de bajos recursos económicos, cuando los emplazamientos habitacionales se encuentran por ejemplo en zonas inundables, quedando expuesta a la pérdida parcial o total de su vivienda.

Las actividades son desplegadas por el Grupo Tecnologías Constructivas Biosustentables en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, Buenos Aires – Argentina.

Con la propuesta se procura promover el uso de metodologías en laboratorio y campo que se sustenten en la calidad final de las construcciones (resistencia y durabilidad), que reduzcan el impacto en el medio de emplazamiento y que favorezcan la transferencia para una mejora de la calidad de vida de las personas.

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de recursos, la problemática habitacional y la pobreza han sido tratamiento de numerosos estudios por su extensión e intensidad y fundamentalmente por el impacto que causan en las poblaciones de todo el mundo.

El Organismo de las Naciones Unidas (ONU, 2008) en su Informe 2008 sobre Objetivos de Desarrollo del Milenio¹ propone 8 objetivos que deberían alcanzarse antes del año 2015, señalando que:

"Aproximadamente 2.500 millones de personas, casi la mitad de la población del mundo en desarrollo, vive sin servicios de saneamiento mejorados...Más de un tercio de la población urbana en los países en desarrollo viven en tugurios."

Remarcando que en muchos casos se trata de espacios no habitables o inadecuados, o con una escasa durabilidad de la vivienda.

A esto se agrega la necesidad de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente incorporando prácticas sencillas, de bajo costo y menor agresión al medio.

Ya la Comisión Brundtland² (ONU, 1987) había expresado al desarrollo "sustentable" con anterioridad como aquel que logra *"Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades"*.

También en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Agenda 21)³ se planteó un programa de acciones de desarrollo mundial sostenible basado en la mejorar de la calidad de vida de las personas, considerando necesidades básicas primarias la salud y la vivienda. Allí se indicó la importancia de la reducción del uso de recursos no renovables y la producción de basura.

En las últimas décadas Argentina como a otros países de Latinoamérica, se han acentuado las dificultades para lograr una "vivienda adecuada" como derecho de las personas, y con ello aspectos tales como: Seguridad jurídica, disponibilidad de servicios, facilidades e infraestructura, habitabilidad, asequibilidad, etc.⁴

Se ha declarado que "...Alcanzar el desarrollo sostenible constituye en la República Argentina una política de Estado".⁵

En la construcción tradicional muchos de los materiales constitutivos y sus técnicas de construcción provocan impactos considerables en el medioambiente, por lo que crecientemente se han ido estudiando materiales que provoquen menor agresión al medio con aprovechamiento de recursos y menores costos.

La aplicación de estas tecnologías de bajo impacto requiere además, de técnicas que garanticen seguridad en las construcciones y mejora de la calidad de vida de las personas.

2. ANTECEDENTES

La búsqueda de tecnologías para construcción de viviendas de interés social basadas en el uso de suelo y/o suelo con diferentes estabilizantes es trabajo de grupos de investigación de numerosos centros de estudio del mundo.

En nuestro país, existe una tradición en ese sentido desarrollando trabajos entre otros: el ICPA - Instituto del Cemento Pórtland Argentino, el Centro de investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, el CECovi – Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe, el CEVE – Centro Experimental de la Vivienda Económica - Córdoba, CRICYT – Centro de Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológica, Mendoza, INCIHUSA- Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales.

En diferentes reuniones técnicas sobre la temática de los últimos años, tales como SIACOT- Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT V,VI, VII 2006 al 2008), también en el Forum Internacional de Arquitectura y Tecnologías para la Construcción Sustentable - Ecobuilding 2008, se ha reiterado la necesidad de lograr una mayor acumulación de conocimientos en cuanto a estandarización de métodos de control específicos para estos materiales. En este marco el Grupo Tecnologías Constructivas Biosustentables desarrolla actividades de investigación desde el año 2004 en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras - LEME de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, Pcia. Buenos Aires.

El proyecto "Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD" desarrolla ensayos que faciliten el establecimiento de metodologías de control y el aseguramiento de la calidad de las obras y la seguridad de las personas que habitan este tipo de construcción.

La evaluación de desempeño y aptitud técnica se realiza a través de modelos constructivos de cerramientos de viviendas elaborados con suelo estabilizado. Estos requieren generar conocimientos para el futuro diseño de normas específicas, inexistentes actualmente en el país.

Gran parte de la población, especialmente aquella de escasez recursos se ve afectada anualmente por problemas en sus viviendas ante la presencia de agentes climáticos como el agua.

En particular, interesa en esta parte del estudio el comportamiento de este material ante la exposición al agua, y en que medida afecta su durabilidad y dificulta la habitabilidad de la vivienda.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DENTRO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION

Evaluar el comportamiento de modelos instructivos ante el contacto con agua y en procesos de humedecimiento y secado.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

La evaluación de la calidad⁶ de un producto final colocado lleva implícita la consideración de la influencia de la calidad de los materiales que lo componen, la calidad en los procesos constructivos y el desempeño funcional del conjunto (García, Nigro y Mazzeo, 2007).

Se plantea el plan de trabajo experimental, a saber:

- Recopilación de datos y evaluación de antecedentes adoptando bibliografía en el tema patologías y normas relativas a materiales como base (Bowles, 1978).
- Búsqueda de suelo disponible en el mercado.
- Selección de cantera que aporte el material adecuado proveniente de la Pcia. de Buenos Aires.
- Definición de constantes físicas y características organolépticas del suelo solo y estabilizado, densidad máxima de compactación y humedad óptima de moldeo.
- Evaluación de resultados de ensayos sobre material base (Terzaghi y Peck, 1973).
- Diseño de mezclas. Evaluación de desempeño.
- Evaluación del comportamiento mecánico.
- Construcción de modelos experimentales para ensayo. Y adaptación de dispositivos de ensayo.
- Toma de muestras testigo para someter a ensayos de comportamiento frente al medio húmedo.
- Diseño de ensayos de evaluación de efectos del agua.
- Ejecución de ensayos y evaluación.

4.3 Instrumentos de registro

Los formularios diseñados para registro de ensayos pueden observarse en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5.

- Tabla 1: Ficha modelo de identificación de suelos. (IRAM, 1968-1971-1982-1986 y 2007),(DVN, 1998), (Minke, 2001).

Tabla 1 – Ficha modelo de identificación de suelos.

Ficha de Identificación del suelo			
Fecha extracción			
Cantidad muestra (IRAM 10500)			
Identificación Cantera			
Zona			
Color			
Olor (Minke, 2001)			
Granulometría (IRAM 10507)	Tamiz		
Resultados	Nº 10	Nº 40	Nº 200
(% que pasa)			
Constantes físicas (IRAM 10501)	LL	LP	IP
Resultados (%)			
Clasificación (IRAM 10509-10521)			
Clasificación (VN-E4-84) ⁵			

- Tabla 2: Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos (ejemplo) (IRAM, 1971- 1982-1986 y 2007) (DVN, 1998).

Tabla 2 – Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos

Granulometría	Resultados		
(IRAM 10507)	Tamiz Nº 10	Tamiz Nº 40	Tamiz Nº 200
(% que pasa)			
Constantes físicas	Resultados (%)		
Límite líquido (LL) (IRAM 10501)	38,2		
Límite plástico (LP) (IRAM 10501)	33,4		
Índice de plasticidad (IP) (IRAM 10501)	4,8		
Clasificación (IRAM 10509-10521)	ML		
Clasificación (VN-E4-84) ⁵	A-4 IG-1		

- Tabla 3: Ensayo de compactación (ejemplo) (IRAM, 1972 y 1977).

Tabla 3 – Ensayo de compactación (ejemplo)

Ensayo de compactación	Resultados		
(IRAM 10511-10522)	Suelo seleccionado	Suelo-cemento 10%	Suelo-cal 5%
Densidad seca máxima (kg/m ³)	1450	1480	1380
Humedad óptima (%)	26,0	26,5	29,0

- Tabla 4: Ensayo de capacidad de succión por capilaridad (IRAM,1982)

Tabla 4 – Ensayo de capacidad de succión

Ensayo de succión	Resultados		
(base IRAM 12589)	Testigo Suelo-cemento	Ladrillo	Bloque cerámico hueco
Capacidad de succión (g/cm ²)			
Succión característica (g/cm ²)			

- Tabla 5: Método de ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado en mezclas de suelo-cemento (IRAM, 1972)

Tabla 5 – Ensayo de humedecimiento y secado

Ensayo de humedecimiento y secado	Resultados		
(IRAM 10524 - VN - E21 - 66)	Testigo	Ladrillo	Bloque cerámico hueco
Capacidad de succión (g/cm^2)			
Succión característica (g/cm^2)			

4.1. Ensayos de aptitud de modelo frente a efectos de agua.

Se utilizaron modelos constructivos con adaptación de los dispositivos de ensayo disponibles en Laboratorio para asegurar la confiabilidad de los resultados.

Para ellos previamente se desarrollaron diferentes técnicas de moldeo de modelos evaluando la simplicidad del trabajo, las alteraciones durante el proceso constructivo, el proceso de curado, el estudio de fallas y la prevención de aquellas potenciales, seleccionando las mas adecuadas.

Se realizaron los siguientes ensayos sobre testigos extraídos de modelos constructivos de laboratorio hasta el momento:

- Evaluación de muestra testigo por inmersión en agua a la edad de 7 y 28 ds.
 Las muestras testigo extraídas de modelo constructivo de ensayo por calado fueron colocadas en recipiente por inmersión en agua a temperatura $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. durante un período de 28ds.
- Determinación de peso específico aparente para estado saturado y con la superficie seca y absorción de agua.
 El estudio se realiza con las muestras testigo, mediante inmersión en agua basada en norma VN-E13-67- Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos.
- Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento.
 El estudio se realiza a efectos de determinar de comportamiento de muestras testigos a procesos de humedecimiento y secado en ciclos alternativos. Se utiliza como base la norma IRAM 10524 y la norma VN-E22-66. En las figuras 1 y 2 se observan algunas de las muestras utilizadas para el ensayo.



Figura 1 – Probetas sometidas a ensayos de humedecimiento y secado



Figura 2 – Muestras testigo sometidas a ensayos de humedecimiento y secado

- Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión por capilaridad.
El estudio se realiza adaptando la norma IRAM 10589 para el estudio de probetas testigos extraídas de los modelos construidos. Se realiza un ensayo comparativo con ladrillos y bloques cerámicos huecos. En las figuras 3,4 y 5 se observan algunas de las muestras estudiadas.



Figura 3 – Bloques cerámico hueco sometidos a ensayo de capilaridad



Figura 4 – Ladrillos sometidos a ensayo de capilaridad



Figura 5 – Testigo de modelo constructivo sometidos a ensayo de capilaridad

4.2. Resultados de ensayos

1. Ensayo de inmersión de testigos en agua

Se partió de muestras secas al aire en ambiente de laboratorio luego se sumergieron en agua haciendo una observación de fallas y deterioro del material a la edad de 7 d y final a la edad de 38 ds.

No se observaron desprendimientos de material relevante, ni disgregación de partículas, conservando integridad.

2. Determinación de peso específico aparente para estado saturado y con la superficie seca y absorción de agua.

El promedio de resultados obtenidos arrojó un peso específico para la condición de saturado y con la superficie seca de $1,81 \text{ g/cm}^3$, y una humedad de absorción del aprox. 33%.

3. Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento.

Se ha utilizado como base las normas IRAM 10524 y VN-E22-66 con adaptaciones. Para estos primeros estudios la muestra es sometida a cinco (5) en cada ciclo a un humedecimiento por inmersión en agua a $22^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$ durante 24 hs. y luego secado hasta peso constante en estufa a $105 \pm 1^\circ \text{ C}$.

A final de los ciclos las muestras se observan sin disgregación de material relevante y conservan su integridad, observando pérdidas de peso menores al 1%.

4. Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión por capilaridad.

Se utilizan muestras secadas a estufa $105 \pm 1^\circ \text{ C}$ hasta peso constante. Al finalizar el ensayo las muestras arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 6 – Succión característica

Succión característica	g/cm^2
Testigo de suelo estabilizado:	1,03
Bloque cerámico hueco:	0,44
Ladrillo:	2,02

5. CONSIDERACIONES FINALES

De los estudios realizados pudo determinarse que los modelos constructivos presentan desempeños diferenciales según los medios y forma de compactación y curado posterior.

La aptitud del modelo constructivo en cuanto a su durabilidad ante la presencia de agua está relacionada con el tipo de mezclas obtenidas, los materiales componentes y forma de compactación:

En cuanto a la resistencia a la degradación por agua en inmersión los modelos con suelos estabilizados de buena calidad (tipo A-4) puede considerarse aceptable.

En cuanto al efecto de succión de agua por capilaridad, se observa que el valor obtenido en muestras de ladrillo macizo tradicional duplican el valor obtenido en las muestras testigo de suelo estabilizado. En este sentido el material en estudio presenta un mejor comportamiento que un ladrillo tradicional utilizado en muro. No obstante, debe indicarse que superó notablemente los valores obtenidos en bloques cerámicos huecos.

Se continuará con trabajos de evaluación complementarios a la investigación. Agradecemos la constancia y esfuerzo de los integrantes del grupo de investigación, técnicos Pedro Davio y Lucas Marzetti y el especial interés de los estudiantes becarios de ingeniería civil.

Entendemos que el logro de método de control y evaluación de aptitud de mezclas de suelos solos o estabilizados podrá ser un aporte tecnológico que asegure la calidad de las futuras construcciones en este tipo de materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- BOWLES, J., (1978). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Traducido por Arrieta, A. Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana S.A.
- DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA E INDUSTRIALIZACIÓN, (2008) - Recomendaciones para Inspectores. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo urbano y vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.
- DVN, (1998). Normas de Ensayo VN-E4-84 – Clasificación de suelos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.
- DVN, (1998). Norma de Ensayo VN-E13-67- Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.
- GARCIA, A, NIGRO, E. Y MAZZEO, J.(2007) Métodos de control de calidad aplicados a "Modelos constructivos con suelo estabilizado", desarrollo de base normativa en UTN-FRA en Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable SIACOT VI, pág. 192-195. México, 2007.
- IRAM, (1968). IRAM 10500 – Mecánica de suelos. Preparación de muestras. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (2007). IRAM 10501 – Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1986). IRAM 10507 – Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1982). IRAM 10509 – Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1977). IRAM 10511 – Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1971). IRAM 10521 – Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1972). IRAM 10522 – Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1972). IRAM 10524 Mecánica de suelos. Método de ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado en mezclas de suelo-cemento.
- IRAM, (1982). IRAM 12589 – Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión en ladrillo y bloques. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- MINKE, G., (2001) - Manual de Construcción en Tierra. Uruguay: Nordan-Comunidad.
- ONU, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development- WCED (Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo a la Asamblea de Naciones Unidas) Nº A/42/427. Estados Unidos: Organismo de Naciones Unidas.
- TERZAGHI, K. y PECK, R., (1973) - Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Buenos Aires, El Ateneo.

NOTAS

- 1 – Informe del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría de las Naciones Unidas con evaluación de logros al 2008 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- 2 - Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU: Nuestro Futuro Común emitido por la denominada Comisión Brundtland (debido a la Primer Ministro Ambiental en Suecia Sra. Gro Harlem Brundtland), 1987.
- 3 – Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Segunda "Cumbre de la Tierra") en Río de Janeiro, junio de 1992.
- 4 – Universidad de Quilmes según Informe sobre "La situación habitacional en Argentina año 2001", convenio con la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación, 2007.

5 – Cita en el punto 4, "Desarrollo sostenible para consolidar una política de crecimiento con equidad" Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable - Declaración de los Sres. Gobernadores sobre Desarrollo sostenible, 05-05-2006, pag. web <http://www.ambiente.gov.ar> – Sección publicaciones.

6 – Los autores García, Nigro y Mazzeo en el artículo Métodos de control de calidad aplicados a "Modelos constructivos con suelo estabilizado", desarrollo de base normativa en UTN-FRA indican las condiciones de aptitud de modelos constructivos. SIACOT VI, 2007.

Adriana Beatriz García. Ingeniera en Construcciones y Quality Auditor DGQ-EOQ. Docente Codirectora de equipo de investigación desde el 2004, Dpto. de Ingeniería Civil, Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Asesora tecnología de materiales de construcción y gestión de la calidad en áreas privadas y públicas. Coordinadora de Calidad y Delegada UTN-FRA ante UNILAB. Miembro representante de UTN FRA en la Red PROTERRA. abgarcia@fra.utn.edu.ar

Juan Pablo Mazzeo. Ingeniero Civil y Docente FRA-UTN. Becario en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras LEME desde el año 2004. Becario Investigador integrante de equipo desde el 2004, del Dpto. de Ingeniería Civil, Fac. Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Proyectista y calculista de estructuras metálicas y de hormigón armado en el ámbito privado. Miembro representante de UTN FRA en la Red PROTERRA. jpmazzeo@fra.utn.edu.ar

Pablo Nicolás Grazzi. Estudiante de Ingeniería Civil FRA-UTN. Becario en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras LEME desde el año 2007 a la fecha. Becario investigador integrante de equipo desde el 2007, del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional. grazziipablo@hotmail.com

DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE ADOBE EN ZONAS SISMICAS DEL PERÚ: POBLADO DE SANTA LUISA, CHINCHA BAJA, PERÚ

**María Teresa Méndez Landa; Juan Camargo Meneses;
Eduardo Mendiola Morales; Gustavo Sosaya del Carpio**

Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP - Universidad Ricardo Palma Av.
Benavides 5440 Santiago de Surco

e-mail: cecos@urp.edu.pe/ mmendez47@hotmail.com- Teléfono 2750450 – Anx. 338

Palabras clave: materiales, sistemas constructivos, sismo

R E S U M E N

El proyecto consiste en una nueva propuesta de diseño y mejoramiento estructural del adobe como material constructivo para los poblados rurales de la costa Sur del Perú, ubicados en zonas de riesgo sísmico debido a fallas geológicas que se encuentran en esta parte del litoral. A raíz del sismo de agosto del 2007 queda demostrado que la técnica tradicional constructiva en adobe se ha perdido, siendo la construcción actual empírica y sin asistencia técnica.

El trabajo comprende desde el estudio de la unidad misma, el sistema de construcción de los muros, el sistema de refuerzos verticales y horizontales para reducir la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe, fundamentado en el análisis de laboratorio de ensayo de materiales, suelos, y estructural. Este concluye en el diseño de un modulo experimental que responda a un adecuado comportamiento sismo-resistente, e integrado a los aspectos sociales, culturales y económicos de la población, trabajado de manera multidisciplinaria y mediante actividades de capacitación.

Este modelo será utilizado como prototipo de vivienda y empleado de manera didáctica con la finalidad de mejorar el proceso de autoconstrucción y la calidad de vida de los pobladores de Santa Luisa, distrito de Chíncha Baja, Perú.

Tiene como objetivo proponer una alternativa estructural económica y que responda a la identidad cultural de la población, que sea una mejora del comportamiento sísmico de las construcciones de adobe y que pueda ser replicado en poblaciones rurales de similares características geográficas.

El proyecto se basa en procesos comunitarios participativos bajo la intervención de los miembros de la comunidad y en el enlace con los gobiernos locales y las organizaciones de base con la finalidad de garantizar su sostenibilidad

La metodología de trabajo comprende la articulación de la educación universitaria (participación voluntaria de profesores y estudiantes), con la realidad social de los sectores más deprimidos del campo, empleando una estrategia basada en el empoderamiento y la autogestión como elementos dinamizadores para el desarrollo sostenible de las comunidades, fortaleciendo su identidad cultural y la preservación de su patrimonio natural.

1. INTRODUCCION

La construcción en adobe y tapial constituyó uno de los principales sistemas constructivos del Perú durante muchos años, desafiando a los rigores del tiempo y movimientos sísmicos, sin sufrir daños significativos, en muchos casos.

Sin embargo, construcciones más recientes de adobe han sido la causa de numerosas pérdidas humanas, debido a que éstas no ofrecen una seguridad ante los movimientos sísmicos a causa de que la técnica tradicional de construcción con adobe se ha perdido, utilizándosele en forma empírica, sin un adecuado diseño y sin asistencia técnica.

El estudio sobre construcciones rurales para el distrito de Chíncha Baja realizado por Méndez et al. (2008), menciona que "[...] el Perú y en especial la costa central y sur, debe afrontar un alto grado de vulnerabilidad sísmica debido a fallas geológicas, y silencios sísmicos, como es el caso de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana.

Esta se encuentra ubicada frente a la costa del departamento de Ica, y trae como consecuencia permanentes sismos de gran intensidad, que causan grandes daños en las construcciones informales, con la consiguiente pérdida de vidas humanas [...]"

Estas características de vulnerabilidad que presenta la zona, unidas a la falta de un adecuado manejo de las técnicas constructivas del adobe, trajeron como consecuencia que con el sismo de Agosto del 2007, una gran cantidad de edificaciones construidas en adobe colapsaran. Esto ocasionó que los pobladores de la zona pierdan la confianza en este valioso material constructivo a pesar de su tradición.

En la conferencia sobre construcciones bioclimáticas llevada a cabo en Argentina, Minke (2001:1) define al adobe de la siguiente manera: "[...] los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan *adobes*. Cuando la tierra húmeda se compacta en una prensa manual o mecánica se denominan bloques de suelo.... La elaboración de los adobes se realiza ya sea relleno de los moldes con un barro de consistencia pastosa o lanzando un barro menos pastoso en el molde. Hay muchos tamaños y formas de adobes en el mundo. En Latinoamérica las medidas más comunes son 38 x 38 x 8 cm o 40 x 20 x 10 cm. [...]"

Blondet et al. (2003) menciona como defectos de las construcciones modernas de adobe: "[...] En las zonas urbanas de la Sierra y parte de la Costa, donde se sigue construyendo con tierra, se aprecia una notable disminución del espesor de los muros de la vivienda ... Además, en estas construcciones por lo general se han incorporado instalaciones de agua y desagüe, lo cual implica empotrar las redes dentro de los muros, disminuyendo de esta manera aún más su espesor definitivo y haciéndolas susceptibles al daño producido por eventuales filtraciones [...]"

"[...] En las construcciones rurales se evidencia la ausencia casi generalizada de sobrecimientos, y en algunos casos incluso de cimentación, lo que las hace susceptibles al constante efecto erosivo del agua [...]"

Otros estudios mencionan como algunas de las principales causas de las fallas en construcciones de adobe:

- a. Construcción de edificaciones en terrenos blandos
- b. Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos
- c. Mala calidad del adobe en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.
- d. Dimensiones de los bloques de adobe no adecuados y mal acabado.
- e. Mala colocación del mortero que trae como consecuencia un mal asentado de los bloques de adobe.

Blondet et al. (2003) al referirse al comportamiento sísmico de las construcciones de adobe, lo definen como un material poco adecuado para construcciones en zonas sísmicas por su baja resistencia a la tracción. "[...] Además las uniones en las esquinas, al carecer de refuerzo o de sistemas de conexión, son débiles y fácilmente se separan los muros. En el caso de un sismo, en un primer momento los muros se separan en las esquinas, comportándose como muros en voladizo, que luego pierden su estabilidad y colapsan [...]"

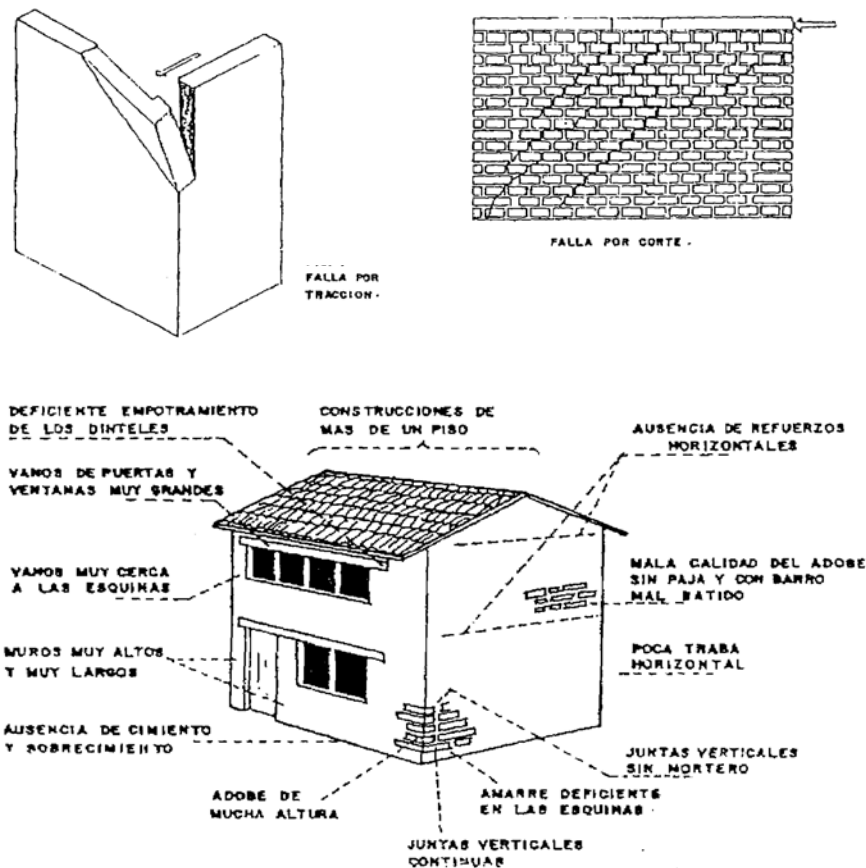


Fig.1 Principales fallas en las construcciones de adobe.
Morales et al (1985)

Méndez et al. (2008) en el estudio sobre construcciones rurales para el distrito de Chíncha Baja, realizan un análisis de laboratorio de muestras de adobe elaboradas por pobladores de la zona, concluyendo que "[...] las unidades de adobe analizadas no cumplen con la norma E-80 en lo que respecta a gradación del suelo, pero dos de ellas (M-B y M-C) cumplen con lo establecido por la norma de la resistencia a la compresión de la unidad. ($f_u = 12 \text{ kgf/cm}^2$) [...]", confirmando la falta de asistencia técnica con que se está procediendo a la reconstrucción de los poblados rurales, realizados básicamente por el sistema de autoconstrucción.

En respuesta a la problemática que presenta el adobe para la construcción de edificaciones en zonas de riesgo sísmico, Blondet et al. (2003) sugieren la construcción de muros en adobe, reforzados con malla metálica electrosoldada, como una solución técnicamente eficiente, pero que por su costo no está al alcance del poblador rural.

A partir de esta problemática es que el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, con el trabajo voluntario de docentes asesores y alumnos, viene desarrollando estudios sobre materiales naturales y técnicas constructivas que minimicen los riesgos en las edificaciones de adobe y a la vez sean accesibles tanto bajo el aspecto económico como respecto a la facilidad de adquisición de éstos, por los pobladores rurales. Esto como una respuesta sustentable al problema de la autoconstrucción en las zonas rurales de la costa sur del Perú.

El objetivo principal del estudio es analizar el comportamiento estructural de los encuentros en muros de adobe con refuerzos de caña de Guayaquil y malla de totora, como materiales constructivos naturales, adecuados a las poblaciones rurales de la costa sur del Perú. Éste se realiza a partir de un modelo de vivienda diseñado bajo una concepción moderna acorde a las características socioculturales de la población del asentamiento rural Santa Luisa, distrito de Chíncha Baja, Ica, Perú.

Emplea una metodología descriptiva-analítica, a partir de un diseño adecuado para la zona. La investigación considera como variables: el suelo, el bloque de adobe, encuentro en esquina de los muros y el sistema estructural.

2. PROPUESTA

2.1 Características de la zona

Santa Luisa es uno de los asentamientos rurales, del distrito de Chíncha Baja, más afectados por el sismo de Agosto del 2007, el que tuvo una magnitud de 7.9° escala Richter y un tiempo de duración de más de 2 minutos.

Políticamente, Santa Luisa pertenece al distrito de Chíncha Baja, provincia de Chíncha, departamento de Ica ubicado a 226 km al sur de Lima. Tiene Latitud Sur 13°28' y Longitud Oeste 76°08', y ubicado a 34,00 msnm. Tiene una extensión de 20.183 m², y, su población está conformada por 220 personas (44 familias aproximadamente).

La propuesta definitiva es consecuencia de un análisis comparativo de los beneficios constructivos, estructurales, socioculturales, económicos y medioambientales, entre alternativas planteadas. Se extiende a las comunidades rurales de las provincias costeras de Ica, pues a partir de este prototipo se pueden generar modelos.

Puede ser a su vez considerada como una primera aproximación para futuros diseños de comunidades rurales saludables a ser aplicadas en nuestro país.

El diseño estructural del prototipo se basa en una investigación analítica que abarca desde la definición del tipo de suelo, las características del bloque de adobe, los encuentros de los muros de adobe.

2.2 Consideraciones teóricas

La magnitud de los valores máximos de la deformación horizontal d , de la velocidad horizontal v y de la aceleración horizontal a en un sismo de intensidad mediana son:

$$d = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m}$$

$$v = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m/s}$$

$$a = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m/s}^2 = 0.15 \text{ a } 0.30 \text{ g}$$

Para definir el dimensionamiento, se considera, de acuerdo con el método de la fuerza equivalente, que la resistencia contra fuerzas horizontales está determinada por una fuerza estática y no una dinámica.

Cuanto mayor es la ductilidad disponible y cuanto mayor son las deformaciones plásticas permitidas, tanto menor puede ser la fuerza equivalente. Esta relación fundamental se utiliza para disminuir la fuerza equivalente necesaria para una solución elástica en dependencia de la ductilidad disponible.

Mortero Tipo II: La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas.

Deberá emplearse a la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2cm y deberán ser llenadas completamente

2.3 Diseño

La propuesta se basa en el refuerzo de los muros de adobes con una malla tejida de totora o soguilla previamente preparada, la cual se colocará en el muro anclándola en los refuerzos horizontales sobresalientes, luego de haberse colocado dichas mallas se procederá al tarrajeo con una mezcla de barro con paja y/o algún aglomerante (cal, yeso) en proporción

de 1 a 4. Este sistema nos permitirá dar una mayor rigidez y flexibilidad al muro. Siendo este el fundamento para evitar las fallas de tracción que son lo más frecuente entre los encuentros.

Como refuerzo horizontal de los muros se utilizan dos varillas de caña chancada colocadas cada tres hiladas, a su vez se está agregando dos cañas en forma de X para evitar la separación de los muros, sirviendo como anclaje para la malla de totora. Como refuerzo vertical se colocarán carrizos cada 6 adobes a lo largo del muro. Estos refuerzos le dan una mejor flexibilidad a muro.

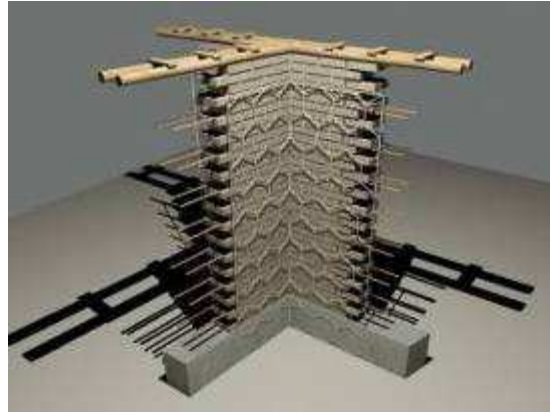


Figura 2: Colocación de la malla

Utilizamos un bloque de adobe de sección cuadrada de 0.26 x 0.26 x 0.06 mts, para distribuir de manera uniforme las cargas sobre la unidad y evitar la ruptura de ésta. Además, la forma cuadrada permite soportar las fuerzas sísmicas sin importar la orientación de la estructura, respecto a los ejes. La altura del bloque se plantea de 0.06 m. para cumplir con la proporción de la altura con respecto al largo de 1 a 4, para evitar la falla por corte según Norma E-80 del RNE. (Vivienda 2006).

La unidad de adobe da la rigidez necesaria para soportar las cargas, mientras que, las juntas de barro de 0.02 cm. de espesor le dan flexibilidad al muro para que junto a la rigidez del bloque obtengan una resistencia óptima ante las fuerzas sísmicas y evitar las fallas en la estructura. Para este proyecto la longitud del muro será de 4.10 la cual corresponde a 14 veces su espesor.

En los encuentros cuyo ángulo sean diferentes a 90 ° se han diseñado adobes de diferentes dimensiones, para dichos amarres.

La altura máxima del muro es de 8 veces su espesor, lo que debe darnos como resultado una altura de muro de 2.40 mts. Para cumplir con este requisito, los sobrecimientos se han planteado de 0.40 mts. de alto y el peralte de la viga collar de 0.10 mts., esto nos da como resultado una altura libre de piso a viga de 2.90 mts.

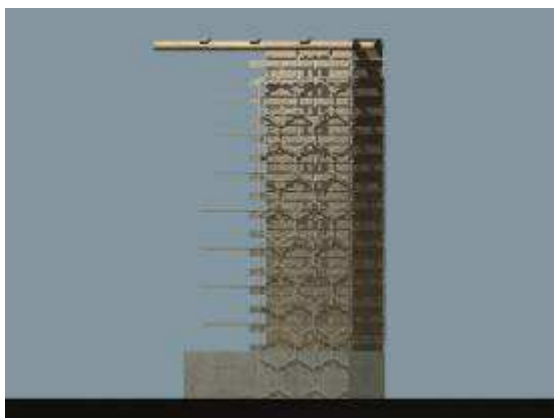


Fig. 3: Altura del muro



Fig. 4: Altura del muro

La composición del mortero tiene las mismas características de las unidades de adobe. La cantidad de agua que se añadirá permite que sea una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no exceden a 0.02mts. y son llenadas completamente. En el caso de los refuerzos horizontales deben contener un poco más de agua para evitar cangrejas.

La viga solera está constituida por dos rollizos de Huarango acanaladas a los extremos para anclar con las transversales. Cada una éstas tiene una sección circular de 4" de diámetro, corridas sobre el muro, conformando un ancho total igual al espesor de éste. Para lograr este ancho colocamos conectores de la misma madera, de 0,30 mts. de largo cada uno, distanciados aproximadamente entre 0,40 y 0,50 mts. entre ejes. La viga solera es fijada al muro mediante mechones de totora, amarrándola a las últimas hiladas.

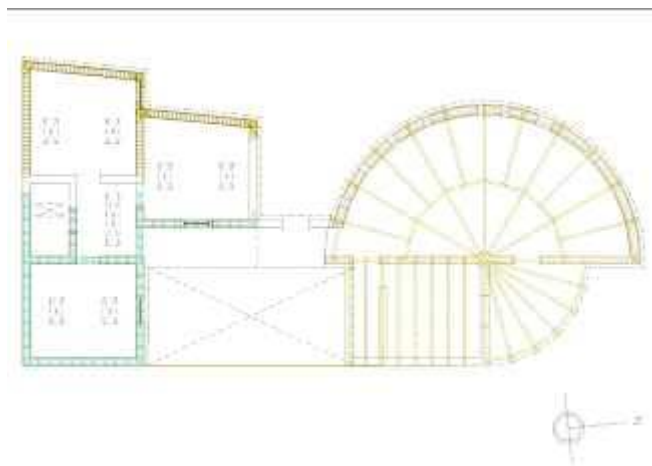


Fig. 5 Esquema del sistema estructural

Como 2ª etapa comprende la construcción del módulo y trabajo con los pobladores para validar el prototipo, mediante una estrategia participativa basada en el empoderamiento de la población y la autogestión. Ambas etapas se desarrollan mediante actividades de formación que articulan la educación universitaria con la realidad social, y, que involucran a la población de Santa Luisa, a la comunidad universitaria, mediante la participación voluntaria de profesores y estudiantes (CECOS-BRIGURP) y a los gobiernos locales, con la finalidad de garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Programas de Capacitación

- a. Construcción del Prototipo de Vivienda
 - Capacitación en autoconstrucción en adobe.
- b. Minimización de Riesgos y Prevención de desastres
 - Charlas de sensibilización a la población
 - Formación y entrenamiento de brigadas.
 - Formación de comités participación de la comunidad
- c. Sostenibilidad del Proyecto
 - Empoderamiento de la población
 - Asesoría a las organizaciones de base
 - Conformación de un Comité Multisectorial conformado por representantes de:
Población, instituciones públicas y de gobierno, y, sector privado

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De lo anterior, se puede concluir que las construcciones sísmo resistentes deben disponer de una ductilidad mayor, Lo que significa que éstas deben ser capaces de asumir parte de la energía con las deformaciones plásticas.

El adobe es un material poco adecuado para construcción en zonas sísmicas ya que es leve y frágil. A causa de su gran masa atrae durante un sismo las fuerzas de inercia, no es capaz de absorber adecuadamente las fuerzas sísmicas pues la resistencia de los muros de adobe comparada con otros materiales es mínima.

Para evitar que los muros se separen en los encuentros ante un movimiento sísmico, se ha diseñado un sistema de amarre basado en los conceptos de la malla electrosoldada, pero empleando materiales naturales de la zona, los que se adecuan a la economía de los pobladores por la facilidad de adquisición de éstos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Blondet M., Villa García G., Loaiza C. *¿Viviendas sismorresistentes de tierra? Una visión a futuro*. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de ingenieros del Perú. 2003
- Flavin, Ch. *State of the world 2008: towards a sustainable global economy*. Ed. Earthscan. 288 págs. ISBN: 978-1-84407-498-3. Inglaterra. 2007
- ITINTEC. *Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo*. NTP 331.202:1979. Biblioteca Virtual INDECOPI. Extraído el 23 de Setiembre del 2008
[http://www.bvindecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION\\$\(76,77\)](http://www.bvindecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION$(76,77))
- Instituto de la Construcción y la Gerencia ICG.
[http://www. Construcción.org](http://www.Construcción.org)
- Méndez, Vásquez, Corasao y otros. *Prototipo de Comunidad Saludable para áreas rurales del Perú: distrito de Chíncha Baja, Ica*. Ed. Anaís 14 págs. ISBN: 978-85-86036-41-5. Brasil. 2008.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *VIVIENDA. Reglamento Nacional de Edificaciones*. RNE.: autor. 2006
- Minke, G. *Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra*. Universidad de Kassel. Alemania. 2001
- Morales R., Torres R, Rengifo L., Irala C. *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Cismid. FIC. Universidad Nacional de Ingeniería. 61 págs. Perú. 1993
- Vargas, Torrealva y Blondet. *Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con geomallas. Zona de la costa*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN: 978-9972-42-837-12445. Perú 2007

María Teresa Méndez Landa: Mg.c. Arquitecta, Docente Facultad de Arquitectura -Universidad Ricardo Palma. Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Juan Camargo Meneses: bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Eduardo Mendiola Morales: estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Gustavo Sosaya del Carpio: estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Técnicas do uso do solo na construção utilizadas em Brasil e Bolívia

Mayra L. Miranda Portillo⁽¹⁾; Louise L. B. Lomardo⁽¹⁾; Alberto Calla⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Fluminense – UFF, Niteroi – RJ/Brasil

⁽²⁾Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, La Paz/Bolívia

Palavras chave: terra crua, técnicas construtivas, sustentabilidade

RESUMO

Este trabalho mostra a importância do uso do solo na construção em Latino América, citando diferentes autores que escrevem sobre o assunto e apontando como são utilizadas diferentes técnicas de construção em países vizinhos como Bolívia e Brasil. Numa primeira parte são identificadas as principais técnicas de construção com terra crua do Brasil, descrevendo suas características e suas aplicações em algumas regiões com alguns exemplos demonstrativos. Numa segunda parte do trabalho é descrita uma técnica construtiva particular utilizada na área rural do altiplano da Bolívia utilizada unicamente por uma cultura chamada “Chipaya”, para assim demonstrar as diferentes características entre as técnicas dependendo do lugar onde esteja sendo aplicada, sendo um fator indispensável o clima e principalmente a cultura acompanhada de costumes das pessoas do lugar.

Na segunda parte do artigo é descrita parte de um trabalho realizado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidad Mayor de San Andrés (Bolívia), realizado em 2005 onde se conseguiu fazer uma visita a esta região onde é utilizada esta técnica. Este local é pouco acessível, longe das cidades e sem facilidades de transporte e é onde a cultura “Chipaya” ainda conserva seus costumes e sua técnica de construtiva. Para finalizar conclui-se que se pode fazer uma comparação entre diferentes técnicas construtivas que utilizam terra crua e demonstrar que, apesar das diferenças entre as culturas e costumes entre estes dois países, as técnicas de construção com terra crua continuam sendo utilizadas, desde épocas milenares até hoje em dia sendo que fazem parte das culturas locais sul americanas.

1. INTRODUÇÃO

As construções com terra datam de mais de nove mil anos atrás, tanto no Brasil como no resto de América Latina foram desenvolvidas diferentes técnicas construtivas com o solo, já seja como estrutura, de maneira monolítica ou como alvenaria. Por causa dos materiais industrializados, estes materiais tradicionais foram sendo deixados de lado e rejeitados pelas classes sociais mais favorecidas, por vários motivos como status social desprezando as construções feitas com materiais naturais como o solo, deixando eles como materiais de baixo nível social relacionando-o com a pobreza.

A utilização do solo com fibras naturais como técnica construtiva é uma das mais antigas na história, e parte da cultura de diferentes lugares do mundo. Essas técnicas são, até hoje, muito utilizadas em países em desenvolvimento, pois o solo é o material natural mais importante na construção e esta a disposição na maioria das regiões no mundo. A fácil obtenção é uma das suas vantagens, já que na maioria dos casos não é necessário levá-lo de um lugar para o outro, a pessoa que o precisa pode dispor dele no mesmo lugar que vai construir. No Brasil e no resto da América Latina, antes da época da colonização, tem se desenvolvido diferentes técnicas utilizando o solo como matéria prima, e ainda tem povos indígenas afastados da civilização que conservam as suas costumes e constroem utilizando técnicas que não são muito comuns.

Segundo Houben H. et al, 1994, dois terços da população mundial constrói suas casas com terra, sendo que na América Latina esta estimativa é de, aproximadamente, 200 milhões de pessoas, o que mostra o grande valor que tem a terra como material de construção, mas não podemos negar que este material hoje em dia, não é visto como a melhor opção na hora de construir.

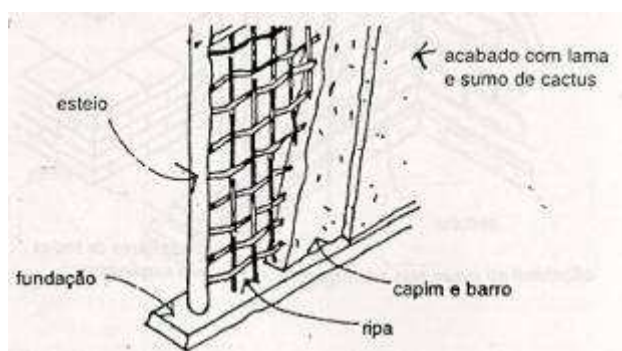
Alguns autores pensam que, apesar dos grandes esforços de conscientização sobre a importância da proteção ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, não se conseguiu superar os conceitos de deterioração cultural aos que estão submetidos alguns materiais naturais que antigamente tinham alcançado um alto valor técnico e cultural, especialmente o uso da terra crua na construção que poderia ocupar um lugar privilegiado nas políticas meio-ambientais, já que atualmente resulta um tema marginal no âmbito latino-americano por estar relacionado com um meio econômico de escassos recursos e muita pobreza. (CALLA, 1994)

2. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS NO BRASIL

Entre as técnicas de construção com terra mais utilizadas no Brasil podemos citar a: Taipa de sapapo ou também chamada pau-a-pique, taipa de pilão e o adobe. Segundo LOPES (1998), a taipa foi o processo de construção mais usado no Brasil, sobretudo em São Paulo e Minas Gerais a partir do início do século XVIII. Os materiais empregados na construção eram diversos, dependendo da disponibilidade de cada região, sendo comum seu uso associado a outras técnicas. (XAVIER, 2007)

2.1 Taipa de sapapo

A taipa de sapapo ou taipa de mão ou, ainda, pau-a-pique (Fig. 1), é uma técnica vernácula amplamente disseminada pelo território Brasileiro, que consiste em uma trama de paus roliços, com seção compatível à espessura pretendida para as paredes, colocadas perpendicularmente as ripas ou varas de madeira ou bambu, tanto de um lado como de outro, as quais recebem o barro lançado. (VASCONCELLOS, 1979)



a) Técnica



b) Aplicação

Fonte: Van Lengen

Foto: Paulo Henrique Rodrigues

Fig. 1 – Taipa de sapapo

Esta técnica também é utilizada em outros países de Latino América, que dependendo do lugar é chamada de diferente forma, por exemplo, em Equador e Venezuela é chamada de “Bahereque” e nos países andinos como Peru e Bolívia de “Quincha” que vem do quíchua e significa encerramento de paus. (PORTILLO, 2005)

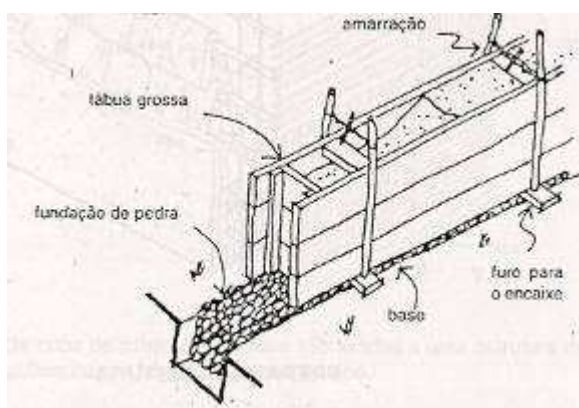
2.2 Taipas de Pilão

Uma das técnicas de construção com terra crua mais antigas no Brasil é a taipa de pilão, chamada de “Tapial” em outros países da América Latina. Joga-se a mistura de terra que é apiloada em camadas dentro de uma forma tipo sanduíche, tornando-se um bloco monolítico (Fig.2). Esta técnica foi trazida pelos portugueses no período colonial, mas já vinha sendo utilizada em muitos outros países, como França, EUA, Marrocos, China e Japão. No Brasil, muitos casarões, mosteiros e igrejas foram construídos há mais de 250 anos. Nos últimos

20 anos, a taipa de pilão tem ganhado novas versões com tecnologia atualizada, permitindo uma construção mais racional, limpa e reduzindo a mão-de-obra empregada. (ABCTERRA, 2009)

Segundo WALKER (2005), taipa de pilão é uma técnica de construção com terra crua utilizada principalmente para construir muros, sendo que também pode ser utilizadas para tetos, pisos, fundações e recentemente vem sendo usada para moveis e ornamentos de jardins.

No Brasil, a taipa de pilão foi trazida pelos Portugueses e difundiu-se em grande escala em regiões como São Paulo, tornando-se característica das construções bandeirantes, que ainda hoje podemos encontrar em cidades Cotia, Santana de Parnaíba, Sorocaba, entre outras. Nos primeiros séculos esta técnica saiu do Planalto Paulista e foi utilizada em varias regiões do sul ao Norte do Brasil. (BRUNO, 2001)



a) Técnica



b) Aplicação em Campinas

Fonte: Van Lengen

Foto: Thaís Parolin

Fig.2 – Taipa de pilão

2.3 Adobe

Técnica construtiva que consiste em se moldar o tijolo cru, em formas de madeira (Fig. 3) a partir das quais o bloco de terra é seco ao sol, sem que haja a queima do mesmo, a matéria prima é: solo local, água, estabilizante (estrume, capim ou palha). Mistura-se terra com água até se obter uma mistura plástica, capaz de ser moldável, geralmente, os "adobeiros" amassam o barro com os pés descalços, o que permite uma massa mais homogênea. Em alguns locais, além da terra e água, utilizava-se o capim gordura cortado como estabilizador por armação e o estrume de gado fresco como estabilizador químico. Depois de amassado, o barro é colocado em uma forma de madeira ou metal e ao se retirar da forma o bloco é colocado ao sol para secagem. (VASCONSELLOS, 1979)



a) Técnica



b) Aplicação

Foto: Flavio Pili

Fig.3 – Adobe

Fonte: www.brasiloste.com.br

Uma boa parte do legado patrimonial da arquitetura em terra da Latino América é apoiada na experiência dos seus habitantes e conhecimentos de tecnologias vernáculas, até agora vigentes, que são aplicadas segundo a região, clima e *fundamentalmente* em harmonia com a cultura do lugar. Historicamente os camponeses foram auto-construtores de suas habitações, mantendo o desenvolvimento de tecnologias vernáculas. Hoje em dia, ainda podemos ver alguns destes exemplos.

3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS NA BOLÍVIA

A maior parte das construções na área rural da Bolívia é feita com terra crua, com diferentes técnicas, a mais conhecida é o adobe, mas dependendo da região são utilizadas outras pouco conhecidas, como por exemplo, na parte ocidental da Bolívia, na área do “altiplano” existe uma técnica de construção com terra pouco conhecida, até mesmo no território Boliviano, esta técnica é baseada na utilização do “tepe”, típica da cultura Uru Chipaya.

O levantamento fotográfico desta segunda parte do trabalho foi realizado no ano 2005, sendo parte do projeto: “Territorialização do espaço rural andino e dos processos contemporâneos de transformação, desde a escala territorial da habitação”, numa parceria entre Instituto de Investigação da Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Artes (IIFAUA) da Universidad Mayor de San Andrés (La Paz – Bolívia) junto com o Programa de Cooperação Sueca UMSA - ASDI/SAREC.

3.1 Os chipayas

A cultura Uru Chipaya se encontra na Bolívia no departamento de Oruro, a 4000 metros de altitude e é a mais antiga do “altiplano”, remota de 2500 anos atrás. Tem clima frio e seco, contratando com o calor do deserto. Esta região apresenta ventos fortes que provem da Cordillera de Los Andes.

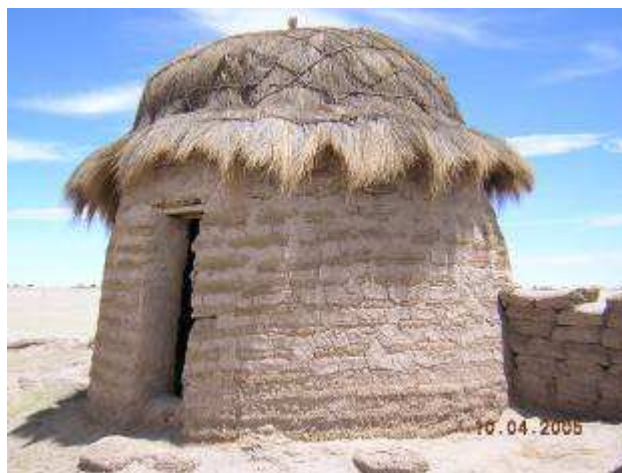
As construções dos Uru Chipayas são de forma circular cônica, feitas com “tepes” (blocos trapezoidais) de terra misturada com raízes de uma gramínea da região; é uma expressão arquitetônica que corresponde à cultura Uru Puquina. Os chipayas são uma das etnias que, assentada no “altiplano” boliviano, sobrevive mantendo seus costumes e cultura. (CALLA, 2004)

Uma habitação está composta por mais de uma construção, de dois tipos diferentes, uma sempre acompanhada da outra, as duas com base circular, uma tipologia de forma cônica “*phutuku*”, toda feita com “tepe” (elemento mencionado anteriormente), até a cobertura, e a outra tipologia “*Wallichí Koya*” com uma cobertura de palha típica do lugar. A primeira tipologia mencionada, com forma cônica, geralmente é utilizada como depósito ou armazém

de comidas, ou cozinha, a outra é o dormitório e podem existir outras unidades desta tipologia, utilizadas como outros dormitórios ou lugares sociais. Segundo relatos de moradores, estas habitações ainda são construídas de forma comunitária ou individual. A forma cônica e a base circular são ideais para o lugar, pelo clima e pelos fortes ventos da região.



a) Tipologia 1 "phutuku".



b) Tipologia 2 "Wallichí Koya"

Fig. 4 Tipologias das construções da cultura Chipaya

Fonte: Autora, 2005

3.2 Tepe

O tepe é um bloco de terra e raízes de uma gramínea que existe na região, se traça um círculo no chão com um diâmetro de aproximadamente 4 m e com essa curvatura se extraem os tepes com ajuda de um "azadon" (ferramenta utilizada), este bloco é cortado e extraído do solo, como é mostrado na Fig. 5a, suas medidas são aproximadamente de 45 cm de comprimento, de 35 cm a 40 cm os lados que tem uma pequena curvatura, 40 cm o lado que se trava com o seguinte tepe, todos com uma altura de 12 cm. É de forma trapezoidal e suas dimensões variam de grande a pequeno segundo as fileiras do muro, o que permite uma inclinação ao muro perimetral, parece responder a um sistema dimensional modulado. Os lados laterais têm uma inclinação com efeito do golpe do "azadon" ao extrair do solo, isto causa uma inclinação que permite uma trava natural entre tepe e tepe, como é visto na Fig. 4b.

Para a construção é traçada no chão uma planta circular de dimensões padrão, e são colocados os blocos um acima do outro, utilizando como morteiro uma mescla de barro para unir os blocos. A cobertura é de palha "iru uchu", sobre uma estrutura de galhos de uma planta típica do lugar chamada "thola", como podemos distinguir na Fig. 4b e Fig. 5b.



a) Extração de blocos de tepe do solo



b) Construção

Fig. 5 Técnica do uso do tepe

Fonte: Autora, 2005

Esta técnica é utilizada também para fazer alguns elementos, como camas (fig. 6a), mesas, fornos (Fig. 6b), até para ornamentação, ou remarcando a entrada da construção.



a) Cama feita com tepe



b) forno a lenha

Fig. 6 - Uso da técnica em diferentes elementos

Fonte: Autora, 2005

Assim como esta técnica tão original, pode-se encontrar outras diferentes, próprias dos lugares que ainda conservam as suas costumes de construção com terra, onde se pode manter a conservação de culturas, fazendo um relevamento e dando soluções aos problemas que apresentaram com o passar do tempo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mistura do solo com fibras naturais é o primeiro material compósito criado pelo homem na construção. Pelo tanto a importância de conservação de técnicas construtivas milenares no Brasil como em outros países de América latina como Bolívia, utilizando a terra como material de construção é muito grande, já que estas técnicas são auto-sustentáveis e não causam danos consideráveis ao meio ambiente. Uma construção onde foi utilizada uma técnica construtiva ao cumprir o seu período de vida, este volta a sua origem para assim pode ser utilizado novamente, e a energia utilizada para a sua obtenção é incomparável com outros materiais altamente poluentes, sem mencionar podemos encontrar este material no mesmo lugar que quer se construir, na maioria dos casos sem precisar trasladá-lo de um lugar para outro. Por tudo isto o custo econômico, quando se tem o material no lugar, e o custo ambiental são consideravelmente baixos.

Vemos também a importância da pesquisa deste material para poder aportar à conservação e a melhoria destas técnicas para que não se percam e possam seguir sendo utilizadas por estes povos já que graças aos avanços tecnológicos e à adoção de materiais industrializados, os materiais naturais vem sendo deixados de lado, sendo considerado algumas vezes como um material de má qualidade ou de baixo status social. Mas vemos também como em alguns países industrializados ou mesmo em países em desenvolvimento alguns construtores estão considerando a terra crua como material de construção de primeira classe, o qual tem que ser incentivado de maior forma, isto tendo que ser respaldado por pesquisas que demonstrem as propriedades deste material como de outros chamados não convencionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUNO, F., Construção: Equipamentos, usos e costumes da casa brasileira, Museu da Casa Brasileira: São Paulo, 2001
- CALLA, A., Arquitectura de tierra: Marginalidad y renacimiento, El Habitat Latinoamericano en la mira, Red Habitierra: Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social: La Paz, 1991
- GHAVAMI, K., Low-cost and energy saving construction materials. Vol.2., Departamento de engenharia civil- PUC-Rio, Sindicato Nacional dos Editores de Livros: Rio de Janeiro, 1986.
- HOUBEN, H., GUILLAUD H., Earth Construction, A Comprehensive Guide, Intermediate Technology Publications: London, 1994
- LOPES, W.G.R. Taipa de mão no Brasil: Levantamento e análise de construções, Dissertação de Mestrado em Arquitetura, área de concentração Tecnologia do Ambiente Construído, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos, 1998
- MINKE, G., Construction hand book, Honorary Editor: Great Britain, 2000
- MONTORO, P., Como construir paredes de taipa, Instituto Latinoamericano: São Paulo 1994
- PORTILLO, M., et al., Uso de bambú en la construcción de viviendas económicas en Los Yungas - Bolivia. Memoria de proyecto de grado, Universidad Mayor de San Andrés: La Paz, 2005
- VAN LENGEN, J., Manual do arquiteto descalço, Livraria do arquiteto: Porto Alegre 2004
- VASCONCELLOS, S., Arquitetura no Brasil: Sistemas construtivos, UFMG - Editora Rona: Belo Horizonte, 1979
- WALKER, P. et al., Rammed earth: design and construction guidelines, BRE Press: Watford, 2005
- XAVIER, M. L., Sistemas estruturais em bambu e terra crua: taipa contemporânea na aldeia de Sapukai, anais IC-NOCMAT 2007 – Maceió, 2007

SITES VISITADOS

- www.arq.ufsc.br – 18/12/2007
- www.architecthum.edu.mx - 19/12/2007
- www.geocities.com – 19/12/2007
- www.brasiloste.com.br – 18/12/2007
- <http://www.abcterra.com.br/> - 2/05/2009

Mayra Luzia Miranda Portillo: Arquiteta formada na Universidade Mayor de San Andrés – UMSA – Bolivia, 2006. Especialização em Promoção de Espaços Saudáveis e Sustentáveis pela Escola Nacional de Saúde Pública da FIOCRUZ - Brasil, 2008. Mestranda em Arquitetura e Urbanismo na área de Espaço Construído e Meio Ambiente, da Universidade Federal Fluminense – UFF – Brasil. Atual colaboradora da Associação de Materiais e Tecnologias Não Convencionais.

Louise Land Bittencourt Lomardo: Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil, 1981. Mestrado em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil, 1988. Doutorado em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil, 2000. Pesquisadora da Universidade Federal do Rio de Janeiro e professora adjunta da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Projeto de Arquitetura, Tecnologia e Conforto Ambiental.

Alberto Calla García: Licenciado en Arquitectura, La Paz - Bolivia 1980. Maestría en Ciencias – Mención en Diseño y Tecnología para Viviendas La Habana - Cuba 1989. Postítulo en Asentamientos Humanos Universidad de Chile 2003. Doctor en Ciencias Técnicas PhD. La Habana, Cuba 2006. Docente Investigador del Instituto de Investigaciones Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, 1991 – 2007. Coordinador Internacional de la Red Habitierra XIV.A del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED.

Ensayos de BTC una respuesta a demandas de comunidades aborígenes.

**M. José Pardo; M. Eugenia Germano; Valeria Chiossone; Hector Saus;
Ariel González; Mariano Pautasso**

CECOVI- Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción y la Vivienda. Facultad Regional Santa Fe.
Universidad Tecnológica Nacional. Lavalse 610. Santa Fe. Argentina. Tel.: 54-0342-4697728 c.e.:
cecovi@frsf.utn.edu.ar

Palabras clave: BTC, ensayos, aborígenes

RESUMEN

A partir de una demanda del Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI) dependiente del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación Argentina, un equipo de profesionales y técnicos del Centro de Investigación y Transferencia para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) de la Universidad Tecnológica Nacional, esta llevando adelante un trabajo de diseño, gestión y construcción de salas para la atención primaria de la salud en las comunidades indígenas wichí y pilagá, de Las Lomitas, Provincia de Formosa, Argentina.

En este proceso se ha sostenido una metodología de intervención participativa, promoviendo el desarrollo del dialogo y el trabajo intersectorial e intercultural en sus diferentes etapas, diseño participativo, elección de tecnologías apropiadas y ejecución de obras por autoconstrucción asistida.

Entre las tecnologías presentadas como posibilidades por el CECOVI y elegidas por las comunidades se encuentra la de mampostería con bloques ínter-trabados de tierra comprimida, estabilizados con cemento. Para responder a la demanda se articulo el equipo de asesoramiento en campo con los investigadores de laboratorio para organizar el proceso de fabricación de bloques, la etapa de transferencia y capacitación tecnológica y los desarrollos de gabinete.

El CECOVI esta trabajando en tecnologías de tierra desde una perspectiva de investigación-acción que supone una retroalimentación mutua entre los trabajos y las experiencias de extensión o transferencia con la rama puramente investigativa. Esto supone una simultánea toma de datos, realización de ensayos, producción de equipos ad-hoc, redacción de borradores de procedimientos, etc. Todo esto en la búsqueda de una normativa oficial adecuada a las necesidades locales.

Como antecedentes se puede mencionar el trabajo realizado en el marco del Interlaboratorio de ensayos para la aptitud de suelos propuesto por la red PROTERRA, el trabajo conjunto que se viene desarrollando junto con el Politécnico de Torino en estudios de comportamiento de bloques de tierra comprimida con diferentes tipos de estabilizantes; con la Universidad de la República de Uruguay con respecto a la creación de un programa de formación regional y proyectos de extensión y transferencias como la Aldea Rural Escolar en "El nochero" o la construcción de mejoras habitacionales en comunidades aborígenes.

En síntesis se busca mostrar una forma de trabajo que se inicia desde acompañamiento en campo para la selección de la tierra y que abarca la articulación con el laboratorio para determinar la aptitud del material, la sistematización y devolución de estos resultados a las comunidades, la capacitación para la elaboración de los mampuestos, la evaluación de calidad de los mismos y la posterior transferencia tecnológica a la hora de construir la obra; presentando las dificultades, errores y aciertos experimentados con el objeto de construir una herramienta que pueda utilizarse en experiencias similares mientras continuamos obteniendo los datos necesarios para poder formular protocolos de ensayos y normativas pertinentes para el uso de este tipo de tecnologías.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo da cuenta de un accionar de investigación, extensión y capacitación realizado dentro del marco académico universitario en el que participaron alumnos becarios, jóvenes graduados e investigadores y docentes de la UTN. En él se desarrollan no solo las tecnologías sino los modelos gestionales que promueven la participación en la elección y adecuación de las mismas a la realidad socio-cultural local.

La gestión de este proyecto se remonta al año 2002 desde el INAI (Instituto Nacional de Asuntos Indígenas), en el que las comunidades wichís del Área Programática de Las Lomitas, solicitan, a través de la Presidencia de la Nación, la construcción de salas de salud. Posteriormente en el año 2004, en la evaluación del Proyecto Recuperación de la Autonomía en la Salud Comunitaria de las Comunidades Wichí y Pilagá del Área Programática, todos los agentes sanitarios, los miembros del equipo de salud (médicos y supervisoras de A.P.S.), las autoridades de las comunidades y los equipos de salud autogestiva priorizaron la construcción de las salas de salud en las comunidades.

Los problemas actuales de salud que se presentan en estas comunidades tienen directa relación con la situación económica y social por la que atraviesan. Algunas de las enfermedades más difíciles de combatir son la tuberculosis, desnutrición, diarrea, problemas de la piel y chagas.

La construcción de las salas en las comunidades tiene por fin ofrecer un lugar físico de referencia para el desarrollo de las actividades de los agentes sanitarios y los promotores de salud, para las jornadas de capacitación y para la atención médica periódica.

Pese a las diferencias existentes entre unas comunidades, se pudieron detectar una serie de requerimientos de carácter general que fueron relevados en los talleres con las comunidades y en las conversaciones con los médicos, con el objeto de tenerlos presentes en la instancia de diseño de la propuesta.

De tal modo, el producto comprometido por nuestra parte en una primera fase consistió en una propuesta metodológica que abarcara lineamientos de diseño participativo y pautas para la producción y ejecución de las obras. Conformamos un anteproyecto técnico de referencia (croquis, superficie, tecnología, costos), para presentar a los organismos financiadores y una propuesta de distribución de roles y responsabilidades institucionales entre los actores involucrados. En una segunda Fase, actualmente en ejecución se procede a la conducción técnica y asesoramiento en la construcción autogestiva de las salas, en donde en tres de ellas se utilizan Bloques de Suelo Cemento.

ANTECEDENTES DE TRABAJO COMO EQUIPO TÉCNICO

Anteriormente se trabajó en conjunto con la Asociación para la Promoción de la Cultura y el Desarrollo (APCD), y las comunidades participantes en el diseño de una tecnología constructiva, en la ingeniería de procesos, así como también en la capacitación y transferencia, con el objetivo de contribuir a la adecuación de la vivienda de los wichí a su actual situación.



Escuela Colonia Muñiz - Talleres de localización - Montaje de aulas

MARCO INSTITUCIONAL

En la presente experiencia diferentes instituciones, actores y comunidades participaron asumiendo diferentes roles y compromisos; utilizando programas sociales y de obra pública vigentes. El siguiente cuadro pretende sintetizar esta interacción.

INSTITUCIÓN	ROL ASUMIDO
INAI (Instituto Nacional de Asuntos Indígenas)	Coordinación y cofinanciamiento.
Equipo de A.P.S. del Área Programática de Las Lomitas	Operativización de las estrategias de Atención Primaria de la Salud en la zona.
Comunidades Wichí y Pilagá del Área Programática	Participación en el diseño y ejecución de las obras. Beneficiarios de la capacitación para albañiles.
Agentes sanitarios, los miembros del equipo de salud ,médicos y supervisoras de A.P.S	Operativización de las estrategias de Atención Primaria de la Salud en la zona.
Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda	Asesoramiento Técnico, Diseño técnico y dirección técnica de las obras. Responsable de la capacitación.
Ministerio de Trabajo de la Nación	Cofinanciamiento de las obras y la capacitación
Ministerio de Salud de la Provincia de Formosa	Observación y control de las obras.

Esta premisa de articulación intersectorial e interinstitucional, entendemos que promueve experiencias integrales en donde las respuestas se acerquen a las demandas concretas, que permitan a la vez una evaluación de las acciones realizadas por los actores intervinientes con el fin de crecer en futuras intervenciones de similares características. Desde la universidad pública debemos sostener el compromiso de acercar los avances sociales, científicos y tecnológicos a la comunidad y recoger de esta sus expectativas, ideas, sugerencias y saberes para retroalimentar el sistema de docencia, investigación y extensión que la identifica. Esto será posible entendiendo que la única manera de abordar este tipo de demandas es a partir de una mirada integral y compleja que se construye desde la interdisciplina y de la participación real del sujeto y las comunidades involucradas.

MARCO METODOLÓGICO

Desde CECOVİ impulsamos una metodología de trabajo participativa, que pretende posibilitar que las comunidades con las que trabajamos puedan reconocer sus necesidades y detectar posibles respuestas a estas demandas. En este caso concreto que puedan definir los usos necesarios de esta sala de salud, los espacios necesarios para desarrollar estas acciones, pensar en como materializar estos espacios, evaluar que tecnologías son las mas apropiadas para edificarlos, identificar cuales generan mas interés en los futuros auto constructores y cuales posibilitaban la utilización de materiales y elementos constructivos locales o generados con los recursos naturales del medio.

Para ello se planificaron 2 fases con varias etapas cada una con el objeto de abordar integralmente el proyecto.

FASE 1: ANTEPROYECTO TECNICO DE REFERENCIA (ATR)

Etapas 1: Relevamiento Integral.

Etapas 2: Diseño participativo

Etapas 3: Selección de tecnologías.

Etapas 4: Devolución.

Etapas 1: Relevamiento Integral.

Se planificaron viajes de visita-trabajo a las comunidades, encuentros con médicos del hospital y con gente de entidades no gubernamentales, para recoger las necesidades que tiene la gente con respecto al tema por un lado, y para poder entender el medio de implantación de cada obra por el otro.

Se realizaron talleres participativos en donde se produjeron los primeros intercambios en cuanto al diseño de las salas de salud y que también permitieron establecer una serie de pautas espaciales de distribución funcional, a modo de "toma de partido" por parte de cada comunidad.



Relevamiento integral.

Se conversó acerca de los problemas de salud de la comunidad, qué es lo que hace la gente para mejorar la salud y cuáles son los requerimientos en general con relación a la salud.

Se definió la ubicación en el predio de la sala, como también funcionalmente los espacios necesarios para las actividades que se llevan adelante. Para esto se trabajó con afiches la ubicación de la obra en el predio, vinculándola a la infraestructura existente, a las edificaciones que se encuentran ya emplazadas, los espacios significativos de vegetación, distancias a accesos desde la ruta de ingreso, y otros datos particulares que se presentaban en cada caso.

Se determinaron tamaños, formas, alturas, vinculación y la ubicación de la sala con respecto a los vientos, a los posibles lugares de expansión, a las visuales y acceso al predio.

Etapas 2: Diseño participativo

En esta segunda instancia se intervino más concretamente sobre la sala. Generando talleres para avanzar en estas definiciones.

Se realizó un taller plenario en Las Lomitas, en el que estuvieron presentes miembros de las distintas comunidades y también médicos responsables de atención primaria de la salud.

En el mismo, las comunidades presentaron sus anteproyectos de salas de salud elaborados en los respectivos talleres, y se discutieron en forma grupal las respectivas tomas de partido, encontrando puntos de concordancia entre los proyectos.

Etapas 3: Selección de tecnologías.

Se hizo una presentación de las posibles tecnologías a emplear, mediante fotos y muestras de los elementos constructivos, planteando ventajas y desventajas de cada una.

Hubo una instancia de elección y de consulta sobre las tecnologías para decidir en grupo las preferencias. En algunas comunidades surgió interés por capacitarse en algunas tecnologías que eran desconocidas hasta el momento, y en otras se propuso aprovechar sus potencialidades mediante la aplicación de la tecnología que conocen.

Entre otras tecnologías se presentaron las de placas de cerámica armada, de mampostería de ladrillos o de bloques de suelo-cemento, techos de paneles tipo sándwich o bien sobretecho parabólico.



Talleres de intercambio de ideas y de presentación de tecnologías.

Etapas 4: Devolución.

Esta etapa tuvo como objetivo presentar ante las comunidades y demás personas involucradas las propuestas de diseño de las 10 salas de salud, para establecer la conformidad con las mismas y detectar la necesidad de posibles ajustes. Se implementó una metodología similar a la de la segunda etapa, con reuniones que se realizaron nuevamente en cada comunidad y un taller final intercomunitario.

Se presentó un cuadro general con los datos de todas las comunidades involucradas, verificando los mismos con el fin de completarlo o corregirlo en caso necesario. Se conversó acerca de la modalidad de autoconstrucción y la posible participación en el trabajo. Por último, se habló acerca de las responsabilidades para el uso y mantenimiento de la sala, y se procedió a invitar a un grupo representativo de la comunidad a participar en el taller general a realizarse en Las Lomitas. A modo de cierre del trabajo se realizó el taller intercomunitario donde se expusieron las expectativas relacionadas con la construcción y con el equipamiento de las salas, y se discutieron detalles como el funcionamiento del circuito de agua, el dispositivo de fuego previsto para la sala de preparación de remedios naturales, la instalación de los baños y las alternativas tecnológicas, puntualizando en cada caso las opciones tomadas por la comunidad en el tema respectivo. Finalmente se planteó la metodología de trabajo a emplear en la ejecución, posibles modalidades de financiamiento, roles y responsabilidades de los distintos actores intervinientes en el proyecto.

Cada comunidad definió cual era la tecnología que le gustaría aplicar en su sala de salud. Tres comunidades se interesaron en la tierra como material de construcción y mas concretamente en los bloques de suelo cemento, uno de los elementos constructivos presentados en los talleres previos.

- *La comunidad de Laq'tasatanyi por encontrar novedoso, y agradable el material.*
- *La comunidad de Colonia Muñiz por querer capacitarse en una nueva tecnología ya que en proyectos anteriores ya habían desarrollado experiencia con las placas de ladrillo armado.*
- *La comunidad del Simbolar por su distancia con el pueblo y la posibilidad de usar la tierra un recurso abundante en su territorio.*

FASE 2: MATERIALIZACIÓN DE LA OBRA

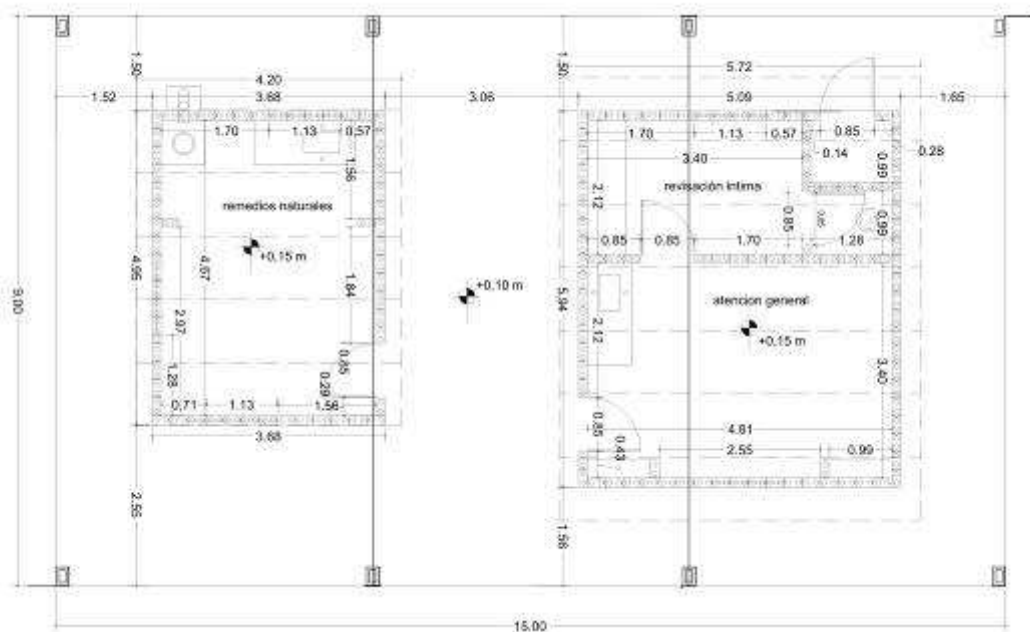
Etapas 1: Proyecto ejecutivo en gabinete.

Etapas 2: Autoconstrucción asistida.

Etapas 1: Proyecto ejecutivo en gabinete.

Fue necesaria una etapa de gabinete para definir los proyectos. Se corrigieron y completaron los datos del cuadro general con la situación de salud de las comunidades y los requerimientos respectivos. Se confeccionaron nuevamente las planimetrías, ajustándolas según lo que se conversó en cada comunidad acerca de la distribución de espacios y los usos correspondientes.

Se terminaron de definir cada una de las propuestas de acuerdo a la tecnología elegida por la comunidad.



Planimetría de Sala de Salud de la comunidad “El Simbolar” modulada para BTC

Etapas 2: Autoconstrucción asistida.

En cuanto a la metodología de trabajo, el sistema de autoconstrucción supone la aplicación de tecnologías apropiadas que viabilicen la participación de la comunidad en las distintas etapas y faciliten la apropiación de la obra. Tal es así que las comunidades beneficiarias son al mismo tiempo responsable de la ejecución de los trabajos, disponiendo para ello del personal que participará en la construcción, de los espacios físicos necesarios para el guardado, cuidado de las herramientas y los materiales, durante el lapso que dure la obra. La asistencia técnica y capacitación deben estar a cargo de equipos técnicos que asuman la responsabilidad de orientar las acciones para que las obras sean ejecutadas siguiendo las pautas técnicas y la “ingeniería de procesos”, manteniendo los lineamientos del proyecto. Para ello pueden definirse diversas funciones: el instructor albañil, que acompaña al grupo de trabajo brindando capacitación en albañilería y explicaciones sobre los distintos detalles de la construcción; el técnico de obra, que verifica el desarrollo normal de los trabajos, asesora al grupo y al instructor acerca de las características técnicas de la obra, acompaña la compra de los materiales y herramientas, realiza un seguimiento administrativo y aporta a los dirigentes de la comunidad elementos de capacitación para el control al respecto; el técnico de proyecto, que produce los ajustes necesarios durante la ejecución, y aporta planos de

detalles en los que pueden incorporarse adaptaciones de diseño consensuadas con la comunidad. La organización de la actividad se basa en el grupo de trabajo, que se designa por acuerdo interno de la comunidad. El grupo consensúa los ritmos y horarios de trabajo, así como la distribución de los aportes recibidos en función del apoyo financiero de la mano de obra. Los dirigentes de la comunidad tienen la función de velar por la correcta marcha del proyecto en lo que se refiere a las actividades y a los aspectos administrativos. Según las tecnologías que se han considerado para la ejecución de las construcciones, es posible que algunos de los materiales se fabriquen en la misma comunidad, previo al montaje en obra. También es posible que algunos materiales se fabriquen en una comunidad para ser luego trasladados a otra, lo que supone la realización de acuerdos inter-comunitarios. Con respecto a los bloques de tierra comprimida se definió que fueran elaborados por las comunidades para lo que se consiguieron las bloqueras equipamiento y herramientas necesarias para que un grupo de la misma comunidad llevara adelante este emprendimiento. También nos comprometimos a hacernos cargo de la capacitación necesaria para llevar adelante esta premisa.

DEMANDAS TECNICAS FRENTE A LA ELECCION DEL BTC COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO.

Como anteriormente mencionáramos tres de las diez comunidades aborígenes eligieron al bloque de suelo cemento como elemento constructivo para materializar sus salas de Salud. Pero la pregunta que la misma comunidad se hacía y nos hacía era si la tierra con la que contaban serviría para tal fin.

Es entonces cuando se inicia este intercambio entre campo y laboratorio que tendría como objetivo garantizar que la tecnología de muros de bloques de tierra comprimida (BTC) fuera a ciencia cierta una alternativa constructiva en este territorio.

Para ello se elaboró una planificación que pudiera acompañar todo el proceso.

- a) Selección de suelos junto a la comunidad.
- b) Determinación de aptitud del suelo.
- c) Correcciones granulares sobre los suelos existentes y estabilización de los mismos.
- d) Transferencia de estos resultados a las comunidades interesadas, y capacitación para la elaboración de bloques.
- e) Control e calidad y aptitud técnica de los elementos constructivos fabricados.

a) Selección de suelos junto a la comunidad (Tarea realizada en campo).

Esta es la primer tarea que emprendimos, para ello necesitábamos que la comunidad nos mostrara su territorio y cuales eran los lugares que ellos consideraban propicios para la extracción de la tierra.

Algunos criterios que tuvimos en cuenta para la elección del sitio de extracción:

- 1- Determinación de dimensiones de las superficies de extracción y de la composición de los estratos del suelo para conocer la altura de la capa de tierra colorada a utilizar. Con estos datos poder estimar el volumen de tierra existente y así cruzarlo con el volumen de tierra necesario obtenido a partir de la cantidad de bloques computados según el ATR perteneciente a la comunidad.
- 2- Determinación de la distancia del lugar de extracción al lugar previsto para la fabricación de los bloques, ya que el traslado de la tierra se haría por medio de carretillas.
- 3- Determinación de la topografía del sitio para evitar extraer tierra de un lugar inundable.
- 4- Identificación del tipo de suelo por medio de ensayos de campo.



Selección de suelos.

b) Determinación de aptitud de suelos.

Una vez definidos los posibles lugares de extracción, necesitábamos conocer con más certezas las características del suelo seleccionado, para ello debíamos analizarlo en laboratorio.

Para esta tarea necesitamos definir como deberían ser las muestras a tomar para traer al laboratorio. Definimos que la muestra tenía que ser de unos 10 Kg aproximadamente para permitir la ejecución de los siguientes ensayos:

Determinación de la inexistencia de sales en la muestra.

Determinación granulométrica.

Determinación de límite líquido.

Determinación de límite plástico.

Y posteriormente elaborar con las prensas de similares características existentes en el centro de investigación bloques con esta tierra para ser sometidos a ensayos de compresión, flexión y erosión. (Ver en anexo con protocolo de ensayos)

Estos estudios se realizaron sobre las muestras traídas de las tres comunidades.



Ensayos en Laboratorio.

c) Correcciones granulares sobre los suelos existentes y estabilización de los mismos.

A partir de los resultados obtenidos, pudimos verificar que los suelos extraídos de "Colonia Muñiz" y "El Simbolar" podrían ser utilizados para la ejecución de BTC, con un pequeño mejoramiento en su granulometría, pero que las muestras de tierra de la comunidad de "Laq'tasatanyí", contenían gran cantidad de sales, por lo que debería ser descartada la alternativa tecnológica.

Por otro lado la Comunidad de la "La Línea" que había elegido utilizar ladrillos cocidos como elemento constructivo se vio afectada por una gran sequía que determino que el uso del recurso fuera solamente el de la bebida de los habitantes y los animales de la comunidad, por lo que al necesitarse gran cantidad de agua para la elaboración de adobes y para posteriormente la ejecución de la mampostería de ladrillos decidieron pensar en otra alternativa tecnológica.

Algunos de los integrantes de esta comunidad Pilagá que habían pasado por la comunidad vecina de “El simbolar” se interesaron en el BTC, por necesitarse menos agua en el proceso de fabricación del elemento, para lo que solicitaron un estudio para ver si el suelo con el que contaban serviría para tal fin. Se tomaron también estas muestras y se llevaron al laboratorio.

d) Transferencia de estos resultados a las comunidades interesadas, y capacitación para la elaboración de bloques.

Nuevamente en campo se devolvieron los resultados obtenidos y las sugerencias para mejoramiento granulométrico y estabilización del bloque.

COMUNIDAD	MEJORAMIENTO GRANULOMETRICO		ESTABILIZANTE	BLOQUES NECESARIOS
	TIERRA	ARENA	CEMENTO	
EL Simbolar	7 PARTES	2 PARTES	1 PARTE	4000
Colonia Muñiz	8 PARTES	1 PARTE	1 PARTE	5500
La Línea	8 PARTES	1 PARTE	1 PARTE	3500

También se proveyó de las maquinarias y herramientas necesarias para iniciar la elaboración de bloques y se realizó una capacitación integral para tal efecto.



FOTO 7 – Talleres de capacitación en fabricación de BTC

La capacitación se realizó a partir de un taller en el que se realizó la experiencia práctica y se presentó un material de fácil lectura (cartillas de capacitación), esta instancia comprendía:

- Conocimiento de algunas características de la tierra como material de construcción.
- Ensayos de campo para determinar suelos aptos, este punto se fundamentaba en que la maquinaria y el conocimiento iban a quedar instalados en la comunidad por lo que creímos fundamental no dejar pasar estos aspectos ya que es probable y esperable que una vez finalizada esta experiencia continúe la fabricación de bloques para otros fines de la comunidad.
- Conocimiento de la prensa GEO 50. Formas de uso, cuidados, limpieza y mantenimiento.
- Proceso de fabricación de bloques de tierra comprimida, estabilizada con cemento. Desterronado. Tamizado. Mezcal en seco. Agregado de humedad y preparación de la pasta. Cortado de bloques. Curado y estibado de los mismos.

Así se puso en marcha la producción de bloques en las tres comunidades.

e) Control e calidad y aptitud técnica de los elementos constructivos fabricados.

Una vez cumplida la etapa de curado de los bloques, se seleccionó aleatoriamente una muestra de cuatro mampuestos para llevarlos nuevamente al laboratorio con el fin de evaluar su resistencia a la compresión, a la flexión. Los resultados permitieron comprobar que los elementos fabricados responden a los requerimientos mínimos para ser utilizados

en la construcción de esta obra pública. Se toma como criterio ensayar muestras similares cada mil bloques realizados en cada comunidad.

CONTINUIDAD DE LA EXPERIENCIA

En este momento se está terminando la etapa de fabricación de bloques y se ha comenzado la construcción de la sala de salud en las tres comunidades.

Una ya tiene construido el techo con estructura independiente reticulada y se han comenzado los trabajos preliminares. Las otras dos han comenzado por el alambrado perimetral y la construcción de las cisternas. Esta planificada la etapa de mampostería de BTC para el mes de Julio.

CONCLUSIONES

La experiencia presentada nos ha permitido poner en funcionamiento un trabajo de interacción entre el trabajo de campo, en el territorio mismo desde donde surge la demanda y el laboratorio que desde la universidad nos permite verificar el crecimiento científico y tecnológico del material, del elemento desarrollado y de la estrategia metodológica que pretendemos desarrollar para lograr un resultado integral apropiable por la cultura aborigen.

Este proceso nos permitió sistematizar los roles, tiempos y recursos necesarios para poder brindar respuestas de calidad acompañando los ritmos de las comunidades y de los programas públicos que financian estas obras.

También definir una organización interna y una serie de criterios a tener en cuenta en futuras intervenciones similares.

Como síntesis del proceso y a partir de los aciertos y errores experimentados estamos construyendo una herramienta que nos permita formular protocolos de accionar en futuros ámbitos de intervención en donde la investigación y la extensión, transferencia u acción concreta, como quieran llamarle, no se encuentren escindidas sino formando parte de un mismo objeto y fin de la universidad pública.

Desde el punto de vista de la difusión de la tierra como material de construcción en sus diferentes formas de aplicación, y más concretamente en la utilización del BTC como elemento constructivo la experiencia nos ha permitido elaborar un protocolo de ensayos para acompañar este tipo de demandas cumpliendo las exigencias de calidad técnica del material, y seguir sistematizando datos para la elaboración de una normativa regional para este tipo de mampuestos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, Fernando; Braunstein, José; Gondar, Roberto; Seghesso, Santiago. "Forma y Función de las Viviendas de Comunidades Indígenas Wichí de la Localidad de Las Lomitas" – Informe de Investigación, primera etapa - Publicación APCD. Argentina. Año 2000.

Aguilar, Fernando; Braunstein, José; Gondar, Roberto; Seghesso, Santiago. "Valores y criterios para el mejoramiento de las viviendas de comunidades indígenas Wichí de la localidad de Las Lomitas" – Informe de Investigación, segunda etapa - Publicación APCD. Argentina. Año 2001.

IRAM 10.507 Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda.

IRAM 10.521 Clasificación por el sistema del índice de grupo.

IRAM 10.501 - 1.968 (VN-E2-65) Límite Líquido

IRAM 10.502 Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad.

Seminario y taller iberoamericano vivienda y calidad de vida en los asentamientos rurales (4º. 2002. Puerto Montt, Chile). Vivienda rural y calidad de vida en los asentamientos rurales : memoria del 4º seminario iberoamericano. Mexico: CYTED-HABITED, 2002.

M. José Pardo: Arquitecta - FADU- UNL. Personal técnico del CECОВI. Integrante de quipo interdisciplinario abocado a proyectos de transferencia tecnológica y metodologías participativas en comunidades indígenas urbanas y rurales. C.e.: majopardobutti@hotmail.com Te: 0054 -342-4385943.

M. Eugenia Germano: Arquitecta, egresada de la FADU-UNL, integrante de equipo interdisciplinario de CECОВI desarrollando actividades en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías que incorporan a la tierra como material de construcción. C.e.: mariaeugeniagermano@gmail.com, T.E.: 0054 -342-5139945.

Valeria Chiossone: Arquitecta, egresada de la FADU-UNL, integrante de equipo interdisciplinario de CECОВI que se encuentra trabajando en la ejecución de Salas de Salud con comunidades aborígenes de Las Lomitas, Pcia. de Formosa. C.e.: vhiosso@hotmail.com. T.E.: 0054 – 342 - 4558698.

Hector Saus: Técnico Constructor Nacional, Investigador del CECОВI, Investigación, diseño, desarrollo y transferencia de componentes y sistemas constructivos para viviendas de bajo costo. Encargado de proyectos en la temática aborígen. Coordinador convenios con organismos públicos. e-mail: hlaus@frsf.utn.edu.ar . TE.: 0054 – 342 – 4050235. C.e.: hlaus@frsf.utn.edu.ar

Ariel González: Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación. Docente-Investigador del CECОВI. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema del hábitat urbano y rural. Con actividades en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. C.e.: aagonzal@frsf.utn.edu.ar T.E.: 0054 - 342 -4697728

Mariano Pautasso: Arquitecto egresado de la FADU-UNL, Trabajo con Organizaciones Sociales en Hábitat Popular y Arquitectura en Tierra en la ciudad de Santa Fe. Integrante de equipos de investigación y transferencia del CECОВI que abordan el hábitat rural y aborígen y la construcción con materiales de bajo impacto ambiental. C.e.: gestodya@hotmail.com T.E.: 0054 – 342 - 4456783.

ANEXO

INFORME DE ENSAYOS

Fecha

día-mes-año

OBJETO:

Aptitud de suelos para su uso en la fabricación de BTC

ENSAYO REALIZADO POR PEDIDO DE:

Proyecto Sala de Salud

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS:

Formosa – Las Lomitas- Comunidad:

ZONA/SECTOR:

Descripción del sector/zona de extracción del suelo. Con coordenadas GPS de ser un datos existente.

FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRAS:

Día-mes-año

INFORME:

Ante el requerimiento del equipo técnico que realiza las actividades del proyecto de construcción de 10 salas de salud en Las Lomitas respecto a la aptitud de los suelos de la comunidad de La Línea para la fabricación de bloques de Suelo Cemento (BTC), se procedió a realizar una serie de ensayos tendientes a verificar la potencialidad de una muestra de suelo procedente de un sitio en donde se puede extraer el material para realizar los elementos constructivos.

Ante la falta de una normativa específica referida al tema se buscó en bibliografía especializada, en normas de otros países y también en la experiencia que el propio grupo viene adquiriendo en el desarrollo de sus actividades de investigación, desarrollo y transferencia. Luego del análisis de las reales posibilidades de realización de ensayos de acuerdo a la obtención de muestras y al grado admisible de rigor que se necesita para la elección de la tecnología se propusieron la siguiente lista de ensayos:

1. Análisis de salinidad. *(Anexo 1)*
2. Clasificación de los suelos de acuerdo a parámetros viales (curva granulométrica, índice de plasticidad). *(Anexo 2)*
3. Aptitud cualitativa para el prensado y moldeo de los BTC. *(Anexo 3)*
4. Ensayos de flexión (del elemento). *(Anexo 4)*
5. Ensayos de compresión (del elemento). *(Anexo 5)*
6. Ensayo de erosión (del elemento). *(Anexo 6)*

Luego de realizados los ensayos y sistematizados sus resultados se arriba a las **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

TRAZABILIDAD DEL SUELO

Procedencia de las muestras:

Formosa - Las Lomitas - Comunidad:

Lugar de extracción de la muestra:

Descripción del sector/zona de extracción del suelo. Con coordenadas GPS de ser un datos existente.

Fecha de extracción:

Día-mes-año

Fecha recepción de la muestra:

Día-mes-año

Condiciones de entrega de la muestra:

Se describe las condiciones en que fueron recibidas las muestras: recipiente contenedor de las muestras, cantidad de la muestra.

Identificación de la muestra:

Relatorio:

Se elabora un relatorio sobre las tareas llevadas adelante para realizar los ensayos, considerando días, lugar y tarea realizada.

ANEXO 1: ANÁLISIS DE SALINIDAD

Determinación del contenido de sales solubles en muestra del suelo.

MÉTODO DE ENSAYO:

La determinación se lleva a cabo según Norma VN-E18-67: "Método de campaña para la determinación de sales solubles y sulfatos en suelos, estabilizados y suelos granulares".

La muestra están constituida por suelo molido pasante tamiz IRAM 420 micrones (N° 40)

ANEXO 2: CLASIFICACIÓN DE SUELOS

MÉTODO DE ENSAYO:

IRAM 10.507 Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda.

IRAM 10.521 Clasificación por el sistema del índice de grupo.

IRAM 10.501 - 1.968 (VN-E2-65) Límite Líquido

IRAM 10.502 Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad.

Se adjuntan los cuadros correspondientes a los ensayos y una descripción del tipo del suelo al que pertenecen según estos resultados y sus características.

ANEXO 3: ENSAYO CUALITATIVO DE APTITUD PARA EL PRENSADO Y MOLDEO DE LOS BTC

El ensayo consiste en moldear en una prensa similar a la que se utilizará posteriormente en obra BTC de prueba para evaluar las diferentes etapas: desterronamiento y cribado mezclado y humedecimiento, prensado, traslado durante la elaboración, curado final. Se evalúa cualitativamente y de acuerdo a las características de otros suelos conocidos y aptos para la elaboración de BTC, el grado de similitud con los mismos.

Se detalla fecha y lugar de elaboración junto con las especificaciones sobre las diferentes dosificaciones con las que se elaboraron los bloques, las cantidades de unidades, con sus respectivas identificaciones.

Se describen observaciones sobre el comportamiento de la tierra en la elaboración de los bloques y sobre cualquier característica particular del proceso de prensado y moldeo.

ANEXO 4: ENSAYO DE FLEXIÓN

El ensayo consiste en aplicar, a través de un mecanismo de palancas, una carga en el centro del bloque que le genera un esfuerzo de flexión hasta lograr su rotura en dos mitades aproximadamente iguales. Es un ensayo de carácter solo comparativo tanto con los resultados de compresión como entre los resultados de flexión entre si.

Se adjunta tabla con resultados de ensayos y se realizan observaciones sobre el comportamiento de los bloques durante el proceso de ejecución del ensayo.

ANEXO 5: ENSAYO DE COMPRESIÓN

El ensayo esta inspirado en las normas Peruanas y brasileras para ensayos de adobes y de la recomendación Proterra para la adecuación de una norma iberoamericana a partir de ensayos interlaboratoriales.

Consiste en unir dos mitades de BTC con una mezcla similar a la que se utilizará en obra y realizar el encabezado con pasta de cemento. Se ensayo a los 3 días de preparado.

Sobre los resultados obtenidos se presentan dos Tablas:

En la Tabla 1 se informan los resultados individuales de cada muestra.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de resistencia media, dispersión relativa y resistencia característica de las muestras.

ANEXO 6: ENSAYO DE EROSIÓN BTC (CHORRO DE AGUA)

Es tomado de normas Craterre. Consiste en aplicar en determinadas condiciones de presión un chorro de agua a la superficie del BTC previamente enmascarada y medir en el tiempo su grado de deterioro.

CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO:

tiempo total ensayo = 2 hora

verificar a intervalos de 30 min.

distancia del chorro de agua = 20 cm.

presión del chorro = 1,5 Kg/cm.

spray agua sobre la probeta = 32 cm² (8 x 4 cm.)

Ø ducha = 4 cm.

Se compara el patrón de erosión con los bloques ensayados abordando resultados comparativos de erosión.

Se adjunta tabla con resultados e imagen final del ensayo de cada bloque.

Patrón de erosión

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
				

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS DE SUELO CEMENTO COMPACTADO EN DOS CLIMAS DISTINTOS

Juan Carlos Patrone¹; John Martin Evans¹
José Adán Espuna Mújica², Rubén Roux Gutiérrez², Víctor Manuel García Izaguirre²

¹ Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina – arqpa@yahoo.es – cihe@fadu.uba.ar - 011-44789-6274

² Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México – tampaon@hotmail.com – vgarcia@uat.edu.mx – roux@uat.edu.mx

Palabras clave: suelo cemento, simulación térmica, sustentabilidad, vivienda de interés social

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de investigaciones, experimentación y práctica de los trabajos realizados conjuntamente en dos centros de universidades latinoamericanas en los cuales se analizaron las características térmicas de dos viviendas experimentales de interés social construidas con fines demostrativo con muros de suelo cemento compactado en contextos, geografías y climas distintos: una, de una planta, construida en el Municipio de Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina, en clima templado cálido costero, con muros de suelo cemento "tapial" de 20 cm de espesor, y la otra, de dos plantas, construida en el Campus de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, México, en clima subtropical húmedo, con muros de BTC de suelo cemento de 28 cm de espesor.

Se registraron mediciones de las condiciones térmicas en ambas viviendas y se compararon con simulaciones numéricas realizadas con el Programa Quick, sobre la base de dichos registros y las densidades de tierra compactada con suelo cemento, estudiadas en un trabajo previo. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, tanto en las mediciones como en las simulaciones de la vivienda de tapial. Las mediciones en la construcción de BTC en la planta alta, fueron demostrativas de la carencia de aislamiento térmico en la cubierta, lo cual dio lugar a experimentar la incorporación de material aislante para mejorar las condiciones de confort como resultado de simulaciones de alternativas constructivas. En dichas simulaciones se analizaron variantes de niveles de aislación adecuada, obteniéndose mejores condiciones de confort cuyos resultados se muestran en el presente trabajo.

En función de los resultados obtenidos en las simulaciones, se materializó en la vivienda de Tamaulipas un aislamiento similar al propuesto en las simulaciones, solo en un dormitorio, con el fin de realizar nuevas mediciones y comprobar la eficacia de las modificaciones realizadas. Los resultados fueron similares a los obtenidos en las simulaciones previas, las que incluían aislación en el techo.

El trabajo conjunto y complementario cumple así su objetivo al realizar simulaciones sobre situaciones reales y virtuales en la búsqueda de mejoras del comportamiento térmico con suelo cemento compactado y la optimización del acondicionamiento térmico natural y el uso racional y apropiado de los materiales. Las comparaciones entre simulaciones y mediciones también permiten ajustar la metodología y verificar los resultados del Programa Quick, en función de proyectar mejores condiciones para la obtención de adecuados niveles de confort en este tipo de construcciones considerando su respuesta al medio local en cada caso. Fundamenta la investigación la complementación entre simulaciones y mediciones y entre equipos de trabajo en prototipos de vivienda construidos con suelo cemento con fines demostrativos, para optimizar estrategias bioambientales que contribuyan a incrementar el acondicionamiento natural y la eficiencia energética en viviendas de bajo costo y construcción alternativa en el marco de la sustentabilidad del hábitat construido en sus tres aspectos fundamentales y complementarios: social, económico y ambiental.

1. INTRODUCCIÓN:

A partir de la construcción de un prototipo de vivienda de interés social situado en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, Argentina, con clima templado cálido costero. Sobre esta vivienda, realizada por Patrone, se llevaron a cabo mediciones y evaluaciones térmicas orientadas a futuras certificaciones (Patrone, 2005), conjuntamente con el Centro de Investigación de Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

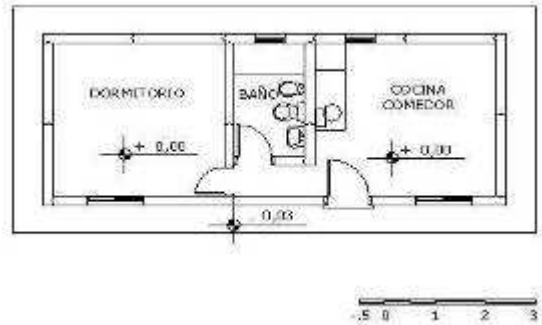


Figura 1. Prototipo en Florencio Varela, Bs. As. Planta del prototipo, realizado por Patrone.

El prototipo, Figura 1, de 36 m² de superficie, con orientación NE, construido con muros portantes (tapial) de suelo cemento compactado (Merril, 1949) de 20 cm de espesor consta de un dormitorio, baño y cocina comedor, con pisos y contra-pisos de suelo cemento cal y una alternativa de aislamiento térmico no convencional en el techo del dormitorio, compuesta de una masa de pasto seco entre dos capas de barro de un espesor total de 7,50 cm, siendo la capa aislante del techo en el resto de la vivienda de poliestireno expandido de 4 cm de espesor. La conformación del techo es de tirantería de madera sobre la que apoya un entablonado de madera machihembrado, aislamiento hidrófugo, el aislamiento térmico descrito y chapa galvanizada. El mismo se materializó sobre un solar propiedad del Municipio de Florencio Varela con mano de obra provista por el Plan Trabajar y financiación del Municipio (Patrone y Cabezón, 2004).

En Tampico, México, con clima subtropical húmedo, se construyó una vivienda de 78.43m² en dos plantas, con BTC (Roux Gutiérrez, Espuna Mújica, García Izaguirre y Aranda Jiménez, 2007) dentro del Campus de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La vivienda tiene muros portantes de 28 cm de espesor y cerramiento de 14 cm, revocados en ambas caras con mortero a la cal e impermeabilizante exterior. En planta baja se encuentra el acceso, sala, cocina, escalera y cuarto de baterías y, en planta alta, dos dormitorios y un baño. La losa de entrepiso y el techo son de tirantería de madera y entablonado con aislamiento hidrófugo el techo, los pisos son de baldosas cerámicas adheridas con pegamento en el entrepiso y en planta baja colocadas con mortero sobre contrapiso de concreto simple (García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mújica y Arvizu Sánchez, 2007), Figuras 2 y 3

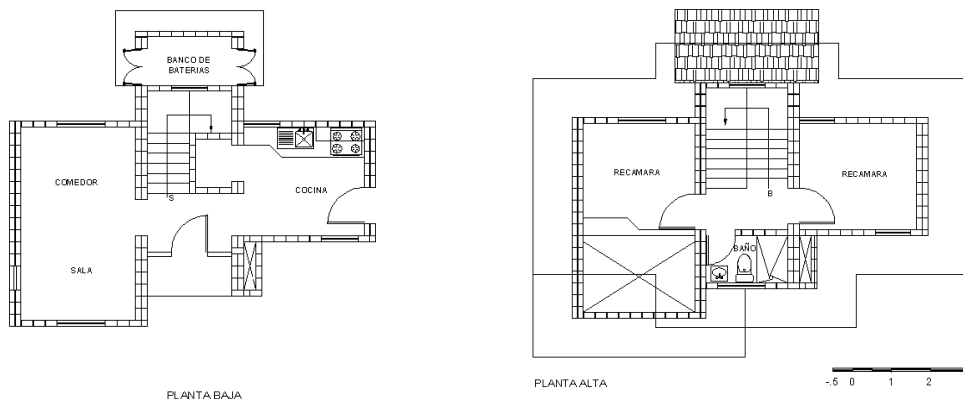


Figura 2. Vivienda de Tampico

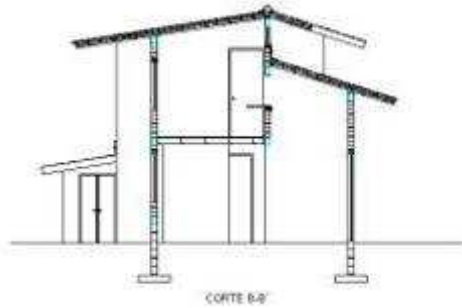


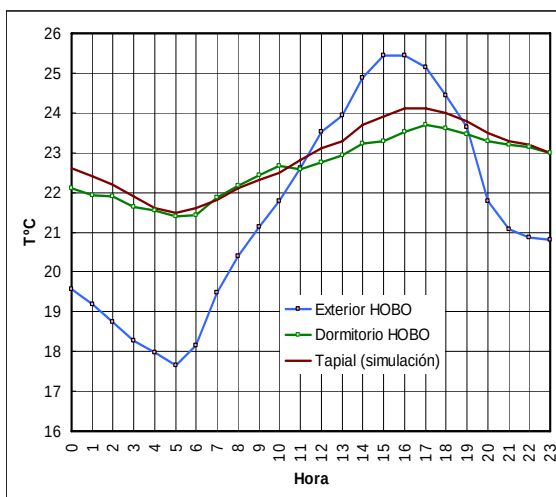
Figura 3. Vivienda en el Campus Universitario de la UAT, Tampico, México.

2. METODOLOGÍA

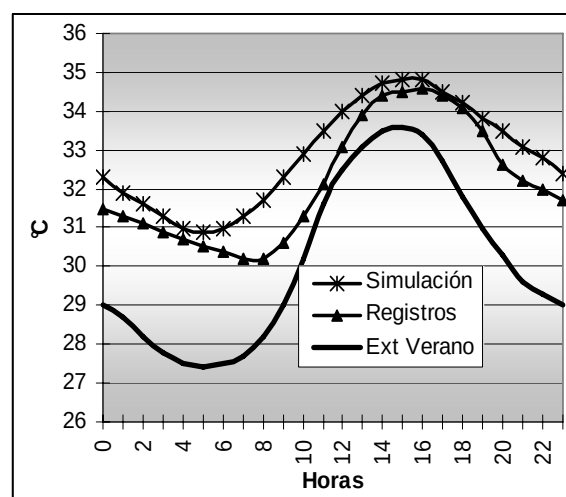
Se realizaron mediciones con registradores automáticos de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO, en verano e invierno: de diciembre 2005 a enero 2006 y de mayo a julio 2006 en Florencio Varela, y entre julio 2007 y enero 2008 en Tampico. Dichas mediciones fueron comparadas con simulaciones numéricas realizadas con el programa Quick, a fin de evaluar su comportamiento térmico. Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos del Programa Meteorológico "Underground Weather" coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda. El programa Quick fue desarrollado en Sur África para situaciones con acondicionamiento natural con climas similares a la Provincia de Buenos Aires. Los resultados de la comparación entre mediciones y simulaciones indican una variación máxima de 0,5° C en Florencio Varela, precisión muy adecuada considerando los problemas de estimar la ventilación y la posible diferencia de radiación solar entre la estación de medición y el módulo de ensayo. En Tampico, la diferencia es un poco mayor, 0.7° C, precisión adecuada muy similar a la de Florencio Varela, según muestra la Figura 4.

3. DESARROLLO

El objetivo de las mediciones es analizar las características térmicas y evaluar el comportamiento térmico de esta construcción y cuantificar las posibles ventajas de un elemento constructivo de gran densidad y capacidad térmica.



Florencio Varela, Buenos Aires.



Tampico, México.

Figura 4. Comparación entre temperaturas exteriores, interiores registradas con HOBO y temperaturas interiores obtenidas con un programa de simulación numérica.

Los muros de tierra estabilizada compactada o 'tapial' tienen una densidad estimada de 1900 kg/m³, una conductividad de 0,9 W/mK, similar a los BTC (bloques de tierra compactada) utilizados en los muros de la vivienda de Tampico, siendo en Florencio Varela de un espesor de 20 cm. y en Tampico los muros portantes tienen un espesor de 28 cm y los de cerramiento de 14 cm. Según un estudio de sus características térmicas (Evans, 2004) y las indicaciones de la Norma IRAM 11.601 (1996), la transmitancia térmica estimada de estas construcciones es 1,90 Watts/m²K, valor que no cumple con la Norma 11.605 (1996).

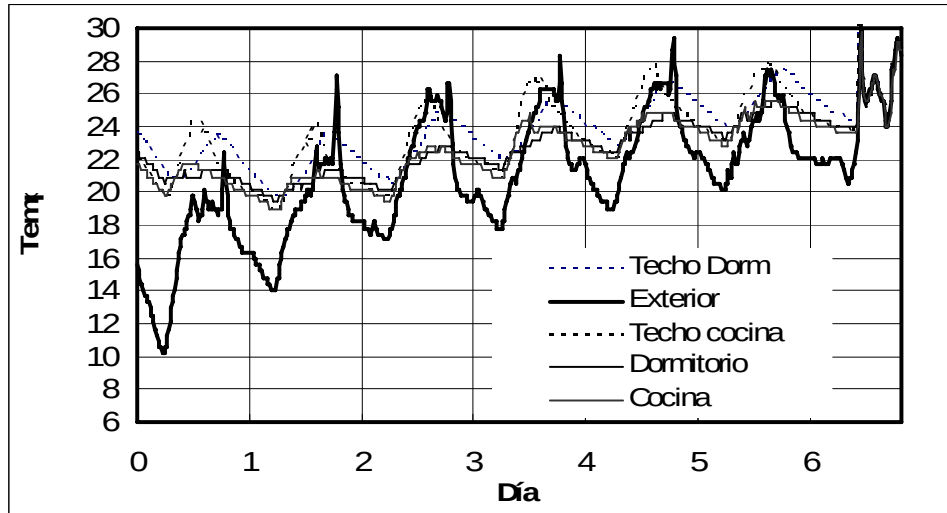


Figura 5: Indica las temperaturas, registradas cada 15 minutos durante un periodo de 6 días de verano en el módulo experimental de Florencio Varela, realizadas en una serie de días con temperatura ascendente y variaciones similares en cada día, con una diferencia de temperatura entre máximo y mínimo diario de 9°C y máximos que alcanzan 26,5°C.

Las viviendas se encuentran desocupadas, en Florencio Varela se abre durante la mañana de lunes a viernes, dejando la puerta abierta para el ingreso de luz para permitir la elaboración de prototipos de baldosas que se producen para otra investigación, en Tampico permanece cerrada. Los registradores de temperatura mini-data-loggers, modelo HOBO, fueron colocados en las ubicaciones indicadas en la Tabla 1.

Referencia	Ubicación	Comentarios
S	Exterior	Bajo un árbol para evitar el impacto de sol directo
D	Techo dormitorio	En contacto con la sup. interior del techo
F	Techo cocina	En contacto con la sup. interior del techo
R	Dormitorio	En el centro del local a una altura de 1,5 m
T	Cocina	En el centro del local a una altura de 1,5 m

Tabla 1. Ubicación de los puntos de medición en Florencio Varela

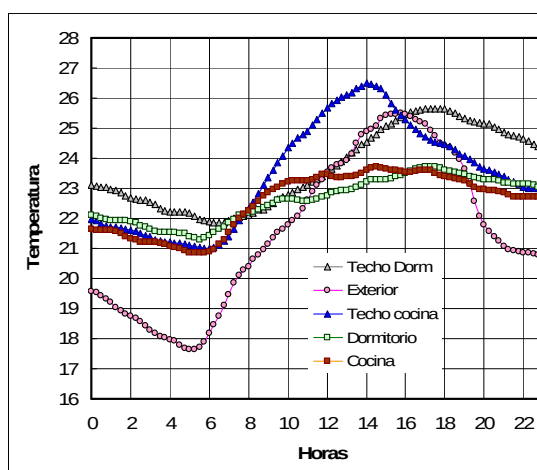
3.1. Mediciones en verano:

En Florencio Varela el periodo de mediciones de verano fue del 10 al 16 de diciembre de 2005, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, y 96 registros cada 24 horas. A fin de visualizar el comportamiento térmico y reducir el impacto aleatorio de periodos de nubes u otras variaciones, se realizó un gráfico con los promedios horarios de 6 días, Figura 6 -A. Las curvas permite establecer las siguientes características del módulo: La temperatura interior en la cocina y dormitorio tiene una variación de 2,4° a 2,9° C, mientras la temperatura exterior tiene una amplitud de 7,9°C mostrando una favorable amortiguación de la variación de la temperatura. La temperatura pico interior fue 23,7 comparado con una temperatura pico del aire exterior de 25,5, aunque con radiación solar, la sensación de confort en el exterior es todavía menos confortable en días de calor en verano. La

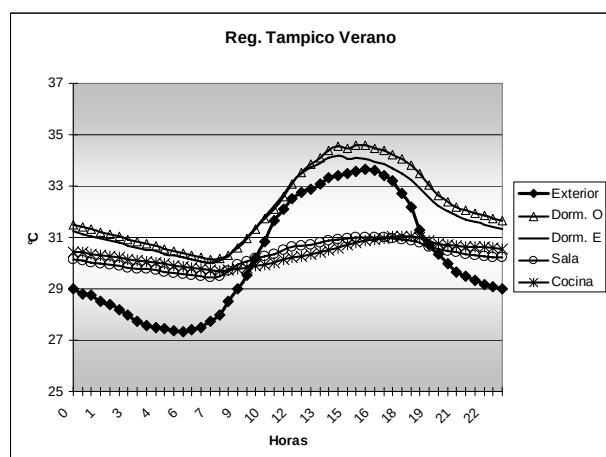
temperatura mínima a la noche fue 20,8° y 21,3° C en el dormitorio y la cocina respectivamente, comparada con una temperatura mínima exterior de 17,6° C, demostrando nuevamente el efecto favorable de la amortiguación.

La comparación de alternativas de techo merece un estudio especial, considerando que el módulo con el mismo material en los muros tiene distintas construcciones del techo: la cocina tiene techo de chapa ondulada exterior, cámara de aire levemente ventilada, aislación liviano de poliestireno expandido de 40 mm, y cielorraso de tablonces de madera de 12 mm, con una transmitancia térmica calculada de 0,50 y 0,53 W/m²K en verano y invierno respectivamente. Este valor cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996). El techo del dormitorio consta de chapa ondulada, cámara de aire levemente ventilada, capa de pasto seco compactado entre dos capas de barro, formando una capa aislante de 75 mm aproximadamente, cielorraso de madera de 12 mm. La transmitancia térmica calculada con el valor de la conductividad estimada solo alcanza 0,97 y 1,07 W/m²K en verano e invierno respectivamente, valor que no cumple con la transmitancia máxima admisible de la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C. Esta construcción permite la comparación entre un aislante liviano con materiales convencionales que cumple con la norma y un aislante de mayor peso y capacidad térmica de materiales no convencionales que no cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996). Figura 7 -A, se aprecia un retraso térmico de la temperatura máxima interior, de 1 hora con el exterior y 2 horas con la cocina y 1° C menos, en el techo del dormitorio no convencional, respecto del de la cocina. Las temperaturas mínimas, registradas a las 6:00 horas son 21 y 22 en el dormitorio y la cocina respectivamente. En verano, el techo de construcción no convencional que no cumple con la Norma IRAM es más confortable que un techo convencional con materiales aislantes livianos.

Los registros en Tampico fueron tomados del 26 al 31 de julio con mediciones de temperatura cada 30 minutos, y 48 registros cada 24 horas, los promedios horarios de 6 días se indican en la Figura 7 -B, las temperaturas en la sala y la cocina, localizadas en planta baja, tienen una variación de 1° C mientras en el exterior el salto térmico es de 6,3° C, observándose una amortiguación de variación de temperatura en los dormitorios. La falta de aislación térmica en el techo, incrementa el salto térmico a 3,5° C y la temperatura máxima, 1° C superior a la del exterior, muestra que el comportamiento térmico del edificio en planta baja por el efecto de estratificación, no es alcanzada por el sobrecalentamiento producido en planta alta sin aislación, siendo este caso similar y mejor al de Florencio Varela, reforzando el concepto de amortiguación térmica en construcciones realizadas con materiales de gran densidad e inercia térmica.



A - Registros en Florencio Varela

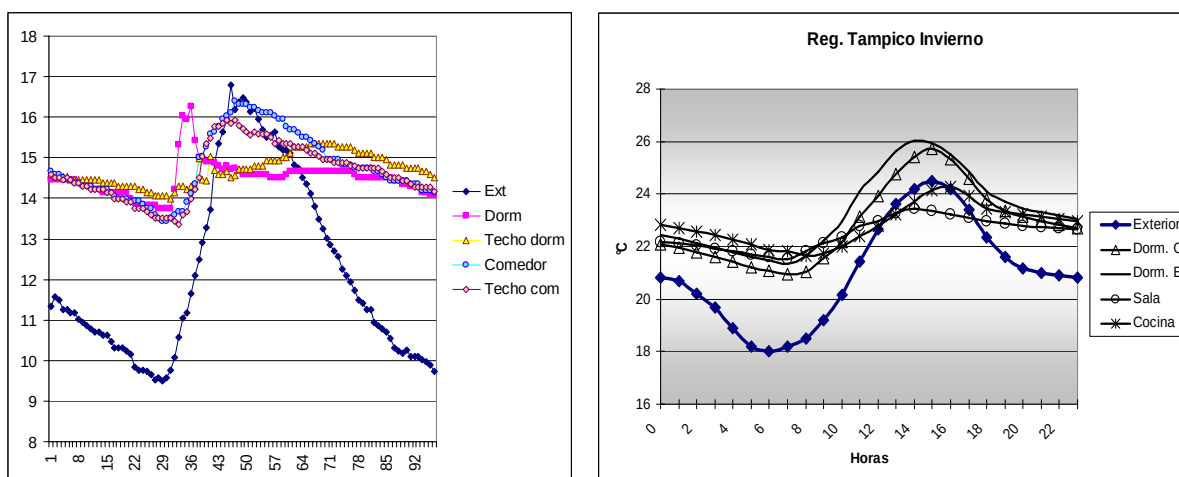


B - Registros de Tampico

Figura 6. Temperaturas promedios registrados durante los seis días de medición en verano

3.2. Mediciones en invierno:

En Tampico, las mediciones fueron tomadas entre el 26 y las 31 de diciembre de 2007, con registros de temperatura y 96 tomas cada 24 horas. Igual que en verano, se graficó con promedios horarios de 6 días, Figura 7 –B, y se observa que las temperaturas de la sala y la cocina tienen una amplitud térmica de 1,5° C y 2,5° C mientras en el exterior la amplitud térmica es de 6,5° C y en los dormitorios la diferencia es de 4,7° C y 4,8° C respectivamente y con 1,5° C por encima de la máxima exterior, se repite un comportamiento similar al verano donde se nota la amortiguación térmica de los muros de BTC y la distorsión producida por el techo sin aislación. La influencia de la radiación solar se evidencia en los adelantos del pico máximo de temperatura de una hora en los ambientes con orientación Este y el retaso también de una hora en los cuartos orientados al Oeste, inclusive se ve que el efecto de estratificación en el dormitorio Este, que balcanea sobre la sala, aumenta la temperatura 0,4° C respecto del otro dormitorio que además no presenta retaso térmico. El periodo de mediciones de invierno en Florencio Varela fue del 27 al 31 de mayo de 2006, con mediciones de temperatura cada 15 minutos, y 96 registros cada 24 horas, también se realizó un gráfico con los promedios horarios de 5 días, Figura 7 -A. Se observa que: La variación de temperatura en la cocina y dormitorio es de 2,4° a 2,9° C, al exterior la amplitud térmica es de 7,9° C mostrando una favorable amortiguación de la variación de la temperatura.



A) Registros de Florencio Varela

B) Registros de Tampico

Figura 7. Temperatura exterior, y temperaturas interiores en invierno.

La temperatura pico interior fue 16,3° C muy similar a la temperatura pico del aire exterior. La temperatura mínima a la noche fue 13,5° y 13,7° C en el dormitorio y la cocina respectivamente, comparada con una temperatura mínima exterior de 9,5° C, demostrando nuevamente el efecto favorable de la amortiguación y la capacidad de almacenar calor de la radiación solar durante el día.

La Figura 7 -A indica un aumento abrupto de la temperatura interior alcanzando picos de 18° C debido al ingreso de radiación solar por la puerta. En esta estación, la comparación de alternativas de techo también merece mas estudio. La temperatura interior del techo del comedor, con aislante convencional de poliestireno expandido, alcanza un valor máximo de 16,4°C y un mínimo de 13,4°C, mientras el techo no convencional, que no cumple con la Norma IRAM 11.605, Nivel C, tiene un máximo de 15,3 y un mínimo de 14°C. Así el techo no convencional, con variación térmica de 1,5°C, ofrece mayor confort a la noche comparado al techo convencional con una variación de 3°C. En invierno, el techo de construcción no convencional, aun sin cumplir con la Norma IRAM 11.605, Nivel C, es más confortable que uno convencional con materiales aislantes livianos, especialmente en horas nocturnas.

4. SIMULACIONES:

Se adopta la técnica de simulaciones calibradas para comparar el comportamiento térmico de las viviendas con alternativas constructivas convencionales y estrategias bioclimáticas. Las mismas se realizaron en base a la comparación de los resultados de una simulación numérica de los prototipos con los valores de temperatura registrada con los HOBO. Figura 4. Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos del sitio de Internet 'Weather Underground' coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda. Los datos de radiación fueron obtenidos de la estación de medición de radiación montada en el techo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires. Los datos de ventilación fueron estimados, considerando un deficiente grado de estanqueidad de las viviendas al momento de realizar las mediciones, habiéndose utilizado el programa Quick. Se compararon las simulaciones del modulo con la construcción de tapial (Florencio Varela), con simulaciones de materiales constructivos convencionales, respecto a la vivienda de Tampico se comparó solo con bloques de hormigón (Tabla 2) por ser los mas usados en la construcción de viviendas de interés social, priorizándose simulaciones de estrategias bioclimáticas.

Construcción	Espesor mm	Capas constructivas	K W/m ² K
Tapial	200	Tierra estabilizada compactada.	1,9 (No cumple)
Bloque	200	Bloque cerámico hueco de 180 mm con 4 cámaras y revoque ambos lados.	1,6 (Cumple)
Ladrillo	300	Ladrillo macizo de 270 mm y revoque ambos lados.	1,8 (Cumple)
Liviana	200	Placa cementicia exterior, cámara de aire, lana de vidrio de 25 mm, barrera de vapor y placa de yeso interior.	0,8 (Cumple)
BTC	310 - 170	Bloque de tierra compactada de 280 mm y revoque a ambos lados	1,9 (No cumple)
Bloque H°	310 - 170	Bloque de hormigón de 280 mm y revoque a ambos lados	

Tabla 2. Las alternativas convencionales adoptadas para estas comparaciones.

La Figura 8 indica los resultados de las simulaciones de las cuatro construcciones alternativas. Los valores de la ventilación, radiación solar, temperatura exterior, geometría edilicia, y orientación son iguales en todas las alternativas. Las características térmicas de los materiales convencionales fueron obtenidas de la Norma IRAM 11.601 (1996) con valores obtenidos de ensayos en laboratorios de INTI.

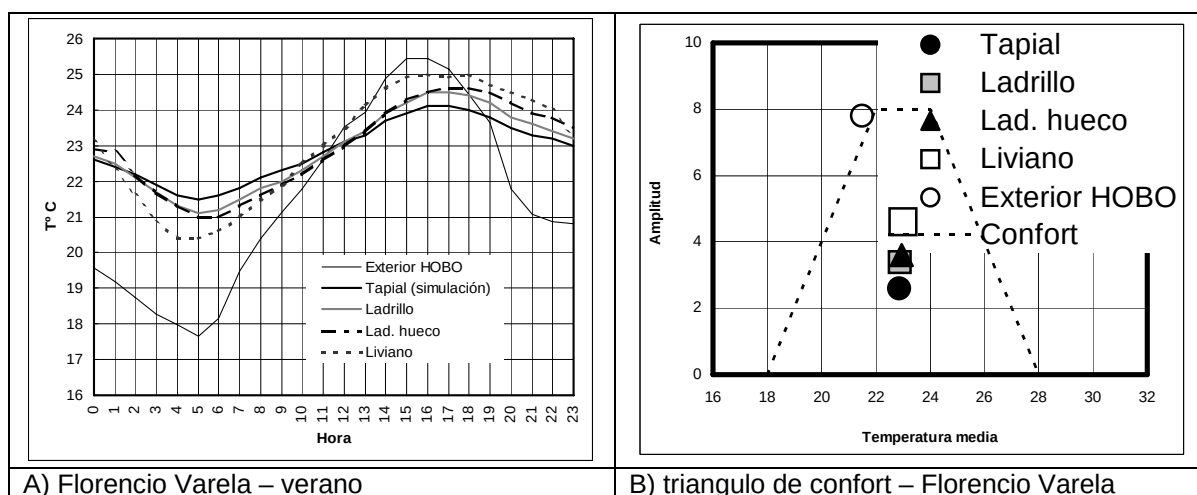
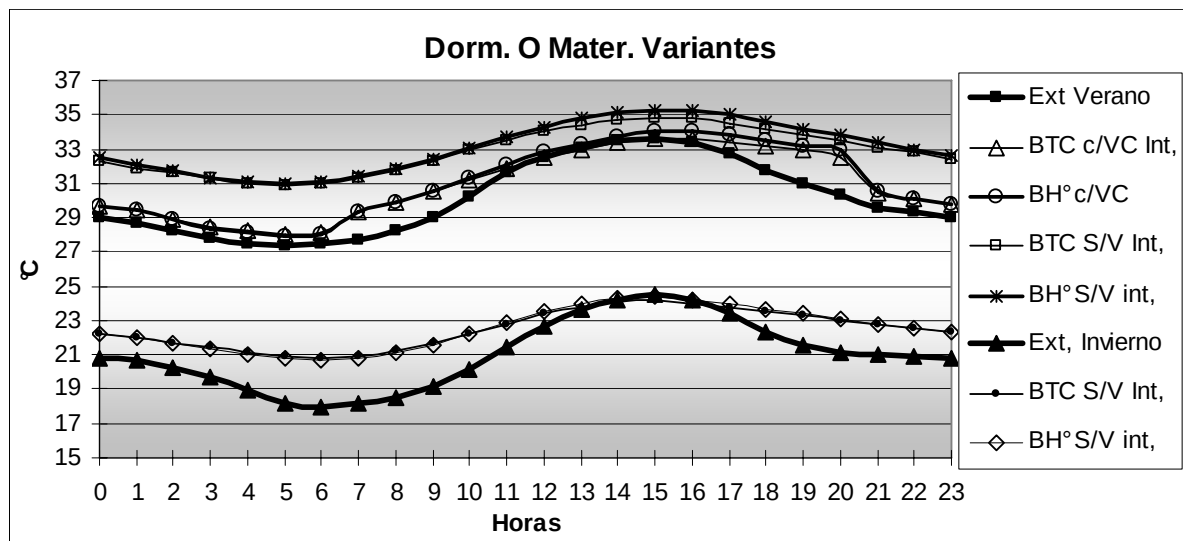


Figura 8. Temperaturas interiores con distintas construcciones, condiciones simuladas de la temperatura interior y exterior en el prototipo de Florencio Varela en verano.

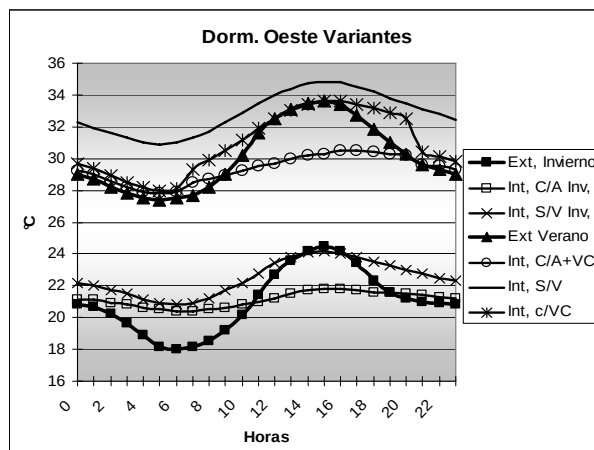
Los resultados de las simulaciones indican el buen comportamiento de la construcción con muros de tapial en verano. El gráfico de amplitud térmica y temperatura media permite visualizar más claramente la variación en el comportamiento térmico de alternativas en régimen periódico. El mismo gráfico indica el triángulo de confort donde la combinación de temperatura promedio y la amplitud térmica estén adentro de límites favorables para confort térmico para actividades sedentarias. Las simulaciones sobre la vivienda de Tampico priorizan las alternativas bioambientales, la Figura 9 indica los resultados de las simulaciones de dos variantes constructivas en invierno y verano incluida una variante con ventilación cruzada. Si bien no alcanza la zona de confort en verano, la ventilación cruzada en horarios nocturnos reduce la temperaturas interior en 1,6° C, no se aprecia gran diferencia entre los distintos materiales pero igualmente la curva de la construcción con BTC registra 0.4° C inferior la de bloques de hormigón.



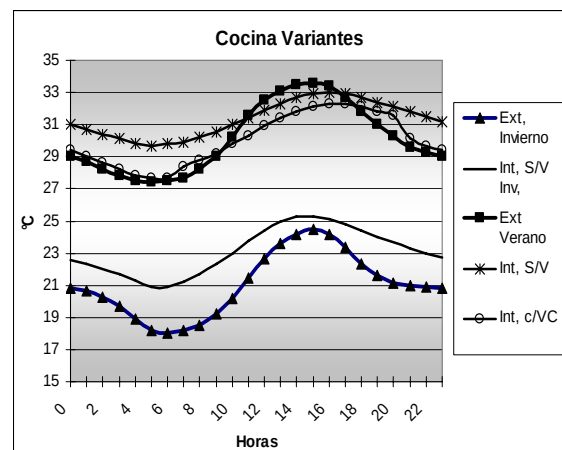
Tampico - Simulaciones en verano e invierno

Figura 9. Compara variantes de construcción con BTC y bloques de hormigón en invierno y verano con y sin ventilación.

La Figura 10 muestra las simulaciones en el dormitorio oeste y la cocina en invierno y distintas variantes: invierno con y sin aislación térmica y verano con aislación, sin aislación y con aislación y ventilación cruzada. La aislación propuesta consta de cámara de aire de 50mm de espesor, 50mm de fibra de vidrio, barrera de vapor asfáltica y terciado fenolico de 5mm de espesor, bajo la cubierta, aprovechando los espacios entre la tirantería del techo.



A) Tampico - Dormitorio oeste



B) Tampico - Cocina

Figura 10. Comparación entre variantes bioclimáticas en la cocina y dormitorio Oeste.

En general, las simulaciones indican un buen comportamiento de la construcción con muros de BTC, en la figura 10 A se aprecia que en el dormitorio donde la curva de temperatura sufre una gran distorsión por efecto de la carencia de aislación en el techo, pero se reduce la máxima en $1,2^{\circ}\text{C}$ adoptando ventilación cruzada nocturna y en $4,3^{\circ}\text{C}$ adoptando aislación en el techo y ventilación cruzada nocturna, el salto térmico se reduce respecto de la curva de temperaturas exteriores de $6,2^{\circ}\text{C}$ a $2,7^{\circ}\text{C}$, registrando una máxima de $30,5^{\circ}\text{C}$, que supera apenas el nivel de confort con ventilación cruzada en verano, pero teniendo en cuenta que la simulación está tomando un promedio de las temperaturas en la habitación y no la sensación de refrescamiento que produce una brisa sobre la piel humana, nos encontraríamos dentro de los niveles de confort. En invierno, si bien el exterior se encuentra dentro de la zona de confort, el salto térmico en el interior con aislación térmica en el techo, se reduce de $6,5^{\circ}\text{C}$ a $1,4^{\circ}\text{C}$, lo que nos está indicando un muy buen comportamiento térmico de los muros construidos con BTC. En el gráfico de la figura 10 B se observa que, en verano, el salto térmico en la curva de la variante sin ventilación se reduce de $6,2^{\circ}\text{C}$ en el exterior a $3,2^{\circ}\text{C}$ en el interior y con la variante de ventilación cruzada el salto térmico solo se reduce en $1,6^{\circ}\text{C}$ y la máxima se reduce de $33,6^{\circ}\text{C}$ a $32,3^{\circ}\text{C}$ con un retraso térmico de una hora. En invierno la curva de temperaturas interiores reduce su salto térmico de $6,5^{\circ}\text{C}$ a $4,4^{\circ}\text{C}$.

5. NUEVAS MEDICIONES

En función de los resultados de las simulaciones efectuadas en la vivienda de Tamaulipas, a posteriori se optó por realizar una aislamiento en el dormitorio oeste de dicha vivienda, la misma se materializó con poliestireno expandido de un espesor de 7,5 cm, adosado bajo el entablonado del techo, si bien no es la propuesta en las simulaciones permitió registrar un comportamiento térmico mejor en ese ambiente.

Las nuevas mediciones se registraron durante los meses de septiembre de 2008 y enero de 2009, tomando dos períodos de seis días en septiembre (26/09 al 02/10) y en enero (21 al 27) respectivamente.

En la Figura 11 A se observa que la amplitud térmica en el dormitorio oeste de las mediciones de verano, es de $6,07^{\circ}\text{C}$, mientras que en el dormitorio sin aislación es de $9,3^{\circ}\text{C}$, $3,2^{\circ}\text{C}$ superior y que la temperatura máxima en el dormitorio oeste es $3,9^{\circ}\text{C}$ inferior a la máxima del dormitorio este y que tiene un corrimiento de 1 hora respecto a la máxima externa.

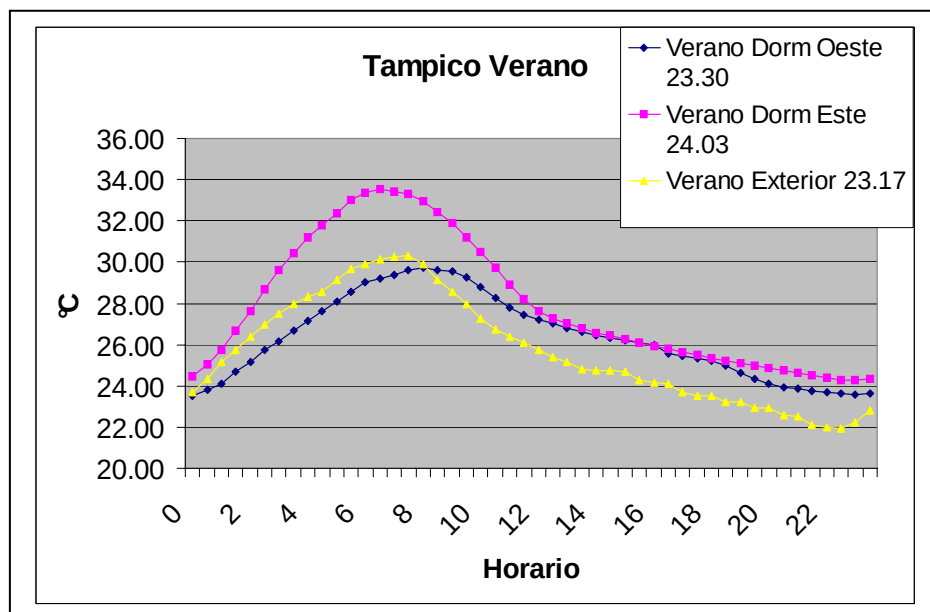


Figura 11 A. Variantes climáticas entre dormitorios en verano

La Figura 11 B nos muestra las mediciones de invierno donde el comportamiento térmico de los dormitorios es similar menguado por el efecto de temperaturas inferiores, igualmente la máxima del dormitorio oeste es inferior en 1° C y con un corrimiento de 2 horas y una amplitud térmica 1,4°C inferior



Figura 11 B. Comparación térmica entre dormitorios en invierno

Las mediciones nos muestran claramente que los registros obtenidos corroboran las simulaciones realizadas con anterioridad, si bien hay diferencias, también las hay en la aislación propuesta y la realizada.

6. CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones indican claramente las buenas condiciones de confort ofrecido por la construcción de tierra estabilizada y compactada en Gran Buenos Aires durante los periodos de medición en verano e invierno. A pesar de la alta transmitancia térmica de construcción con tapial, los resultados de invierno fueron favorables, aunque no se considera recomendable la construcción con tapial en zonas bioambientales más frías, Zonas IV, V y VI según la Norma IRAM 11063 (1998). Se considera que en las zonas bioclimáticas I, II y III, de igual o mayor calor, y sub-zonas con mayor amplitud térmica, los beneficios verificados en este estudio serán similares o mejores. A pesar del incumplimiento de la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C, las simulaciones de alternativas demuestran que las condiciones de confort en verano son mejores en el edificio de tapial que en edificios de ladrillo macizo, de bloque cerámico hueco o de construcciones livianas.

las condiciones de confort en verano son mejores en el edificio de tapial que en edificios de ladrillo macizo, de bloque cerámico hueco o de construcciones livianas.

Otro resultado importante es la evaluación comparativa de dos alternativas de techos. Aquí también la construcción no convencional del techo, que no cumple con la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel C, es más confortable que la construcción convencional que cumple con la norma. Estos resultados y conclusiones aportan evidencia para la evaluación y posible ajuste de dicha Norma. Los resultados de las simulaciones en la vivienda de Tampico indican que las construcciones con BTC tienen buenas condiciones de confort si se complementan con aislaciones mínimas indispensables para alcanzar los niveles de confort en verano.

Se constata lo señalado antes sobre el comportamiento de estos materiales en zonas más cálidas que Gran Buenos Aires. Además, recurrir a estrategias bioclimáticas permite aprovechar mejor las potencialidades del material para acrecentar los niveles de confort. Si bien la tecnología de construcción en tierra tiene una larga historia, todavía tiene el potencial de ofrecer soluciones a los problemas habitacionales actuales. El uso de la simulación

numérica y la medición de su comportamiento térmico con instrumental moderno puede demostrar y verificar sus aptitudes bioambientales.

La posibilidad de constatar mediciones y simulaciones y verificar el grado de correspondencia entre estas, permitirá ajustar los programas numéricos con la realidad mensurable.

Reconocimientos:

Secciones de este trabajo fueron desarrolladas en el marco del proyecto de Investigación UBACyT A-017 "Evaluación y Certificación de Edificios Energéticamente Eficientes", Programación Académica 2008-2010 Director J. M. Evans.

Especial agradecimiento al Arq. Tomás Vanrell, Secretario de Obras y Servicios Públicos, Municipalidad de Florencio Varela, por el aval brindado a esta investigación.

Referencias:

Evans, J. M. - Construcción en tierra, aporte a la habitabilidad - 1 Seminario Taller, Construcción en Tierra, FADU UBA, Buenos Aires.- 2004

García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mújica y Arvizu Sánchez, - Diseño modular una alternativa sustentable, - SIIDS – Tampico - 2007

IRAM, Norma IRAM 11,601, - Acondicionamiento térmico de edificios: métodos de cálculo. - Instituto Argentino de Racionalización de Materiales,- Buenos Aires - 1996

IRAM, Norma IRAM 11.603, - Zonificación Bioambiental de la República Argentina,- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales,- Buenos Aires. -1998

IRAM, Norma IRAM 11.605,- Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos,- Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires, - 1996

Patrone J. C. y Cabezón M, - Tierra Estabilizada Apisonada en el Gran Buenos Aires,- 1er. Seminario Taller, Construcción con Tierra, FADU UBA, - Buenos Aires. - 2004

Patrone J. C. - Gestión y Desarrollo en la Construcción de la Vivienda de Interés Social con empleo de suelo estabilizado - Construcción con Tierra 1 - FADU UBA - Buenos Aires - 2005

Roux Gutiérrez, Espuna Mújica, García Izaguirre y Aranda Jiménez - La construcción con tierra en Zonas Húmedas caso Tampico - SIACOT – Tampico - 2007

Merril A. F. - Casas de Tierra Apisonada y Suelo Cemento - Windsor. Argentina - 1949

Juan Carlos Patrone: Arquitecto Investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE-FADU-UBA y el Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, FADU UBA Trabaja desde 1976 en forma independiente y en empresas y organismos estatales en proyecto, dirección y construcción de edificios.. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA. Director del centro Terrabaires.

John Martin Evans: Profesor Doctor Arquitecto Titular de Arquitectura FADU-UBA desde 1984, e Investigador Senior sobre la problemática energético-ambiental en el hábitat construido, dirige el Centro de Investigación Hábitat y Energía, y el Laboratorio de Estudios Bioambientales, que estableció en la FADU-UBA en 1987. Graduado y docente en la Architectural Association, Londres, fue Vice-Decano del Bouwcentrum International Education, Rotterdam, y Asociado Visitante del Martin Centre, University of Cambridge

José Adán Espuna Mújica: Arquitecto. Dr. por la Universidad de Sevilla, Maestro Investigador de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Profesor Perfil PROMEP y miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable.

Rubén Salvador Roux Gutiérrez: Arquitecto. Dr. por la Universidad de Sevilla, Jefe de Investigación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Investigador Nacional Nivel I Profesor Perfil PROMEP y miembro del Cuerpo Académicos de Diseño y Edificación Sustentable.

Víctor Manuel García Izaguirre: Arquitecto. Dr. por la Universidad de Sevilla, Jefe de la División de Postgrado y Educación Continua de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Profesor Perfil PROMEP y miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable.

DISPOSITIVO DE PENETRACIÓN PARA DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE MUROS DE TAPIA PISADA

Santiago Rivero B. ; Oscar H. Medina A.
TERRARIUM CREATIVE
Calle 11 N° 9 -39. San gil/ Colombia
+0057 (310 325 04 81/ 314 608 6359 / +7 7247347)
terrariumcreative@gmail.com

Palabras clave: estructuración, cohesión, densidad, compactación, compresión, penetración.

RESUMEN

Este documento expone la concepción, diseño, elaboración y aplicación de un dispositivo que ofrece una magnitud para determinar al menos de manera indirecta la resistencia a compresión de los muros de tapia pisada a partir de la correlación con su densidad. Este dispositivo además, busca fortalecer la apropiación y el reconocimiento de los conocimientos ancestrales y empíricos procurando establecer diálogos y conexiones con la precisión científica de la ciencia de materiales apoyándose sobre conceptos de seguridad estructural y apropiación de la técnica, aportando elementos de juicio para la ejecución de obras..

Parte de la validación de la arquitectura de tierra dentro del contexto actual radica en el desarrollo de ensayos específicos que permitan un diagnóstico coherente con cada sistema constructivo asociado a la tierra cruda como material e incluso lleguen a considerar la dinámica de los muros en el tiempo. Este ensayo de perforación como ensayo no destructivo para muros de tapia pisada tiene aplicación en edificaciones ya construidas que podrían ser patrimoniales y el seguimiento a la calidad estructural de una obra en proceso.

En este documento se expone el sistema de funcionamiento, el modo de uso y el proceso de patronamiento que incluye el estudio del material con que se fabricaron las probetas, buscando en esta fase enfocar las variables que intervienen en la mecánica de la tapia pisada y la correlación con la lectura del funcionamiento del dispositivo.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los procesos constructivos está vinculado a distintas dinámicas históricas, sociales, políticas y económicas. La arquitectura es testigo de los procesos humanos y su conservación o destrucción corresponden también a estas dinámicas sobre las cuales la academia ha poseído un papel en el que percibe e influye en el modo de generar hábitat. De tal manera se concibieron modelos de análisis y diseño de estructuras para materiales cuyo desempeño se produce dentro de rangos de elasticidad o plasticidad específicos. La tierra cruda como material de construcción posee unas características físico-mecánicas que en nada difieren con el planteamiento teórico de materiales como el del concreto o el del acero pudiéndose incluso ser estudiada mediante elementos finitos, pero por no haber sido considerada dentro de los materiales que corresponden con un sistema de producción, su desarrollo teórico fue reducido. Ahora que la tierra como material despierta el interés no solo de patrimonialistas sino también se perfila como el material con mayores posibilidades dentro de la arquitectura bioclimática y también la de bajo costo es necesario dentro de su evolución y por seguridad despertar el interés de la academia y de los centros de investigación

Barichara como ejemplo de la nueva dinámica en la que bien se inserta la arquitectura de tierra comienza a dejar entrever las deficiencias que produce el encuentro fácil de la cultura constructiva ancestral con la modernidad, encuentro mediado por variables de mercado y con no pequeños vacíos al no existir el puente entre la tradición y la técnica.

A fin tender ese puente, la Fundación Tierra Viva ha iniciado una serie de acciones que pretenden conocer los rangos de desempeño de la tierra como material desde el grupo de Materiales, Sistemas y Estructuras adscrito al Centro de la Tierra. También se han iniciado labores en los temas de control de obra, diseño de herramientas y equipos y el desarrollo de

nuevos usos de la tierra como material. La nueva arquitectura y la preservación del patrimonio ofrecen opciones diferentes de reflexión alrededor de la arquitectura de tierra. Pese a ello hay un común denominador dentro de las posibilidades de desempeño: el conocimiento específico del material tierra para determinar su respuesta estructura ante las exigencias de carga en los distintos sistemas constructivos en que la tierra cruda trabaja.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento que se tiene del desempeño estructural de la tapia pisada, es una amalgama de la percepción empírica de los tapieros y el ejercicio investigativo de los últimos 35 años en Europa, África y parte de América Latina, por lo tanto se requiere generar, desde y para el contexto latinoamericano, todo un conjunto de conocimientos adecuados para la escala y necesidades estructurales propias de nuestro territorio y cultura. En este campo caben los sistemas de control que permiten la obtención de datos específicos de las condiciones de recepción y transmisión de carga para utilizarlos en proyectos de intervención patrimonial y en obras nuevas. Estas herramientas de control deben ser de fácil manejo, bajo costo y de fácil transporte ya que muchas de las obras en proceso y las ya construidas se encuentran en el sector rural o en poblaciones apartadas,

La técnica constructiva ancestral de la tapia pisada se ha mantenido vigente, por lo tanto las reflexiones teóricas parten del reconocimiento del oficio, de esta manera los ensayos al sistema y los materiales proveen criterios medibles para el análisis. Los resultados están relacionados con energía y modo de la compactación, humedad natural, humedad de compactación y humedad de hidratación de los componentes de la matriz de tierra. Por las características del sistema constructivo de la tapia pisada, la resistencia a esfuerzos cortante y torsión, se chequean en función de las características geométricas de los muros y por ende de su inercia que están relacionadas también con la densidad a partir de condiciones de compactación óptimas (ensayo de Proctor modificado) y conocimiento de los componentes geotécnicos del material (plasticidad y granulometría).

La compleja estructura molecular de las arcillas está determinada por el tamaño de las placas o láminas que por su forma puede determinar la composición y la capacidad de enlace iónico y por consiguiente la mayor o menor capacidad de asociar a la estructura átomos de hidrógeno provenientes del agua. La rigidez a su vez es función de esta composición, determinando la friabilidad de las moléculas y en consecuencia mayor o menor plasticidad. La granulometría de los materiales, especialmente el contenido de finos es un índice de compresibilidad de los materiales dependiendo del tipo de roca parental. En el caso de arcillolitas más cohesivas e inertes, en el caso de las limolitas, dentro de las soluciones en obra está la necesidad de utilizar estabilizantes a fin de aumentar la densidad en los muros directamente relacionada con la resistencia a compresión. Estas dos condiciones pueden ser obtenidas directamente con el dispositivo de penetración para tapia pisada.

3. PRINCIPIO DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO Y SU PATRONAMIENTO

El dispositivo penetración evalúa la densidad para muros de tapia pisada, a partir de un ensayo no destructivo. Determina el estado del muro a nivel de densidad al correlacionar la penetración con resistencia a compresión por medio de la lectura en una tabla de análisis a partir de la longitud de perforación que provoca la acción de un punzón lanzado por un resorte. Difiere del esclerómetro para hormigón en la medida que no arroja un "índice esclerométrico" o "índice de rebote", sino directamente se relacionan las características buscadas.

El dispositivo funciona de acuerdo con un principio ancestral de control de calidad utilizado por la tradición constructiva santandereana mediante la cual el maestro tapiero con un puntillón marcado a una longitud determinada perforaba el muro de tapia con una fuerza que resultaba siendo variable y al observar la longitud de penetración y con base en años de

experiencia en el oficio determinaba el estado de la compactación en el muro. La reinterpretación en el dispositivo planteado involucra reproducir este efecto mediante un sistema mecánico que actúe de la misma manera imprimiendo una carga uniforme por medio de un resorte y que esté patronado con las variables que permiten en ingeniería describir un material. El principio ancestral aunque acertado estaba sujeto demasiadas variables subjetivas por parte del maestro tapiero. Estado de ánimo, fatiga, etc. La aplicación uniforme de la fuerza ajusta el proceso se ajusta al correlacionarlo con la densidad del muro que depende de clasificación geomecánica del material, la humedad y la energía de compactación..

El sistema mecánico para generar el mismo efecto de impulsar el puntillón se realiza con un resorte que al ser comprimido y suelto súbitamente imprime una fuerza de reacción constante, producto de la rigidez del resorte al interior del muro. El sistema está confinado dentro de una armadura metálica garantizando la perpendicularidad de la línea de acción del resorte con el eje vertical del muro.

En la figura 1, se muestra el esquema general del dispositivo. Planta y corte lateral del dispositivo incluyendo el medio de disparar el puntillón y de ajustarlo al ser disparado. En la gráfica el resorte está comprimido. El concepto como se mencionó arriba proviene de la cultura constructiva en tapia pisada y fue desarrollado por el equipo de Fundación Tierra Viva: el maestro tapiero Oliverio Roa quien expuso la idea ancestral,. El diseño estuvo a cargo el Ing. Oscar Medina con el apoyo del diseñador industrial Nicolás Melo y la coordinación y dirección del Ing. Santiago Rivero. La fuerza de diseño del resorte fue 24 kg/cm² se basó en valores sugeridos de resistencia a compresión de la tapia pisada en las pruebas europeas¹.

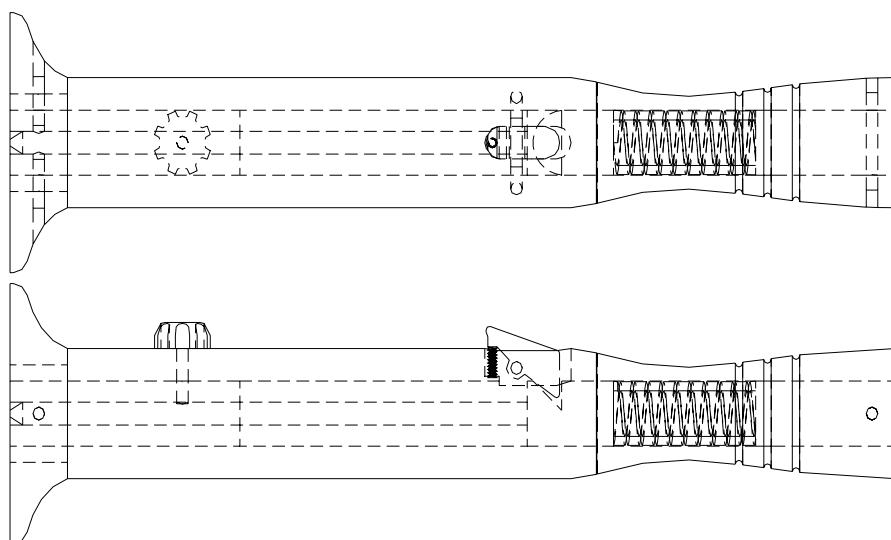


Figura 1. Esquema general del dispositivo de penetración para tapia pisada

[¹] Doat, P. Hays, A. Houben, H. Matuk, S. Vitoux, F. Construir con tierra. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial. Traducción: ANGEL O., Clara. SANCHEZ, Clara E.1990. Tomo II. 48 p.

3.1 ENSAYOS

Para correlacionar la penetración con la resistencia es necesario generar curvas de longitud de penetración con densidad y luego con esfuerzo a compresión utilizando probetas de densidad y resistencia conocidas en laboratorio. Para este proceso se elaboraron diversas probetas con el material tierra caracterizada. El material disponible fue sometido a los siguientes ensayos para su caracterización:

3.1.1 Granulometría.

La figura 2 representa la curva convencional de granulometría en la que se ha estudiado el tamaño de los finos mediante el método del hidrómetro, de acuerdo a la curva la proporción de *gravillas* es cercana a los 12.9%, La proporción de *arenas* es cercana al 40.1%, La proporciones de *limo* cercana al 36.3%,

La proporción de arcillas cercana al 10.7%. representa la necesidad de equilibrarle mejorando la cohesión, más que desear la disminución de arenas o limos.

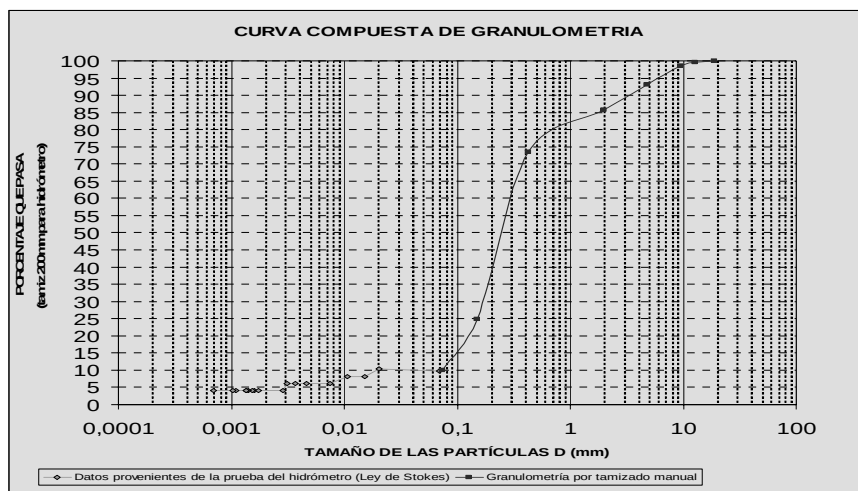


Figura 2. Curva granulométrica. Material para los ensayos

3.1.2 Límites de Atterberg

Estas pruebas permiten definir las características plásticas del material disponible y su reacción ante el contenido de agua.

Límite Líquido (LL)	28,90%	Clasificación del Suelo CL
Límite Plástico (LP)	21,81%	
Índice de Plasticidad (IP)	7,09	

Tabla 1. Límites de Atterberg para El material utilizado en las probetas

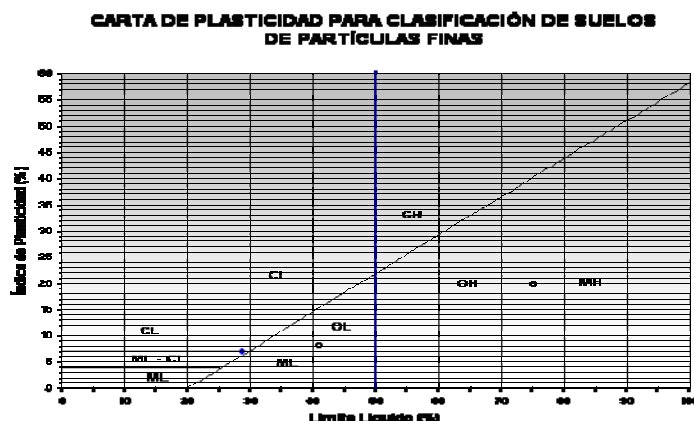


Figura 3. Carta de plasticidad para clasificación de suelos con partículas finas. Fuente: ingeniero Santiago Rivero B. Fundación Tierra Viva.

Según la Figura 3 y la tabla 1 para identificación de características de cohesión y plasticidad, el material está en el rango de las arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres, según el sistema unificado de clasificación de suelos, esto involucra tener que mejorar la cohesión para lo cual se optó por estabilizar el material con 4% en peso de cemento siguiendo la metodología de CRATerre², contenido de agua óptimo – CAO³

3.1.3 Ensayo proctor modificado

Número del ensayo	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (lb/pie ³)	Densidad seca máxima (Kg/m ³)	Evaluación (según CRATerre) ⁴
1	13.5	119.5	1914.2	Muy bueno
2	14.0	114.5	1834.1	Muy bueno
3	12.7	116.8	1871.0	Muy bueno
4	13.5	123.0	1970.3	Muy bueno
5	13.5	120.0	1922.2	Muy bueno

Tabla 2. Resultados y evaluación del ensayo Proctor modificado para el material de probetas

Según los gráficos y la tabla 2 que resume la relación entre Humedad y Densidad se observa que el contenido de agua al compactar para el cual *la densidad es máxima es 13.5%*, dato que se toma como de mayor relevancia dado que la densidad es una medida indirecta que en el caso de la tapia pisada depende de el factor humano, de la constancia y la energía.

² DOAT P. HAYS A. HOUBEN H. MATUK S. VITOUX F. Construir en tierra. Por CRATerre. 1990. Tomo II. Tomo II. 35 p.

[³] DOAT P. HAYS A. HOUBEN H. MATUK S. VITOUX F. Construir en tierra. Por CRATerre. 1990. Tomo II. Tomo II. 35 p.

⁴ DOAT P. HAYS A. HOUBEN H. MATUK S. VITOUX F. Construir en tierra. Por CRATerre. 1990. Tomo II. 35 p.

3.1.4 Estabilización

La estabilización utilizada desde hace mucho tiempo ofrece un amplio campo de aplicaciones en la ingeniería civil y responde a tres objetivos: Reducir los volúmenes de vacíos entre las partículas sólidas (porosidad), rellenar los vacíos que no se pueden suprimir (permeabilidad), unir o mejorar los enlaces existentes entre las partículas (resistencia mecánica, cohesión). Las recomendaciones de dosificación para estabilizante según CRATerre oscilan de acuerdo al tipo de material entre 5 y 10%.

Estos datos deben estar afectados por el criterio y la experiencia en la construcción con tierra. Por un lado estas propuestas surgieron para el medio europeo donde es más fácil o económico invertir en una cantidad determinada en cal, cemento o asfalto u otro estabilizante. Sin embargo las pruebas de resistencia *no indican una ganancia en resistencia y cohesión mas allá de la frontera del 4% de estabilizante*, por otro lado estas proporciones llegan a resultar muy costosas para el contexto latinoamericano.

3.2 Construcción de probetas

El objeto de la construcción de las probetas de tapia pisada es servir como superficie de prueba y estandarización para el dispositivo de penetración para la tapia pisada, como base de medición para la densidad de la tapia pisada y para hacer un seguimiento a la compactación en términos de energía de compactación.

Las dimensiones de los muros obedece en su largo y alto (1m * 1m) a la experiencia⁵ en Francia y las dimensiones comúnmente utilizadas en ensayos de muretes de mampostería donde se utiliza esta medida en los ensayos que se realizan a modelos de prueba, se consultaron las normas NTC 4017 para unidades de mampostería y NTC 673 para ensayos de resistencia a compresión de cilindros normales de concreto y dadas las diferencias en los materiales no fue posible hacer una equivalencia con las normas ICONTEC vigentes.



Figura 4. Muro con estabilizante a 15 días de terminado, el acabado de estos es mas liso.

⁵ Ing. Santiago Rivero. Msc. Arquitectura de Tierra. CRATerre (Francia). 2004

Probetas para el ensayo de compresión.

Se diseñaron y construyeron las probetas, figuras 5 y 6, con un área de apoyo de 625 cm² (b=25 cm, l=25cm) lo cual facilitó la observación del tipo de falla, el diseño de la platina de carga se hizo considerando los parámetros de la segunda actualización de la norma NTC 673 (5.2.2).



Figura 5. Proceso de carga de la probeta PSE -1 y mecanismo de falla



Fig 6. Probeta fallada

3.2.1 Ensayo de densidad

Debido a la relación directa que existe entre densidad como producto de la compactación, un material que por acción mecánica resulta más denso que otro ha sido compactado con mayor energía o con mayor carga. Esta relación se quiere analizar previamente a partir del ensayo Proctor y la densidad medida en los muros a partir del densímetro nuclear como se observa en la figura 7, con el fin de chequear la correspondencia de la hipótesis.



Figura 7. Ensayo de densidad en los muretes de tapia pisada, mediante densímetro nuclear

3.2.2 Ensayo de penetración

En las figuras 8 y 9, se observa el ensayo de penetración, se observa una regata de 3cm de profundidad y de 10 *10 cm con el fin de encontrar el núcleo del muro y no perforar una superficie que se supone ablandada por la deshidratación y la acción del intemperismo.



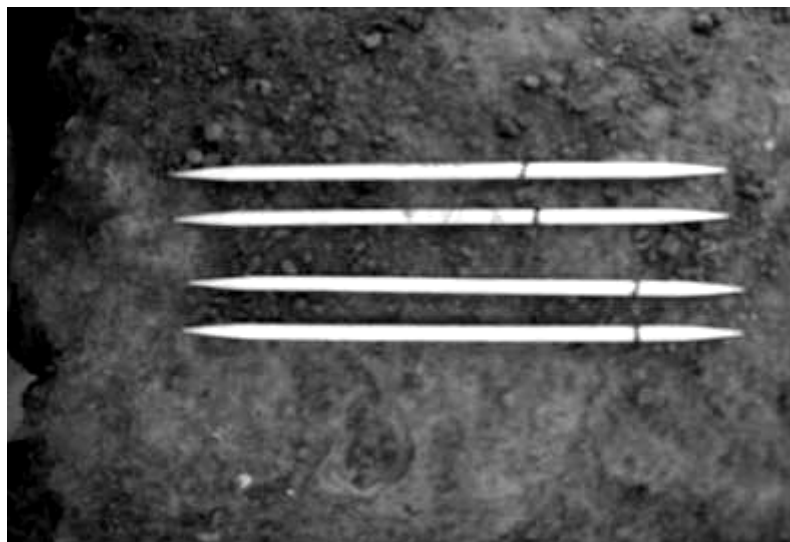
Figuras 8 y 9. Ensayo de penetración con el dispositivo

Las medidas obtenidas con el dispositivo se hicieron a través de un calibrador – o pie de rey - que permitía tener un dato para la medición de la profundidad de la penetración. Adicional a esto se sustentó la medida con la toma de testigos de madera que permitieran hacer una correlación estadística de la lectura de penetración con las variables consideradas. La toma de la penetración se hizo por ambas caras de los muros con cuatro lecturas por superficie.

La superficie de muro que es probada corresponde a un bloque de 2 m * 1 m, que es la dimensión de una “armada” con un tapial tradicional en ejes que vertical y horizontalmente es el cruce final del primer y segundo tercio del modulo.



Figura 10. Lectura de la penetración y toma de testigos



Figuras 11 y 12. Toma de testigos en una de las superficies de los muros, se resalta la coherencia en las líneas correspondientes a la penetración en las dos regatas superiores y las dos inferiores, lo cual indica que un muro esta pisado de la misma manera por capas.

4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Ensayo de compresión

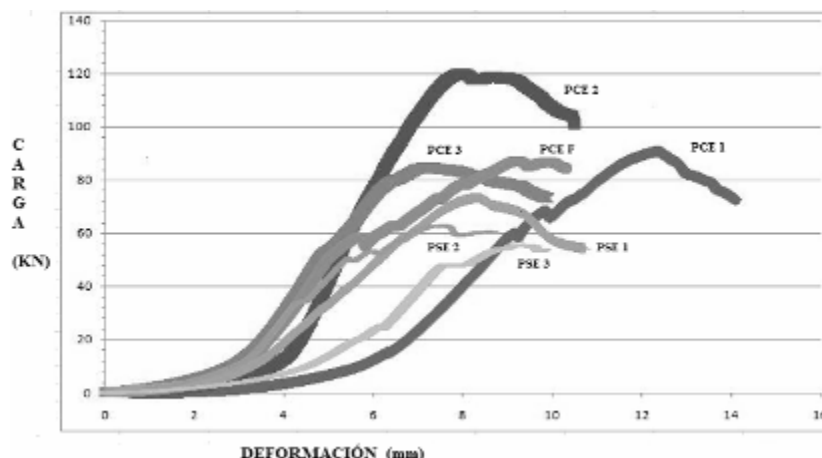


Fig. 13. Curvas carga – deformación, ensayo de compresión

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.				
PROB.	EST.	ESFUERZO MÁXIMO	MODULO ELASTICO	MAXIMA CARGA
		kg/cm2	kg/cm2	KN
PCE-1	Si	144,93	1252,59	90,5013
PCE-2	Si	191,975	1566,25	119,9884
PCE-3	Si	135,42	1809,36	84,6375
(PCE -F)	Si	133,784	1817,3	86,9594
PSE-1	No	110,855	1674,6	73,0344
PSE-2	No	100,58	1905,33	62,8625
PSE-3	No	89,15	1215,12	55,7188

Tabla 3. Resumen de resultados ensayo a compresión

La figura 13 y la tabla 3 representan los resultados del ensayo a compresión, que demuestra la diferencia respecto a la resistencia de los muros estabilizados y por otro lado la deformación de las probetas antes de llegar a la falla final, se destaca la resistencia de la probeta pce-f, que a pesar de haber perdido cerca del 20% del volumen durante una caída en el transporte ha resistido dentro del promedio.

4.2 Ensayo de densidad

	Muro 1		Muro 2		Muro 3		Muro 4		Muro 5		Muro 6	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
Promedio Densidad superficial	1574	1761	1513	1717	1435	1629	1582	1783	1628	1817	1576	1757
Promedio Densidad A 25 cm	1474	1657	1570	1771	1414	1607	1660	1862	1574	1766	n. a	n. a

Tabla 4. Ensayo de densidad. Resultados del densímetro nuclear

La tabla 4 muestra los resultados del ensayo de densidad utilizando un densímetro nuclear, dentro de los resultados se ve la diferencia entre el resultado tomado superficialmente (S) y a una profundidad (H), en todos los casos la densidad del núcleo es mayor y corresponde con la superficie expuesta a deshidratación, a la variable humana y la diferencia de humedad del material durante el proceso constructivo.

4.3 Energía de compactación

ENSAYO DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN			
		Energía de compactación	
		kg-m/m3	N-m/m3
w= Peso del pisón compactador	8 kg		
h= altura de caída libre del pisón	0,60 m		
N= Numero de capas compactadas por molde material sin estabilizar	4	16486,12946	1648,61295
N= Numero de capas compactadas por molde material estabilizado	5	20607,66182	2060,76618
N= Numero de golpes por capa	650 golpes		
V= volumen de suelo compactado	0,757 m3		
$Ec = \frac{W * h * N * n}{V}$			

Tabla 5. Energía de compactación

La tabla5 representa la energía de compactación. Debido a que la variación en la energía de compactación se considera mínima, no es posible generar una gráfica coherente en las gráficas de cruce de densidad, compresión, penetración la energía de compactación se considera constante.

4.4 Ensayo de penetración

El ensayo de penetración se realizó haciendo 4 perforaciones a cada módulo de 1 m * 1m en el cruce de los ejes horizontal y vertical a 1/3 y 2/3 del ancho y el alto del muro por ambas caras, el resultado de estas perforaciones se ha promediado, tal como lo muestra la tabla 7.

Muro 1. Estabilizado	2.2 cm
Muro 3. Estabilizado	2.32cm
Muro 4. Sin estabilizar	2.45cm
Muro 5. Sin estabilizar	2.60cm
Muro 6. Sin estabilizar	2.79cm

Tabla 6. Resultados ensayo de penetración

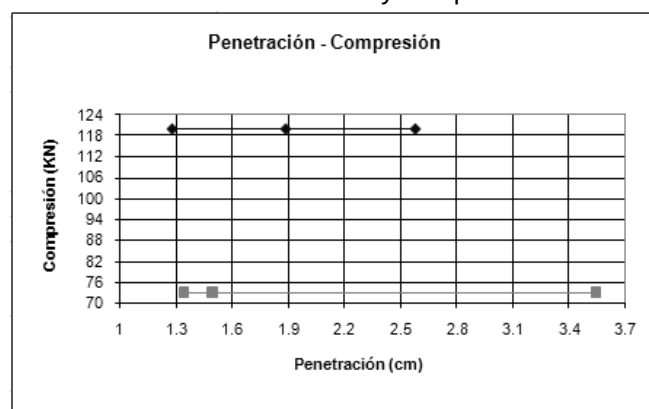


Fig. 14. Gráfica penetración Vs Resistencia a compresión.

4.4.1 Gráfico de penetración vs. densidad

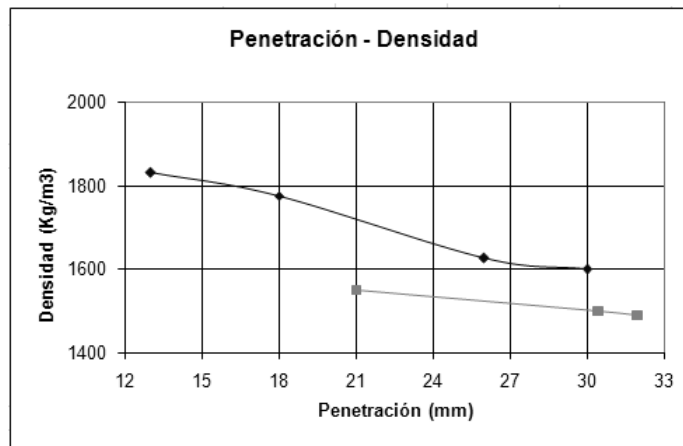


Fig. 15. Rango de trabajo de la tapia pisada, de la resistencia a compresión en función de la penetración medida con el dispositivo.

4.4.2 Gráficos de resistencia a compresión vs. densidad

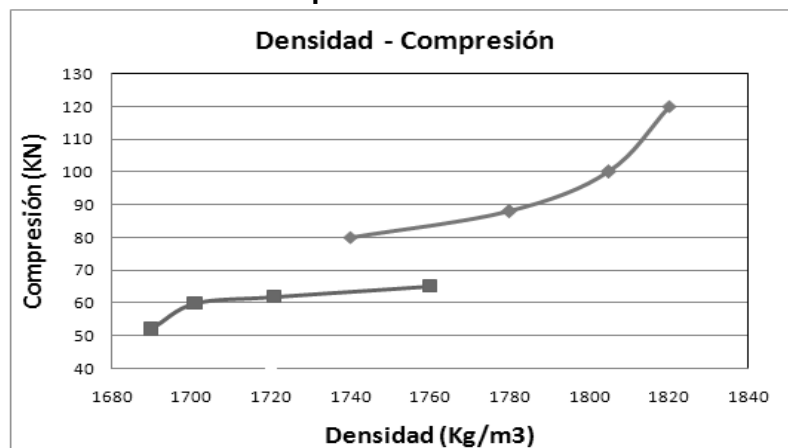


Fig. 16. Rango de trabajo de la tapia pisada, densidad en función de la penetración medida con el dispositivo

En las figuras 14, 15 y 16, se muestra la síntesis de los resultados de los ensayos de penetración y la relación con las dos variables fundamentales en muros de tapia pisada, por un lado, la densidad que es proporcional con la resistencia a compresión e inversamente proporcional con la penetración y la resistencia a compresión que guarda la misma relación, además de demostrar la hipótesis se plantean con datos específicos los rangos de medición de las dos variables relacionadas con el ensayo no destructivo del dispositivo de penetración. En las gráficas la curva inferior representa los datos debajo de los cuales el dato de entrada presenta problemas estructurales, el rango central representa un bloque de trabajo sobre el cual, considerando el tipo de material mostrado se presenta un comportamiento aceptable a bueno. Datos sobre la curva superior presentan comportamientos excelentes. Se considera que para mezclas estabilizadas, para obras contemporáneas, las características de granulometría, límites de Atterberg y compactación Proctor deben ser estudiados y el ensayo con el dispositivo complementa el estudio y seguimiento estructural. En obras patrimoniales la lectura de entrada de penetración arroja un dato muy aproximado para el análisis y modelamiento estructural.

El dispositivo tiene un método de resultados paramétrico, es decir que la evaluación se debate entre los rangos de los resultados, las variables como la energía de compactación que no hayan sido constantes durante la ejecución serán detectadas durante el ensayo de penetración:

Dato de penetración (mm)	Forma de impacto del puntillón	Evaluación cualitativa
10 a 25	1. El puntillón entra en el muro forzado y presenta dificultad el retiro del puntillón dentro del muro.	1. Si el puntillón sale luego del impacto fácilmente, indica BUENA COMPACTACIÓN.
	Queda material adherido al puntillón.	2. Podría estar bien compactado de acuerdo a la huella, pero de acuerdo a la cantidad de material adherido podría haber existido durante la construcción un exceso de humedad al pisar el muro (para muros pisados entre 1 semana y 1 mes).
	3. Se descascara el material luego del impacto, alrededor de la perforación. 4. Variación en las medidas para un modulo de tapia de 2m*1m de acuerdo a la longitud de penetración.	3. Una perforación poco profunda y un pequeño descascamiento, con rastro seco en la superficie descascada es índice de que el muro fue MUY BIEN PISADO, es muy denso. 4. Baja variación en los resultados de penetración, para un mismo módulo de tapia. Rango entre 5 mm y 10 mm. Muy bien pisado. Variación entre 10 mm y 35 mm es necesario hacer más pruebas (mas de cuatro por módulo). El resultado es regular. Variación de más de 35 mm es necesario hacer más pruebas y evaluar de acuerdo al resultado de las pruebas 1, 2 y 3. El resultado debe ser corroborado inspeccionando acabados y plomada de presentar inconvenientes, es mas repetir el módulo.
25 a 50	1. El puntillón entra en el muro forzado y presenta dificultad el retiro del puntillón dentro del muro.	1. Es necesario evaluar el muro, pero en general el dato de penetración es desalentador. Se deben hacer mas ensayos en la zona de transición de la capas del módulo, de acuerdo a la variación, decidir si el muro presenta baja densidad y resistencia.
	Queda material adherido al puntillón.	2. El muro podría estar muy húmedo o muy reciente. La prueba debe repetirse luego de mayor tiempo de deshidratación.
	3. Se descascara el material luego del impacto, alrededor de la perforación.	3. El muro luego de haberse deshidratado y estando ya seco tiene baja densidad. Revisar el material al hacer la regata para la prueba, lo cual podría indicar baja cohesión. Material orgánico o lavado de finos, limo arenoso, evaluar fisuras estructurales y por deshidratación progresiva.
	4. Variación en las medidas para un modulo de tapia de 2m*1m de acuerdo a la longitud de penetración.	4. Si las variaciones en un módulo de 2*1 m en promedio son mayores a 30 mm, el muro presenta grave estado estructural.
Mas de 50	En general es una medida no deseada, salvo que el muro lleve menos de 3 días de pisado, evaluar evolución. Si no es mejor repetir.	No es un índice de buen estado estructural del módulo.

Tabla 7. Evaluación de los muros de acuerdo a la relación entre penetración, densidad y resistencia compresión

La tabla 7 de análisis se propone, para evaluar módulos de tapia pisada cuyas dimensiones sean símiles a 2 * 1m (largo * ancho) como las que se encuentran en el tapial usado tradicionalmente, el análisis debe hacerse para el módulo identificado y para cada módulo por separado, debido a las particularidades de el trabajo de pisado de cada modulo de tapia; la idea es llegar a un índice lo más regular posible por muro a través de la identificación y ensayo de los módulos, en general el cuadro resume la evaluación fragmentada de acuerdo a las curvas y a la observación del ensayo mismo en muros de tapia pisada, que correspondan con la media del método constructivo tradicional y con las hipótesis sobre las que se basaron las pruebas realizadas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1** Se relacionaron variables que son de uso común como la resistencia a compresión, densidad, energía de compactación (que fue constante) con una variable inédita en la medida que es el uso de la penetración como acercamiento al montaje de ensayos no destructivos para la construcción con tierra.
- 5.2** El principio con el que funciona el dispositivo es *sencillo* en la medida que está basado en un sistema mecánico de fácil uso, esto lo hace práctico al no requerir una fuente de energía externa al brazo humano y es de fácil apropiación, Dándole paso al criterio ingenieril en la interpretación de los datos con que está relacionado el principio del dispositivo. Es *leve* en la medida que es transportable fácil de mantener, mejorar o reparar. Es *elemental* ya que el principio físico se basa en un resorte de compresión confinado que facilitando unas garantías de perpendicularidad, ofrece un dato fácil de tomar centrado en la interpretación cuantitativa y cualitativa en la relación con datos teóricos y de laboratorio para el análisis y modelamiento estructural. La forma como se comprime el resorte lo hace seguro y ergonómico para la toma de datos en cualquier proyecto. Es *simple* la inspiración y la reinterpretación del conocimiento, valorándolo y poniéndolo al servicio de proyectos más seguros.

6. PERSPECTIVA

Son necesarios mayor número de ensayos sobre muros con parámetros definidos para mejorar el rango de interpretación de las curvas. Existen otras variables a analizar que se encuentran en otro nivel que en detalle no alteran la lectura de la penetración pero que tienen influencia como la granulometría y el coeficiente de fricción entre el puntillón y el muro.

7. REFERENCIAS

- HOUBEN, Hugo. GUILLAUD, Hubert. Earth construction technologies appropriate to developing countries. Edición previa. Bruselas. 1984. 1215p.
- Doat, P. Hays, A. Houben, H. Matuk, S. Vitoux, F. Construir con tierra. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial. Traducción: ANGEL O., Clara. SANCHEZ, Clara E. 1990. Tomos I y II. 209 y 248 p.
- Corporación La Candelaria. Cartilla para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Primera edición. Santafé de Bogotá: ed. Tangrama. 2003. 60 p.
- RIVERO B, Santiago. PRADA D. William A. Comportamiento estructural de muros en tierra apisonada reforzados verticalmente con cañas sometidos a cargas horizontales. Bucaramanga, 1999. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander.
- CUSPOCA R. Fabián A. GALINDO M. Ricardo J. Generalidades del adobe. Tunja, 2002. 247 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- RODRIGUEZ S, Angel E. FONSECA L, Luís R. Comportamiento sísmico y alternativas de rehabilitación en edificaciones en adobe y tapia pisada con base en modelos a escala reducida ensayados en mesa vibratoria. 2003. Trabajo de grado (Maestría en Ingeniería Civil, sísmica y estructuras). Universidad de los Andes.

Santiago Rivero Bolaños: Ingeniero Civil. Universidad Industrial de Santander - Bucaramanga. Msc. Arquitectura de Tierra. CRATerre – EAG. Trabajó por cuatro años con Fundación Tierra Viva como Director del Centro de la Tierra y responsable del Grupo de Materiales, Sistemas constructivos y estructuras. Desde el 2008 conforma la firma Terrarium Creative la cual dirige y desde la cual se brinda asesoría a arquitectos y equipos de diseño en todo lo referido a la parte técnica de la arquitectura de tierra. En el 2009, en asocio con otros profesionales crea Tierra a la Vista, planta de producción de materiales a base de tierra cruda. Dirigió el desarrollo del proyecto de investigación para el *Diseño y construcción de un dispositivo de penetración para tapia pisada*.

Oscar Humberto Medina Acero: Ingeniero Civil. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Tunja. Trabajó por dos años con Fundación Tierra Viva, grupo de materiales, sistemas y estructuras del Centro de la Tierra. Diseño de material tierra, capacitación y formación de comunidades en construcción de tierra. Ingeniero responsable en campo del proyecto Casa Viva: construcción de 104 viviendas en BTC con aporte de la comunidad. Actualmente trabaja en la firma Terrarium Creative y es jefe de planta de Tierra a la Vista. Planta de materiales. Desarrolló el proyecto de investigación para el *Diseño y construcción de un dispositivo de penetración para tapia pisada*.

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON TRITURADO DE LLANTA DE DESECHO

Rubén Salvador Roux Gutiérrez; Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez MAC

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas
roux@uat.edu.mx ; yoli212@yahoo.com.mx - Tel. y Fax 52 833 2 27 28 28

Palabras clave: BTC, llantas, reciclado

RESUMEN

México enfrenta importantes problemas en el sector de la vivienda. El Gobierno de México ha dado prioridad nacional a la vivienda y ha establecido la meta de construir 750,000 viviendas por año en el marco de un programa sectorial para el período 2001-2006".

"Según el censo de vivienda y población realizado en el 2000, México contaba con 21.5 millones de viviendas para 22.3 millones de familias. El déficit de vivienda absoluto al año 2000 era de 756 000 unidades. Además las previsiones demográficas para los próximos 30 años indican que se necesitará una media de 732 000 nuevas viviendas por año durante los próximos diez años para satisfacer la creciente demanda de viviendas debido al crecimiento de la población. Se prevé que entre 2010 y 2030 la demanda de viviendas aumentará a 800 000 unidades por año. Las viviendas en arriendo a un precio asequible están muy poco desarrolladas en México, por lo que los sectores más pobres de la sociedad que no reúnen las condiciones para los programas estatales de financiación de la vivienda disponen de muy pocas opciones (Miloon Kothari, 2006).

Por otra parte la demanda de vivienda en Tamaulipas es de aproximadamente 37, 254 unidades CONAFOVI. 2005, este volumen de viviendas representan un gran consumo energético para construirlas por los sistemas de construcción convencionales.

Otro problema importante que enfrenta la zona norte del país donde se ubica Tamaulipas son los tiraderos de llantas de desecho que presentan un problema ambiental ya que son un riesgo a la salud y al ambiente por las emisiones de los incendios de llantas a cielo abierto, difíciles de extinguir, y porque sirven como criadero para la propagación de mosquitos.

La problemática de la construcción de vivienda, es que cada día es más cara, lo que abre un campo en la investigación de materiales alternativos regionales y el uso de materiales de desecho como es el caso de la llantas

Como una alternativa para la producción de vivienda se tienen los materiales de tierra, una de las problemáticas que tienen estos materiales es su durabilidad por lo cual la presente investigación pretende demostrar que la utilización del triturado de llanta reciclado puede mejorar dicha característica sin incrementar su costo, por otra parte se puede solucionar una problemática importante de contaminación al encontrarle un uso adecuado a las llantas de desecho. Ya que hasta el momento no existen estudios a este respecto.

INTRODUCCION:

La construcción con tierra es tan antigua como la humanidad, siendo el material primordial en aquellas regiones donde hay escasez de recursos y vivienda. En la actualidad, un tercio de la humanidad vive en viviendas de Tierra y en países donde su desarrollo está en proceso, más de la mitad de sus viviendas son de Tierra. Se estima por el Centro para Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (UNCHS) que el suministrar vivienda de bajo costo y de materiales durables es uno de los principales retos en aquellos países.

Dentro de la múltiples técnicas para construir con tierra existe la variante, adobes tecnificados dentro de los cuales se encuentran: Los BTC o bloques de tierra comprimidos, donde una vez analizada la tierra se puede o no estabilizar con cemento para mejorar las características de la arcilla y la diferencia básica entre estos y los adobes, es que como su nombre lo indica son

comprimidos por medios mecánicos, tales como prensas manuales o prensas eléctricas u de otros medios de compresión.

En lo que se refiere a los BTC, sin embargo tienen algunos inconvenientes:

El sismo y el agua son los dos enemigos fundamentales de las construcciones con tierra.

1. Problemas de durabilidad. Degradación ante los fenómenos atmosféricos, en especial el agua (erosión y humedades).
2. Fragilidad frente a desastres naturales. Sismos e inundaciones (Maldonado, Rivera y Vela, 2002, p. 107).

Por otra parte se tiene el problema de contaminación de residuos sólidos, como es el caso de las llantas de desecho, el problema es muy grave como se menciona a continuación:

"Las llantas de desecho son un problema ambiental en nuestro país, y más enfáticamente en la región fronteriza, dado el gran número de vehículos que circulan en las localidades fronterizas. Las llantas de desecho se depositan en patios de casas, tiraderos clandestinos, vía pública y en centros de acopio públicos y privados. Estas llantas, ya sea que se encuentren solas o acumuladas, son el refugio de plagas, roedores e insectos que son vectores de enfermedades, además que constituyen un riesgo para el entorno y la salud humana si se presenta la contingencia de un incendio en los sitios donde se acumulan estas. Para mejorar la problemática de la llanta de desecho se han generado planes y programas que guían a las autoridades municipales para mejorar su capacidad para manejar llanta de desecho". (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, 2008)

El reciclaje de estos materiales para producir materiales de construcción, sería una buena alternativa para acabar con el problema, uno de esos usos puede ser el usar el triturado de llanta como elemento que permita mejorar las características mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), sustituyendo una parte de arena.

Es lo anteriormente expuesto la presente investigación busca poder demostrar las mejorar de las características mecánicas de los materiales de tierra así fabricados y así poder producir un material económico y de calidad que reduzca el costo de la vivienda actual.

JUSTIFICACION:

A nivel mundial, existe la preocupación no tan solo por vencer el reto del financiamiento de vivienda para los más pobres, sino la auténtica preocupación por abatir el costo de los materiales en aras de hacer la vivienda más accesible, llegando a la conclusión de que la vivienda auto-producida con supervisión es la respuesta más idónea, sin dejar a un lado el costo del suelo.

A nivel nacional según el censo de vivienda y población realizado en el 2000, México contaba con 21.5 millones de viviendas para 22.3 millones de familias. El déficit de vivienda absoluto al año 2000 era de 756 000 unidades. Además las previsiones demográficas para los próximos 30 años indican que se necesitará una media de 732 000 nuevas viviendas por año durante los próximos diez años para satisfacer la creciente demanda de viviendas debido al crecimiento de la población. Se prevé que entre 2010 y 2030 la demanda de viviendas aumentará a 800 000 unidades por año. Las viviendas en arriendo a un precio asequible están muy poco desarrolladas en México, por lo que los sectores más pobres de la sociedad que no reúnen las condiciones para los programas estatales de financiación de la vivienda disponen de muy pocas opciones.

La demanda de vivienda en Tamaulipas es de aproximadamente 37, 254 unidades (CONAVI, 2006), este volumen de viviendas representan un gran consumo energético para construirlas por los sistemas de construcción convencionales.

La conveniencia de llevar a cabo la presente investigación se vierte en dos factores:

Desde el punto de vista de la problemática de la vivienda:

Sería una contribución importante en el campo de la tecnología constructiva de la vivienda, en el área de producción social, ya que se aportará un material mejorado y económico que coadyuvará a bajar los costos de las viviendas, esto podría redundar en espacios más amplios y por ende viviendas habitables y dignas.

Desde el punto de vista tecnológico:

Poder demostrar que los BTC utilizando triturado de llanta, pueden mejorar sus características físicas y mecánicas.

OBJETIVO GENERAL

Demostrar que los BTC fabricados con triturado de llantas de desecho mejoran significativamente las características físicas y mecánicas de los mismos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las características de los BTC con respecto al porcentaje de absorción de agua, mediante bloques testigo y a diferentes concentraciones de triturado de llantas.
2. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los BTC triturado de llantas.
3. Evaluar el grado de toxicidad de los BTC elaborados con triturado de llanta, mediante pruebas químicas.

METODOLOGÍA

El proceso de fabricación se inicia desde la selección del suelo adecuado, en este caso al no encontrar en la zona de estudio un suelo con las características ideales, se decidió fabricar uno con la mezcla de una arcilla de baja plasticidad (CL) y una arenal limosa en las siguientes proporciones 60% y 40%, a esta mezcla se le incorporo 6% de cemento como primer estabilizador, las variables fueron las concentraciones de mucilago y triturado de llanta, a continuación se dan los datos exactos de las proporciones para producir 14 BTC de 14 x 28 x 10 cm.

Tabla 1: Cantidades de los materiales para la fabricación de los BTC.

Material	Cantidad	Unidad
Arcilla de baja plasticidad	21.00	Kg
Arena limosa	23.00	Kg
Cemento	8.00	Kg
Agua	6.00	Lts

Preparación de muestras

Con el triturado de llanta se hicieron cuatro (4) poblaciones con 5, 10, 15 y 20% y este porcentaje se le fue restando a la cantidad de arena limosa original, también se hizo una muestra control con 0% de triturado a continuación se dan los datos en peso del triturado según el porcentaje y la relación con la arena.

Tabla 2: Cantidades de los materiales para la fabricación de los BTC.

Porcentaje de triturado	Peso de triturado	Peso de arena	Peso total
5%	1.15 Kg	21.85 Kg	23.00 Kg
10%	2.30 Kg	20.70 Kg	23.00 Kg
15%	3.35 Kg	19.55 Kg	23.00 Kg
20%	4.60 Kg	18.40 kg	23.00 Kg

PRUEBAS REALIZADAS

Resistencia a la compresión simple.

Máquina de prueba:

De acuerdo con la norma NOM-C-36-ONNCCE-2004 la cual dice:

"La máquina de prueba debería estar equipada con dos bloques de acero, cuya dureza Rockwell C, no sea menor de 60 y de dureza Brinell N 620; una de las cuales tendría asiento esférico que transmitiera la carga a la superficie de la probeta, y el otro en un bloque plano rígido en el cual se destacó la probeta.

Cuando el área de aplicación de la carga de los bloques de acero no fue suficiente para cubrir el área que va cargar en la probeta deben colocarse placas adicionales de acero que cumplieran con los requisitos que se anotaron en el párrafo siguiente, estas se colocaron entre los bloques de carga y la probeta cabeceada de modo que el centroide de la superficie a la cual se le aplicó la carga y se alineó con el centro de los bloques de la máquina.

Placas y bloques de prueba

Las superficies de los bloques y placas de carga no deberían diferir de un plano en más de 0.025mm. en cualquiera de las dimensiones y en 152.4mm. en el centro de la esfera del bloque superior, deberían coincidir con el centro de la carga. Si se usara placa de carga, el centro de la esfera, debería caer en una línea que pasara verticalmente en el centroide de la carga de la probeta.

El bloque con asiento esférico debería mantenerse fijo en su sitio, esto obliga a girarlo ligeramente en cualquier dirección. El diámetro de la cara de la carga de los bloques, debería entonces ser cuando menos de 16cm. Cuando se emplearan placas de acero entre los bloques de carga y la probeta, estos deberían tener un espesor igual, por lo menos de la tercera parte de la distancia de la orilla del bloque de carga a la esquina mas distante de la probeta" (ONNCCE, 2004)

PROCEDIMIENTO

De acuerdo con la norma NOM-C-36-ONNCCE-2004 para hacer la prueba de resistencia a la compresión simple, se colocó la probeta con el centroide de su superficie para recibir una carga alineada verticalmente con el centro del bloque de carga –de acero–, de la máquina de prueba con las características que se describieron.

Una vez colocada la probeta se aplicó la mitad de la carga que se esperaba como máximo, a una velocidad conveniente, para posteriormente ajustar los controles de la máquina y dar una velocidad uniforme de traslado de la cabeza móvil, de tal manera que el resto de la carga no fuera aplicada en menos de un minuto, ni en más de dos.

CÁLCULOS DE RESULTADOS

Para calcular los resultados se tomó la carga máxima en Kg., y se dividió entre el área transversal de la probeta, siendo esta, la total de una sección perpendicular a la dirección de la carga, incluyendo los huecos, a menos que estos estuvieran ocupados por porciones de unidades adyacentes. También se pudo obtener la resistencia a la compresión al área neta; calculándola de la siguiente manera (ONNCCE 2004):

$$AN = At - Ah$$

Donde:

An= área neta

At= área total de la superficie de la carga.

Ah= área de los huecos. "

Especificaciones:

Según la norma NMX-C-404- ONNCCE-1997, la resistencia a la compresión simple debía de ser como mínimo para tabiques recocidos de 60 Kg/cm².

Determinación de la absorción del agua

Según la norma mexicana: NOM-C-37-ONNCEE-2005

PROCEDIMIENTO

Se registró el peso seco de 5 muestras y posteriormente se sumergieron en agua a una temperatura entre 17 y 23 grados centígrados, por un tiempo máximo de 24 horas; una vez terminado el periodo, se retiraron, se deshumedecieron, incluyendo el de las sendas y finalmente se secaron. Posteriormente a esto se obtuvo el peso específico sumergiendo el espécimen atado con un alambre, o bien con un cordón de nylon, de un diámetro pequeño, cuyo peso no debió ser mayor al 0.5% del peso de la pieza; posteriormente se colocó en una canastilla, la cual pendió de un brazo de la balanza, el proceso anterior se realizó evitando que tocara las paredes y el fondo del recipiente. (ONNCCE,2005)

Especificaciones

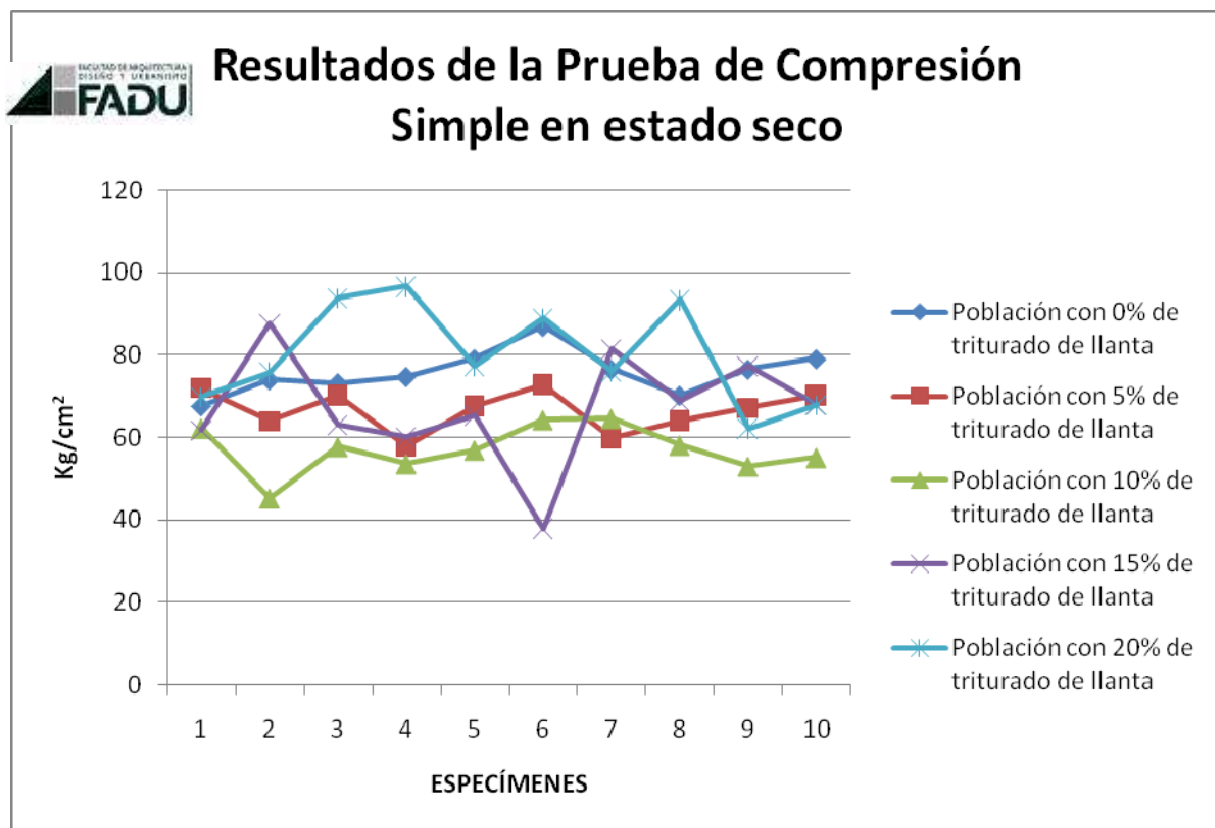
Según normas mexicanas NMX-C-404- ONNCCE-1997; para tabiques recocidos, la absorción debería de ser del 13 a 21%.

Obteniéndose los siguientes resultados para las diferentes pruebas practicadas:

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO SECO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE TRITURADO DE LLANTA						
PROYECTO:		SUPERVISION:				
LOCALIZACION:		MUESTREO POR:				
CONSTRUCTORA:	FACULTAD DE ARQUITECTURA	FECHA:		DEL 10 AL 12 DE JUNIO DE 2008.		
ELABORADO POR:	PERSONAL DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA	RESIST. PROY.:		60 KG/CM ²		
MATERIAL:	40% ARENA LIMOSA, 60% ARCILLA, 6% DE CEMENTO	NORMA DE REF.:		NMX-C-404-ONNCCE-1997		
		ENSAYADOS POR:		MANUEL MONROY ESTRADA		
	BLOQUE	0	5%	10%	15%	20%
	1	67.60	71.96	62.27	61.71	69.90
	2	73.98	63.93	45.18	87.60	75.84
	3	73.21	70.18	57.76	62.98	93.90
	4	74.74	57.83	53.57	60.13	96.66
	5	79.08	67.58	56.91	65.36	77.45
	6	86.99	72.91	64.31	37.78	89.03
	7	76.53	59.82	64.62	81.56	76.02
	8	70.15	64.08	58.14	68.83	93.32
	9	76.53	67.19	52.96	77.35	62.19
	10	79.08	70.31	55.10	67.93	67.96
	PROMEDIO	75.79	66.57	51.70	67.12	80.22

Tabla 3: Condensado de resistencia a la compresión seca de los BTC con triturado de llanta.

Figura 1 Gráfica del comportamiento de las muestras en la prueba de compresión simple en estado seco



CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO HÚMEDO PORCENTAJES DE TRITURADO DE LLANTA						
PROYECTO:				SUPERVISION:		
LOCALIZACION:				MUESTREADO POR:		
CONSTRUCTORA:	FACULTAD DE ARQUITECTURA			FECHA:	DEL 10 AL 12 DE JUNIO DE 2008.	
ELABORADO POR:	PERSONAL DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA			RESIST. PROY. :	60 KG/CM ²	
MATERIAL:	40% ARENA LIMOSA, 60% ARCILLA, 6% DE CEMENTO			NORMA DE REF.:	NMX-C-404-ONNCCE-1997	
				ENSAYADOS POR:	MANUEL MONROY ESTRADA	
	BLOQUE	0	5%	10%	15%	20%
	1	43.62	42.68	44.23	63.21	43.60
	2	52.63	46.30	36.38	60.89	27.07
	3	40.97	30.71	41.63	35.56	41.07
	4	48.62	25.33	43.67	51.05	36.30
	5	47.80	28.29	46.51	57.98	57.12
	PROMEDIO	46.73	34.66	42.48	53.73	41.03

Tabla 4: Condensado de resistencia a la compresión húmeda de los BTC con triturado de llanta.

Figura 2 Gráfica del comportamiento de las muestras en la prueba de compresión simple en estado húmedo

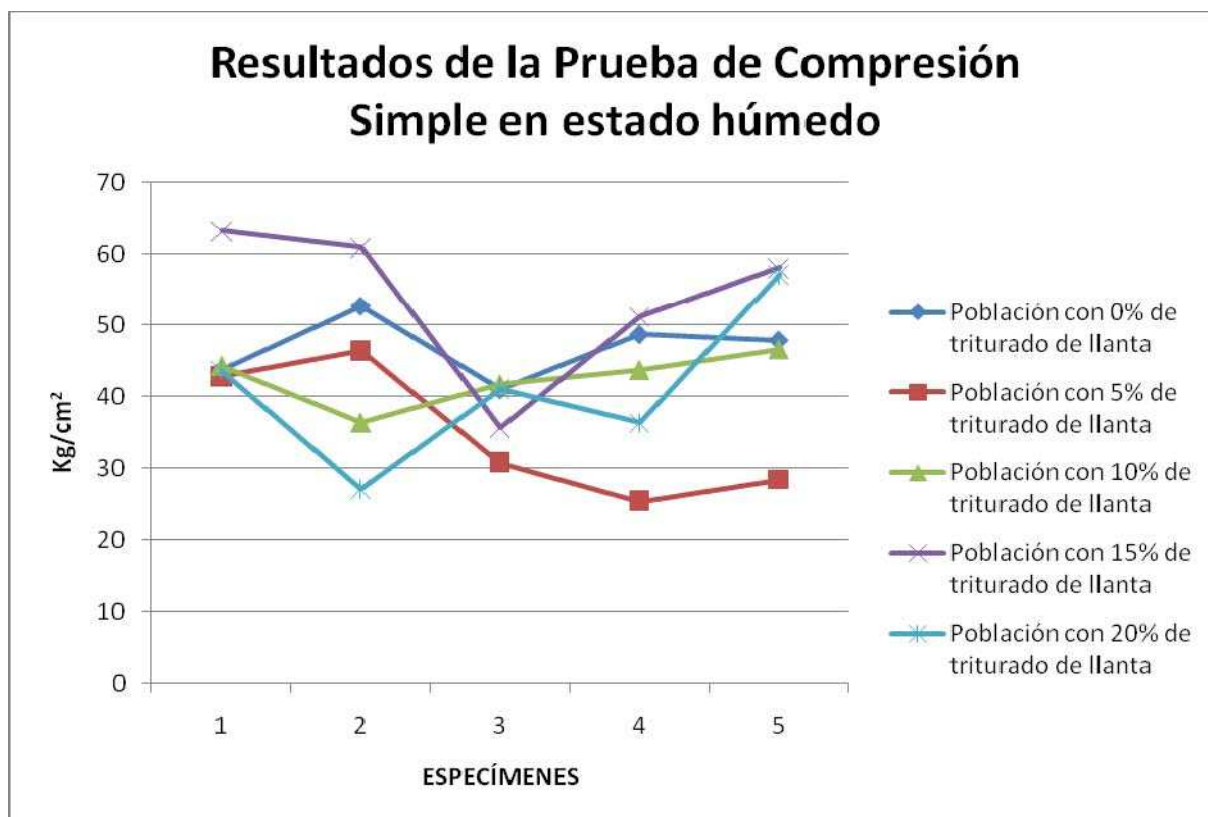
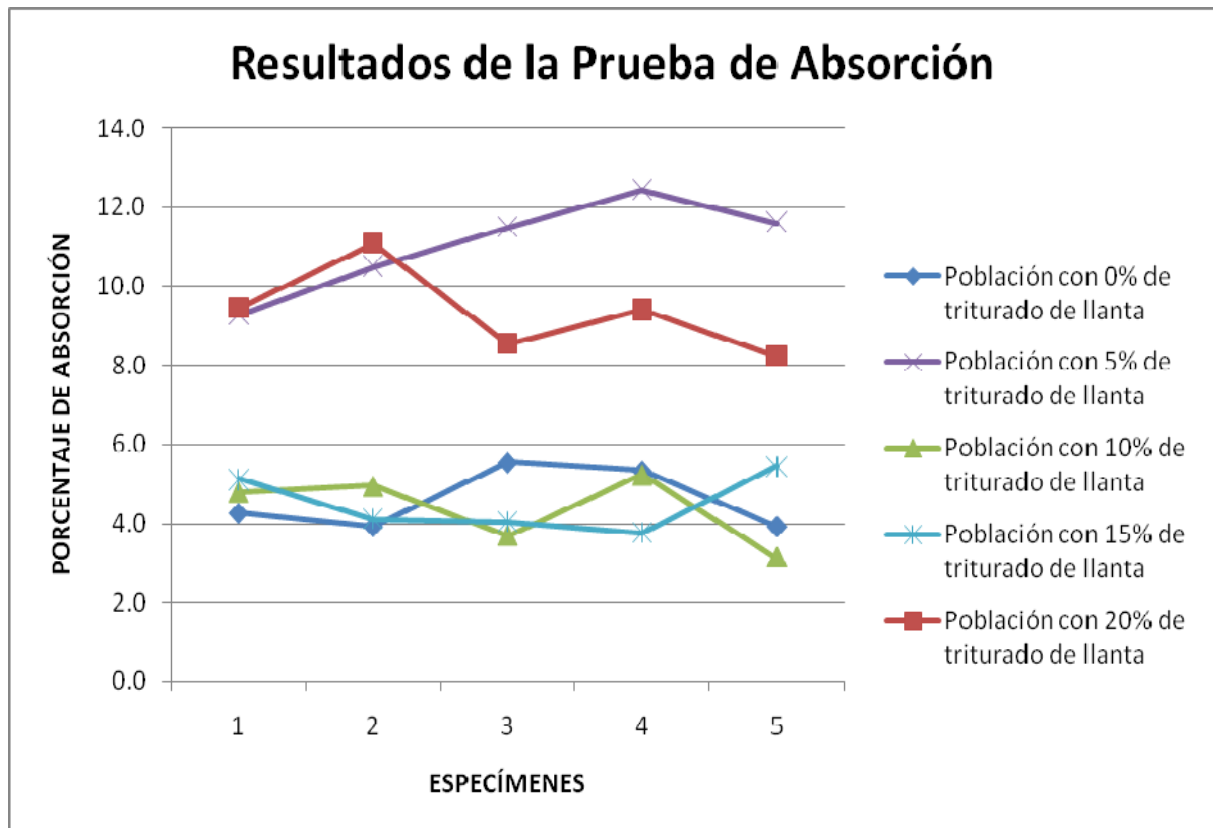


Tabla 5: Condensado de absorción de agua de los BTC con diferentes concentraciones de triturado de llanta.

CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA						
						
PROYECTO:				SUPERVISION:		
LOCALIZACION:				MUESTREADO POR:		
CONSTRUCTORA:	FACULTAD DE ARQUITECTURA			FECHA:	DEL 10 AL 12 DE JUNIO DE 2008.	
ELABORADO POR:	PERSONAL DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA			RESIST. PROJ. :		
MATERIAL:	40% ARENA LIMOSA, 60% ARCILLA, 6% DE CEMENTO			NORMA DE REF.:		
				ENSAYADOS POR:	MANUEL MONROY ESTRADA	
	BLOQUE	0	5%	10%	15%	20%
	1	4.27	9.28	4.80	5.12	9.45
	2	3.93	10.51	4.95	4.12	11.09
	3	5.54	11.50	3.70	4.04	8.55
	4	5.33	12.44	5.23	3.77	9.41
	5	3.93	11.62	3.14	5.44	8.24
	PROMEDIO	4.63	11.07	4.36	4.49	46.74

Figura 3 Gráfica del comportamiento de las muestras en la prueba de absorción



ESTUDIO DE TOXICIDAD DE LOS BTC CON TRITURADO DE LLANTA.

A los BTC elaborado con triturado de llanta se les hizo un análisis toxicológico en base a las pruebas C.R.I.T. según las normas NOM-052-SEMARNAT/2005 y NOM-053-SEMARNAT/93. A la muestra se le realizaron las pruebas de: Corrosividad, Reactividad e Inflamabilidad, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 6: Toxicidad de los BTC con triturado de llanta.

	NUMERAL (NOM-052- SEMARTAT- 2005)	ALCANCE	RESULTADO	LMP NOM-052- SEMARNAT- 2005	LÍMITS DETENCIÓN DEL MÉTODO
CORROSIVIDAD					
	7.2.1/7.2.2.	A	10.75 UpH	2 – 12.5 UpH	No Aplica
	7.2.3	A	No Aplica	6.35 mm/año	No Aplica
RECTIVIDAD					
	7.3.1.	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.2.	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.3.	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.4.	A	N.D.	250 mg HCN/Kg	< 2.0
	7.3.4	A	N.D.	500 mg H ₂ S/Kg	< 2.0
EXPLOSIVIDAD					
	7.4.	C	Negativo	Negativo	No Aplica
TOXICIDAD AL AMBIENTE					
	7.5.1	A	Ver resultados para los parámetros de la tabla 2 de la NOM- SEMARNAT- 2005, en el informe de resultados anexos	Ver tabla 2 (NOM-052- SEMARNAT- 2005)	Ver LDM en tabla 2 de la Norma NOM-052- SEMARNAT- 2005, en el informe de resultados anexos
INFLAMABILIDAD					
	7.5.1.	A	No Aplica	Liq. > 60.5°C	No Aplica
	7.5.2.	B	N.D.	Negativo	No Aplica
	7.5.3.	C	N.D.	Negativo	No Aplica
	7.5.4.	C	N.D.	Negativo	No Aplica
BIOLOGICO INFECCIOSO					
	7.7	C	N.D.	Negativo	No aplica

CONCLUSIONES

Se obtuvieron las siguientes conclusiones: con referencia a la compresión simple en estado seco la población con mejor resultado fue la de 20% de triturado ya que incremento la resistencia en un 5.84%, también se puede concluir que solo la población con 10% de triturado de llanta dio por debajo de lo que indica la norma mexicana que es de 60 kg/cm² y en estado húmedo la población que dio los mejores resultados fue la del 15% de incorporación con triturado de llanta ya que esta incremento su capacidad de carga en un 14.97%.

Con referencia a la absorción de agua dos poblaciones dieron una menor absorción de agua, la de 10% con un decremento del 5.83% y la del 15% con un decremento del 4.10 %.

Por último en el análisis de toxicidad resulto negativo para los BTC con triturado de llanta, para este análisis se utilizo la población con mayor cantidad de triturado, es decir la del 20%.

Por último se concluye que la incorporación de triturado de llanta a los BTC si mejora las características físicas y mecánicas con lo cual resulta una alternativa viable para la producción de un material de buena calidad y de bajo costo.

Así mismo el volumen a utilizar de triturado de llanta en los BTC en una producción masiva de viviendas permitiría reducir considerablemente el número de llantas tiradas y con lo cual se reduciría la contaminación y los focos de infección de enfermedades como el paludismo y el dengue.

BIBLIOGRAFÍA

- Avita G., Rodolfo C (1997). *Suelo Cemento*, México: IMCYC.
- Azconegui, Francisco (et Al.). (1998), *Guía práctica de la cal y el estuco*, Editorial de los oficios, León.
- Bardou, Patrick, y Arzoumainian, Varoujan (1981). *Tecnología y Arquitectura, Arquitectura de adobe*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Boyle-Bodin, F., et. Al (1989). *Estudios de la influencia del género de las arcillas en la elaboración de productos de "barro" estabilizado por mortero hidráulico, Vol.I, ponencia 11* (pp 207-216) en: Tercer Simposium CIB/RILEM MÉXICO '89, sobre materiales y tecnología para la construcción de vivienda de bajo costo. México: INFONAVIT.
- Chandra S., Eklund L., and R.R. Villarreal, "Use of cactus in mortars and concrete," *Cement and concrete research*, 28 (1998) 41.
- Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza. (2008). *Guía Municipal para el Manejo Integral de Llantas de Desecho*. México: Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza.
- CONAVI. (2006). *Necesidad de Vivienda 2006 - 2012*. MÉXICO: CONAVI.
- CONAVI. (2006). NECESIDAD DE VIVIENDA 2006 - 2012. En CONAVI, *NECESIDAD DE VIVIENDA 2006 - 2012* (pág. 223). MÉXICO: CONAVI.
- CONAVI. (2001). *REZAGO HABITACIONAL*. MÉXICO: SEDESOL.
- Conde, M. (22 de Enero de 2007). *Ambiente Plastico. com*. Recuperado el 13 de agosto de 2008, de http://www.ambienteplastico.com/suscriptores/article_698.php
- Fernández Loaiza, Carlos (1992). *Mejoramiento y estabilización de suelos*. México: Limusa.
- Hoffmann, Márcio. (2002), *Efeito dos argilo-minerail do solo na matéria prima dos sistemas construtivos com solo cal*, Tesis de Grado de Maestria, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Houben, Hugo; Rigassi, Vicebti, y Gamier, Philippe (1996). *Serie Technologies No. 5, Blocs de terre comprime, équipements de production*. Bruxelles: CRAtterre – EAG.
- Houben, Hugo, y Dr. Oyejola O.A (1998). *Serie Technologies No. 11, Blocs de terre comprime, normes*. Bruxelles: CRAtterre – EAG.
- Houber, Guillaud; Joffroy, Thierry, y Odul Pasca (1995)l. *Blocs de terre comprime, Volume II. Manuel de conception et de construction*. Alemania: CRAtterre – EAG.
- GARCIA, N. (SEPTIEMBRE de 2003). *ENTEPRENEUR EN ESPAÑOL. COM*. Recuperado el 17 de AGOSTO de 2008, de <http://www.entrepreneurespanol.com/pagina.hts?N=14010>
- INEGI. (2007). *CONTEOS 2005*. MÉXICO: INEGI.
- INFONAVIT. (2008). *INFONAVIT, Vivienda económica*. Recuperado el 2008, de http://www.infonavit.com.mx/infonavit_ampliado/oferentes/vivienda_economica/vivienda_economica.shtml
- Ramsey,1999 en Cuadernos Técnicos de la FAO. Producción industrial de productos no alimentarios. Recuperado el:29/08/2007 en: HYPERLINK "ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0534s/a0534s01.pdf" <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0534s/a0534s01.pdf>
- Roux Gutiérrez, R. S. (1990). *Utilización del Material Adobe para la Vivienda Popular en la Zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco*. Tampico: Universidad Autónoma de Tamaulipas.

ONNCCE (2004). *Norma Mexicana, NMX-C-036-2004 Industria de la construcción – Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines – Resistencia a la compresión –Método de prueba*. México: ONNCCE

ONNCCE (2005). *Norma Mexicana, NMX-C-037-2005 Industria de la construcción – Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua*. México: ONNCCE

Rubén Salvador Roux Gutiérrez: Arquitecto por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Maestro en Ingeniería por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctor Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, Jefe de Investigación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UAT y Investigador Nacional Nivel I.

Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez MAC: Arquitecta por el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, Maestra en Administración de la Construcción por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctorante por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UAT, Jefa de Tutorías de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la UAT.

A TAIPA DE SOPAPO COMO FORMA TRADICIONAL DE CONTRUÇÃO EM LOCALIDADES DA ZONA RURAL DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL

Danilo Sérvio Araújo; Josinara Mendes Ribeiro;
Mariana Furtado de Paiva; Sandra Selma Saraiva de Alexandria
Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho, Bras

Palavras-chave: construção com terra, taipa de sopapo, tecnologia tradicional, tradição

RESUMO

A busca por um modelo de construção sustentável nos dias atuais tornou-se uma necessidade em virtude da escassez de recursos naturais a nível global. Em todo o mundo tecnologias tradicionais voltam a ser foco de pesquisa e aplicação devido a sua facilidade de emprego e abundância de material básico. A terra sempre foi um material de construção usado nas regiões de clima quente e notadamente nas regiões onde as condições não permitem construir com materiais industrializados. As técnicas são bastante antigas e seu uso se dá principalmente pelo homem do campo, que aprende com seus antepassados e passa a adotá-la por necessidade. Daí a errônea concepção de que este tipo de habitação é utilizado por pessoas que não tem outra opção de moradia. O emprego das técnicas tradicionais de construção com terra, remonta ao tempo da colonização do Brasil. No Piauí, estado da região Nordeste e especificamente no povoado Baixão do Carlos, na cidade de Teresina, foram encontrados exemplares de edificações de taipa de sopapo, com qualidade digna de um estudo mais detalhado. **Objetivo:** O objetivo desse trabalho, portanto, é analisar o processo construtivo utilizado pela população local. **Método/Abordagem:** Através de entrevista, registro fotográfico e acompanhamento simultâneo da obra executada no local é possível descrever o processo construtivo utilizado para a execução de uma residência de taipa de sopapo, fazer uma análise tipológica e da forma de aplicação do sistema construtivo, além de descrever os materiais mais utilizados. **Resultados:** Foi possível perceber que as técnicas tradicionais de construção com terra ainda estão presentes nas comunidades rurais e caracterizam a arquitetura rural da região. **Contribuição/Originalidade:** Com isso espera-se contribuir para um maior conhecimento e melhoramento das tecnologias de construção tradicionais com terra que ainda tem importância relevante para a região rural do estado do Piauí.

1. INTRODUÇÃO

Hoje a crise ambiental existe a nível global como consequência do mau uso dos recursos naturais pela humanidade. Grandes personalidades na comunidade científica, a exemplo um dos idealizadores do Fórum Social Mundial, Oded Grajew afirmou: "A crise ambiental que assola o planeta pode ser irreversível. Os cientistas dizem que depois de certo tempo será irremediável o dano ambiental no mundo. É como um câncer" (GRAJEW, 2009). Na verdade a crise financeira e a realidade ambiental andam juntas na mesma direção. Em nações capitalistas onde o que vale é a competição de mercado, o lucro a qualquer custo e a exploração, danos desastrosos são causados e os recursos naturais cada vez mais ficam escassos. Isso tem tornado mais distante a possibilidade de uma sociedade consciente, equilibrada e sustentável.

A busca de soluções sustentáveis é de fundamental importância para amenizar a crise ambiental, principalmente na construção civil, um dos maiores impactadores do meio ambiente devido ao grande número de recursos naturais que utiliza direta ou indiretamente. Diversos modelos e métodos construtivos estão sendo desenvolvidos em busca de maior eficiência. Em todo o mundo tecnologias tradicionais, como a arquitetura vernacular, voltam a ser foco de pesquisa e aplicação devido a sua facilidade de emprego e abundância de material básico.

A terra sempre foi um material de construção usado nas regiões de clima quente e notadamente nas regiões onde as condições não permitem construir com materiais industrializados. As técnicas são bastante antigas e seu uso se dá principalmente pelo homem do campo, que aprende com seus antepassados e passa a adotá-la por necessidade. Daí a errônea concepção de que este tipo de habitação é utilizado por pessoas que não tem outra opção de moradia. O emprego das técnicas tradicionais de

construção com terra, remonta ao tempo da colonização do Brasil. Essas técnicas são alternativas que vem demonstrando seu potencial como forma de construção em harmonia com conceitos de sustentabilidade devido à sua facilidade de aplicação e abundância de material básico, a terra.

1.1. Construção com terra no Brasil

Há mais de 10.000 anos a terra crua vem sendo usada como matéria prima para construções. Há registros remotos deste domínio na África e Médio Oriente o que demonstra sua longevidade. (DETHIER E GUILLAUD, 1994).

No Brasil, a utilização da terra como elemento construtivo chegou com a colonização. Vieram as técnicas do adobe, taipa de sapapo ou pau-a-pique e taipa de pilão. Estas técnicas construtivas com terra crua foram adotadas desde o início da colonização em todo território brasileiro. A diversidade ambiental e cultural foram fatores importantes no seu desenvolvimento, sofrendo algumas adaptações de acordo com as regiões do Brasil onde eram aplicadas. Segundo Sousa (1996, apud Alexandria, 2006), nas localidades do Brasil onde a pedra era rara e de difícil extração, prevaleceu a arquitetura de terra crua sob diversas formas de construção.

A terminologia utilizada para taipa, genericamente empregada, significa a utilização de solo, argila ou terra como matéria prima básica de construção. Alguns registros mostram que negros e indígenas influenciaram na forma de execução, pois ambos conheciam processos construtivos que utilizavam a terra como matéria prima. Eles empregavam estruturas de madeira preenchidas com barro, que apresentam similaridades com as técnicas da taipa de mão, apesar de serem mais rústicas e mais próximas das técnicas utilizadas atualmente pelas comunidades carentes em algumas regiões do Brasil, mais conhecidas como pau a pique. A taipa de pilão foi muito empregada na construção de casarões, mosteiros e igrejas há mais de 250 anos. A taipa de mão e o adobe ainda hoje são muito utilizados no meio rural e no sertão central e nordestino (VASCONCELOS, 1977 apud ALEXANDRIA, 2006).

1.2. Uso da terra como técnica alternativa na construção sustentável

Hoje, diversos conceitos transmitidos sobre a sustentabilidade têm fundamento em algumas teorias, o documento 'Nosso Futuro Comum' traz o conceito de Sustentabilidade associado ao conceito de Desenvolvimento, e diz que: "O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades." (ZANCHETTI, 2002, p.3). Esse conceito mostra a importância de se extrair os recursos naturais de forma consciente, assim como na arquitetura vernacular, na construção com terra, ou de modo mais amplo na arquitetura sustentável. Segundo Martin et al (2008. p.01):

"Na arquitetura sustentável destacam-se o planejamento territorial, a proteção da paisagem natural, a eficiência energética do edifício, a correta especificação dos materiais e o reaproveitamento de edifícios existentes. Além disso, tem o papel de proporcionar e manter o bem-estar da população em geral e particularmente dos usuários das edificações, respeitando aspectos sociais, culturais e econômicos"

A construção com terra traz em sua essência a utilização de materiais que não passam por etapas de industrialização evitando, assim, a produção de CO² no processo produtivo e reduzindo a poluição atmosférica. A terra é um material em abundância no planeta, seu uso na construção traz grandes benefícios ambientais e construtivos entre eles a facilidade de aplicação. O fato de ser um material natural, ecológico, reciclável e sustentável, mostra seu diferencial positivo perante outros materiais. Além dos fatores ambientais citados, a que se pensar também na sua sustentabilidade cultural, pois está inserido na tradição de construção popular.

A taipa de sopapo, método construtivo no qual pode-se empregar apenas materiais naturais nas edificações, como o barro (solo escavado), pedra, madeira, cipó e palha, nos mostra o quanto pode ser eficiente a natureza quando bem utilizada pelo homem.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o processo construtivo empregado pela comunidade do povoado Baixão do Carlos, na zona rural do município de Teresina, capital do estado do Piauí. Possibilitando a interação direta dos estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho com a forma tradicional de construção da taipa de sopapo, reconhecendo o emprego de materiais alternativos utilizados pelos moradores locais.

3. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho foi utilizada a seguinte metodologia: levantamento bibliográfico acerca do tema; coleta de dados através de entrevista com o proprietário/construtor da obra analisada; levantamento de dados relacionados ao povoado; acompanhamento das etapas de construção; registros fotográficos; análise dos resultados encontrados.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A execução da obra foi feita durante os finais de semana, quando o proprietário/construtor e os alunos se reuniam para a execução dos trabalhos de construção. Todas as etapas construtivas foram acompanhadas e os registros do processo e fotográfico serão descritos a seguir.

4.1. Descrição do processo construtivo

O terreno onde foi implantada a edificação se encontrava parcialmente plano. Segundo experiência prática do proprietário/construtor o solo do local é argiloso, ou seja, tem a quantidade de argila ideal para ser empregado na taipa de sopapo. O terreno foi limpo para que se iniciasse a construção.

Para a execução da fundação de base das forquilhas e sua fixação demarcou-se a posição das paredes com o uso da linha de prumo. Em seguida foram fincadas em valas individuais as forquilhas de canto, de encontro das paredes e as de cumeeira, em cavas com 50 cm de largura por 80 cm de profundidade. As valas foram preenchidas com pedras graúdas e apiloadas para a fixação das forquilhas. As madeiras utilizadas foram: Grão-de-bode, Caneleiro, Pau-d'arco, e Candurú. O proprietário/construtor Antônio Silva Araújo¹ afirma que poderia ser usado cimento Portland na argamassa de preenchimento das valas, que serviria para dificultar o processo de decomposição da madeira abaixo do solo. Outro recurso utilizado tradicionalmente é envolver a base das forquilhas com material plástico antes destas serem fixadas no solo.

Para a estrutura do entramado das paredes, também foram usadas madeiras encontradas no entorno. Pau de rato, Violeta e Candurú foram utilizadas para as varas verticais espaçadas a cada 30 cm. Uma vala corrida de 40 cm de profundidade foi aberta na extensão de todas as paredes onde foram fincadas as varas verticais do entramado. As valas foram preenchidas com pedras apiloadas e terra escavada.

O esqueleto horizontal, composto apenas por talas de coco Babaçu, foi amarrado nas varas verticais com uso de barbante, a uma distância média de 15 cm uma da outra. Também poderia ser utilizado o cipó de escada e embira de sapucaia encontrada na vegetação da região, que é muito mais resistente que o barbante (Figura 1).

¹ Informação verbal do proprietário/construtor residente na comunidade Baixão do Carlos, Antônio Silva Araújo



Figura 1 – Entramado na área externa, entramado na área interna e fundação das varas do entramado.

A altura do pé-direito do entramado foi finalizada com a fixação de linhas de Pau-d'arco, Laranjinha e Canduru, que fazem a função de vigamento. Depois deste cintamento, o entramado segue até a altura de cumeeira. O uso do prego é muito reduzido, apenas no encontro do encaixes das vigas e pontaletes e na fixação de caibros e ripas da cobertura. Depois da execução do entramado das paredes, foi iniciada a cobertura da casa para evitar que a madeira pegasse sol e chuva e o trabalho de barreamento fosse feito na sombra. A cobertura foi composta de duas águas simples. Foi empregada a telha cerâmica tipo capa-e-canal e a estrutura foi feita com madeira roliça de Pau-d'arco, Unha-de-gato ou Cunduru, retirada no entorno. As ripas foram talhadas a facão, num processo bastante artesanal, retiradas do Pati ou Cunduru. De acordo com informação verbal do proprietário/construtor, a palha de Babaçu é uma boa solução térmica e de baixo custo para o recobrimento de cobertura, porém a região sofre muitas queimadas durante o período seco e isso torna o uso da palha um perigo constante de incêndio, sendo evitado (Figura 2).



Figura 2 – Estrutura da cobertura, vista externa e beiral.

Para a execução do cheio, etapa seguinte que preencheria a trama de madeira das paredes, foi escolhido um barreiro situado nas proximidades da construção e selecionado apenas pela experiência prática do proprietário/construtor. A primeira camada de solo com 20 cm de profundidade foi descartada por conter muita matéria orgânica e ser pouco argilosa. A terra (solo escavado) que seria utilizada era armazenada dentro da casa para se conservar seca, longe das chuvas e dos animais. A escavação do barreiro era feita até a profundidade de 1,20 m.

O barro é preparado no momento do cheio das paredes, somente com a adição de água. Misturado a princípio com a enxada e depois amassado com os pés. Para o preenchimento do entramado foram feitas camadas intercaladas do barro, que é colocado com as mãos, e camadas de pedras pequenas que foram recolhidas no entorno do terreno. Isso assegura uma economia na quantidade de terra que será escavada e também ajuda na resistência final da parede. Essa etapa deve ser executada por duas pessoas, uma dentro da casa, que coloca as camadas de barro, e outra do lado de fora, que coloca as camadas de pedra, intercalando uma e outra (Figura 3).



Figura 3 – Preenchimento do entramado e barro armazenado.

Após a etapa de colocação do cheio das paredes, seu nivelamento é feito através do lançamento seqüencial do mesmo barro, com adição de um pouco mais de água, para que ele se fixe melhor na parede. O barro é arremessado em pequenas quantidades, ao longo de toda a parede, de baixo para cima. O primeiro alisamento é feito com a ponta dos dedos no momento em que o barro está sendo lançado.

Depois de cheias, niveladas e secas as paredes, define-se a posição das janelas e os buracos são feitos nas paredes com o auxílio de ferramentas (talhadeira, martelo e serrote). Essa forma de execução dispensa o uso de vergas e contra-vergas nos vãos que são abertos para a fixação das esquadrias e as próprias forras das janelas farão a função de verga e contra-verga (Figura 4).



Figura 4 – Aplicação das janelas.

As instalações hidráulicas foram feitas antes do reboco das paredes, apoiadas sobre a estrutura de madeira do entramado e ficaram embutidas no reboco. Chuveiro, bacia sanitária e pia no banheiro e na cozinha foram as instalações executadas.

As instalações elétricas foram fixadas na estrutura de cobertura, descendo apenas tomadas e interruptores que foram instalados na parede. Não são utilizados eletrodutos embutidos no reboco, como nas instalações hidráulicas, por medida de economia (Figura 5).



Figura 5 – Aplicação de instalação elétrica.

No reboco liso é utilizado o mesmo barro de execução das paredes, a diferença é que a terra escavada nessa etapa final da construção é aquela encontrada no fundo do barreiro e que contem menos matéria orgânica e pedriscos. Quando há, na sua composição grande quantidade de argila, acrescenta-se areia para que não haja fissuração. Para detectar se é necessária a adição de areia são feitos testes de aplicação de camadas em algumas paredes e esperasse secar para saber se surgirão trincas. Após a parede secar, verificou-se

a presença de fissuras e adicionou-se duas quantidades de areia para uma de barro. Nesta etapa o lançamento do barro é feito manualmente em pequenas quantidades e seu acabamento é feito com o auxílio de desempenadeira (Figura 6).



Figura 6 – Reboco liso.

Para a finalização, as paredes externas da edificação recebem uma impermeabilização até a altura de 1 m do piso, com argamassa de cimento e areia no traço 1:6, com o objetivo de proteger a taipa contra os respingos da chuva, não havendo registros de descolamento. Nas paredes internas a mesma impermeabilização é feita com 10 cm de altura do piso e é chamada de rodapé.

Para a execução do contra-piso é feito o aterro do interior da construção para o seu nivelamento, elevado em torno de 15 cm. No piso é utilizado o cimento queimado com a adição de pó xadrez para acrescentar-se cor. O piso do banheiro é revestido com cerâmica e suas paredes até altura de 1,20 m, é feito o uso de argamassa de assentamento.

No entorno da construção foi feita uma calçada cimentada com largura um pouco menor que a do beiral, que para que a chuva não caia sobre ela e respingue na parede.

5. CONCLUSÃO

Através da pesquisa e levantamento realizados neste trabalho, concluiu-se que a taipa de sapo ainda é uma técnica bastante empregada na zona rural do município de Teresina e em todo o estado do Piauí. Conceitualmente permite a adição de novos conhecimentos e procedimentos que venham aprimorá-la, aumentando sua durabilidade ou simplesmente adaptando-a as características e peculiaridades da região em que é empregada e utilizando-se da matéria prima encontrada no local. À medida em que são analisados novos conceitos, como o de sustentabilidade, estes vão sendo incorporados à técnica, sem, no entanto, alterar suas características essenciais.

A necessidade faz com que o homem procure sempre adaptar-se ao local da melhor forma possível, usando os recursos que estão disponíveis, neste caso as madeiras nativas, o barro e a pedra. No povoado Baixão do Carlos, zona rural de Teresina, a comunidade que vive no local, com poucos recursos e sem acesso aos materiais mais nobres e industrializados, encontrou formas de se adaptar aos condicionantes locais utilizando os recursos disponíveis na região e empregando as técnicas construtivas que foram aprendidas e repassadas de pai para filho. Esse é o conceito de sustentabilidade que foi incorporado ao processo tradicional de construção, alie-se a isto o fato de que o solo e a pedra empregados foram retirados do próprio terreno e as madeiras são encontradas na mata do entorno, ambos de forma não intensiva.

Todas as etapas e procedimentos utilizados para a construção da obra foram acompanhados e registrados sem que se interferisse no modo de execução desenvolvido pelo construtor. Sendo assim, o trabalho apresenta a técnica como ela é empregada usualmente por essas populações da zona rural. Com isso espera-se contribuir para um maior conhecimento e melhoramento das tecnologias de construção tradicionais com terra, que ainda tem importância relevante para a região rural do estado do Piauí.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRIA, S.S.S. *Arquitetura e Construção com Terra no Piauí: Investigação, Caracterização e Análise*. Teresina, 2006. 150p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí – UFPI.
- BURNETT, F. L.. *Urbanização e desenvolvimento sustentável: a sustentabilidade dos tipos de urbanização na cidade de São Luís do Maranhão*. São Luís: UEMA, 2008. 230p.
- DETHIER, H.; GUILLAUD, H. *Earth Construction: a comprehensive guide*. London, UK: Intermediate Technology Publications, 1994.
- GRAJEW, O.. *A crise ambiental que assola o planeta pode ser irreversível*. 2009. Disponível em: <www.badaueonline.com.br/2009/2/1/Pagina38945Print.htm>. Acesso em 16/04/2009.
- MARTIN, E.S.; OKIMOTO, F.S.; FERREIRA, M.M.; PASSALACQUA, Alessandra, VELÁZQUEZ, F. *Conjunto habitacional de interesse social*. Universidade Estadual Paulista – Campus de Presidente Prudente. Presidente Prudente, SP, 2008.
- SOUZA, R. C. J. *Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais*. Cadernos de arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte: 1996. n.4, p. 103-120.
- VASCONCELLOS, S. de. *Vila Rica: formação e desenvolvimento – residências*. Coleção Debates. São Paulo: Editora Perspectiva S. A: 1977.
- ZANCHETTI, S.M. *O desenvolvimento sustentável urbano*. In: Gestão do Patrimônio Cultural Integrado, CECI – Editora da Universidade de Pernambuco, Recife, 2002. p. 79-83.

Danilo Sérgio Araújo: Estudante do 6º período de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho. Telefone: 086 - 8826 2272. E-mail: danilo_servio@yahoo.com

Josinara Mendes Ribeiro: Estudante do 6º período de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho. Telefone: 086 - 3232 7549. E-mail: josinara_mr@hotmail.com

Mariana Furtado De Paiva: Estudante do 6º período de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho. Telefone: 086 - 3233 4207. E-mail: marianafurtado_8@hotmail.com

Sandra Selma Saraiva De Alexandria: Arquiteta e Urbanista. Especialista em Ciências Ambientais. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professora Assistente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho e Professora Substituta do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPI. Telefone: 086 - 3233 8065 E-mail: s3arquitetura@yahoo.com.br

PERSPECTIVA BIOMIMÉTICA DO NINHO DE ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

Bruno Silva¹; Fernando Nunes²; Amândio Pinto²; Pedro Tavares²; Humberto Varum³; Jorge Pinto¹

¹ECT, Departamento de Engenharias. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

²CQVR. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

³Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro (UA). Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro. Portugal

Palavras-chave: construção em terra, materiais naturais, biomimética, caracterização material de ninhos, reforço da terra

RESUMO

A terra é um material natural, ecológico, reciclável e abundante e, como tal, foi sempre e volta agora a ser considerado como sendo um dos materiais/soluções de construção de eleição, com enorme potencial. Na construção tradicional portuguesa encontram-se várias soluções construtivas recorrendo ao uso da terra crua, com uma importante expressão. Este património construído necessita de ser conservado. Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objectivo dar um contributo na temática das soluções de melhoramento do comportamento e reforço de elementos construtivos em terra a partir do estudo biomimético de um ninho de andorinha-dos-beirais. De modo a identificar a eventual existência de algum fenómeno de aglutinação ocorrido durante o processo de construção de um ninho de andorinha-dos-beirais, procedeu-se a um trabalho experimental de caracterização a partir de amostras recolhidas em diferentes ninhos encontrados na zona de Vila Real. Para a identificação da composição química inorgânica e mineralógica das amostras recolhidas realizaram-se análises em Scanning Electron Microscopy / Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) e por difracção de raios-X. Para a identificação da composição orgânica das amostras recolhidas foi feita a quantificação colorimétrica do teor de proteínas pelo método de biureto, e do teor de polissacarídeos/açúcares pelo método dos açúcares totais. Os resultados experimentais relativos às amostras retiradas dos ninhos quando comparados com resultados similares relativos a amostras de argila recolhidas na mesma zona de origem dos ninhos, são muito semelhantes, destacando-se apenas a presença de polissacarídeos/açúcares nas amostras de ninho.

Pretende-se que a partir dos resultados da caracterização do material constituinte dos ninhos se possam retirar sugestões para o desenvolvimento de soluções de estabilização e de melhoramento de elementos construtivos existentes de terra crua.

1. INTRODUÇÃO

O nosso planeta tem estado em constante evolução e os seres vivos que não foram extintos por processos de selecção natural, enfrentaram rigorosos processos de evolução e de adaptação.

A biomimética é uma área da ciência que se baseia no estudo da natureza de forma a extrapolar novas formas de adaptação ao planeta. Mecanismos biológicos e estruturas naturais são dois exemplos de modelos naturais de imitação da biomimética.

Têm sido realizados inúmeros trabalhos de investigação nesta área científica e em campos de aplicação diversos. São exemplos os mecanismos e as estratégias de defesa e ataque inspirados em organismos vivos [1], trabalhos sobre nano-materiais e transplantes de órgãos humanos por órgãos totalmente artificiais e inspirados em órgãos reais [1] e o conceito de pré-esforço orgânico inspirado no modelo do músculo do bíceps humano [2].

No presente trabalho, o ninho da andorinha-dos-beirais foi o modelo natural estudado. Esta investigação pretendeu aferir se esta ave introduz alguma espécie de aglutinante natural na fase de construção do ninho que induza um aumento de qualidade do material. Esta

informação poderá então ser muito útil no contexto da construção civil e nomeadamente no melhoramento de soluções construtivas que usam terra crua.

A construção com terra crua é mundialmente muito relevante pois grande percentagem da população mundial reside em construções desta natureza. A taipa, o adobe e o tabique são as três principais técnicas construtivas que recorreram à terra crua em Portugal [3]. Este trabalho pretende dar um contributo no processo de reabilitação destes tipos de construção assim como na melhoria de novas construções em terra crua.

Para o efeito, foi necessário e fundamental efectuar uma identificação/caracterização exaustiva do material constituinte dos ninhos em termos de composição química elementar, de composição mineralógica e da composição orgânica, através de um estudo experimental que incluiu análises em SEM/EDS, difracção de raios-X e análises colorimétricas

2. ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

A andorinha-dos-beirais (*Delichon Urbicum*) [4; 5] (Figura 1) é uma ave migratória que pertence à família das andorinhas (*Hirundinidae*). Esta ave é estival na Europa (excepto na Islândia), no norte de África e nas regiões temperadas da Ásia, e, por sua vez, é invernal na África subsariana e na Ásia tropical. Esta ave alimenta-se exclusivamente de insectos, que captura em pleno voo, pelo que migra para regiões que apresentam climas que proporcionam a abundância de insectos voadores.

A espécie nominal *Delichon Urbicum* tem cerca de 12 a 13 cm de comprimento, uma envergadura de asas de 26 a 29 cm e um peso médio de 18,3 g [6].

Uma postura desta ave é constituída geralmente por 4 a 5 ovos. Os ovos são brancos e têm um tamanho médio de 1,90 cm de comprimento, 1,33 cm de diâmetro e um peso médio de 1,7 g. A incubação dos ovos dura geralmente 14 a 16 dias e é feita essencialmente pela fêmea. As crias recém-eclodidas são altriciais e necessitam de 22 a 32 dias para abandonar o ninho, dependendo das condições atmosféricas. Os progenitores continuam a alimentar as crias durante cerca de uma semana após estas terem saído do ninho.

Existem duas ninhadas por ano em que o mesmo ninho é utilizado. O ninho é reparado e é reutilizado novamente nos anos seguintes.

3. O NINHO DA ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

Originalmente, a andorinha-dos-beirais apenas nidificava em falésias e cavernas. Contudo, hoje em dia, é frequente encontrar ninhos desta ave em edifícios ou em pontes, e, preferencialmente, em zonas próximas da existência de água. No contexto dos edifícios, os ninhos da andorinha-dos-beirais são construídos na zona de ligação entre a parede e o beiral, ficando deste modo reforçados pela ligação a dois planos distintos (Figura 1) e, simultaneamente, protegidos de predadores e das intempéries, em particular da chuva [1; 6]. Tal como se pode observar na Figura 1 o ninho tem a forma de uma “taça fechada” com uma abertura estreita na parte superior.

O ninho é construído por pedaços de argila (Figura 1) ligados entre si com saliva e é forrado interiormente por palha, ervas, penas ou outros materiais macios [6; 7]. A construção de um ninho poderá demorar até cerca de 10 dias [8] e é levada a cabo tanto pelo fêmea como pelo macho.



Figura 1: Ligação do ninho à parede e ao beiral (fonte:www.animalpicturesarchive.com)

4. ANÁLISE EXPERIMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO/CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DOS NINHOS

Tal como foi referido anteriormente, o processo experimental de identificação/caracterização do material do ninho incluiu a realização de ensaios SEM/EDS para determinar a composição química elementar, a realização de ensaios de difracção de raios-X para a determinação da composição mineralógica e a realização de análises colorimétricas para a determinação da composição orgânica.

Neste estudo, foram usadas amostras de argila recolhidas em zonas próximas dos ninhos e amostras de ninho recolhidas em três freguesias de Vila Real (São Dinis, Mateus e Noura). As amostras de argila foram consideradas como sendo o material de referência. A Figura 2 ilustra alguns dos equipamentos utilizados nos ensaios de identificação/caracterização.



a) Microscópio electrónico



b) PANalytical modelo X'Pert PRO com detector X'Celerator



c) Espectrofetómetro de absorvância molecular

Figura 2: Equipamentos utilizados nos ensaios de identificação/caracterização

4.1 ANÁLISE SEM/EDS

A análise SEM/EDS foi realizada na unidade de microscopia electrónica e de varrimento da UTAD e com o objectivo de determinar a composição química elementar dos materiais do ninho. Os resultados obtidos através desta análise apresentam-se na Tabela 1.

Elementos %	Amostras			
	Referência	São Dinis	Mateus	Noura
Oxigénio (O)	48,12	45,67	41,72	46,80
Sódio (Na)	0,69	0,81	0,42	1,43
Magnésio (Mg)	0,89	0,33	0,75	1,10
Alumínio (Al)	12,90	15,54	15,54	12,60
Sílica (Si)	29,04	27,47	33,08	27,85
Cloro (Cl)	0,00	0,99	0,00	0,09
Potássio (K)	3,62	6,22	2,89	3,45
Cálcio (Ca)	0,00	0,00	0,00	0,61
Titânio (Ti)	0,38	0,21	0,48	0,57
Ferro (Fe)	4,36	2,76	5,12	5,50

Tabela 1: Resultados obtidos através das análises SEM/EDS

Através dos valores da Tabela 1 observa-se que as amostras estudadas apresentam uma composição química elementar muito semelhante. Os valores em percentagem dos elementos químicos identificados (oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, sílica, cloro, potássio, cálcio, titânio e ferro) nas várias amostras são muito próximos. O elemento químico que mais se destaca é o oxigénio andando muito próximo dos 50%. A sílica é o segundo elemento químico que existe em mais abundância aparecendo com um valor médio de 29,36%. Em seguida surge o alumínio com uma incidência média de 14,15%. O ferro e o potássio apresentam uma incidência média de 4,44% e de 4,05% respectivamente. A incidência média do sódio é de 0,84% e a do magnésio é de 0,77%. Os elementos químicos cloro e cálcio apresentam uma incidência média muito residual e que é de 0,27% e 0,15% respectivamente. Através destes resultados também se observa que se trata de um material argiloso.

4.2 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Com o intuito de se identificar a composição mineralógica, e, as estruturas cristalinas dos materiais em estudo, realizou-se o ensaio de difracção de raios-X na unidade de microscopia electrónica e de varrimento da UTAD. Os resultados obtidos através deste ensaio irão permitir aferir se a argila recolhida na região (amostra de referência) apresenta uma composição mineralógica semelhante à composição mineralógica das amostras de ninho recolhidas nas freguesias de Mateus, de São Dinis e de Noura.

A Figura 3 apresenta os resultados dos ensaios de difracção de raios-X realizados nas amostras. Os minerais identificados são os seguintes por ordem de maior quantidade: quartzo, moscovite, alumino-silicato de potássio e clinocloro. Estes resultados indicam que a composição mineralógica das amostras é semelhante, embora exista uma pequena diferença na quantidade de clinocloro entre a amostra de referência e as amostras de ninho. As estruturas cristalinas encontradas nas amostras são similares. Os minerais identificados são característicos dos solos argilosos.

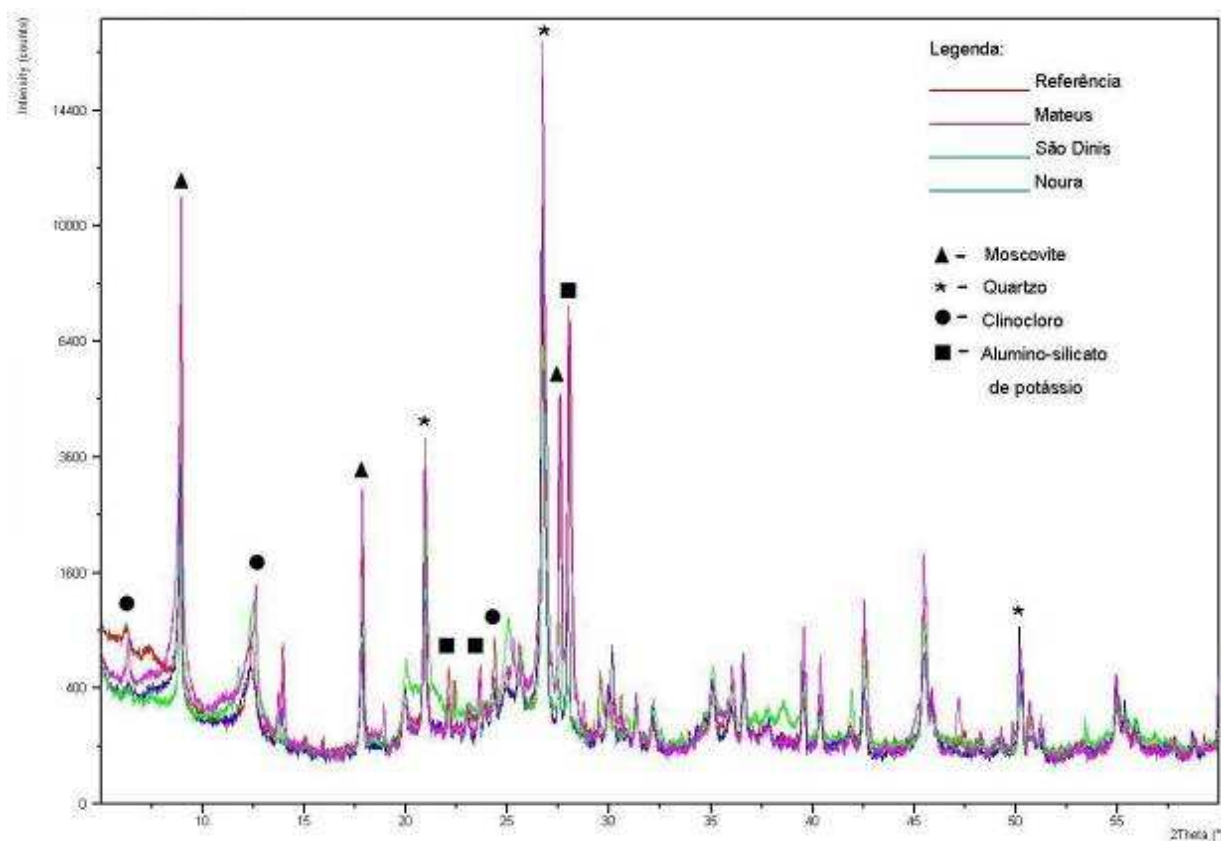


Figura 3: Gráficos combinados da composição mineralógica resultantes da difração de raios-X

4.3 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

De modo a identificar a composição orgânica e, em particular, a existência de polímeros de origem proteica ou de origem polissacarídica, do material em estudo procedeu-se à realização da análise colorimétrica no Laboratório de Química Fina e Aplicada do Departamento de Química da UTAD.

A análise colorimétrica consistiu na determinação do teor de proteínas e o teor de polissacarídeos/açúcares utilizando reacções selectivas para polissacarídeos/açúcares e proteínas, sendo o seu teor determinado colorimetricamente por espectrofotometria de absorção molecular, após a sua extracção com água em ultra-sons. Para se aferir a existência de proteínas foi usado o método de biureto, em que se utiliza o reagente de biureto (solução de Cu^{2+} em solução alcalina) e a cor violeta resultante da complexação dos iões cobre pelas ligações peptídicas foi determinado a 560 nm. Para se aferir a existência de polissacarídeos/açúcares recorreu-se ao método dos açúcares totais utilizando o método do fenol a 5% e ácido sulfúrico concentrado, e a cor desenvolvida resultante da desidratação dos açúcares e posterior condensação com o fenol foi determinada a 490 nm.

Inicialmente foi efectuada uma triagem, pelo método de biureto e açúcares totais, para se detectar a existência de matéria orgânica nas amostras e identificar a sua natureza. Nesta triagem, foi feita a comparação entre a amostra de referência e a amostra do ninho de São Dinis. Nesta fase as análises colorimétricas foram feitas em duplicado, tal como pode ser observado nos resultados expostos na Tabela 2.

		Branco (água ultra pura)	Referência (Argila)		São Dinis	
Absorvância molecular	Método de biureto	0,156	0,174	0,176	0,127	0,138
	Método dos açúcares totais	0,220	0,340	0,580	1,366	1,142

Tabela 2: Absorvâncias da amostra de referência e da amostra de ninho de São Dinis pelos métodos de biureto e dos açúcares totais (10 minutos de ultra-sons)

Através do método de biureto, Tabela 2, as absorvâncias das amostras de referência (argila) e do ninho de São Dinis são da mesma ordem de grandeza à absorvância do branco, o que indica a inexistência, ou pouca abundância, de matéria orgânica de origem proteica nas amostras de material em estudo.

Por sua vez, através do método dos açúcares totais, as absorvâncias das amostras de referência (argila) e do ninho de São Dinis apresentam valores superiores ao branco e tal como se pode observar na Tabela 2. Este dado é revelador da existência de polímeros do tipo polissacarídeos/açúcares no material em estudo. Observa-se também que no mesmo método o valor das absorvâncias da amostra de ninho de São Dinis é significativamente superior ao valor da amostra de referência (argila) mostrando então que o material do ninho tem um teor de polímeros do tipo polissacarídeos/açúcares significativamente superior ao do material de referência (argila). Os resultados apresentados na Tabela 2 também indicam que não ocorreu um desvio no processo de ensaio.

Procedeu-se a uma análise colorimétrica do método dos açúcares totais mais exaustiva que contemplou séries de 5, 30, 60 e 90 minutos de ultra-sons de modo a observar a ocorrência de cinética de extracção em todas as amostras. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 3 e reforçam a conclusão de que a andorinha-dos-beirais parece adicionar polissacarídeos/açúcares ao material do ninho aquando da sua construção e atendendo a que os valores das absorvâncias obtidas através deste método em todas as amostras de ninho ensaiadas são superiores ao respectivo valor obtido na amostra de referência (argila). Estes resultados também mostram que à medida que aumenta a duração da realização deste ensaio também aumenta o valor da absorvância e é mais significativa a diferença deste valor entre amostras de referência e de ninho.

Amostra	Ultra- sons (minutos)	Referência (Argila)	Mateus	São Dinis	Noura	Branco
1	5	0,238	0,459	0,973	0,291	0,220
2	30	0,288	0,525	1,199	0,370	
3	60	0,326	0,687	1,521	0,390	
4	90	0,392	0,702	1,812	0,427	

Tabela3: Absorvâncias da amostra de referência (argila) e das amostras de ninho obtidas pelo método dos açúcares totais

5. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu concluir que o material usado pela andorinha-dos-beirais na construção do ninho é do tipo argiloso.

Através da análise colorimétrica concluiu-se que não existe matéria orgânica do tipo proteica, ou que este ocorre em pouca abundância no material destes ninhos. Contudo, e muito importante, esta análise também permitiu concluir que existe matéria orgânica do tipo polissacarídeos/açúcares neste material. Este componente pode ser incorporado pela

andorinha-dos-beirais no material do ninho durante o seu processo de construção e poderá funcionar como um ligante natural.

A identificação deste polímero, e a verificação da melhoria das qualidades do material induzida por este componente, são tarefas complexas e morosas e requererão trabalho de investigação adicional.

6. BIBLIOGRAFIA

ANDRÉ, António, RIBEIRO PACHECO, Pedro Álvares, ADÃO DA FONSECA, António. Pré-esforço orgânico – Estudos sobre a aplicação de uma nova tecnologia. V Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, São Paulo. 2003. [2]

BAR-COHEN, Yoseph. *Biomimetics, Biological Inspired Technologies* 1ª ed. Taylor & Francis, Pasadena, Califórnia, EUA, 2006. [1]

CARVALHO, Joana, PINTO, Jorge, VARUM, Humberto, JESUS, Abílio, LOUSADA, José, MORAIS, José, Estudo do material terra usado nas construções em tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. TERRABRASIL 2008, VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra e II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. 3 a 8 de Novembro de 2008. Universidade Estadual do Maranhão, São Luiz, MA, Brasil. Livro de resumos. Editado por Anais. UEMAS/PROTERRA. ISBN 978-85-86036-41-5. Página 13. 2008. [3]

House Martin Delichon urbicum (Linnaeus, 1758). Bird facts. Página visitada em 2008-07-30. URL: <http://www.birdguides.com/species/species.asp?sp=117070>. [7]

ITIS Standard Report Page: Delichon urbicum. The Integrated Taxonomic Information System (ITIS). Página visitada em 2008-07-30. URL: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=174371. [4]

Population trends: House Martin. Royal Society for the Protection of Birds. Página visitada em 2008-08-03. URL: http://www.rspb.org.uk/wildlife/birdguide/name/h/housemartin/population_changes.asp. [8]

SANGSTER, George, Sangster, George; Collinson, J. Martin; Helbig, Andreas J; Knox, Alan G; Parkin, David T, Taxonomic recommendations for British birds: Second report. Ibis (2003), pp.153–157. [5]

TURNER, Angela K, ROSE, Chris, *Swallows & Martins: an identification guide and handbook*. Boston, Massachusetts, US: Houghton Mifflin, 1989. pp.226. [6]

Bruno Silva: Aluno do Mestrado de Engenharia Civil da UTAD. C.e.: bruno_silva06@hotmail.com,

Fernando Nunes: Professor Auxiliar, da ECVA, do Departamento de Química, da UTAD. C.e.: fnunes@utad.pt

Amândio Pinto: Professor Auxiliar, da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD. C.e.: yrache@utad.pt

Pedro Tavares: Professor Associado, da ECVA, do Departamento de Química, da UTAD. C.e.: ptavares@utad.pt

Humberto Varum: Professor Auxiliar, do Departamento de Engenharia Civil, da UA. C.e.: hvarum@ua.pt

Jorge Pinto: Professor Auxiliar, da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD. C.e.: tiago@utad.pt

CALIDAD ESTRUCTURAL DE TECNOLOGÍAS EN TIERRA APLICADAS A CENTRO COMUNITARIO RURAL

Laura Alicia Simón Gil; Irene Blasco Lucas

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) -
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) - Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.faud.unsj.edu.ar> - E-mail:
laurasimon@speedy.com.ar

Palabras clave: evaluación, calidad estructural, tecnologías en tierra, centro comunitario

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el análisis del aspecto técnico–constructivo, desde el punto de vista estructural, de diferentes tecnologías en tierra aplicadas a un Unidad Productiva Rural Comunitaria consistente en un Centro Comunitario ubicado en una zona árido–sísmica alejada de centros urbanos y de difícil accesibilidad.

Para ello, se emplea un procedimiento cuali-cuantitativo, partiendo de los diferentes tipos constructivos estructurales de tecnologías en tierra existentes en la zona (esqueleto de barras o armazón, placa o laminar y tipologías combinadas), que fueron analizados en investigaciones previas (Blasco Lucas et al., 2006), y se emplean como base los criterios de valoración de variables definidos en el planteo original del Modelo MECE (Evaluación de Calidad Estructural) (Simón Gil et al., 2003; Blasco Lucas y Simón Gil, 2003) que se aplica en este caso, el cual permite cuantificar distintas alternativas constructivo-estructurales para el anteproyecto arquitectónico teniendo en cuenta los subsistemas: forma, función, significado y tecnología de las estructuras.

Este modelo de evaluación, considera varios aspectos de las estructuras, previo a realizar cálculos matemáticos. Integra la estructura con la geometría, la relación con el diseño arquitectónico–constructivo, el aspecto psicológico que produce en sus habitantes, etc.; matices ausentes en el proceso de cálculo estructural, puramente matemático.

Como premisa fundamental, se considera la conveniencia de no cambiar de manera significativa, los tipos constructivos usuales en la región, debido a las ventajas que poseen en cuanto a la utilización de recursos que el sitio ofrece, el uso mínimo de energía empleado en el proceso constructivo, y la consideración de variables culturales y socio-económicas propias de los habitantes del lugar.

En función de los resultados obtenidos se elabora un diagnóstico de la situación, que facilita la selección del sistema más conveniente, como también modificar aquellos aspectos que disminuyen la valoración del proyecto, y a la vez respetar y adoptar aquellos que sean favorables o adecuados.

1. CONCEPTO DE CALIDAD ESTRUCTURAL

Realizar una evaluación cuali–cuantitativa estructural de las construcciones, previo a cualquier cálculo estructural, es de fundamental importancia, porque permite considerar varios aspectos de su futuro comportamiento ante eventuales catástrofes, sin llegar a realizar cálculos matemáticos. Esta evaluación es más amplia, integradora; ya que considera la geometría, la relación con el diseño arquitectónico–constructivo, el aspecto psicológico que produce en sus habitantes, etc.; matices ausentes en el proceso de cálculo estructural.

Es objetivo del presente trabajo es analizar el aspecto técnico–constructivo mediante la aplicación de un procedimiento para la evaluación cuali–cuantitativa, de la propuesta elaborada para una Unidad Productiva Rural Comunitaria (UPRC) consistente en un Centro Comunitario (CC) ubicado en una zona árido–sísmica alejada de centros urbanos y de difícil accesibilidad. Con este fin, se parte de los diferentes tipos constructivos estructurales existentes en la zona, que fueron analizados en investigaciones previas (Blasco Lucas y Simón Gil, 2006), y se emplean como base los criterios de valoración de variables definidos

en el planteo original del **Modelo de Evaluación de Calidad Estructural (MECE)**³ (Blasco Lucas y Simón Gil, 2003) que se aplicará en este caso, el cual permite cuantificar distintas alternativas constructivo-estructurales para el anteproyecto arquitectónico realizado mediante diseño participativo con los pobladores. En función de los resultados obtenidos se elabora un diagnóstico de la situación, que facilita la selección del sistema más conveniente, como también modificar aquellos aspectos que disminuyen la valoración del proyecto, y a la vez respetar y adoptar aquellos que sean favorables o adecuados.

2. TIPOS ESTRUCTURALES A ANALIZAR

La selección de los tipos constructivo-estructurales (Torroja, 1996) a utilizar como variantes para el proyecto en cuestión, surgen del análisis realizado anteriormente¹ en la zona rural en estudio y detectados como los más empleados (Blasco Lucas et al., 2003-2007)²:

- ✓ Esqueleto, de barras o armazón: 38 % de las construcciones analizadas en la muestra.
- ✓ Placa o laminar: 58% de las construcciones de la muestra seleccionada.

El resto de las mismas, poseen tipologías combinadas. Estos tipos han sido construido por los pobladores con diversos materiales y tecnologías tales como adobe, quincha, piedra, rollizos, chapas, etc.; siendo la piedra y el adobe los materiales más empleados en muros.

Estructura			Código de Tipo Estructural	Cerramientos Verticales	
Tipo	Subtipo	Elementos Resistentes		Variante	Muros
TE: Esqueleto	TE1	Rollizos de madera	TE1-V1	V1	Ladrillos
			TE1-V2	V2	Chapas metálicas
			TE1-V3	V3	Bloques
			TE1-V4	V4	Adobe
			TE1-V5	V5	Madera
			TE1-V6	V6	Adobe + ladrillo
			TE1-V7	V7	Adobe + quincha
			TE1-V8	V8	Quincha tradicional
			TE1-V9	V9	Quincha mejorada
	TE2	Hormigón armado	TE2-V1	V1	Ladrillo
			TE2-V2	V2	Adobe
			TE2-V3	V3	Bloque
TP: Placa	TP1	Adobe	TP1		Adobe trabado en esquinas
	TP2	Piedra	TP2		Piedra
	TP3	Ladrillo	TP3		Ladrillo
	TP4	Bloques	TP4		Bloques
	TP5	Suelocemento	TP5		Suelocemento
TC: Combinada	TCi	Placa + Esqueleto	TCi		Mixtos

Tabla 1. Variantes de Tipos Estructurales existentes en las construcciones relevadas.

A pesar que la zona posee un elevado riesgo sísmico, se considera conveniente no cambiar o modificar de manera significativa los tipos constructivos usuales en la región, debido a que los mismos poseen importantes ventajas, tales como la utilización de recursos (materiales y mano de obra) que el sitio ofrece, el uso mínimo de energía en el proceso constructivo, y la consideración de variables culturales y socio-económicas propias de los habitantes del lugar. En la Tabla 1 se resumen las 17 variantes de tipos estructurales definidas en investigación previa (Blasco Lucas et al., 2006), y en la Tabla 2 aquellas seleccionadas para conformar los casos a analizar en la UPRC. En la misma, figura un total de 5 variantes básicas, correspondiendo las tres primeras a materiales y tecnologías empleadas por los habitantes de zonas rurales en sus viviendas, y las dos últimas a alternativas mejoradas propuestas por el equipo de trabajo que desarrolla la presente investigación.

CASOS	CÓDIGO	MATERIALES	TIPOS ESTRUCTURALES	ELEMENTOS RESISTENTES
1	TE2-V2	Adobe + Hormigón armado	Esqueleto	Estructura de hormigón armado
2	TP-1	Adobe trabado en esquinas	Placa	Mampostería de adobe
3	TE1-V8	Quincha tradicional	Esqueleto	Rollizos de madera
4	TE1-V9	Quincha mejorada	Esqueleto	Rollizos de madera
5	TP-5	Suelocemento	Placa	Mampostería de suelocemento

Tabla 2. Variantes de Tipos Estructurales seleccionadas para aplicar MECE

Partiendo de que el análisis del sistema estructural implica estudiar en forma conjunta los subsistemas que lo componen: forma, función, significado y tecnología, se aplican las tablas y valoraciones de los mismos, desarrolladas en investigaciones previas.

3. PROPUESTA DE UPRC A EVALUAR ⁴

El anteproyecto que se representa en la Fig. 1, fue elaborado experimentando un proceso de diseño participativo con los pobladores de Balde de Leyes en investigaciones anteriores (Blasco Lucas et al., 2006, 2003-2005 y 2004-2007) ^{1 2} y es el que se somete a la evaluación de calidad estructural en el presente proyecto.

4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ESTRUCTURALES

El método MECE fue desarrollado empíricamente para el análisis de casos de viviendas urbanas, y se pretende mediante la presente aplicación adaptarlo a la valoración de calidad estructural de construcciones rurales, las cuales poseen características muy particulares que las diferencian de las urbanas.

La herramienta tomada como base para analizar las variables estructurales del Centro Comunitario es el libro implementado en MS-Excel compuesto de hojas programadas con funciones del utilitario, vinculadas entre sí, que automatizan el análisis deseado. La necesidad de realizar modificaciones y ampliaciones de las variables consideradas inicialmente en MECE, se asocia con las diferencias existentes en los tipos estructurales utilizados en la zona actualmente en estudio (Blasco Lucas y Simón Gil, 2006), respecto a la anterior.

Para realizar la calificación de cada ítem considerado, en los subsistemas que forman parte del sistema estructural, se re-elaboran los criterios de adjudicación de valores para cada variable, en los aspectos específicos relacionados con los tipos estructurales rurales seleccionados. Se continúa adoptando una escala de valoración comprendida entre 0 y 1, correspondiendo este último valor a la situación óptima dentro de cada concepto.

Las variables consideradas se agrupan dentro de cada subsistema, del siguiente modo:

- ✓ *Forma estructural:* Simpleza, simetría, extensión en planta y elevación.
- ✓ *Función estructural:* Equilibrio, resistencia, rigidez y economía.
- ✓ *Significado estructural:* Evidencia de la estructura y percepción de la misma por parte de los usuarios.
- ✓ *Tecnología estructural:* Materiales y técnicas constructivas empleadas.

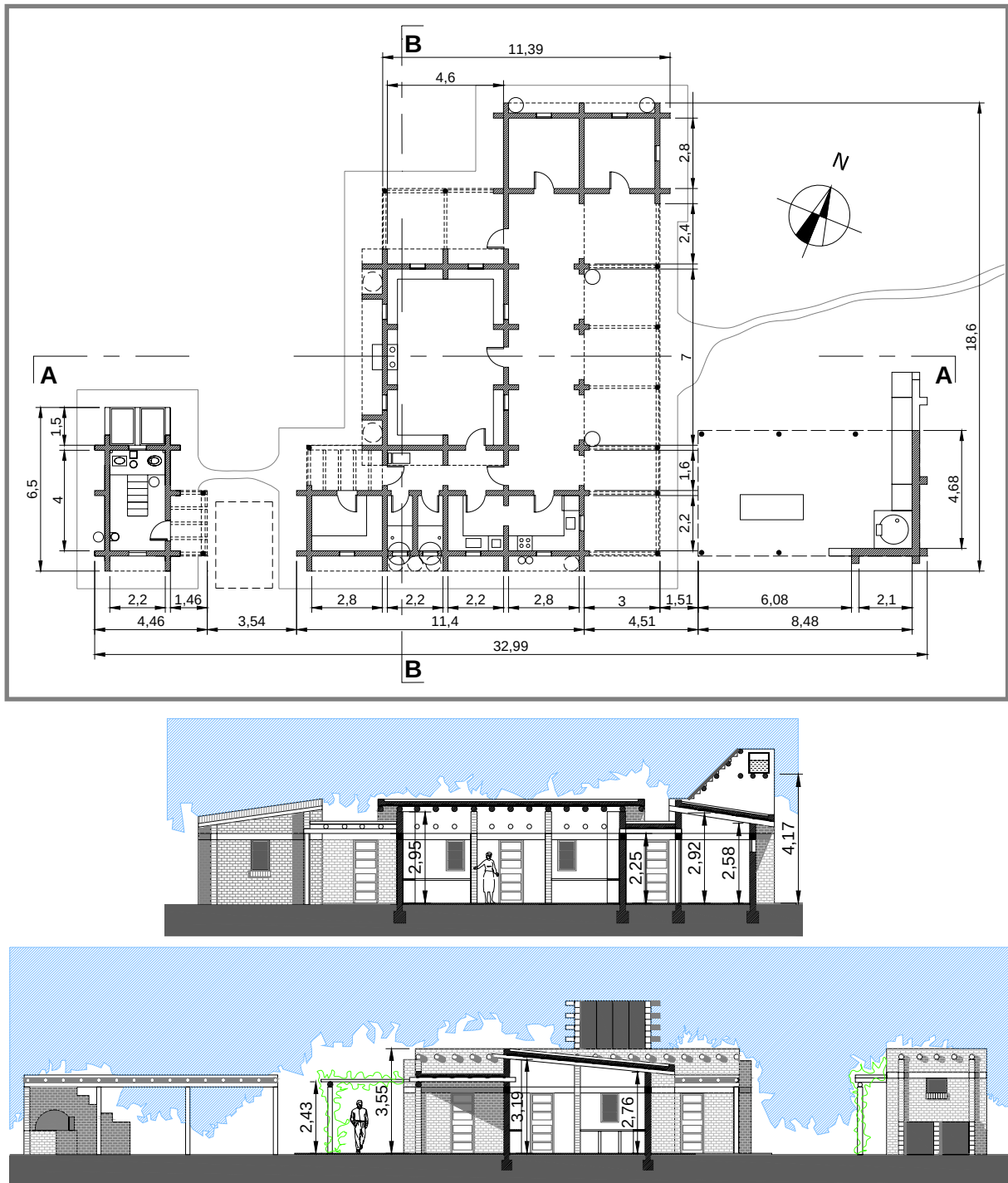


Fig.1. Anteproyecto de la UPRC para Balde de Leyes: planta y cortes.

5. APLICACIÓN DE MECE EN UPRC

A continuación se explicita el proceso de aplicación de MECE por subsistema, resaltando aquellas modificaciones efectuadas en determinadas variables.

5.1. Forma Estructural

Los reglamentos y libros de texto que tratan sobre configuración edilicia en zona sísmica, manifiestan que las formas simétricas son preferibles a aquellas que no lo son, debido fundamentalmente a dos razones:

- ✓ En términos puramente geométricos, la asimetría tiende a producir excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigidez, provocando efecto de torsión. Esto también se puede deber a causas no geométricas, como por ejemplo, variaciones en la distribución de peso de una estructura simétrica.
- ✓ La asimetría tiende a concentrar esfuerzos. El ejemplo más claro de esto es la concentración de esfuerzos en una esquina interior. Sin embargo, un edificio con esquinas interiores no es necesariamente asimétrico (un edificio cruciforme puede ser simétrico), pero sí irregular.

Esto manifiesta que la simetría por sí misma no es suficiente y sólo cuando se combina con la sencillez (del tipo definida como configuración “convexa”) es que las formas geométricas tienden a eliminar las concentraciones de cargas, de ello se concluye que:

- ✓ *Simetría + Sencillez = Eliminación de Concentraciones de Cargas y Torsión*

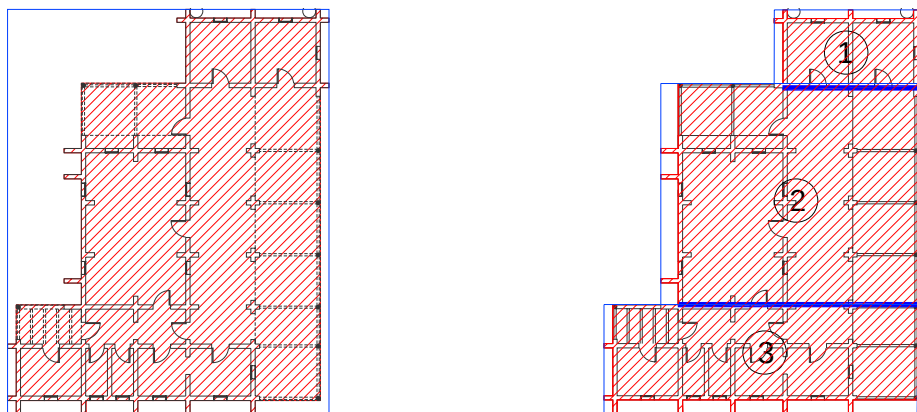


Fig. 2. Izquierda: Superficie de la construcción inscrita en un rectángulo.
Derecha: Superficie de la construcción dividida por juntas.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
				1	2	3	4	5
FORMA ESTRUCTURAL	FORMA EN PLANTA	Cuadrada, rectangular	1,00					
		Su superficie puede inscribirse en un 85% de un cuadrado o rectángulo.	0,70					
		L, T, H, U, Z, que no cumplen la condición anterior.	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
		Irregular	0,00					
	SIMETRÍA	En 2 direcciones	Totalmente simétrica	1,00				
			Simetría parcial ($\epsilon = 85\%$)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
		En 1 dirección	Totalmente simétrica	0,60				
			Simetría parcial ($\epsilon = 85\%$)	0,40				
		Ninguna simetría	0,00					
	RELACIÓN ALTURA MÁX. EDIF / DIMENS.	Hasta 3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Más de 3	0,00					
	PROMEDIO			0,72	0,72	0,72	0,72	0,72

Tabla 3. Valoración de la forma estructural.

A medida que el edificio se vuelve más simétrico, se reduce su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzo y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas tenderá a ser menos difícil de analizar y más predecible. Esto indica que cuando la seguridad se va a mantener con economía de diseño y construcción, las formas simétricas y simples son más convenientes. A los fines de efectuar una comparación de la forma estructural en planta de la construcción con una figura simple y simétrica, La Fig. 2 muestra la impronta de la UPRC

inscrita en un rectángulo, para efectuar su análisis y valoración de aspectos a considerar en la tabla de valoración de variables relativas al subsistema formal. Analizando la imagen de la izquierda de la figura 2, la Tabla 3 muestra las valoraciones asignadas a la UPRC por forma estructural, detallando los aspectos o conceptos considerados por cada variable.

Los resultados obtenidos en todos los casos son coincidentes, debido a que las variantes se basan en diferentes materiales de construcción y tecnologías empleadas, pero no la forma de la planta estructural. Si bien la forma en planta del centro comunitario no es compleja, presenta irregularidades que generan concentración de esfuerzos en ángulos entrantes y diferentes localizaciones de centro de masas y de rigidez que genera excentricidad y por consiguiente torsión, y hacen a la construcción más vulnerable ante posibles movimientos sísmicos, motivo por el cual no recibe la máxima valoración.

A los fines de lograr una forma en planta más regular, que impida la concentración de esfuerzos en determinados puntos, se considera la posibilidad de dividir la planta estructural, a través de juntas. La propuesta de mejora (PM) sobre la inicial (PI) se muestra en la imagen de la derecha de la Fig. 2, en la cual, se diferencian 3 partes. La valoración de la PM se muestra en la Tabla 4.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
				1	2	3	4	5
FORMA ESTRUCTURAL	FORMA EN PLANTA	Cuadrada, rectangular	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Su superficie puede inscribirse en un 85% de un cuadrado o rectángulo.	0,70					
		L, T, H, U, Z, que no cumplen la condición anterior.	0,35					
		Irregular	0,00					
	SIMETRÍA	En 2 direcciones	Totalmente simétrica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			Simetría parcial ($\epsilon = 85\%$)	0,80				
		En 1 dirección	Totalmente simétrica	0,60				
			Simetría parcial ($\epsilon = 85\%$)	0,40				
		Ninguna simetría	0,00					
	RELACIÓN ALTURA MÁX. EDIF / DIMENS. MENOR	Hasta 3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Más de 3	0,00					
	PROMEDIO			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 4. Valoración de cada sector de la forma estructural dividida por juntas.

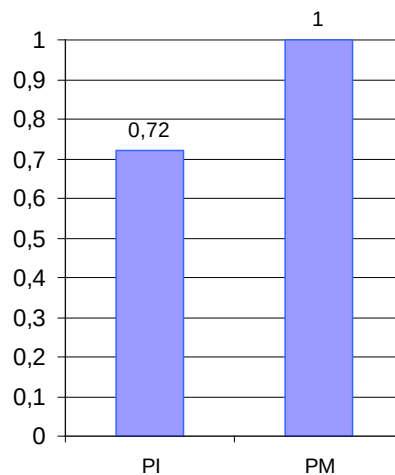


Fig. 3. Comparación de valoraciones de la forma estructural para PI (Propuesta Inicial) y PM (Propuesta Mejorada).

Cada sector se inscribe dentro de una figura regular. Las partes 1 y 3 en un rectángulo y la 2 en un cuadrado. Si bien desde el punto de vista estructural, la construcción queda dividida en tres partes, funcionalmente sigue comportándose como una unidad. De este modo, cada una de las partes de la construcción adquiere la máxima valoración, por lo cual corresponde al total de la obra a partir del promedio de la valoración de sus partes, también el puntaje máximo (1) referido al subsistema forma estructural. Dado que los 5 casos analizados basan su diferencia en los materiales y tecnologías empleadas y no a la forma en planta, todos ellos, considerando la presencia de juntas que regularizan la planta, alcanzan el máximo puntaje. La Fig. 3 muestra la mejora lograda en la valoración formal para todos los casos de tipos estructurales analizados. En ella se observa que se logra un aumento de la valoración en un 28%, a través de este cambio formal en el diseño, por lo cual se considera que es recomendable su incorporación al mismo. Es decir, en PM se logra obtener el máximo puntaje en cada uno de los casos, debido a que su forma en planta, al ser simple, simétrica y regular, responde más adecuadamente al sismo.

5.2. Función Estructural

En lo referente a la función estructural, se parte de la premisa de que al ser una construcción nueva, la estructura – y la obra toda – será realizada conforme a las reglas del buen arte, por lo cual, a los conceptos de equilibrio y rigidez, se les otorga el valor máximo.

SUB-SIST.	VARIABLES		ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
					1	2	3	4	5
FUNCIÓN ESTRUCTURAL	ESTRUCTURA DE ESQUELETO	RIGIDEZ	Sin deformación ni daño	1,00	1,00		1,00	1,00	
			Deformación en viga	0,80					
			Deformación en columna	0,60					
			Daño en viga	0,40					
			Daño en columna	0,20					
			Estructura derrumbada	0,00					
		RESISTENCIA	Muros resist. (esp.mín. 0,20m) en ambas direc. > 12 cm / m ² de sup. de vivienda	Sí	1,00	1,00		1,00	
				No	0,00		0,00		
			Vigas y columnas coaxiales	Sí	1,00	1,00	1,00	1,00	
				No	0,00				
			Relación ancho viga / columna.	1/1	1,00	1,00	1,00	1,00	
				Hasta 1 / 1,5	0,70				
				Hasta 1,5 / 1	0,40				
				Proporción mayor	0,00				
			Presencia de columnas cortas	No	1,00	1,00	1,00	1,00	
				Sí	0,00				
		EQUILIBRIO	Estructura en perfecto estado	1,00		1,00			1,00
			Estructura con fisuras	0,50					
			Estructura derrumbada	0,00					
	ESTRUCTURA PLACA	RIGIDEZ	Sin deformación ni daño	1,00		1,00			1,00
			Deformación en placa	0,50					
			Daño en placa	0,30					
			Estructura derrumbada	0,00					
		RESISTENCIA	Placa pesada con buena vinculación entre sí	1,00					1,00
			Placa liviana con buena vinculación entre sí	1,00					
			Placa liviana con mala vinculación	0,50					
			Placa pesada con vinculación regular	0,40		0,40			
			Placa pesada con mala vinculación	0,00					
			PROMEDIO		1,00	0,80	0,80	1,00	1,00

Tabla 5. Valoración con MECE de la función estructural en la UPRC, agregando el tipo placa.

En la versión original de MECE no fue contemplado el tipo estructural "placa" porque no se presentó al analizar las viviendas urbanas, por lo cual fue necesario incorporar las variables de rigidez y resistencia específicas para posibilitar la evaluación del mismo, debido a que este se encuentra entre las variantes constructivo-estructurales de los casos analizados en la presente investigación. La Tabla 5 muestra las valoraciones realizadas del subsistema función estructural en la UPRC. Los tipos realizados con estructura resistente de hormigón armado y cerramiento de adobe; como así también las construidas con suelocemento con armadura interna y la quincha mejorada, son las que alcanzan la máxima valoración, como se observa en la Fig. 4.

5.3. Significado Estructural

La realidad física que concierne a la arquitectura, está constituida por la masa de la edificación y también por la gente que ocupa los edificios. Hay numerosas disciplinas que proporcionan conocimiento científico acerca de la realidad física de la arquitectura. Mientras acrecientan el mismo, y sin coincidir con él necesariamente, la gente construye sus propias concepciones no científicas de la arquitectura (Salas Serrano y Lira, 1995).

En ellas se incluirán parcialmente acertadas y parcialmente erróneas ideas acerca de la realidad física, por ejemplo, acerca de la durabilidad de los materiales, o del modo en que la estructura del edificio soporta su propio peso y la acción de las fuerzas externas, etc. La semiótica en arquitectura es muy importante porque permite analizar una obra y determinar su mensaje (Bonta, 1998).

Teniendo en cuenta que la zona posee una muy elevada peligrosidad sísmica y que sus habitantes están acostumbrados a vivir en construcciones muy precarias, este concepto es muy aplicable e importante cuando se analizan las estructuras resistentes de sus espacios habitables. Aquí se trata la influencia psíquica en los ocupantes de los espacios generados (evidencia y percepción de la estructura). La Tabla 7 y la Fig. 4 muestran los valores asignados a las variables de significado estructural en cada caso.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
				1	2	3	4	5
SIGNIFICADO	EVIDENCIA	Estructura a la vista	1,00	1,00			1,00	
		Estructura oculta	0,00		0,00	0,00		0,00
	PERCEPCIÓN	Brinda seguridad	1,00					1,00
		No causa ningún efecto psicológico	0,70			0,70	0,70	
		Brinda desconfianza	0,35	0,35				
		Brinda temor	0,00		0,00			
	PROMEDIO			0,68	0,00	0,35	0,85	0,50

Tabla 7. Valoración del significado estructural para los diferentes casos.

La valoración final demuestra que el hecho de que vigas y columnas sean fácilmente perceptibles, eleva notablemente la puntuación en este ítem. Esto se manifiesta en:

- ✓ Caso 1: la disminución del puntaje se debe al cerramiento en sí (adobe) pero no a la estructura propiamente dicha.
- ✓ Caso 2: se agrava notablemente dado que no posee una estructura resistente reconocible y porque el adobe es un material sumamente frágil y de respuesta deficiente ante situaciones de sismos, de lo cual los habitantes del lugar son perfectamente concientes.
- ✓ Caso 4: el puntaje es mayor debido a que una estructura liviana como lo es la quincha, provoca una menor sensación de temor que un muro de adobe.

5.4. Tecnología Estructural

Es en este subsistema en el que se producen las grandes diferencias entre los distintos casos. Debido a las particularidades de la construcción analizada, también se han introducido algunas variantes respecto a la tabla MECE original, efectuada con el objeto de analizar viviendas urbanas. Ellas se ponen de manifiesto, en los siguientes aspectos:

- ✓ *Materiales:* Se agrega el suelocemento, que es un material propuesto, estudiado y probado por el equipo de trabajo. También se considera la facilidad de obtención de los materiales, particularidad que es muy importante en obras con estas características de implantación y de menor incidencia en la valoración de obras urbanas, donde la obtención de cualquier material de construcción es relativamente sencilla.
- ✓ *Técnica constructiva:* Dado que esta variable considera el uso de recursos humanos y materiales en relación a su origen, se cree conveniente agregar un nuevo aspecto o concepto, intermedio entre las anteriores, que corresponde al empleo de recursos humanos propios del lugar (autoconstrucción), previa capacitación y posterior seguimiento por parte de personal especializado, pero con algunos materiales adquiridos en comercios de zonas urbanas.

La Tabla 8 corresponde a la tecnología estructural con sus adaptaciones al tema particular de la UPRC en estudio, y la Fig. 4 representa gráficamente los resultados obtenidos.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
				1	2	3	4	5
TECNOLOGÍA ESTRUCTURAL	MATERIALES	Hormigón armado combinado con:	Ladrillo cerámico	1,00				
			Ladrillón					
			Bloques					
			Suelocemento					
			Acero o madera	0,70				
			Adobe	0,40	0,40			
		Suelocemento con armadura interna	1,00					1,00
		Acero o madera exclusivamente	0,50					
		Quincha	0,20			0,20	0,20	
		Adobe con traba en esquinas	0,00		0,00			
	TÉCNICA CONSTRUCTIVA	Apropiada: utilización de recursos humanos y naturales de la zona	1,00		1,00	1,00		
		Recursos materiales no naturales de la zona y recursos humanos propios previa instrucción de personal especializado.	0,50	0,50			0,50	0,50
		Adopción de recursos materiales y humanos foráneos	0,00					
	PROMEDIO			0,45	0,50	0,60	0,35	0,75

Tabla 8. Valoración del significado estructural para los diferentes casos.

En este ítem, el caso que adquiere mayor puntaje es el correspondiente al de suelocemento con armadura interna, seguido por la quincha tradicional, el adobe trabado en esquinas, el adobe con hormigón armado, y la quincha mejorada.

El bajo puntaje obtenido por esta última, se debe a la fuerte incidencia que tiene la baja valoración que corresponde cuando por un lado, los sistemas utilizan recursos que no son del lugar, y por otro, son tecnologías frágiles.

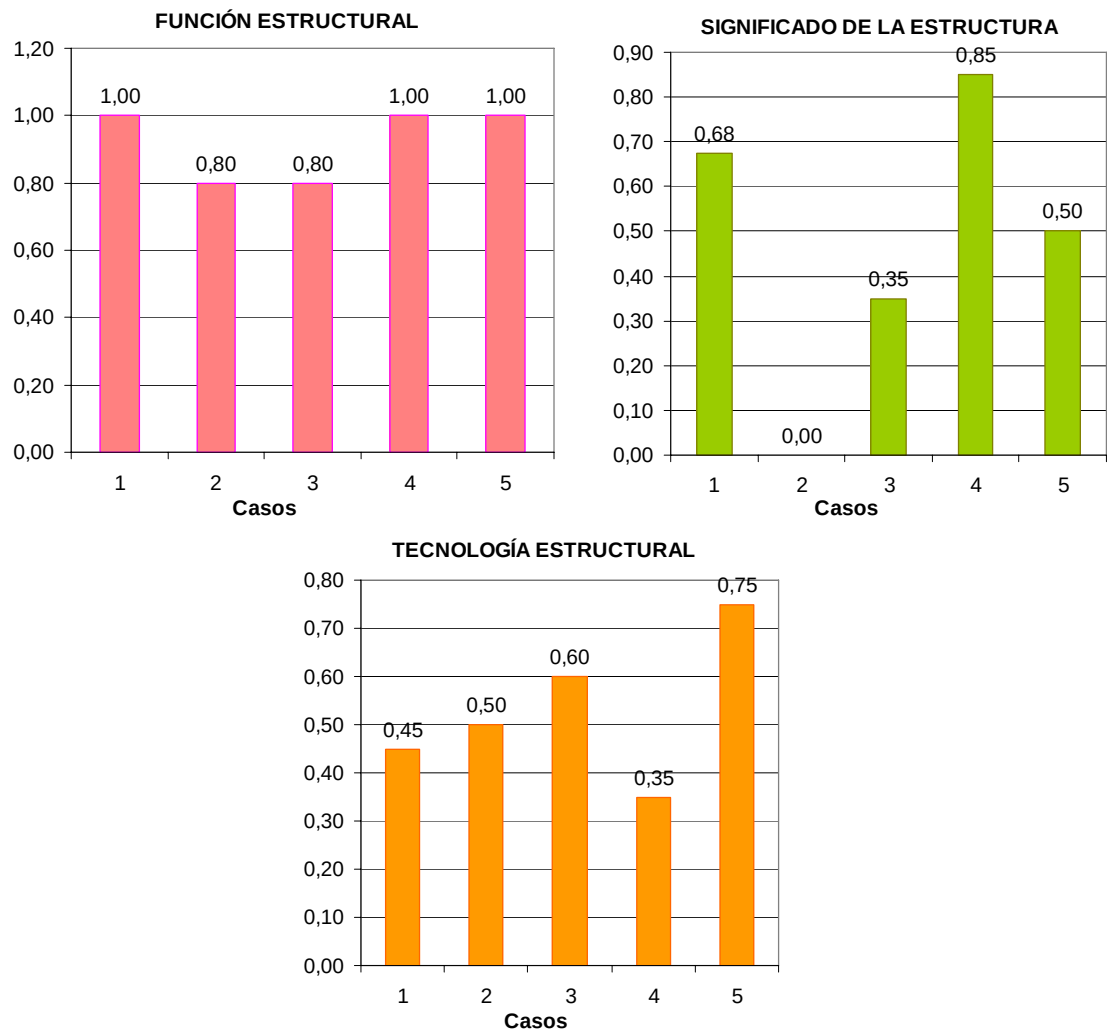


Fig. 4. Gráfico comparativo de la valoración de la función estructural, significado estructural y tecnología estructural en los diferentes casos de la UPRC.

6. COMPARACIÓN ENTRE PI Y PM DE LA UPRC

Como síntesis y a partir de la consideración en forma conjunta de todos los subsistemas, el resultado final de las valoraciones de todos los casos para PI y PM se resumen con fines comparativos en la Tabla 9 y la Fig. 5. Estos se obtienen de promediar los puntajes finales adjudicados a cada subsistema, los cuales a su vez conforman el promedio de las valoraciones de todas las variables consideradas.

CASOS	CÓDIGO	MATERIALES	TIPOS ESTRUCTURALES	PI (PROPUESTA INICIAL)	PM (PROPUESTA MEJORADA)
1	TE2-V2	Adobe + Hormigón armado	Esqueleto	0,71	0,78
2	TP-1	Adobe trabado en esquinas	Placa	0,5	0,58
3	TE1-V8	Quincha tradicional	Esqueleto	0,62	0,69
4	TE1-V9	Quincha mejorada	Esqueleto	0,73	0,8
5	TP-5	Suelocemento	Placa	0,74	0,81

Tabla .9. Comparación numérica de las valoraciones obtenidas entre PI y PM de la UPRC.

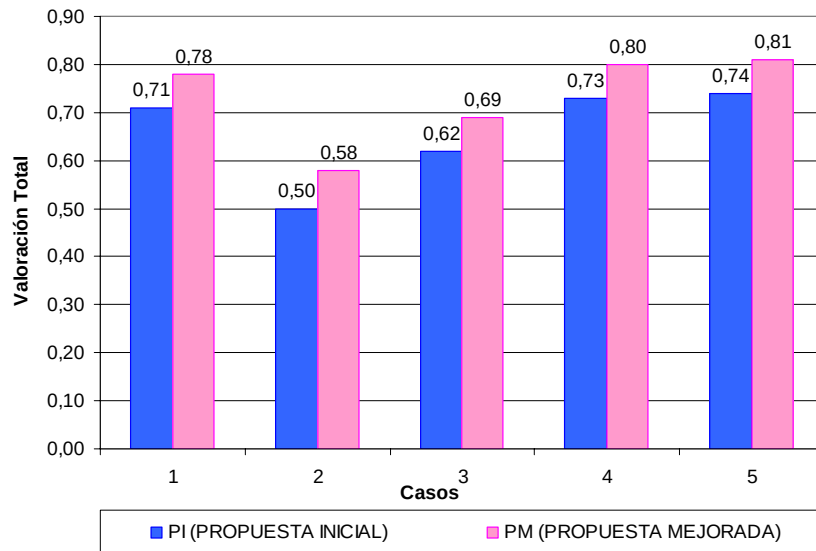


Fig. 5. Comparación gráfica de las valoraciones obtenidas entre PI y PM de la UPRC.

Existe un incremento de la valoración final de los diferentes casos analizados (comprendida entre el 10% y 14%), si en la construcción se contemplan juntas que permitan regularizar la forma estructural en planta, de manera tal que cada sector trabaje estructuralmente en forma independiente, sin perder la unidad funcional.

A pesar de ser un material no tradicional, la construcción de suelocemento es la que adquiere mayor puntuación en la valoración final, tanto en la PI como en la PM de la UPRC, por lo cual es una alternativa muy interesante para tener en cuenta en este tipo de construcciones con características de implantación similar a la aquí tratada.

7. CONCLUSIONES

Se ha aplicado MECE para realizar la valoración de la calidad estructural en viviendas urbanas en etapas anteriores, y en la presente ha sido factible modificarlo para que preste utilidad para evaluar construcciones rurales con características especiales, inclusive en un edificio de tipo público. Además de permitir evaluar distintos tipos edilicios en forma simultánea, admite la posibilidad de analizar variantes de los tipos estructurales empleados.

En base al desarrollo y los resultados expuestos precedentemente se puede afirmar que el proceso metodológico implementado a través de MECE puede emplearse para analizar soluciones estructurales de cualquier tipo de edificio, pues posee la versatilidad suficiente para admitir la incorporación de variables adicionales específicas.

En el caso de aplicación presentado, se ha utilizado MECE para comparar la incidencia que la introducción de una mejora formal tiene en la valoración final, aunque también podrían efectuarse variaciones en los demás subsistemas, mediante un proceso iterativo. De este modo se constituye en una herramienta de prediseño eficaz para la toma de decisiones en los aspectos estructurales, previo a iniciar cálculos complejos.

La aplicación correcta de la teoría de sistemas en la especificidad de las cualidades estructurales (Simón Gil, 2006), es el mayor valor de MECE, que sintetiza un gran bagaje de conocimientos científico-técnicos cuya aplicación se suele realizar normalmente en forma intuitiva por parte de expertos estructurales que han adquirido su manejo fluido a través de una larga experiencia profesional.

La claridad conceptual que posee tanto en la definición de las variables como de las valoraciones que corresponden a cada una de ellas, ha permitido desarrollar un soporte informático en planillas electrónicas de MS-Excel que automatiza su uso haciéndolo muy sencillo y ágil. Este soporte es factible de perfeccionar y completar para propiciar una masificación de su empleo con fines didácticos y profesionales.

Mediante la aplicación de MECE se logra una cuantificación de la calidad estructural de cinco variantes de muros construidos con tierra para la ejecución de una UPRC rural, a través de índices de valoración cualitativa, que permiten obtener un orden de prelación de las diferentes tecnologías analizadas considerando aspectos formales de diseño estructural.

La evaluación indica por un lado que la propuesta mejorada (incorporando juntas de dilatación) resulta mejor que la propuesta inicial, y por otro, que los casos 5 (Suelocemento armado) y 4 (Quincha mejorada) son los que alcanzan los mayores valores, seguidos de 1 (Adobe + Hormigón armado), 3 (Quincha tradicional), y 2 (Adobe trabado en esquinas).

Para llegar a una selección segura de la mejor variante constructiva en tierra, estos resultados deben complementarse con análisis económicos, higrotérmicos y energéticos.

BIBLIOGRAFÍA

- BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. "Tipos Estructurales y Autoconstrucción con Tierra en Región Árido-Sísmica". En: *Actas Digitales del V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra*. CRICYT. Mendoza. Argentina. 2006. Tr. 95, 18 páginas.
- BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; SIMÓN GIL, Laura; HOESÉ, Liliana; PONTORIERO, Domingo; MERINO, Norma; HIDALGO, Elena; ROSES, Rodolfo; PIGNATARI, Graciela. "UPRC en Comunidad Rural Seleccionada". Capítulo III en: *Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*. Libro digital en edición. IRPha-FAUD. Argentina. 2006. pp. 45-47.
- BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; SIMÓN GIL, Laura; HOESÉ, Liliana; PONTORIERO, Domingo; MERINO, Norma; HIDALGO, Elena; ROSES, Rodolfo; PIGNATARI, Graciela. "Caracterización de Unidades Productivas Rurales (UPR)". Capítulo I en: *Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*. Libro digital en edición. IRPha-FAUD. Argentina. 2006. pp. 34.
- BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. "Tipos Estructurales y Autoconstrucción con Tierra en Región Árido-Sísmica". En: *Actas Digitales del V SIACOT (V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra)*. Mendoza, Argentina. 2006. 15 páginas.
- BONTA, Juan Pablo. *Sistemas de Significación en Arquitectura*. Colección Arquitectura y Crítica. Gustavo Pili. Argentina. 1998.
- SALAS SERRANO, Julián.; LIRA, C. (). *HABITERRA, Exposición Iberoamericana de Construcciones de Tierra. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Proyecto CYTED XIV.1*. Editorial Escala. Bogotá, Colombia. 1995.
- SIMÓN GIL, Laura; BLASCO LUCAS, Irene; LANTERI, Yanina. "El soporte Edificio". Capítulo VIII en *VIVENDA, CLIMA Y ENERGÍA: Diagnóstico y propuesta de casos de estudio*. Libro digital interactivo. IRPha-FAUD-UNSJ. Argentina. 2003. 40 págs.
- SIMÓN GIL, Laura. *Integración de las Estructuras en la Arquitectura*. Tesis Doctoral en Arquitectura UM. Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 2006. 138 páginas.
- TORROJA Eduardo. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*. 8va. Edición. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 1996.

NOTAS

- ¹ BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. “MECE: Modelo de Evaluación de Calidad Estructural”. IRPha–FAUD-UNSJ. Argentina. 2003
- ² PIC 21/A383 (2003-2005). “Unidades Productivas Comunitarias Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas”. (CICITCA-UNSJ). Proyecto del Programa de Incentivos. Resoluciones 033-03-CS/2003 (09/05/03), y 104/03-CS. IRPha-FAUD. Directora: MSc.-Arq. Irene Blasco Lucas.
- ³ PICT-13059 (2004-2007). “Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas”. Proyecto FONCYT-ANPCYT. Resoluciones BID 1201 y 1728/OC-AR. IRPha-FAUD. Directora: MSc.-Arq. Irene Blasco Lucas.
- ⁴ Elaborado por Blasco Lucas I. en el marco de su Tesis Doctoral en Arquitectura (UM).

Laura Alicia Simón Gil: Investigadora Categoría III (2005) en el IRPha–FAUD–UNSJ. Doctora en Arquitectura – UM (2001) Profesora Adjunta Estructuras II y Taller de Arquitectura V – FAUD–UNSJ. Profesora Adjunta Estructuras III – FAUD–UM.

Irene Blasco Lucas: Categoría I desde 2005. Ha dirigido desde 1983 en la UNSJ veinte proyectos de investigación en arquitectura sustentable, energías renovables y tecnologías apropiadas. Prof. Titular y Asociada Efectiva desde 1990. Docente Taller de Arquitectura IV-B y el Módulo Aridez en la Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas FAUD-UNSJ.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA; POSIBILIDADES EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Marcelo Cortés Álvarez; Patricio Arias Cortés

Surtierra Arquitectura Ltda

www.surtierrarquitectura.cl

Palabras clave: arquitectura contemporánea, quinchas metálicas, tecnobarro, tierra – metal, malla plegada.

RESUMEN

Nuestra oficina experimental de construcciones en tierra "Surtierra Arquitectura" se sostiene con encargos de obras de arquitectura y construcción de distintas envergaduras; obras de viviendas, edificios de uso público, e intervenciones en edificios patrimoniales en tierra, obras que materializan y valorizan los resultados de esta búsqueda.

En esta ocasión se expondrán los modelos de construcción tecnológica en tierra por medio de la innovación en torno a tecnologías tradicionales como lo es la quinchas. Entendiendo la quinchas tradicional como el método constructivo solidario entre materiales de origen vegetal como madera y cañas y el relleno en tierra, se realizó una reevaluación del sistema con el fin de generar una propuesta actual que fuera capaz de satisfacer la necesidad de construcción prefabricada y de rápido ensamblaje.

Analizaremos entonces los sistemas de quinchas metálicas y el tecnobarro desarrollados por la oficina. Los sistemas consideran el reforzamiento sísmico resistente de un sistema estructural mixto; tierra y metal. Consiste básicamente en la combinación de las características tierra-compresión y fierro-tracción como mezcla estructural para la obtención de un material compuesto de características estructurales que permiten la re-arquitecturización de la obra de tierra.

Se describirá el proceso constructivo de una obra bajo este método constructivo con la intención de develar la economía constructiva, temporal y tecnológica con que se desarrollan la mayor parte de las obras de la oficina.

Bajo esta lectura constructiva, amplios proyectos de diferentes escalas se han generado por parte de la oficina, y será en base al análisis arquitectónico y constructivo que se expondrán las diferentes experiencias en viviendas, teatros, edificios de oficinas, bodegas y cavas, hoteles, etc.

I. INTRODUCCIÓN

El presente ponencia intenta abordar el trabajo transversal desarrollado por la oficina Surtierra Arquitectura en su trabajo que se sostiene con encargos de obras de arquitectura y construcción distintas envergaduras; obras de viviendas, edificios de uso público, e intervenciones en edificios patrimoniales en tierra, y las obras que materializan y valorizan los resultados de esta búsqueda

II. HISTORIA CONSTRUCTIVA NACIONAL

La fundación de la ciudad de Santiago está marcada por la construcción del ambiente construido que fuera capaz de albergar la cultura hispana en el territorio nacional. Emplazado entre montañas, el valle de Santiago sería el lugar preciso para fundar la ciudad; ligada al contexto natural correspondiendo a los hitos geográficos que eran el río y los cerros.

Desde tiempos inmemoriales, la construcción en tierra se desarrolló como una necesidad intrínseca a la construcción de una ciudad capital. Edificios de carácter monumental e institucional fueron construidos junto a la plaza principal. Luego la habitación del poblador recién instalado. Diseñado bajo la subdivisión predial española, la cuadrícula fue dando forma a lo que hoy es el centro histórico de la ciudad.

III. PRESENCIA DE CATÁSTROFES; SISMOS E INUNDACIONES

La instalación del forastero, sin embargo se ve amenazada por el hecho de que el territorio era diferente a donde había estado con anterioridad. La amenaza de sismos e inundaciones van tiñendo de destrucción la vida del hispano en el país.

De norte a sur se lee en el territorio la historia de construcciones y reconstrucciones que afectan a los asentamientos de la época.

De manera inevitable, los sismos comienzan a ser considerados ante un emplazamiento en el territorio. La construcción evoluciona entre pruebas y errores que lo llevan a límites inesperados que se ven obligados a considerar variables de mayor estructuración de las construcciones.

Los escenarios de destrucción permiten al chileno observar las construcciones de manera crítica y entender la transcendencia de la incorporación de técnicas más avanzadas de estructuración de las construcciones. El análisis de los daños y las implicancias de la no consideración de estos factores, son temas que el habitante comienza a considerar constructivamente. De esta forma, la reconstrucción y extensión de la ciudad se ve marcada por las innovaciones tecnológicas que van dando forma a una serie de evoluciones de la construcción que requieren del chileno creatividad y criterios técnicos.

1. Legado constructivo nacional; investigación de continuidad del legado, e innovación constructiva

Hace falta recorrer la ciudad histórica de Santiago para reconocer la historia constructiva de la misma. La incorporación de sistemas mixtos de construcción supone un continuo avance desde la construcción tradicional de lo que había sido, hasta el momento el adobe. De esa forma, hasta hoy ha evolucionado la construcción, volviéndose más que nada a la conservación de la estabilidad estructural de las edificaciones con el fin de asegurar la vida de las personas en su interior.

Este legado arquitectónico es el que recoge la oficina y se inserta en este continuo de innovaciones que permiten la utilización de la construcción en zonas sísmicas con la intención de cambiar el paradigma convencional. La inserción en esta línea histórica, permite a la oficina incorporar el conocimiento del pasado en el desarrollo de tecnologías actuales.

Particularmente, y para efectos de esta ponencia, nos centraremos en construcción a través de la quincha metálica y el tecno barro. Estos sistemas ampliamente utilizados por la oficina, son parte del proceso investigativo que ha tenido la misma. Con el fin de avanzar en la búsqueda de soluciones sismo resistentes, los sistemas consideran un sistema estructural mixto; tierra y metal.

La quincha metálica consiste básicamente en la combinación de las características tierra-compresión y fierro-tracción como mezcla estructural para la obtención de un material compuesto de características estructurales que permiten la re-arquitecturización de la obra de tierra en términos formales y constructivos.

Los principios que guían la construcción con quincha metálica corresponden a este legado sistematizado nacional que permite el avance de la técnica en pos de la incorporación de criterios contemporáneos.

La quincha metálica funciona básicamente con una estructura principal ejecutada en perfiles de acero y diagonales con barras de acero liso. Y una estructura secundaria constituida por mallas electro soldadas de acero, las cuales reciben el mortero de barro con paja.

La versatilidad del sistema constructivo es lo que asegura la nueva lectura de la arquitectura en tierra, ya que incorpora la variable sísmica sin limitar la morfología edificatoria. Dentro de las construcciones realizadas se deben destacar algunos factores

que permiten la masificación de la misma:

- a) **Construcción de chasis metálico** en taller /oficina, las partidas de terminaciones se trabajan simultáneamente con la obra gruesa (instalaciones, muebles, puertas y ventanas etc).
- b) **Transporte de las estructuras** con terminaciones al lugar definitivo mediante carga manual y camión extendido.

La maniobra tarda 1 día máximo para una casa de 150 m2 con 6-8 personas, se traslada solo la obra gruesa para su posterior llenado con tierra aligerada, las terminaciones se aplican al final del secado de la tierra.

Para el llenado se usa la tierra de la obra previa revisión de su cantidad de arcilla, lo que determina la cantidad de cal para su estabilización, esta resulta de excavaciones de instalaciones y fundaciones.

Los efectos de arriostramiento y estructuración se consolidan con soldadura en obra para lo cual este chasis se ejecuta con un corte restituible por soldadura para efectos del traslado. Usualmente la consolidación de sobre cimienta se hace enfierrando dentro del plegado de la malla y consolida con hormigón en obra.

- c) **Montaje de las estructuras:** Esta faena suele tardar muy poco tiempo en su ejecución por estar programada la soldadura, el efecto de rematar las soldaduras se hace el 90% en taller a fin de evitar la carpintería metálica en obra.

Las estructuras en sistema malla y esqueleto se protegen con revestimiento anti óxido y emulsionan asfálticamente como protección anticorrosivo y contra la humedad. También se extiende el nivel superior del sobre cimienta sobre el nivel de piso y aplica emulsión a este como sello anti-humedad capilar en todas los sobre cimientos.

En algunos casos debido al tensionado que se produce en las estructuras estas tienen diferencias en el armado, para esto es conveniente separar para el traslado las estructuras en partes lo más compactas posible. El bajo peso en general de las estructuras permite un alto grado de movilidad en el armado.

- d) **Llenado de estructuras:** Estas se pueden rellenar a mano o con bomba tipo shotcret de aire comprimido o sistema de bolas, el empleo de bomba permite incorporar cal al 10 % en la revoltura del shotcret como medida de estabilización de la tierra, el tiempo ahorrado de obra en bomba es de 6 hasta 10 veces menos que el manual, y se debe dejar la cancha de tierra-paja en estado húmedo con la mayor cantidad de tierra posible para así rentabilizar el uso de la bomba.

El uso de shotcret tierra permite que la presencia de paja en la mezcla ejecute la traba entre esta y la malla de acero para finalmente producir el efecto de una tierra reforzada, también la bomba homogeniza la carga de tierra evitando nidos que debiliten el muro.

- e) **Afinado de muros:** luego de llenar los muros con la mezcla de tierra aligerada estos son emparejados y afinados con un mortero de tierra harneada-paja-cal, que le confiere al muro una terminación pareja y la posibilidad de definir distintas texturas y colores para el acabado de las paredes.



En esta misma dirección explicaremos el sistema TecnoBarro desarrollado por la oficina. El origen del sistema TecnoBarro proviene del sistema tradicional de construcción mixto con tierra cruda, denominado Quincha, la que ha evolucionado hacia la denominada Quincha metálica, como un avance trascendental en diferentes aspectos constructivos. El sistema conocido como TecnoBarro se presenta como una manera contemporánea de construir con tierra dentro de la llamada "arquitectura ecológica", además de una excelente innovación en el desarrollo tecnológico, que lo perfila con grandes proyecciones dentro del mercado de la construcción por las ventajosas propiedades que presenta el barro en el ámbito de la habitabilidad.

Esta tecnología es un avance con respecto a la Quincha Metálica. Se compone en su totalidad de malla electrosoldada plegada. Esta se fabrica doblando las mallas electrosoldadas de acero que se rigidizan mediante una barra de acero lisa soldada por el exterior de la malla, para luego verter la mezcla de barro y paja sobre la estructura.

Este sistema funciona como un todo estructural, lo que permite que los elementos que constituyen la vivienda actúen en conjunto. Por otro lado, en el aspecto económico se produce un ahorro considerable, gracias a la reducción de la cantidad de acero que se necesita en este sistema, debido a que prácticamente no se necesitan perfiles.

El plegado de la malla otorga un paso de fuerzas, estereometrizando el comportamiento de éstas, y otorgando una armadura para la tierra mejorando sus propiedades estructurales.

Los reducidos costos parámetros económicos de la tierra, como el bajo costo de las estructuras metálicas livianas posibilitan el uso de este sistema en construcciones de economía real.

- **Papel de la cal** como complementos de la obra de tierra; floculación de la arcilla, mejoramiento de PH relativo, impermeabilización y efecto cementante. La cal juega un papel determinante en la consolidación del sistema sirviendo de puente entre ambos, facilitando su unión y comportamiento conjunto sismo resistente.
- **Papel de la paja.** Representa un papel fundamental en el desarrollo del sistema, ya que proporciona resistencias mecánicas a la mezcla para que esta quede completamente enlazada evitando pérdidas del material.

2. Arquitectura contemporánea en tierra

i. Comunidad ecológica

El trabajo de la oficina se centró durante algún tiempo a la construcción de viviendas en el sector llamado "comunidad Ecológica" en la pre cordillera de la ciudad de Santiago. Dadas las características del lugar, era posible y viable la aplicación de estos conocimientos de innovación, lo que permitió su extendido uso.

Dentro de las obras más notables se observan las diversas viviendas que son el testigo fiel de las posibilidades que un sistema tan versátil proporciona. En este sentido, la dinámica de innovación se mantuvo siempre en la mira, con la consiguiente evolución de sistemas que fueron pasando desde sistemas ancestrales a la Quincha metálica, para luego llegar al tecnoBarro.

Junto con esto, la importancia de resolver cada detalle y cada problema que la obra impone, fueron resultando una serie de soluciones nuevas que denotan la complejidad el problema constructivo en situaciones aparentemente precarias, como la construcción en tierra.

Cabe destacar el papel fundamental que tiene en estas construcciones por ejemplo, los entresijos que se conforman en un entramado liviano de acero y mezcla que a base de estereométricas armadas que son a su vez estabilizados y terminados con diferentes

colores y diseños.



ii. Salto a nuevos programas y proyectos

La trayectoria de la oficina ha evolucionado desde la escala de la vivienda a la incorporación de nuevos programas y proyectos de mayor magnitud. En este sentido, la expansión y amplificación, supone un debido replanteamiento del oficio, en tanto la aparición de nuevos desafíos es inherente.

Proyectos de mayor escala y envergadura con una mayor inclusión de profesionales y desafíos; Haras Don Gabo, Edificio de oficinas del Centro de Ecología Aplicada, diversos teatros, Edificio Granjaverdura, Hotel Itahue, etc.

3. Desarrollo de estucos en arcilla

La búsqueda de soluciones en diversas escalas y temáticas, ha llevado a la oficina a desarrollar intensivamente la investigación en el papel de la arcilla en la construcción como material contemporáneo de aplicación en revocos y pinturas de arcilla.

Por otra parte, la búsqueda técnica y artística ha llevado al desarrollo de comprimidos en arcillas, muebles diversos y demases del ámbito del arte.

4. Innovación aplicada en la restauración del patrimonio

El trabajo de la oficina se encuentra, entre otras cosas, dedicado a la intervención del patrimonio arquitectónico de Monumentos Nacionales protegidos por la Ley chilena de Monumentos bajo el alero del Consejo de Monumentos Nacionales. Nos centraremos en el trabajo de dos áreas de intervención que han evidenciado en Chile una necesidad de restauración monumental a causa de terremotos; por un lado la reparación de cuatro monumentos nacionales en la ciudad salitrera de María Elena, y por otra parte, la recuperación y reconstrucción de iglesias de diversos poblados rurales del norte del país.

El conjunto de los edificios patrimoniales de la comuna de María Elena que conforman el llamado barrio cívico de la ciudad, corresponden a una iglesia, una escuela, los ex-baños públicos y un Teatro. A primera vista se trata de edificios de adobe tradicionales, sin embargo, a raíz del terremoto del 14 de noviembre de 2007 y de los daños producidos en dichos monumentos se evidencia una situación diferente: la presencia de mallas (escalerillas de malla metálica cada tres hiladas) y otros elementos metálicos como pilares y cerchas (en estructuras de techumbre) muestran un sistema particular e inusual de construcción con tierra; una especie de "adobe armado". Este reforzamiento demostró ser altamente eficiente en términos de la estabilidad sísmica de los edificios, los cuales a pesar de los daños, se encuentran todos en pie.

Por otra parte, las construcciones que conforman el conjunto de Iglesias del Norte Andino que están en estudio, son muestra de la más excepcional vida en este áspero territorio. Podría decirse que son el resultado de un complejo proceso de intercambios e influencias, acontecidas desde tiempos inmemoriales; convirtiéndose estas numerosas capillas e iglesias, en el reflejo más tangible del encuentro entre el mundo hispano y el de indígena, condición expresada en su arquitectura de "espacios evangelizadores". Como restauradores, nos encontramos frente a la disyuntiva de cómo brindar seguridad desde el punto de vista estructural (estabilización antisísmica), preservando la condición histórica del edificio, respetando su materialidad y técnicas de sus culturas constructivas

originales.

5. Vivienda social y construcción en tierra

El trabajo desarrollado en torno a la Vivienda Social se ve marcado por el papel central que juega el usuario de la obra. En este sentido se desarrolló un proyecto incorporando un ejercicio práctico que consistió en la remodelación de vivienda social con técnicas constructivas en tierra.

Marcelo Cortés Álvarez:

1975 - 1982	Educación Universitaria Facultad de Arquitectura Universidad de Chile.
1986	Creación Empresa Constructora.
1991	Comienza el trabajo en Tecno Barro.
2001 - 2009	Creación y trabajo en la Oficina de Arquitectura Surtierra Arquitectura.

Patricio Arias Cortés;

1993 - 1999	Educación Universitaria Facultad de Arquitectura Universidad de Chile.
1999 - 2001	Trabajo independiente en construcción de vivienda y restauraciones patrimoniales.
2001 - 2009	Creación y trabajo en la Oficina de Arquitectura Surtierra Arquitectura.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES DE TAIPA DE MÃO EXECUTADAS EM DUAS EDIFICAÇÕES-PROTÓTIPO. CASO: UNIDADES EXPERIMENTAIS 001 E 002 – EESC/USP

Rafael T. Maia (1), Maurício G. C. Barreto (2), Rosana R. Folz (3), Rodolfo J. V. Sertori (4), Guilherme Dias (5), Akemi Ino (6), Ioshiaqui Shimbo (7)

- (1) Mestrando do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP) - Pesquisador do HABIS - Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – EESC-USP/Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Avenida Trabalhador São-carlense, 400 – São Carlos – SP – Brasil – Fone/Fax: 55-16-33739304 – E-mail: rafamaia@yahoo.com
- (2) Mestrando do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - EESC-USP – Pesquisador do Grupo HABIS – EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: macorito710@yahoo.com.br
- (3) Pós-doutoranda do Grupo HABIS – EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: rosana.folz@gmail.com
- (4) Mestrando do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - EESC-USP – Pesquisador do Grupo HABIS – EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: r046271@gmail.com
- (5) Pesquisador do Grupo HABIS - EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: guilherme.dias03@ig.com.br
- (6) Profa. Dra. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC-USP – Grupo HABIS - EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: inoakemi@sc.usp.br
- (7) Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Civil – UFSCar – Grupo HABIS - EESC-USP/UFSCar – Brasil – e-mail: shimbo@power.ufscar.br

Palavras-chave: Avaliação de Desempenho; Sistema de vedação; Taipa de mão.

RESUMO

No período de 1998 a 1999, foram desenvolvidas duas edificações-protótipo no campus da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, objetivando o estudo e a produção de soluções espaciais e tecnológicas, alternativas àquelas convencionalmente utilizadas em projetos de habitação social. Buscou-se nesta pesquisa a utilização, preferencialmente, de materiais oriundos de recursos renováveis, como terra, madeira de plantios florestais e fibras vegetais. No sub-sistema de vedação foram testados diferentes técnicas e materiais: colchão de ar em madeira, painéis de taipa de mão e de terra-palha. Após dez anos da conclusão e uso destas unidades experimentais, por dois grupos de pesquisa, foi realizada uma avaliação de desempenho destas edificações. Uma das avaliações se refere à durabilidade das vedações em taipa de mão, empregadas nas duas unidades, as quais foram executadas de maneiras distintas no desenho e na produção. O objetivo deste trabalho é analisar estas diferentes formas de execução da taipa de mão, comparando os problemas surgidos na primeira edificação e as alterações de desenho adotadas na segunda. Como método de estudo, foi elaborado um quadro comparativo, no qual foram analisadas as seguintes variáveis: dimensões dos painéis, traço do barro, interfaces, implantação das edificações (orientação norte-sul) e dimensionamento do sistema estrutural. Os dados foram obtidos por meio de diferentes fontes de evidência: registros fotográficos, observação direta, anotações, depoimentos dos usuários e relatórios de pesquisa, além da sistematização dos dados coletados no período da construção e na atual manutenção da taipa de uma das edificações. Os resultados obtidos expõem detalhes que definem um melhor desempenho das vedações em taipa de mão, os quais contribuem na formulação de diretrizes para melhorar sua execução, objetivando o aprimoramento deste sistema de vedação, com potencial para práticas mais sustentáveis na produção de habitação de interesse social.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico da construção civil tem beneficiado economicamente seus investidores por meio da otimização nos processos construtivos, uso de novos materiais e diminuição dos riscos aos operários. Porém, em se tratando da escolha dos elementos construtivos que irão compor as edificações, não são analisadas as consequências de tal avanço. Materiais usuais como o bloco cerâmico, concreto, PVC, aço e vidro, apesar de serem potenciais geradores de emprego e renda, causam elevado impacto ambiental, devido ao consumo excessivo de energia para sua fabricação e no transporte, o que gera volume elevado de resíduos durante a sua construção, descartados, muitas vezes, de modo inadequado.

Diversas instituições de pesquisas têm realizado estudos sobre materiais mais sustentáveis para construção de edificações, porém, os maiores beneficiados continuam sendo as

classes economicamente mais favorecidas, assim como a indústria da construção civil, que são os maiores financiadores de tais estudos. A população de baixa renda, como trabalhadores do campo, operários, assalariados, tem dificuldades para investir em melhorias habitacionais, o que os leva a morar em edificações construídas com pedaços de madeira, lonas, costaneiras.

Isso é o que acontece no Assentamento rural Sepé-Tiarajú, localizado no município de Serra Azul – SP, local em que vivem 77 famílias pertencentes ao MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra), em condições precárias. No ano de 2006, as famílias foram beneficiadas com um recurso federal para construção de suas casas, e o Grupo Habis está assessorando a construção nesse local. Do total das 77 famílias, 4 são membros do grupo denominado Grupo Alternativo e terão suas casas construídas em estrutura de Pilar-Viga em eucalipto. Em discussão nesse grupo, algumas famílias queriam construir as vedações para essa estrutura com blocos cerâmicos assentados com argamassa de cimento e areia, já outros defendiam o uso de materiais ecologicamente corretos, que causassem menor impacto ambiental. Foram citadas as técnicas construtivas usando terra crua como o adobe, a taipa de mão e o solo-cimento. Todos tinham conhecimento a respeito desses materiais e, por já terem morado e até mesmo construído casas em terra crua, todas as opiniões foram consideradas, impossibilitando que houvesse um consenso.

A assessoria técnica sugeriu a elaboração de um quadro comparativo em que seriam listadas as alternativas existentes para vedação e comparadas com diversas variáveis de acordo com conceitos e princípios da sustentabilidade, tempo de execução e custo. Dessa forma poderiam analisar comparativamente o quadro e tomar decisões baseado nas necessidades de cada família.

Analisando relatos do Grupo Habis relacionados a discussões e conflitos inter-pessoais e com experiência adquirida do autor deste artigo em outras discussões envolvendo esses mesmos atores, foram listadas variáveis já mencionadas como custo e tempo de execução, além de outras previstas que possivelmente entrariam em discussão futuramente como acesso a tecnologia e equipamentos necessários para execução das vedações.

Com a análise da literatura técnico e científica sobre o tema, as pesquisas do Grupo Habis, consulta a pesquisadores e profissionais da área de construção, foram levantados os dados necessários para preencher o quadro comparativo. A próxima etapa será a apresentação do quadro comparativo para as famílias do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú, para análise, discussão das propostas, e tomada de decisão sobre as vedações das casas de pilar-viga.

O artigo está organizado da seguinte forma: o item 2 apresenta o objeto de estudo da pesquisa, o Assentamento Rural Sepé-Tiarajú. O item 3 traz o grupo de famílias com casas em pilar-viga, o sistema estrutural em pilar-viga de eucalipto e as opções de vedação. No item 4 será apresentado o quadro comparativo e sua respectiva análise, para que no item 5 sejam feitas as considerações finais, avaliando a viabilidade das opções de vedação, de acordo com as necessidades das famílias.

2. MÉTODO

Souza (1981) explica, conforme exposto anteriormente, que a aplicação da metodologia de avaliação de desempenho consiste em: a) identificação da exigência do usuário; b) condições de exposição a que está submetido o produto; c) estabelecimento dos requisitos (qualitativos) e dos critérios de desempenho (quantitativos) a serem atendidos; e d) definição dos métodos de avaliação.

Como identificação da exigência do usuário sobre o produto estudado, elencou-se o fator da durabilidade e da estanqueidade da vedação de taipa de mão.



foto 1 – Unidades Experimentais 002 e 001

As condições de exposição do objeto de estudo referem-se aqui às condições climáticas sob as quais as vedações em taipa estão submetidas. Nenhuma das duas Unidades possui beiral, apenas pingadeiras na parte superior dos painéis (**foto 1**). Como pode ser visto na **figura 1**, a parede de taipa da Unidade 001 (em amarelo) está voltada para o lado sul, não sofrendo incidência direta do sol.

A parede de taipa da Unidade 002 (em azul) está voltada para o lado oeste, com incidência direta do sol no período da tarde, aumentando ainda mais a oscilação de temperatura sobre a parede ao longo do dia. Na cidade de São Carlos (SP) a temperatura pode variar no inverno em 16° C durante o dia, com mínima de 7°C e máxima de 23°C.

Esta variação diminui no verão, quando a temperatura oscila ao longo do dia entre 17°C a 28°C (CPTEC, 2009). A precipitação pluviométrica é maior na primavera e verão diminuindo muito no outono e inverno.

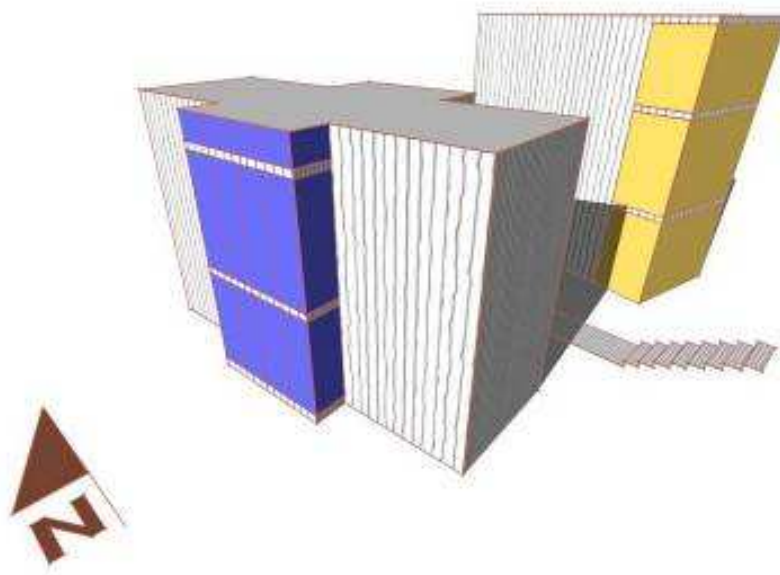


Figura 1 – Orientação das Edificações-Protótipos

Como requisitos de desempenho, as vedações não podem apresentar fissuras no seu reboco e nem vãos entre a vedação e a estrutura de madeira e entre os painéis da vedação. O critério aqui utilizado é de fissuras admissíveis menores de 1mm.

O método de avaliação adotado foi a elaboração de um quadro comparativo (**Tabela 1**) do sistema de vedação em taipa de mão aplicado nos edifícios-protótipo, com dados obtidos de verificação visual, estudo dos projetos das edificações e de seus componentes e de depoimentos de pessoas envolvidas nestes projetos. Outros dados encontram-se em relatórios de pesquisa que descrevem como foram executados os painéis de taipa de mão. Além destes, foram feitos vários registros fotográficos da construção e das patologias que foram aparecendo ao longo dos anos. Com a atual manutenção da taipa da Unidade 002, acrescentaram-se novos elementos de análise.

Levantados os dados, foram então estudados os painéis, o traço do barro, as interfaces e a implantação das edificações. Dentre esses elementos, foram elencadas as seguintes variáveis:

1. Dimensões dos painéis: tamanho em metros dos painéis que foram barreados;
2. Produção dos painéis: forma como foram produzidos os painéis;
3. Traço do barro de vedação: composição e proporção dos materiais utilizados no preparo do 1º barreamento, aplicado entre o entramado de madeira;
4. Traço do barro do reboco: composição e proporção dos materiais utilizados no preparo do 2º barreamento, aplicado sobre o 1º barreamento e sobre o entramado de madeira;
5. Traço do barro do emboço: composição e proporção dos materiais utilizados no preparo do 3º barreamento, aplicado sobre o 2º barreamento, formando a camada mais externa da parede de taipa de mão;
6. Orientação da fachada: direção em que a fachada a ser analisada está apontada, considerando a orientação dos pontos cardinais;
7. Inter-face entre Pannel e Pannel: solução e material adotado para proteger o encontro entre um painel e outro;
8. Inter-face entre Estrutura e Barreado: solução e material adotado para proteger o encontro entre a estrutura da edificação e o barreado da taipa de mão;
9. Patologias no Emboço: presença de deformidades na camada mais externa das paredes;
10. Patologias no Pannel: presença de deformidades nas peças que compõem o painel de madeira;
11. Patologia na Inter-face Estrutura e Barreado: deformidades presentes no encontro da estrutura de pilar de madeira da edificação com o barreado da taipa de mão.

TABELA 1: Quadro Comparativo de Sistemas de Vedação em taipa de mão aplicado nas Unidades 001 e 002.

DESCRIÇÃO VARIÁVEIS	Edificação-protótipo	
	001	002
1- Dimensões dos painéis	3,00 x 2,40m	0,75 x 2,40m
2- Local de produção dos painéis	PRODUÇÃO EM LOCO	PRÉ-FABRICAÇÃO EM MARCENARIA
3- Traço do barro de vedação	1:3 de PALHA e TERRA	1:2 de PALHA E TERRA
4- Traço do barro do reboco	1:4 de CAL e AREIA FINA	1:8:8 de CAL, AREIA GROSSA e TERRA
5- Traço do barro do emboço	TERRA	1:8:6,5 de CAL, AREIA FINA e TERRA
6- Orientação da fachada	SUL	OESTE
7- Inter-face entre Paineis e Paineis	-	MATA-JUNTA EM RIPA DE MADEIRA
8- Inter-face entre Estrutura e Barreado	IMPERMEABILIZANTE A BASE DE ÓLEO DE MAMONA	MATA-JUNTA EM RIPA DE MADEIRA
9- Patologias no Emboço	RACHADURA VERTICAL COM MENOS DE 1MM DE ESPESSURA	GRANDES RACHADURAS E BURACOS
10- Patologias no Paineis	NÃO EXISTE PAINEL EXPOSTO	ALGUMAS PEÇAS EM DECOMPOSIÇÃO
11- Patologia na Inter-face entre Estrutura e Barreado	NÃO APRESENTA PATOLOGIAS	FRESTAS DE 1 A 2CM

3. ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA DE VEDAÇÃO EM TAIPA DE MÃO

A variação de tamanho dos painéis de madeira, assim como seu local de fabricação, não apresentou diferença na composição final das paredes de taipa de mão, pois, uma vez que servem como ossatura para sustentação do barreado, eles são totalmente revestidos pelas demais camadas de barro (emboço e reboco).



foto 2

Na unidade 002, o encontro dos painéis de taipa ficou aparente. A tentativa de proteger o encontro destes painéis, utilizando mata-junta de ripas de madeira (**ver foto 2**), causou efeito inverso. Estas ripas propiciaram a retenção de água e umidade que, por sua vez, penetrou para o interior do barreado. A primeira consequência verificada foi a perda de rigidez do barro, causando sua queda (**ver foto 3**). Em seguida, a presença de buracos expôs a estrutura dos painéis a intempéries, iniciando um processo de decomposição da madeira. Já na Unidade 001, a ausência do encontro direto entre painéis (**ver foto 4**) dispensou a utilização do artifício mata-junta, não contribuindo para situações de acúmulo de água e umidade. Este fato colaborou com a preservação do barreado e da estrutura do painel de madeira.



Foto 3 – Painel exposto após queda do barreado.



Foto 4 – Painéis inteiros expostos.

Outra interface não pode deixar de ser observada. Trata-se do encontro entre o barreado e a estrutura em madeira da edificação. Na Unidade 002, optou-se por trabalhar essa interface da mesma forma que a interface entre os painéis, utilizando mata-junta. O resultado foi o mesmo: acúmulo de água e umidade, provocando danos à parede de taipa de mão. Já na Unidade 001, a interface entre o barreado e a estrutura de madeira do edifício recebeu um impermeabilizante natural, à base de óleo de mamona. Por possuir propriedades elásticas, esse material, além de impermeabilizar a interface, acompanha as movimentações dos componentes dos materiais. Esta propriedade contribuiu para evitar problemas nas interfaces entre o impermeabilizante e a estrutura da edificação e entre o impermeabilizante e o barreado.

Outro indicativo para a presença de patologias na parede de taipa da Unidade 002 é a composição e o traço dos barreamentos, principalmente nas camadas mais externas, que são aquelas que cumprem a função de proteção contra intempéries. A terra presente no reboco tem argila em sua composição. A argila é um material que tem a propriedade de retrair quando perde água, o que provoca rachaduras (**ver foto 5**). Além disso, a proporção de cal para a terra, utilizada no reboco da parede externa da Unidade 002 é muito pequena. Segundo Rago & Cincotto (1999), uma propriedade importante da cal, no seu estado fresco, é a retenção de água, por não permitir a sucção excessiva de água pela base. Na Unidade 001, o reboco é feito de areia e cal, combinação que evita a retração e, conseqüentemente, minimiza a presença de rachaduras (**ver foto 6**).



Foto 5 – Rachaduras apresentadas durante secagem do barreado.



Foto 6 – Barreado sem presença de rachaduras após secagem do barreado.

O calor é um fator que acelera o processo de perda de água do barro. No caso da Unidade 002, a parede de taipa está orientada para Oeste. Pelo fato de haver forte incidência direta de sol sobre esta parede, na parte da tarde, as grandes variações térmicas exigem maior resistência do reboco. O mesmo não acontece com a Unidade 001, cuja parede de taipa está orientada para Sul. Neste caso, as variações de temperatura são mais baixas, resultando na minimização da retração e no aparecimento de rachaduras menores e em baixa proporção.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taipa de mão é estigmatizada por ser considerada uma técnica de “pobres” e de baixa durabilidade. Exemplos dos mais variados mostram, no entanto, que é uma técnica de fácil execução, de fácil manutenção, apresenta isolamento térmico satisfatório e é de baixo custo quando devidamente orientada (CASER, 1999). Por esta razão, antes de se replicar uma técnica tradicional é preciso ter domínio sobre os seus detalhes, de modo a evitar experiências negativas que possam aumentar o seu estigma.

A análise comparativa entre as duas paredes de taipa de mão, realizada neste trabalho, busca amenizar a carência de referências técnicas para avaliação de tal tipo de vedação. Por outro lado, a avaliação de desempenho se faz necessária para que não sejam transferidos aos usuários os problemas de patologia e os custos de manutenção e reposição que surgem pela falta de avaliação prévia.

Considerando as edificações-protótipo aqui avaliadas, alguns detalhes de projeto e de materiais foram cruciais para corrigirem patologias surgidas quando se tentou inovar na produção dos painéis. Portanto, toda a inovação precisa passar por uma fase de testes, por avaliações de desempenho, antes de ser aprovada como um sistema a ser replicado.

Com a avaliação aqui realizada, almeja-se a adequação de uma técnica tradicional a uma realidade contemporânea, parodiando Fathy (1980, p.39), quando afirma que é “respeitando e construindo sobre o trabalho das gerações anteriores, que cada nova geração consegue algum progresso significativo em direção à solução de um problema”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASER, Karla do Carmo. *Taipa de mão: revisão crítica de projetos no Espírito Santo e perspectivas de seu desenvolvimento*. 217 p. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais — Ministério da Ciência e Tecnologia (Brasil). Portal de Tecnologia da Informação para Meteorologia. *Banco de Dados Climáticos*. Disponível em <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>>. Acesso em: 17 maio 2009.
- GONÇALVES, O. M. et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: ROMAN, H.; BONIN, L.C. (ed.) *Normalização e Certificação na Construção Habitacional*. Porto Alegre: ANTAC, 2003. (Coleção Habitar, v. 3).
- INO, A. et al. *Habitação Social: Concepção arquitetônica e produção de componentes em madeira de reflorestamento e de terra*. Relatório Final – Bloco 1 e 2. Projeto Integrado de Pesquisa – AI. CNPq 52 4322/96-1. Abril de 2001.
- INO, A. et al. *Habitação Social: Concepção arquitetônica e produção de componentes em madeira de reflorestamento e em terra crua*. Relatório Parcial 2 – Bloco ½. FAPESP 95/9716-9. Agosto de 97 a Julho de 98.
- LOPES, Wilza. *Taipa-de-mão no Brasil: levantamento e análise das construções*. 1998. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Tecnologia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente. *Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural*. 218 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. *Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 233.
- SOUZA, Roberto de. A avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1981, São Paulo. *Anais...* São Paulo-SP, 1981. p. 247-256.
- VASCONCELLOS, S. *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 1979.

Rafael Torres Maia: Arquiteto e Urbanista da Universidade Federal de Alagoas – Brasil. Mestrando do Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP e Pesquisador Grupo Habis – EESC/USP – UFSCAR, c.e.: rafamaia@yahoo.com

Mauricio Guillermo Corba Barreto: Arquiteto com ênfase em Urbanismo da Universidade de Boyacá – Colômbia. Mestrando do Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP e Pesquisador Grupo Habis – EESC/USP - UFSCAR. c.e.: macorito710@yahoo.com.br

Rosana Rita Folz: Pós-doutoranda do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC-USP- Brasil e Pesquisador do Grupo Habis – EESC/USP – UFSCAR. c.e.: rosana.folz@gmail.com

Rodolfo José Viana Sertori: Tecnólogo da Construção Civil da Universidade Estadual de Campinas – Brasil. Mestrando do Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP e Pesquisador Grupo Habis – EESC/USP - UFSCAR. c.e.: R046271@Gmail.Com

Guilherme Dias: Arquiteto pesquisador do Grupo Habis – EESC/USP - UFSCAR. c.e.: Guilherme.Dias03@Ig.Com.Br

Everton Randal Gavino: Arquiteto pesquisador do Grupo Habis – EESC/USP – UFSCAR. c.e.: evertonrandalgavino@yahoo.com

Akemi Ino: Professora Dr^a. do departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP e Coordenadora do Grupo de Pesquisa Habis – EESC/USP - UFSCAR. c.e.: inoakemi@sc.usp.br

Ioshiaqui Shimbo: Professor Dr. do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos y Coordenador do Grupo de Pesquisa Habis – EESC/USP - UFSCAR. c.e.: shimbo@power.ufscar.br

IV.

Patrimonio edilicio: Inventario. Intervención. Preservación / restauración. Patrimonio turístico, gestión y gerenciamiento. Difusión

LOS USOS LOCALES DEL ADOBE. UNA APROXIMACIÓN DESDE EL ESTUDIO DE CASOS EN SUSQUES Y RINCONADA (PROVINCIA DE JUJUY)

Julieta Barada; Constanza Tommei

Proyecto Puna y Arquitectura – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo –
Universidad de Buenos Aires

Palabras clave: puna , adobe , usos locales

RESUMEN

El adobe es uno de los principales materiales estudiados cuando nos referimos a la construcción con tierra, tanto en la praxis como en la bibliografía existente sobre el tema. En nuestro caso, el habernos acercado al conocimiento del adobe y sus técnicas desde el trabajo de campo, en conjunto con constructores locales, ha sido fundamental a la hora de definir nuestra mirada y el sentido de nuestro trabajo.

No es sencillo realizar aportes sobre una temática en la que han trabajado, y trabajan, numerosos investigadores con una vasta trayectoria. Sin embargo esperamos que nuestro trabajo sea de utilidad para, por un lado, dar a conocer nuevos datos generados a partir del estudio de casos, y, a partir de esto, profundizar el conocimiento sobre el uso del adobe en dos localidades puneñas de la provincia de Jujuy.

El equipo del proyecto "Puna y Arquitectura", espacio en el que nos desenvolvemos como estudiantes, viene realizando trabajos de campo en las localidades de Susques y Rinconada hace más de cuatro años. Esto nos permitió tener un conocimiento particular sobre las viviendas en las que hemos trabajado y relevado, y es justamente esta condición la que nos posibilita enfocar nuestra ponencia desde el punto de vista propuesto.

A partir de esta metodología es que nos proponemos indagar acerca de las particularidades que se pueden encontrar en la utilización de una técnica de la cual podemos encontrar, como hemos mencionado, un volumen de bibliografía, que muchas veces tiende a generar estándares. Para esta ponencia hemos preferido enfocarnos en el estudio de las formas particulares que asume el uso del adobe en ciertos lugares. Los modos locales que analizaremos están vinculados no solamente al sitio y al tipo de materia prima disponible, sino también a la historia de cada familia, comunidad y constructor, siendo estas últimas cuestiones imposibles de ser dejadas de lado especialmente cuando se trabaja en un espacio doméstico.

DESARROLLO

El adobe es uno de los principales materiales con los que hemos trabajado en el marco del proyecto "Puna y Arquitectura" en las localidades de Susques y Rinconada. Es de hecho el material que constituye la caja muraria de la mayoría de las casas en las que se ha intervenido, tanto en lo relevado sobre construcciones existentes como en los trabajos realizados en cada una de las campañas.

En este sentido, entendemos que, desde la experiencia concreta de construcción, podemos brindar una cierta cantidad de material de lo observado y reflexionar sobre las particularidades del uso del adobe en la Puna jujeña. La presencia del adobe en Susques y Rinconada se da no solamente a partir de su rol en el patrimonio existente sino desde su vigencia como material de construcción actual y futura.

Esto se evidencia en el registro de adobes utilizados en habitaciones de una misma casa correspondientes a muy diversas etapas constructivas. Sobre este punto nos es interesante destacar que esta técnica no solo se manifiesta en las casas particulares, sino que también forma parte de las construcciones públicas de estas localidades, inclusive para aquellas que se encuentran en actual construcción.

En todo caso, no es sencillo realizar aportes sobre esta temática en la que han trabajado, y trabajan, numerosos investigadores con una vasta trayectoria. El adobe ha sido estudiado desde su historia, cualidades técnicas, patologías o posibilidades de intervención tecnológica, entre muchos otros ángulos de indagación. Al mismo tiempo, mientras el interés sobre la construcción con tierra se ha ido acrecentando en los últimos años desde los ámbitos académicos y en algunos casos desde los espacios de gestión, no es un secreto que continúa con fuerza un sesgo sobre su uso.

La asociación de la construcción con tierra, y especialmente del adobe, con pobreza, falta de calidad, malas terminaciones e incluso enfermedades o poca higiene sigue plenamente vigente. Desde estos puntos de partida se suelen observar y analizar las prácticas constructivas y la arquitectura en general de muchos grupos sociales que usan la tierra cotidianamente. La construcción con tierra llevada adelante por las poblaciones puneñas no escapa a estas lecturas sesgadas y estereotipadas. Es desde este estado del análisis que creemos que tiene sentido escribir este trabajo.

La particular aproximación que hemos tenido basada en el aprendizaje directo de los constructores locales, el trabajo con ellos, la convivencia con las familias y el relevamiento desde el trabajo de campo sumado a la considerable cantidad de casos de estudio nos permite tener un acercamiento particular y diferenciado al estudio de esta técnica constructiva. Este trabajo nos ha brindado una cantidad de datos tanto técnicos como etnográficos que sirven como complemento a la bibliografía existente y que hacen referencia a las numerosas particularidades y variaciones que tiene la utilización de esta técnica, tanto a través del tiempo como entre los distintos casos estudiados.

El adobe, definido por Graciela Viñuales (1994) como ladrillo de barro sin cocer, es una tecnofactura que se obtiene a partir de un conjunto de materias primas que atraviesan un determinado proceso de elaboración. En todos los casos es un módulo repetitivo, que a partir de su sucesiva utilización en el contexto de una técnica particular genera una unidad. "Esta técnica consiste en la fabricación hecha a mano de ladrillos con tierra arenosa y arcillosa, con ayuda de moldes sencillos de madera, en los que se dispone el mortero de tierra que se apisona ligeramente a mano." (Bardou 1979:22). En lo que respecta a sus formas de elaboración, la más difundida en Argentina es la que utiliza moldes de madera de uno o dos bloques, generalmente de formas rectangulares. El molde se llena con un barro que es preparado con suelos del lugar y agua, y que en muchos casos tiene agregados naturales para controlar las fisuras, tales como vegetales, guano o pelos de animal. (Rotondaro y Patrone 2008). Según nuestra experiencia en el campo, las proporciones específicas de composición de cada adobe y su tamaño tienen variaciones de acuerdo al contexto geográfico y temporal, la posibilidad de obtención de los materiales y los conocimientos y herencias de cada maestro constructor.

A partir del registro de habitaciones construidas en diferentes periodos, en las más antiguas es donde se reconocen ladrillos de menor tamaño, más irregulares y que permiten observar a simple vista un mayor porcentaje de agregados de piedras, vidrios o paja y material orgánico, como el guano, en su composición (Fig. 1).

Se verificaron una gran diversidad de medidas y composiciones, en este sentido se pudieron relevar en las casas donde se trabajó las siguientes medidas: 40 x 28 x 15cm, 38 x 25 x 15cm y 30 x 25 x 9cm en los adobes registrados en construcciones de entre 15 y 30 años de antigüedad, mientras que en algunos de los trabajos realizados se utilizaron adobes de 40 x 25 x 10cm y 40 x 30 x 12cm.

A partir del análisis de la bibliografía existente y de los datos expuestos anteriormente, entendemos que no existe una medida estandarizada ni una única forma de realizar los adobes sino que son varias las maneras de hacerlos.

Desde las experiencias realizadas en Susques y Rinconada, sería posible indicar un proceso de cambio en el modo de elaboración y apropiación del adobe. De acuerdo a los relatos de los constructores, tradicionalmente los bloques eran elaborados por las propias familias para la utilización en sus casas. Durante la experiencia en el campo no solamente hemos podido registrar la utilización de adobes de elaboración propia y la reutilización de otros que se retiraron enteros de muros a demoler, sino también la existencia de distintas estrategias para la obtención del material. En este sentido hoy se recurre a la producción conjunta entre diferentes familias, el intercambio de bloques entre vecinos, y en algunos de los trabajos que se llevaron a cabo el adobe fue comprado u obtenido de organismos estatales (como las Comisiones Municipales).

Más allá de los casos en los que cada familia "corta adobes"¹ en su propio terreno, tanto en Susques como en Rinconada existen ciertos lugares en los alrededores en los que expresamente se producen. En ambos casos no son más de dos o tres y reúnen ciertas características particulares. La ubicación de la elaboración del adobe está situada a la orilla de un lecho de agua. Tanto la elaboración de bloques para la venta, los que elaboran las Comisiones Municipales como los que realizan como producción propia, todos están hechos en los mismos espacios consensuados implícitamente o explícitamente en la comunidad. La elaboración de los mismos requiere un amplio llano, disponibilidad de abundante barro y mucha agua, siendo esto probablemente una de las mayores causas de su ubicación.

Al analizar las formas de obtención de los adobes en la actualidad, en la cual se está practicando un proceso cada vez más intenso de "tercerización" de la fabricación de los adobes, se puede ver una tendencia a una homogenización de las medidas de estos, y muy probablemente en los modos de realizar los bloques en general.

La obtención del agua debido a la escasez de la misma en la Puna es una tarea que suele requerir una especial atención. Debe hacerse una distinción entre las experiencias realizadas en zonas urbanas y aquellos trabajos en el campo, ya que en los primeros, se contó con agua corriente, y en los segundos, la obtención de la misma tiene una dificultad agregada. En domicilios y puestos en los que se trabajó, el agua frecuentemente fue tomada de ríos o arroyos cuyo cauce se encuentra en las cercanías de las casas. Especialmente en el campo, cuando el puesto no tiene agua cercana y la familia no dispone de algún transporte, fabricar adobes es realmente difícil y se suele optar por soluciones completamente en piedra e incluso con pirca seca en los casos más extremos. En lo que a ello respecta, durante el trabajo de campo, el agua destinada a la construcción se transportó desde el pueblo en tanques de 200 litros hasta los puestos.

Los adobes necesitan un tiempo de secado previo a su utilización, que según Patrick Bardou (1979), es de 2 o 3 semanas. Sin embargo durante el trabajo en el campo se utilizaron adobes que tenían más de nueve años desde que se cortaron. Los bloques, en Susques y Rinconada, no siempre son elaborados por una necesidad urgente de utilización para una construcción específica y con un destino fijado previamente a su elaboración, sino que, por el contrario, generalmente existe una diferencia temporal importante entre la realización de los adobes y su utilización. Es importante aclarar que las particulares condiciones ambientales de la Puna permiten una buena conservación de los adobes.

La ubicación de los adobes acopiados también es significativa y relevante. En varios casos estos acopio se hicieron en el mismo lugar donde fueron-realizados, en otros se guardaron dentro de los propios terrenos de las familias, generando, en varias ocasiones, espacios arquitectónicos como pueden ser divisiones internas, o un cerramiento del predio, sumándose a estos mobiliario de utilidad para los miembros de la familia, como mesas y lugares de apoyo (Fig. 2). También se resalta dentro de la arquitectura relevada, espacios utilizados especialmente para guardar adobes. Se observó que el almacenamiento se

realiza al aire libre, en numerosas ocasiones, con protecciones (aleros de paja, piedras o plásticos), especialmente para evitar el desgaste que provoca en estos el agua de lluvia durante el verano. Parte de las diferencias que se verifican en los adobes depende de tiempo y forma de almacenamiento que hayan tenido.



Fig. 1. Adobes con visible presencia de vidrios y piedras, registrados en Rinconada, 2007.

Con respecto a los modos de construcción con adobe registrados, podemos hacer una principal diferenciación de acuerdo al tipo de muro realizado dependiendo de la forma de colocación de los adobes: *el muro doble* y *el muro sogá*². Cada hilada eleva la altura del muro entre los 12cm y los 20cm dependiendo de las dimensiones de los adobes utilizados y del alto de las juntas, variable también entre los 2 y 5cm³.

La colocación de los adobes se hace por hiladas, ubicando los bloques de manera alternada entre una y otra, en función de lograr una traba. El desplazamiento de los adobes entre hiladas que permite la trabazón es de medio adobe, de modo tal que la junta de la hilada inferior quede en el centro del bloque de la hilada siguiente. Sin embargo, se han relevado casos, de construcciones existentes de distinta antigüedad donde las trabas entre adobes no superan los 10cm, generando una traba diagonal. Es en estos puntos donde suelen aparecer fracturas verticales en los muros, especialmente ante de la carga de los techos.

Toda la construcción se levanta de manera pareja por hiladas logrando una superficie de muro lisa, especialmente en la cara exterior evitando puntos de posible acumulación y filtración de agua. Antes de comenzar cada hilada, se colocan primero los adobes esquineros. Esta cuestión merece especial atención debido a que estos adobes son seleccionados por los maestros constructores en función de utilizar los que posean sus lados más lisos y escuadrados. El adobe se coloca con su cara lisa hacia abajo y la rugosa hacia arriba (siendo la cara lisa la que permaneció sobre el suelo durante el tiempo secado del adobe y la rugosa la que estuvo en contacto con el exterior).

El mortero de barro utilizado para las juntas se realiza con barro y arena o la misma mezcla utilizada para los adobes, a fin de buscar la mayor similitud al material básico para obtener mayor homogeneidad en el comportamiento físico del muro y con una mayor cantidad de agua en función de lograr la ductilidad y adherencia correctas para el llenado de las juntas.

Con respecto al agua, es importante tener en cuenta la cantidad en función del tipo de muro que se va a realizar: una pared de adobe requiere un mortero con mayor cantidad de agua que la pirca de piedra, debido a que la capacidad absorbente del adobe es mucho mayor que la de la piedra. Con respecto a las proporciones de mezcla utilizadas, podemos extraer de los datos relevados diferentes proporciones: 2:1 (2 partes de arena por una de arcilla),

3:1 y 1:3. Estas diferencias en las proporciones, se deben probablemente a las características de las distintas arcillas recolectadas en cada caso particular, y a los distintos conocimientos, costumbres, herencias y experiencias de los maestros constructores. No es menor la importancia que tiene el gusto del constructor a la hora de usar la mezcla. Para muchos es mejor un mortero más arcilloso mientras que otros prefieren una mayor cantidad de arena que lo hace menos “pegajoso”.

Frecuentemente se utilizan para la realización del mortero adobes viejos almacenados en las casas, que han sido erosionados por las lluvias y que por lo tanto no pueden ser utilizados para la construcción de muros. En los casos donde las tareas implicaron la demolición de muros existentes deteriorados, estos fueron utilizados para la preparación del mortero y en otros también se le ha incorporado gravilla para mejorar la labor estructural del mismo.

Como mencionamos anteriormente, existen dos tipos de muros dependiendo de la forma de colocación de los adobes. El *muro sogá* refiere a aquellos donde el sentido de ubicación de los bloques se da por su lado mayor siguiendo la dirección del muro, es decir, que el muro toma el ancho del lado menor de los adobes. Al estar colocados los bloques de este modo, se requieren menos cantidad de adobes por hilada y por lo tanto menor cantidad de mortero.

El espesor del muro varía de los 25 cm. a los 30 cm. dependiendo del adobe utilizado (Fig. 3). El sentido de colocación de los bloques para la realización de un muro doble es por su lado menor, es decir que el muro tiene un espesor mayor que el muro sogá, siendo este igual al lado mayor adobe, que en todos los casos estudiados es de 40 cm. aproximadamente (Fig. 4). Este muro ofrece mayor resistencia al empuje de las tijeras del techo y también ofrece mejor aislamiento térmico debido a que por su mayor espesor tiene mas inercia térmica, factor importante a considerar en zonas de gran amplitud térmica, como es el caso de Susques y Rinconada. El adobe presenta la acumulación de calor durante el día y la liberación de este durante la noche, lo que permite una temperatura constante al interior de la vivienda. El espesor de muro es determinante a la hora de establecer la cantidad de masa térmica adecuada para el óptimo desarrollo de este fenómeno y los requerimientos térmicos de cada espacio (Sotta Bonapres 2007:75).



Fig. 3. Colocación de adobe esquinero y elevación de *muro sogá*, Rinconada, 2007.

Fig. 4. Elevación de *muro doble*, Rinconada, 2009.

Hay un cierto consenso local respecto a que el muro *doble* es mejor por su capacidad aislante y su resistencia. Sin embargo en la mayoría de los casos se utiliza el muro *sogá* porque se entiende que “es suficiente”. Cabe mencionar que las casas más antiguas usaban casi de manera excluyente el muro doble y son varias las razones que se podrían dar para

este cambio. Por un lado el hecho que los adobes en muchas familias ahora sean comprados implica una menor disponibilidad del material, algo parecido ocurre con la disponibilidad de manos que se suman al trabajo.

Por otro lado, el cambio o la tendencia al uso de chapa, con un peso mucho menor al de la torta de barro o la guaya, implica una menor necesidad de estructura resistente. En todo caso, muchas de las fisuras que se observan en las paredes actuales es probable que estén relacionadas con la menor capacidad resistente de los muros.

A diferencia del ladrillo común o el ladrillo cerámico, las dimensiones de los adobes no son proporcionales. Esto implica una especial atención en el encuentro de muros, sin embargo, para la mayoría de los maestros constructores locales esto no es un problema, resolviendo los encuentros de diversas formas de acuerdo a los conocimientos, tradiciones y maneras propias de cada uno de ellos. En el caso del *muro sogá* el encuentro se realiza sin mayores problemas, siendo que alternadamente uno y otro muro cubren la esquina con un adobe entero.

En el caso del *muro doble*, las dimensiones del adobe generan una diferencia al llegar a la esquina, para lo cual encontramos dos posibles resoluciones: la primera, adoptada en la mayoría de las casas donde se trabajó con este tipo de muro, plantea la conformación de la esquina con dos adobes por hilada que se traban con la siguiente. Esta resolución, tiene como inconveniente que en la traba entre hiladas en la esquina uno de los dos bloques estará trabado sobre el inferior solo 10cm. La segunda posibilidad es utilizar un adobe y otro partido en la esquina de manera tal que quede cubierto el ancho del muro a trabar, pero ésta trae como inconveniente la posibilidad de que el adobe partido se desprenda y debilite la esquina.

Un tema importante a tratar con respecto a la construcción de muros de adobe son las alteraciones en su superficie. Los motivos de su realización son variados; desde la necesidad de generar aberturas para poder acceder y ventilar las habitaciones hasta el trabajo del muro en función de generar un espacio interior para la vida cotidiana de la casa de acuerdo con las costumbres y tradiciones locales y de la familia.

El adobe es un material que por su composición debe estar protegido de la acción directa de las aguas de lluvia, es por ello que en el encuentro entre el muro y la caída del techo, es frecuente la construcción de aleros. La importancia de estos se evidenció al relevar las habitaciones sin cubiertas (generalmente en desuso) notándose un gran deterioro en los adobes, sobretodo en las hiladas superiores.

Si bien los aleros son realizados en paja o piedras lajas, para ello es necesario hacer una variación en la última hilada de adobes a fin de permitir su colocación. Esta es confeccionada con medio adobe de modo tal de dejar una superficie de apoyo para las piedras, que son adheridas con mortero de barro. En algunos casos al tratarse de un muro sogá, la superficie de apoyo es reducida por lo que la colocación de las lajas se ve dificultada. Lo que se realizó entonces fue picar los adobes en su parte inferior una vez colocados con el objeto de generar un buña para trabar la piedra y evitar el vuelco. En otros casos, ante la falta de piedra, la resolución de los aleros se realiza directamente con los adobes. La última hilada de la pared se saca unos 10 cm hacia el exterior. En caso que el muro sea “soga”, los adobes de esta hilada se colocan perpendicularmente a los del resto de la pared. De esta manera se logra una saliente que permite apoyar la paja que completa el alero. Todas estas decisiones tienden a alejar lo más posible el desagüe del agua de lluvia de los muros.

Es habitual que en las casas los espacios interiores posean hornacinas en las paredes utilizadas para el guardado de distintas cosas. Así lo ha registrado Bárbara Gobel para el caso de Huáncar, una localidad a pocos kilómetros al sur de Susques: “En las paredes de

las viviendas hay varios nichos; el principal está ocupado por la imagen de algún santo; en los demás se guardan los objetos más preciados (...) Unos bancos hechos con barro y adosados a la pared sirven de catres, sobre los cuales se disponen cueros de llamas y ovejas" (Gobel 2002:63). Se trata de nichos, cuyas dimensiones pueden ser de uno o dos adobes de ancho por uno a dos de alto, abiertos hacia el interior de las habitaciones. A partir de los trabajos realizados podemos indicar al menos dos modos de realización de hornacinas entre los muchos que existen. El primero se da variando la colocación del adobe en los laterales del nicho: se colocan dos adobes en panderete para el armado de las paredes laterales y otro colocado también en panderete pero perpendicular a los primeros para el cerramiento de la abertura hacia el exterior. La parte inferior de la hornacina se completa con una piedra laja adherida con mortero de barro para la conformación de la superficie de apoyo y los dinteles se realizan frecuentemente en madera de cardón (Fig.5).

El segundo modo de realización de hornacinas se ejecuta a partir de una interrupción del muro, como se hace para la realización de vanos y se cierra la abertura en el exterior con un adobe en panderete. Para la base, se pueden utilizar dos adobes dispuestos en el sentido contrario a su colocación en el muro. Se han registrado también casos donde se realizó una hornacina doble (de 5 hiladas de alto) con la colocación de un estante de madera a la altura de la tercera hilada empotrado en las juntas y asegurado con mortero de barro.

De acuerdo a las descripciones de muchos viajeros e investigadores no era habitual que en la región se utilizaran camas construidas en madera, cosa que si sucede hoy. Lo más común era la construcción de "poyos". Así lo describió Eric Boman a principios del siglo XX: "La casa no tiene más que una habitación. Contra uno de los muros más cortos, se ve el Poyo, sobre-elevación de piedras y tierra, que ocupa todo el ancho de la casa y de alrededor de 0,50 m. de altura y 1,50 m. a 2 m. de fondo. Es la cama común de todos los miembros de la familia, que se acuestan en ella sin desvestirse, descansan sobre cueros de llamas y corderos y se cubren con otras pieles". (Boman 1908:429). Los poyos son una suerte de prismas rectangulares de adobes o piedra que se extienden adosados a los muros en algunas habitaciones de las casas.

Se relevaron poyos de distintas dimensiones: 75x100x30cm; 40x250x25cm; 190x90x30cm, correspondientes a ancho, largo y espesor respectivamente. Las medidas dependen del tipo de uso que se le da: como espacio para dormir o como asientos. En las casas donde se registraron poyos se vio frecuentemente que estos se encuentran revocados con barro, independientemente del estado de la habitación. Este revoque permite que la superficie de apoyo sea mucho más pareja y lisa para que sea utilizada.

Para la construcción de dinteles para vanos de puertas se utilizaron generalmente listones de madera, ya sea esta de tipo industrial o de cardón, de aproximadamente 2" x 4", empotrados en el muro 20cm (medio adobe); sin embargo Morales Morales (1993:51) plantea que el empotramiento de un dintel aislado no debe ser menor a 40cm. La colocación de los mismos debe ser prevista en el momento de la elevación del muro y una vez colocado el dintel y fijado con mortero de barro, se continúa el muro por encima de éste.

En los casos de los dinteles de ventanas y hornacinas que se realizaron, los mismos se hicieron de madera de cardón. Su colocación también se da del mismo modo que lo explicado anteriormente. Además, se han registrado casos de dinteles realizados con dos piezas combinando una madera de cardón con otra de tipo industrial. Para dinteles de pequeñas aberturas se vieron dinteles de piedras lajas.

Un tema particular detectado en algunos de los muros de adobe relevados es el de la presencia de algunos elementos que funcionan como complemento del desarrollo del muro, generando tanto aspectos utilitarios como decorativos, como puede ser el caso de agregados de botellas.

Éstas, se colocan en los muros generando pequeñas entradas de luz al ambiente. Se ubican en las juntas verticales de los adobes y son cubiertas con una lámina de cartón, de modo tal que en la siguiente hilada se pueda verter el barro sobre ellas para la colocación de los adobes. Se registraron botellas ubicadas en la parte inferior de aleros de piedras lajas (Fig. 6). Las botellas son colocadas horizontalmente con el pico hacia el interior de la habitación y la base al exterior, para evitar la posible acumulación de agua.



Fig. 5. Detalle de hornacina de adobe con base de laja y dintel de cardón, Susques, 2007.

Fig. 6. Botellas aplicadas al muro de acceso a la vivienda en la parte inferior del alero, Rinconada, 2007.

A partir del reconocimiento de los saberes locales podemos reflexionar acerca del vínculo de las comunidades con la técnica del adobe tanto desde sus formas de utilización actual como sus variaciones a través del tiempo.

Es interesante destacar la vigencia de esta técnica en las comunidades que incorporan las variaciones temporales no solo en lo que respecta a las formas de obtención del material y la tendencia a la terciarización de su producción, sino también a sus formas concretas de utilización en relación a la variación en los tiempos destinados a la construcción y a la disponibilidad de materias primas. Inclusive cuando la construcción de las casas, por distintos motivos, no es realizada por la propia familia, el adobe sigue siendo el material elegido.

Como planteamos al comienzo de este trabajo, existen numerosos estudios que abordan el tema de la construcción con tierra y particularmente la técnica del adobe desde diversos enfoques. Inclusive se han planteado, sobretudo en los últimos años, discusiones sobre el rol que estas temáticas debieran cumplir en las currículas académicas con el fin de proponer nuevas miradas sobre el hacer arquitectura. Lo que nosotros intentamos proponer con este trabajo está ligado a este último punto, y la pregunta pasa justamente por la definición de ese "hacer". La propuesta, es partir de aquellos lugares donde el uso de esta técnica es masivo y no está en discusión.

Es indispensable reconocer las formas locales que adopta la construcción con adobe para, conjuntamente con el saber académico, enriquecer el conocimiento sobre esta técnica, entendiendo las particularidades de su aplicación concreta.

Siendo estas, cuestiones que necesariamente deben ser comprendidas para poder abordar las problemáticas de su tecnología o posibilidades de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bardou, P. *Arquitecturas de Adobe*. Editorial Gustavo Gili, España, 1979.
- Boman, E. *Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama*. Universidad Nacional de Jujuy, Argentina, 1992 [1908].
- Göbel, B. “La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)”. En: *Estudios Atacameños*, 23. Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo, Universidad Católica del Norte, Chile, 2002.
- Morales Morales, R., R. Torres Cabrejos, L. Renjifo y C. Candiotti, *Manual para la construcción de viviendas de adobe*, Lima, Peru, 1993.
- Rotondaro, R y J.C. Patrone “Tecnología y proyecto en la arquitectura de tierra”. En: *Cuadernillos Seminario Puna y Arquitectura*. FADU, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2008.
- Sotta Bonaprés, F. “El espesor del muro de adobe, optimización de sus facultades térmicas” En: *Construcción con Tierra*, 2007.
- Viñuales, G (Comp.) *Arquitectura de Tierra en Iberoamérica*, Editorial Habiterrea, Argentina, 1994.

NOTAS

- 1 Como ocurre en muchos otros lugares en Susques y en Rinconada a la acción de producir los adobes se la llama “cortar adobes”.
- 2 Denominaciones locales para el muro de adobe de 40cm y de 30cm o 20cm respectivamente. Para ampliar los conceptos sobre tipos de muros Ver sección 4.2.5. Procesos y Técnicas constructivas.
- 3 El uso de juntas tan altas es criticado por muchos de los constructores locales. En los casos en que las familias lo hacen se debe exclusivamente al ahorro de bloques.

Julieta Barada: Es estudiante avanzada de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como Ayudante en la Cátedra Aboy de Historia en la FADU-UBA. Forma parte del equipo del proyecto “Puna y Arquitectura” en el que es una de los responsables. Sobre este proyecto ha presentado trabajos en distintos congresos. ju.barada@gmail.com 011-15-5836-2886

Constanza Tommei: Es estudiante avanzada de la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Ha cursado materias en la Universidad de Madrid a partir de una beca. Ha participado en diversos equipos de investigación sobre temáticas referidas a distintas temáticas. Forma parte del equipo del proyecto “Puna y Arquitectura”. ctommei@hotmail.com 011-15-5063-7465

LA VARIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS TECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y PIEDRA. FORMAS Y SISTEMAS DE RESOLUCIÓN POSIBLES A PARTIR DEL ESTUDIO DE CASOS EN SUSQUES Y RINCONADA (JUJUY, ARGENTINA)

Fernando Corrales Barboza; Paula Yacuzzi; Agostina Tsuji; Leonardo Criscillo,
Proyecto Puna y Arquitectura – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de Buenos Aires

Palabras clave: techos, sistemas estructurales, puna

RESUMEN

Las estructuras de techos constituyen un elemento de análisis de mucha importancia para el estudio de la construcción con tierra y piedra. A pesar de ello, actualmente existe una bibliografía limitada respecto de las distintas formas y sistemas de resolución posibles para la estructura del techo en este tipo de construcciones. Especialmente escasos son los estudios en los que se analizan las formas y procedimientos que muchas comunidades utilizan actualmente, y desde hace muchos años, para la resolución de los techos de sus casas.

El aporte de la presente ponencia para la temática de la construcción con tierra es dar cuenta de la variabilidad de respuestas técnicas que los constructores en la Puna tienen disponible para resolver las estructuras de techos. Las técnicas y el hacer constructivo que analizaremos surgen de las observaciones y estudios realizados en las 24 viviendas en las que trabajó el Proyecto Puna y Arquitectura junto a las comunidades de Susques y Rinconada de la provincia de Jujuy, Argentina, realizadas entre los años 2006 y 2009.

Las distintas resoluciones relevadas se relacionan no sólo con condicionamientos ambientales como la disponibilidad de materiales sino también con aspectos sociales tales como las preferencias del constructor o la familia, sus conocimientos, búsquedas espaciales, entre otras cuestiones.

Para el análisis de estas resoluciones técnicas en la estructura de techos se tomarán como ejes tanto los materiales utilizados, como el sistema estructural y el proceso constructivo, siempre considerando a las estructura de techos en relación a un sistema global constituido además por los muros donde apoyan y la cubierta que soportan.

INTRODUCCIÓN

Las estructuras de techos constituyen un elemento de análisis de mucha importancia para el estudio de la construcción con tierra. En tanto las partes componentes de un sistema constructivo, a pesar de tener sus especificidades, conforman un todo interrelacionado. Creemos que el comprender cómo se resuelven los techos en un lugar en particular es importante a la hora de pensar la arquitectura local. Es así como nos interesa observar y describir el modo en que se resuelven las estructuras de las cubiertas, fundamentalmente en el espacio doméstico en las dos localidades en las que se ha desarrollado el proyecto “Puna y Arquitectura”.

Buscaremos a lo largo de este trabajo aproximarnos a la variabilidad de respuestas técnicas que los constructores en la Puna tienen disponible para resolver las estructuras de techos. Para ello, se tomarán como ejes tanto los materiales utilizados, como el sistema estructural y el proceso constructivo, siempre considerando a las estructuras de techos en relación a un sistema global constituido además por los muros donde apoyan y la cobertura que soportan. Es importante indicar que el material sobre las técnicas y el hacer constructivo que analizaremos en este texto surge de las observaciones, estudios y construcción concreta realizados en el trabajo de campo: no sólo hemos observado a los constructores puneños sino que hemos compartido las tareas con ellos. De ninguna manera este trabajo pretende abarcar completamente esta temática, aunque sí esperamos poder constituir una base para

próximas investigaciones sobre el tema, en donde la información y análisis aportados deberán ser ampliados y discutidos.

Si bien la bibliografía disponible sobre la temática no es abundante, recurriremos a investigaciones de campo como las realizadas por Rodolfo Rotondaro (1988), Graciela Viñuales (2006) o Blasco Lucas y Simón Gil (2006) desde la arquitectura, los de Daniel Delfino (2001) desde la arqueología en Catamarca e incluso tomaremos los relatos de viajeros científicos como Eric Boman (1992 [1908]) que nos permitirán historizar los modos de construir. Buscaremos poner los datos surgidos del campo en discusión con esta bibliografía heterogénea.

LA VARIABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS DE TECHOS

“(…) de la espontaneidad y de la economía de medios surgen los mejores aciertos arquitectónicos de estas viviendas naturales, expresión de una *estética de la escasez* que ha transformado a la pobreza en elocuente sencillez” (Iglesia 1974:24. El subrayado no consta en el original)

A menudo muchos autores trataron los temas de la construcción en la Puna con una homogeneización que potencialmente desvaloriza su riqueza. Lo cierto es que son múltiples las resoluciones existentes, que a su vez presentan una gran variedad de combinatorias posibles, en temáticas que van desde la materialidad hasta las técnicas constructivas. ¿Cuáles son las variables que influyen en la construcción de las estructuras de las cubiertas? Y más específicamente, ¿cuáles son las diversas resoluciones técnicas usadas actualmente? Estos son algunos de los interrogantes que nos proponemos responder en esta presentación.

En forma general, podemos decir que la variabilidad se manifiesta ligada a factores culturales como contextos sociales, aspectos económicos y políticas internas de las comunidades. Esto se ve reflejado en cuestiones cotidianas como la disponibilidad de materiales, las preferencias del maestro constructor o la familia, sus conocimientos, las búsquedas espaciales y las significaciones religiosas, entre otros factores. El aspecto simbólico del recinto es un elemento fundamental en dicha variabilidad ya que la técnica juega un papel importantísimo en el tratamiento del techo (Delfino 2001).

Para estudiar la variabilidad, primero debemos analizar las distintas formas posibles para resolver las cubiertas. A partir de los estudios realizados en el trabajo de campo, pudimos distinguir dos maneras de resolución tipológica como las más utilizadas: techos a un agua y a dos aguas. Si bien no encontramos en los casos estudiados en Susques y Rinconada cuestiones que nos permitan definir criterios específicos para la elección de una u otra resolución tipológica, en su estudio de las tipologías de vivienda en Laguna Blanca, Catamarca, Delfino describe la presencia de cambios en las preferencias de una tipología sobre otra, cuando afirma que “en la arquitectura *tradicional*, los techos presentaban caídas a dos aguas; actualmente las modificaciones alteraron esta pauta prefiriéndose los techos con caída a un agua” (Delfino 2001: 6). En los casos estudiados, estas dos maneras de resolución van a complementarse con múltiples soluciones posibles, tanto en cuanto a materiales como a técnicas constructivas.

Teniendo en cuenta la materialidad, el sistema estructural y el proceso constructivo, intentaremos analizar las estructuras de las cubiertas en relación a la variabilidad de la construcción en la Puna.

MATERIALIDAD Y VARIABILIDAD

Creemos que es posible encarar una clasificación entre los materiales que se encuentran disponibles en el medio y los que deben ser adquiridos en centros urbanos como San Salvador de Jujuy, Abra Pampa o La Quiaca. De hecho, algunos pobladores suelen denominar a estos materiales como “*abajеños*”¹. En el primer grupo encontramos tanto al cardón y la queña, como a la tola, la paja, la cortadera y el cuero de llama; en el segundo grupo tenemos a la caña, la chapa, los perfiles metálicos y las maderas industrializadas.

Está claro a simple vista que el material más utilizado en estas estructuras es la madera. Debido a su escasez en el medio, resulta muy valiosa, razón por la cual los maestros constructores tienden a reutilizar constantemente este material. Entre ellas el **cardón** [*Trichocereus pasacana*] es una de las maderas más observadas en construcciones antiguas, disminuyendo gradualmente su uso debido a su poca disponibilidad. La **queña** es otra madera que ya no se consigue en la actualidad y que fue muy utilizada para la resolución de estas estructuras, especialmente en Rinconada.

La **tola** y la **paja** son dos materiales disponibles en el medio que generalmente son utilizados como elemento de sostén de la terminación de la cubierta. Para la construcción se utilizan distintos tipos de paja, cuya elección “depende del lugar y de la abundancia de ésta en las proximidades. Las más utilizadas son la chillahua, el hiro, la gualla, la cebadilla, la vizcachera y la cortadera para refuerzos” (Rotondaro 1988:20). El proceso de elección de estos materiales es muy importante, ya que se precisa de tola y paja con características particulares para que puedan ser utilizadas en la construcción.

Otro material que puede utilizarse para realizar la terminación interior de las cubiertas es la **cortadera**, pero que no se encuentra en las preferencias de los maestros constructores porque la consideran más difícil de trabajar. Para este fin, se pueden observar también muchos techos resueltos con **caña**, ya que si bien este material debe ser adquirido en mercados importantes como La Quiaca o en Quebrada de Humahuaca, algunos pobladores han comentado que ofrece una terminación más acabada. Finalmente, como elemento de unión de las piezas que conforman la estructura generalmente se utilizan **tientos**, cintas de cuero de llama de aproximadamente 1cm de ancho. Hoy en día es habitual que los tientos hayan sido reemplazados por alambre o bien se usen ambos sistemas juntos.

Como lo dijimos anteriormente, la elección de los materiales utilizados depende de la economía, de los gustos y la disponibilidad, entre otras cuestiones. Respecto a lo anterior, en la actualidad se observa con más frecuencia la utilización de nuevos materiales para la construcción de las cubiertas, lo cual implican indefectiblemente la utilización de nuevas técnicas o la modificación de las existentes. El tema de la incorporación de nuevos materiales y las variaciones locales que ello implica, responde a factores de diversa índole como explica Rotondaro:

“Dentro de este tipo constructivo existen variaciones locales que dependen tanto de las tradiciones y de los recursos naturales existentes del lugar, como de las modificaciones generadas por las presiones tecnológicas modernas de la sociedad mayor” (Rotondaro 1988:38)

En relación con ese tema, es preciso indicar que hoy en día la **chapa** se está transformando en un material utilizado cada vez más frecuentemente para la terminación de la cubierta². Por otro lado, con el propósito de contar con piezas longitudinales del largo suficiente, muchas veces resulta necesario utilizar elementos de tipo industrial como **perfiles metálicos** y **maderas industrializadas** que cumplan con las dimensiones requeridas.

El uso de estos elementos y la aparición de tecnologías no tradicionales, han producido en los últimos tiempos diferentes posturas al respecto dentro de las comunidades. Sin embargo, a partir de los datos surgidos del campo, todavía encontramos muchas más similitudes que diferencias en cuanto a la materialidad de estas estructuras en el pasado,

como podemos constatar al compararlas con los relatos de Boman quien describe los techos de las construcciones en Susques a principios del siglo pasado de la siguiente manera:

“El techo de paja (Paja Brava) está soportado por una cimera a dos aguas. La cumbrera y las vigas reposan directamente sobre los piñones y sobre los muros. Cumbrera, contrafuertes, cabriadas y paneles son todos en madera de cactus-cirio (Cereus), única madera de construcción que existe en Susques. La extremidad superior de las cabriadas se fija a la cumbrera por medio de muescas reforzadas por ataduras de cuero. Todas las otras piezas están simplemente ensambladas por medio de tientos. Los clavos y las grampas de hierro no existen, ni los ensambles por espigas de madera. Las cabriadas y los paneles están juntados por un enrejado de tallos de Tola sobre el cual se atan haces de paja, cuya extremidad superior ha sido sumergida antes en arcilla diluida”. (Boman 1992 [1908]:429-430)

SISTEMA ESTRUCTURAL Y TIPOS CONSTRUCTIVOS

Antes de abocarnos completamente a la temática de este capítulo, creemos conveniente definir brevemente qué entendemos por una *estructura de techos*. Lo definimos como un conjunto tridimensional de elementos materiales ordenados y conectados que interactúan entre sí, con el fin de soportar cargas de manera estable. Estos elementos se extienden siempre entre dos muros, que son los puntos donde convergen con las otras componentes del sistema constructivo (Rosenthal 1975).

A continuación con el fin de hacer más comprensible el estudio de estas estructuras, analizaremos la vinculación de sus componentes a partir de la conceptualización de un sistema estructural³ que responderá a la siguiente clasificación:

- I. Estructura principal
- II. Estructura secundaria o de repartición

Esta clasificación es aplicable tanto para techos a un agua como para techos a dos aguas. En este sistema, la estructura principal recibe las cargas de la terminación de la cubierta para descargarlas a los muros en los que se apoya, mientras que la estructura secundaria conforma una superficie en donde las cargas de la terminación se distribuyen de forma uniforme. Si bien están absolutamente vinculadas cada una de estas partes tiene sus propias lógicas y modos de hacer constructivos.

Estructura principal

La estructura principal consiste en un sistema de elementos lineales amurados, dispuestos en la luz menor del recinto, es decir en el lado más corto. La dimensión de los recintos, especialmente su ancho, no es un dato menor puesto que no sólo condiciona las medidas de las maderas que conforman la estructura del techo, sino que en el sentido inverso muchas veces las medidas de los recintos están condicionadas por las maderas disponibles. Esto tiene especial importancia en un contexto como el puneño en el que las maderas duras y de grandes dimensiones definitivamente no son abundantes y se traen de otros sitios, aunque actualmente “debido a la utilización de varas de madera de álamo (cuya longitud es mayor que la del *cardón* local) ahora se pueden techar espacios sensiblemente más grandes que los anteriores” (Delfino 2001: 6).

Estos elementos lineales que conforman lo que hemos denominado estructura principal, generalmente se encuentran separados alrededor de 40 a 60 cm dependiendo de la sección y resistencia que posean⁴. En el caso de los techos a un agua la estructura principal se resuelve sólo con estos elementos lineales, denominados **cabios** a los que se suman las alfajías dispuestas perpendicularmente (Fig. 1).

En cubiertas a dos aguas, la forma de resolución más observada es la constituida por una combinación de tres elementos: **tijeras**, **costaneras** y **cumbrera** (Fig. 2).

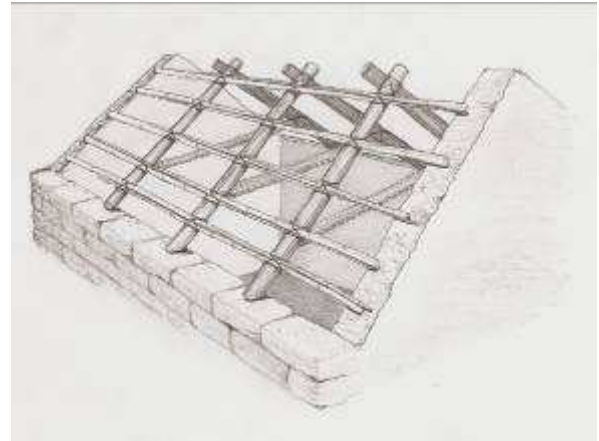
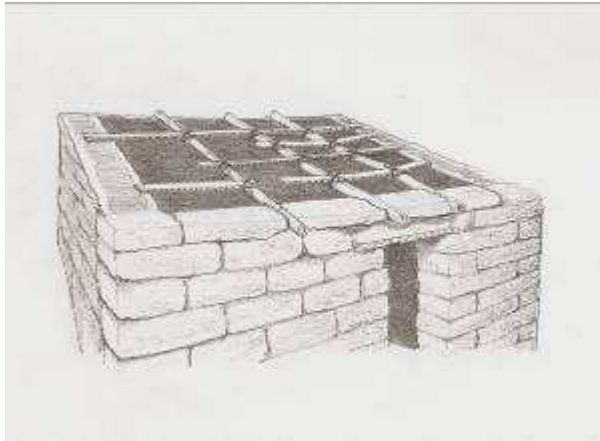


Fig. 1 (Izq.) Techo a un agua. Cabios de caña y alfajías de cardón.

Fig. 2 (Der.) Techo a dos aguas. Vinculación entre tijeras, costaneras y cumbrera.

Las **tijeras** son básicamente triángulos de maderas superpuestas entre sí y atadas en cada encuentro con tientos. Cada triángulo está conformado por **pares**, que son los que definen la inclinación, y el **torillo**⁵, que le confiere la resistencia estructural a la pieza. El módulo de las tijeras está fijado en relación al ancho de la habitación y la pendiente que determinan en la mayoría de los casos no es mayor a los 30 grados.

Las **costaneras** son piezas longitudinales que funcionan arriostrando las tijeras y le confieren resistencia al conjunto. Unas se colocan atadas a la misma altura que los torillos, y otras fijadas a la base de las tijeras. Mediante esta disposición se pueden distinguir entonces dos tipos de costaneras: una media y otra inferior. Ambas ayudan a rigidizar toda la estructura y además constituyen otro punto de integración con los muros. Dependiendo de la materialidad y continuidad de la estructura de repartición es posible que se coloque un mayor número de costaneras dispuestas a lo ancho del faldón.

La **cumbrera** es un elemento longitudinal, que actúa como una tercera costanera uniendo las tijeras en su ángulo superior. A su vez, une la estructura a los mojinets laterales, quedando el sistema fijado a los muros por los pares y la cumbrera (Fig. 3 y 4)

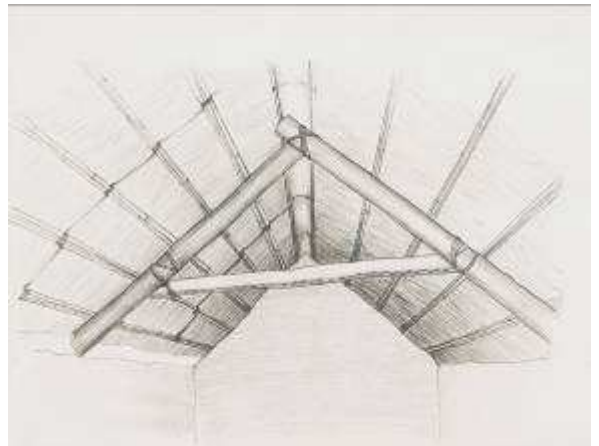


Fig. 3 y 4 Croquis interiores mostrando la disposición de las tijeras y el torillos, vinculadas a las costaneras y la cumbrera.

Respecto al funcionamiento estructural del sistema, debemos diferenciar entre techos a un agua y a dos aguas. En techos a un agua, los cabios reciben la carga de la estructura de repartición, para transmitirla a los muros. Los mismos apoyan y se amuran sobre los lados mayores, reduciendo el largo de los elementos de sostén y confiriéndole mayor resistencia a todo el conjunto⁶.

En techos a dos aguas, las tijeras resisten esencialmente fuerzas axiales. La eficiencia en la transmisión de cargas, depende de la posición y correcta unión de los elementos. Generalmente se evita que los lados de los triángulos formen ángulos muy agudos para lograr más rigidez (son apropiados los ángulos entre 30° y 60°). La longitud de los elementos debe limitarse de manera que la resistencia no se vea reducida sustancialmente por efectos del pandeo (Blasco Lucas y Simón Gil 2006). En este sistema, el torillo trabaja a tracción tomando los empujes horizontales de los pares.

Una de las situaciones más comprometidas estructuralmente es el encuentro muro-techo, razón por la cual es en ese encuentro en donde se observa la mayor proporción de problemas. Los mismos se producen generalmente debido al peso propio de la terminación de la cubierta. Si ésta apoya sobre muros no preparados para soportar esa carga, las tijeras van a ejercer una fuerza lateral sobre ellos resultando en un empuje hacia afuera que producirá rajaduras. Esta es la patología⁷ más común relacionada con las estructuras de techos, la cual es descrita por los constructores locales con la expresión “*las tijeras patean*”. El paso del tiempo también afecta a la estructura debido a que el peso de la terminación de la cubierta sobre los cabios, la cumbrera o las tijeras hacen pronunciar el módulo de la flecha. En los casos en los que no se utilizó un elemento único para resolver la cumbrera, se debilita más rápido la estructura debido al peso de la terminación. Lo mismo ocurre cuando se utilizan maderas de poca sección.

En cuanto a la materialidad de estos elementos, las distintas lógicas que determinan la elección de materiales y la gran variabilidad de casos dificulta una generalización. Sin embargo, es posible sostener que los cabios y las alfajías generalmente son de madera. En las construcciones más antiguas son casi siempre de cardón o de tramos unidos de queñua y en las más recientes son de madera industrializada.

Respecto a las tijeras, las podemos encontrar resueltas en su totalidad con maderas de la misma especie o con maderas diferentes, ya sea cardón, queñua o de otros árboles del lugar. En la mayoría de los casos están atadas con tientos de cuero de llama y en menor medida alambre o sogas. Las costaneras también se encuentran materializadas generalmente con madera, aunque también para arriostrar las tijeras se pueden utilizar pares de cañas atadas, dispuestas cada 40 cm aproximadamente. Por otra parte para las cumbreras se busca utilizar un elemento único, ya sea una madera del largo suficiente, caña de bambú o hasta un perfil metálico. Cuando no se dispone de un elemento del largo necesario, se utilizan maderas más cortas las cuales se atan uniendo de a dos tijeras y terminando en la unión de la última tijera con el mojinete del muro.

Estructura secundaria o de repartición

La estructura de repartición consiste en elementos transversales a la estructura principal que conforman una superficie continua para recibir en forma uniforme las cargas de la terminación de la cubierta. Al margen de repartir las cargas, estos elementos también colaboran para arriostrar las tijeras o los cabios. Además de sus funciones estructurales, esta superficie es necesaria como elemento de sostén de la terminación final de la cubierta.

Respecto a la estructura de repartición vamos a encontrar diferentes denominaciones en la bibliografía disponible sobre la temática. Graciela Viñuales, basándose en los mismos principios del entramado para muros, va a referirse a *entramados para techos* para explicar la naturaleza de la superficie de apoyo de la terminación de la cubierta:

“(…) los [entramados] que se utilizan para los techos dependen sobre todo de las materias que forman la trama. Es así que en las diferentes regiones se podrá encontrar techos apoyados sobre una estructura de rollizos, de cañas, de tablas y aun de lajas de piedra. Pero también las condiciones de ese apoyo darán lugar a diferentes calidades de tierra, preparación y amasado de ella y a variadas formas de terminación” (Viñuales 1994:76).

Rodolfo Rotondaro va a denominar como *cielorraso de apoyo* a la estructura de repartición, cuando la misma se encuentra materializada por tablas de cardón colocadas una junto a la otra “apoyadas sobre muros y cumbrero de madera en eucalipto, atadas entre sí y al cumbrero con tientos de cuero” (Rotondaro 1985:4).

El mayor o menor grado de continuidad de la superficie de la estructura de repartición va a depender en forma directa del material utilizado y de la pericia del trabajo realizado durante su armado. Dependiendo de la disponibilidad de recursos puede materializarse con elementos continuos de punta a punta de la cubierta como cañas o maderas largas, o elementos más cortos que cubran los espacios entre cabios o tijeras, como recortes de madera, tablas de cardón o entramados de tola. En habitaciones que revisten más importancia, como por ejemplo oratorios, se observan trabajos más elaborados como el caso de cañas dispuestas superficialmente configurando un cielorraso continuo. En esos casos, las cañas se intercalan de a dos y con disposición base-punta, de forma tal de distribuir de la mejor manera posible las cargas de la cubierta de cierre. Cuando las cañas se utilizan en correspondencia con las tijeras se unifica la estructura principal a la de repartición generando un trabajo parejo de todo el conjunto.

Otro ejemplo es la **chajia**, que consiste en un entramado de pares de cañas que conforman dos mallas superpuestas a 45 grados. Este entramado se encuentra atado directamente a las tijeras, arriostrándolas de forma tal que se prescinde el uso de costaneras.

La superficie de la estructura de repartición también puede utilizarse con fines prácticos transformándose el espacio interior de los techos en depósitos de “objetos e ideas”, como señala Delfino para un recinto de *Relincho Muerto* en Laguna Blanca, Catamarca:

“Al detenernos particularmente en la parte interna del techo, vemos que, por la técnica empleada para su construcción, se generan una gran cantidad de espacios entre las ramas de monte. Tanto estos espacios como las varas y la viga suelen ser utilizados por los ocupantes de los asentamientos como depósito. De las varas y la viga se cuelgan bolsas con diversos objetos así como lazos, sogas, boleadoras, etc., y se acomodan otros tantos objetos” (Delfino 2001:14)

Esta utilización del espacio interior de los techos como depósito de objetos ya es descripta por Boman a principios del siglo pasado: “De las maderas de la techumbre y en los rincones cuelgan una infinidad de viejos harapos de ropa, cuerdas de lana de llama, etc.” (Boman 1992 [1908]:430). Lo anterior nos permite inferir que la estructura secundaria posee un uso práctico que va más allá de los fines estructurales y de cobijo propios de la terminación interior del techo, y que este uso persiste a lo largo del tiempo.

PROCESOS Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

En este punto se desarrollará el procedimiento del armado de las estructuras de techos que fueron trabajadas en la Puna. Se tomará como ejemplo prototípico la resolución del techo de un recinto en un domicilio en la localidad de Rinconada, por ser un caso de cubierta a dos aguas en donde se puede contemplar en su totalidad el funcionamiento del sistema estructural en cuestión.

El trabajo consistió en la demolición del techo existente de dos habitaciones del domicilio, para su posterior reconstrucción con su forma original y su terminación en guaya. El equipo de trabajo estuvo constituido por un maestro constructor y cinco participantes del proyecto “Puna y Arquitectura”, aunque habitualmente sólo “dos a tres personas construyen el techo, siendo generalmente los mismos propietarios de la vivienda” (Rotondaro 1988:3). El trabajo fue desarrollado en forma conjunta, ya que como remarcamos al comienzo del trabajo, no sólo hemos observado a los constructores puneños sino que hemos compartido las tareas con ellos.

Tareas preliminares. Obtención y preparación del material

Como ocurre con el resto de las partes de la construcción, los materiales para el techo pueden ser obtenidos de las más diversas formas. En algunos casos las familias cuentan con los materiales, o disponen de los medios para conseguirlos.

Es usual también el trueque o los préstamos entre los vecinos y es muy común la reutilización de los componentes constructivos, ya sean cañas, madera, tiento, tierra o paja, luego del desarme de una estructura.

Antes de comenzar la construcción en sí, en el caso de la estructura de la cubierta, es preciso preparar con antelación los tientos, ya que logran cumplir su función real a través de su contracción, después del secado natural de los mismos. Si se cuenta con cuero fresco sólo es necesario cortarlos. Sin embargo, por lo general, dada las condiciones climáticas de la Puna, los cueros tienden a estar en forma seca, por lo cual se deben mantener en remojo previamente para ser tratados luego.

Para trabajar el cuero de llama, el primer paso es esquilarlo, luego se cortan las extremidades debido a su poca elasticidad, así se logra un paño de cuero de forma oval para finalmente poder cortar una larga tira en espiral. Sobre la técnica a utilizar para comprobar la resistencia de los tientos, el maestro constructor indica:

"Si se corta la tira de tiento, se comienza otra, luego pueden ser atadas y lograr así su largo deseado. Antes de ser usadas debe comprobarse su resistencia, para esto, se sujeta un extremo de la tira pisándola y con la mano se tira fuerte del otro extremo. Si no se rompe, resiste entonces su futura función" (maestro constructor, enero 2008)

Respecto a la obtención de la paja, es preciso que sea arrancada de raíz y sea lo más larga posible, ya que luego al ser tejida, es conveniente que ocupe preferentemente la mayor superficie para evitar repetir esta tarea múltiples veces. Para esto no es condición necesaria que sea majada previamente.

Estructura principal. Armando de las tijeras y montaje

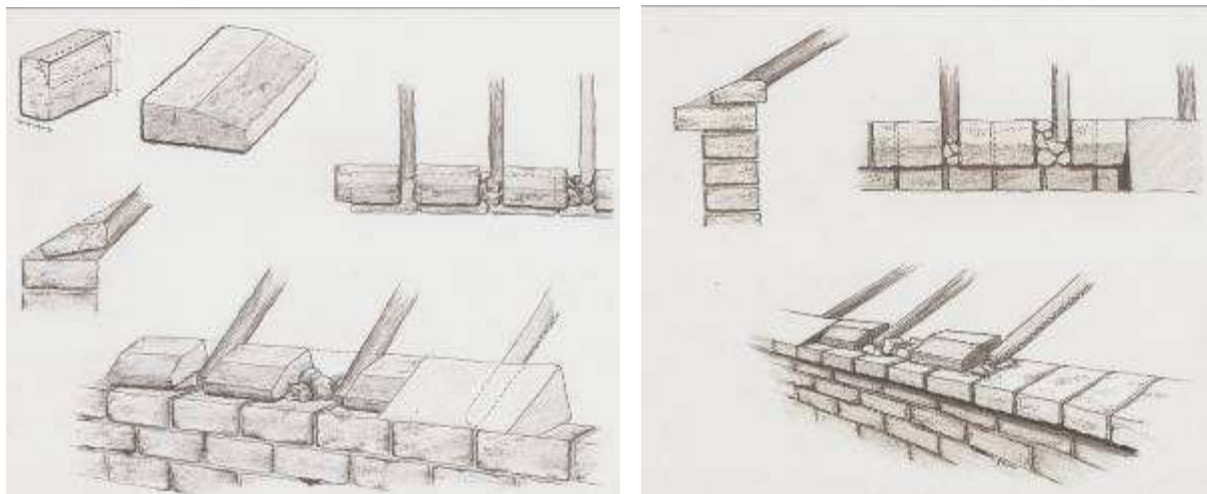
Es característica la forma rectangular de los recintos en las casas, quedando los techos a dos aguas configurados por dos faldones que desaguan hacia los lados mayores. Para construir las tijeras por lo general se utiliza un sistema de traslación de medidas, donde se mide la separación de los dos muros que van a conformar la luz más chica para resolver más fácilmente la estructura.

Esta medida se transfiere al suelo, clavando dos estacas que fijan los puntos de apertura que deben tener las tijeras. Se toman los pares que van a fijar la pendiente del techo, y se los ata con tiento por el extremo superior. Luego, se los abre en forma de "A" y se presenta un tercer listón, el torillo, para asegurarlo con tiento.

Esta última pieza se emplea para poder fijar la distancia medida y rigidizar estructuralmente la tijera. Por lo general la posición del torillo se encuentra un poco más abajo de la mitad de la tijera, sin llegar a la base, para que los pares puedan tener superficie de agarre cuando las tijeras sean colocadas y unidas al muro correspondiente⁸.

Una vez armadas las tijeras, se alzan sobre los muros ya nivelados. Para su montaje se suelen emplear sogas⁹, una en cada faldón, de manera de poder disponer las tijeras equidistantes entre sí y luego fijarlas al muro en forma permanente mediante adobes rebajados que actuarán como alero posteriormente (Fig. 5) y piedras que traban y rellenan los intersticios que quedan entre éstos últimos¹⁰.

Por lo general, las tijeras no son idénticas entre sí, por lo que se elige colocar las más altas en el centro y las más bajas simétricas en ambos costados por una cuestión estructural de distribución de cargas.



Figs 5 y 6. Alternativas de alero. Vinculación de las tijeras con la última hilera de adobes.

Como señalamos anteriormente, el módulo de las tijeras está fijado en relación al ancho del local a techar. La distancia entre tijera y tijera puede variar de acuerdo a ese ancho, a la resistencia de los materiales con los que están armadas, y al ojo del maestro constructor que esté a cargo; pero generalmente las distancias entre tijeras oscilan entre unos 40cm y 60cm. En el caso que estamos describiendo, se colocaron 6 triángulos cada 50cm aproximadamente en una habitación de 2,40m X 4,80m.

Costaneras y cumbrera. Armado de la estructura de repartición

Para cumplir la función estructural que se detalló anteriormente, es necesario que un fajo de cañas sea atado a la misma altura que los torillos, y otro fijado a la base de las tijeras. El modo de sujeción es mediante tientos de llama. Es preferible que en el caso de no contar con la cantidad suficiente de éstos para el armado toda la estructura, se reserve la mayor cantidad posible de tiento para esta etapa y la siguiente, ya que con otro material de sujeción perdería rigidez.

Para terminar de rigidizar la estructura principal se procede a colocar la cumbrera, que actuaría como una tercera costanera. Es conveniente guardar los elementos más largos para esta etapa (madera, caña de bambu, etc). En el caso de no contar con un elemento lo suficientemente largo, se utilizan varias maderas haciéndolas coincidir con las tijeras para lograr una cierta resistencia, uniéndolos entre sí mediante nudos. Del mismo modo que las costaneras, para conformar lo que llamamos *estructura de repartición*, se fueron atando fajos de tres o cuatro cañas con una distancia de 15cm entre sí, cubriendo todo el faldón¹¹. Se atan de abajo hacia arriba con tiento de llama o alambre, en forma de base-punta, cuidando que alguna de las cañas del fajo lleguen al mojinete del muro para poder luego fijarlas con una mezcla de barro; con esto se logra una integración de la estructura total al muro.

Luego de este despliegue de cañas, se ubica una capa de paja tejida a modo de terminación interior y estructura de repartición. Estas fajas de paja se arman previamente, independientemente del techo; deben tener el largo de la cubierta a techar, y para ello se utiliza el mismo método de traslación de medidas que se emplea en el armado de las tijeras. Una vez determinada la medida en el suelo, se van atando sucesivamente con tientos, manojos de paja de aproximadamente 1,5 cm de diámetro, dejando por fuera de las

costuras alrededor de 1/5 del largo de la paja. Una vez terminada toda la franja, se enrolla y se guarda para protegerla de la lluvia, hasta el momento de su montaje. Este proceso se realiza nuevamente hasta que haya suficientes franjas para cubrir toda la estructura. Para montar estos tejidos de paja se van subiendo los rollos de a uno sin tenderlos, y a medida que se los van atando se van desplegando desde el mojinete a lo largo de todo el techo, hasta el otro extremo.

REFLEXIONES FINALES

En tanto un componente relevante dentro del sistema constructivo global, consideramos que el estudio de las estructuras de techos en la Puna es muy importante a la hora de pensar la arquitectura local. Si bien tienen una complejidad y lógica propia, creemos que estudiar la materialidad, el comportamiento estructural y las técnicas constructivas de estas estructuras, es necesario para entender y reflexionar acerca de los procesos y el devenir histórico de los modos de construir locales.

A partir del trabajo realizado y después de haber puesto en discusión los datos surgidos del campo con la bibliografía existente, hemos podido constatar que el profundo conocimiento técnico por parte de los maestros constructores especializados en la resolución de cubiertas es fundamental para entender la correcta ejecución de las estructuras de techos. La variabilidad de soluciones posibles, tanto técnicas como materiales, para resolver estas estructuras es una muestra de la densidad de conocimiento que éstos poseen. Por lo tanto, creemos que la importancia pasa por conocer y reconocer las formas locales que tiene la construcción y materialización de estas estructuras. Y también creemos que no sólo este saber local debe ser reconocido, sino que además tiene que ser puesto en conjunto con el saber académico.

En ese sentido, el presente trabajo pretende ser un paso inicial para incentivar el estudio de esta temática, ya que desde hace varios años se ha formado un gran escotoma en los programas de aprendizaje pensados en las facultades de arquitectura donde se deja de lado esta tradición tan acogida en numerosas partes del país.

BIBLIOGRAFÍA

Blasco Lucas, I. y L. Simón Gil. “Tipos estructurales y autoconstrucción con tierra en Región árido-sísmica” Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 2006.

Boman, Eric. *Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama*. Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy. Argentina. 1992.

Delfino, D. “Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina)” En: Lawrence Kuznar (Editor) *Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to archaeological Method and Theory*. International Monographs in Prehistory, Ethnoarchaeological Series 4, Ann Arbor, Michigan. 2001.

Iglesia, R. *Arquitectura en el Altiplano Jujeño*. Argentina. 1974.

Viñuales, G. “El tema de la tierra en Iberoamérica en el siglo XX”. En: V SIACOT. Argentina. 2006.

Rosenthal, W. *La estructura*. Blume. España. 1975.

Rotondaro, R. y M. Rabey. “Arquitectura de tierra en la Puna Jujeña”. En: *Arquitectura y Construcción* 4. Argentina. 1986.

¹ El término *abajero* caracteriza “a aquellas localidades que están en un nivel altitudinal inferior [para la puna, lo de la prepuna o lo de los valles (o “vallisto”)]” (Delfino 2001:1).

² No vamos a ocuparnos en este trabajo explícitamente de los casos de techos resueltos con chapa. De todas maneras cabe mencionar que los requerimientos técnicos son diferentes; debido al menor peso de la chapa, frente a la paja o el barro, las estructuras requieren menor cantidad de material y trabajo puesto que las distancias entre los elementos estructurales pueden ser mayores. Por otra parte, tanto en Susques como en Rinconada, sólo se realizan techos en chapa con una sola agua.

³ Denominamos sistema estructural al conjunto de elementos debidamente vinculados que toman los esfuerzos a los cuales está sometida la construcción y los descargan al terreno. “Las características más importantes de un sistema estructural son su resistencia, rigidez y ductilidad. El sistema debe poder resistir de manera eficiente las diversas condiciones de carga a la que puede estar sometida la estructura y poseer rigidez para diferentes direcciones en que las cargas pueden actuar, tanto verticales como horizontales” (Blasco Lucas y Simón Gil 2006: 3).

⁴ Estas medidas son las habituales cuando la cubierta va a ser resuelta con guaya, es decir con paja, o con torta de barro. Cuando se utiliza chapa las distancias son mucho mayores por el significativamente menor peso de ésta.

⁵ Tanto en Susques como en Rinconada suele denominarse como “torillo” o “toro” a la pieza de madera colocada horizontalmente para impedir la separación de los pares.

⁶ De esta forma la estructura se dispone en la dirección de menor luz, reduciendo la flecha que los esfuerzos de flexión producen en los elementos lineales que constituyen la estructura principal.

⁷ Las patologías pueden clasificarse siguiendo diferentes criterios, ya sea por los elementos que afectan, el grado crítico que representan o el origen de las mismas. Siguiendo esa lógica, podemos encontrar diversos orígenes: razones constructivas, el paso del tiempo o el deterioro de la terminación de las cubiertas, entre otros. Es importante observar además que la falta de mantenimiento de estas estructuras puede a su vez derivar en una sucesión de patologías. Por otra parte, el deterioro de la terminación de la cubierta, tanto en el caso de guaya o torta de barro, también puede afectar a la estructura del techo. Esto ocurre cuando la madera entra en contacto con el agua de lluvia y comienza a pudrirse. Las consecuencias de ello son los colapsos de la estructura por quebraduras de las maderas o la desatadura de los tientos. También se producen deterioros por la acción de insectos que corroen las maderas y pueden producir quebraduras repentinas en la estructura.

⁸ En el caso del techo a un agua, en lugar de tijeras se utilizan cabios cubriendo la luz menor del recinto a techar. Si se trata de una pequeña luz a cubrirse, los materiales pueden variar. En un domicilio en Susques el techo se trabajó mediante la conformación de cabios de cardón o distintas maderas, apoyados sobre los muros cada 70 cm. Cada cabio se inmovilizó mediante un adobe a cada lado para lograr una traba. Para fijar estos cabios al muro en todos los casos se apoyaron los mismos sobre la última hilera de adobe, convenientemente rebajados para un mejor encastre, y se utilizó una mezcla de barro y agua como mortero de asiento.

⁹ En otros casos se pueden montar con la ayuda de alambres que proporcionan mayor rigidez al momento de la fijación.

¹⁰ Otra alternativa podría haber sido la de la Fig. 6, donde una hilera de adobes de punta sobresale unos 15cm para recibir otra hilera de adobes de sogá rebajados y entre ambas hileras conformarían el alero, aunque en esta propuesta se utiliza una mayor cantidad de mampuestos.

¹¹ En un domicilio en Rinconada se ataron de a 2 cañas; todo depende de la disponibilidad del material, la calidad y el tamaño. Por otra parte, en un domicilio en Susques esto estaba resuelto con cardón en lugar de cañas por lo que la separación entre los mismos era de 30cm aproximadamente.

Fernando Corrales Barboza: Arquitecto egresado de la Universidad de Buenos Aires donde se desempeña como temática de integración urbana de la ciudad informal. Ha presentado trabajos en distintos congresos sobre su tema de investigación y sobre el proyecto “Puna y Arquitectura”. Forma parte de este proyecto desde el 2005 y actualmente es uno de sus responsables. C.e.: fcorrales@fibertel.com.ar, Te: 011-4861-4650

Paula Yacuzzi: Es estudiante avanzada de la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Forma parte del equipo del proyecto “Puna y Arquitectura”. C.e.: pauyuczzi@hotmail.com, Te: 011-4823-565

Agostina Tsuji: Es estudiante avanzada de la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Forma parte del equipo del proyecto “Puna y Arquitectura”. C.e.: aguito86@fibertel.com.ar, Te: 011-4706-2621

Leonardo Cristillo: Es estudiante avanzado de la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Forma parte del equipo del proyecto “Puna y Arquitectura”. Ha realizado una pasantía sobre temáticas relacionadas con la construcción con tierra bajo la dirección del Arq. Rodolfo Rotondaro. C.e.: leocriscillo@gmail.com, Te: 011-4202-3360

EL TECHADO CON TIERRA, ESTUDIO SOBRE LA TÉCNICA DEL GUAYADO EN SUSQUES Y RINCONADA (PROVINCIA DE JUJUY).

Daich, Leandro

Proyecto Puna y Arquitectura
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires
ledaich@gmail.com 011-15-5623-0380

Palabras clave: puna , cubiertas , guayado

RESUMEN

La construcción con tierra presenta una cierta diversidad de técnicas de techado, variando en materiales, sistemas constructivos, formas, utilizaciones, entre otras. La enorme cantidad de opciones y cada una de sus particularidades, hacen que esta temática sea de gran interés y relevancia. Dentro de las diferentes técnicas existentes, nos centraremos en la del *guayado* (nombre que proviene de *guaya*, paja con la que, junto al barro, se conforma el techado) y su utilización en los poblados de Susques y Rinconada en la Puna jujeña.

Es nuestra intención en este trabajo profundizar y debatir acerca de las particularidades de la técnica del *guayado*. Sus formas y lógicas constructivas, sus propiedades como cerramiento, la obtención de los recursos y la resolución de diferentes detalles constructivos, son algunos de los puntos que pretendemos exponer dentro de nuestra ponencia. Desarrollaremos también el procedimiento completo de *guayado* tal como lo hemos visto ejecutar por parte de los maestros constructores locales. Cabe mencionar que en el contexto de esta investigación hemos participado del trabajo.

El material que utilizaremos ha sido recopilado a lo largo de cuatro años de trabajo de campo en el marco del proyecto Puna y Arquitectura, dependiente de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, de la Universidad de Buenos Aires. En el contexto de este proyecto hemos tenido la posibilidad de relevar numerosos casos, tanto urbanos como rurales, en las localidades jujeñas de Susques y Rinconada.

Esperamos que este aporte sea de utilidad para futuras investigaciones sobre un tema en el que no abundan los estudios de casos.

INTRODUCCIÓN

Existe en la Puna una cierta diversidad de técnicas y sistemas constructivos de techado, variando en materiales, tecnologías, formas, usos y estética. La enorme cantidad de ejemplos y cada una de sus particularidades, así como la amplia difusión que tienen y el tiempo que implican dentro de las tareas de construcción hacen que esta temática sea de gran interés y relevancia. Paradójicamente es un tema poco estudiado en el marco de la construcción con tierra en el espacio puneño. En este trabajo nos interesa centrarnos en aquellas tareas cuya realización hemos podido presenciar, estudiar e intervenir gran cantidad de veces: el *guayado*¹. Un sistema de cerramiento para cubiertas inclinadas, logrado a partir del uso de paja mezclada con barro. Este sistema, así como su variedad de técnicas, representan una parte importante de la identidad arquitectónica y tradición constructiva de la Puna.

Lo que presentaremos en esta ponencia es el aprendizaje obtenido de los trabajos hechos en conjunto con las familias y maestros constructores de Susques y Rinconada. Todos ellos realizados en el marco del proyecto “Puna y Arquitectura”, al cual pertenecemos desde hace cuatro años. Dentro de los aspectos que hacen al *guayado* y que he podido relevar,

abordaremos sus propiedades, funciones, lógicas constructivas y su significación en la casa. A su vez, explicaremos detalladamente el procedimiento completo de guayado, analizando cada una de sus etapas.

Cabe mencionar que, como ocurre con otras temáticas dentro de la construcción con tierra, la bibliografía existente sobre guayado es ciertamente escasa. Pretendemos con este trabajo sumarnos a los trabajos existentes con nuevo material de campo y ampliar el conocimiento e interés sobre esta técnica.

1. CARACTERÍSTICAS ACERCA DEL GUAYADO COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO.

La función del guayado, siendo un tipo de cerramiento horizontal, es la de aislar el interior del recinto de diversos factores climáticos y proveer una mejoría de su confort. En cuanto al aislamiento térmico, este sistema brinda un buen resultado para las temperaturas en la Puna, la cual posee grandes amplitudes térmicas entre el día y la noche, y entre invierno y verano. Como aislamiento hidrófugo, si está bien ejecutado, provee una adecuada protección frente a las precipitaciones estivales. Inclusive se comporta como un buen aislante acústico frente a las lluvias y los granizos. Sin embargo para que estas propiedades sean efectivas es necesario que la ejecución de la técnica sea precisa en cada uno de sus pasos. Como cualquier técnica constructiva el guayado tiene ciertas formas de realizarse y también límites en sus posibilidades. Durante los distintos trabajos de campo realizados, hemos intervenido en 8 techados con guaya. Dentro de esto se incluyen trabajos de techado en construcciones realizadas a nuevo, reconstrucción completa de techos y el mantenimiento del guayado existente. Los trabajos se realizaron tanto en casas en el campo como en el pueblo y, dentro de estas, en espacios diferentes tales como habitaciones, cocinas, depósitos, oratorios, entre otros. Es interesante observar que el modo de llevar adelante la técnica varió en cada uno de los casos, si bien no significativamente, pero si logrando afirmar el estrecho vínculo que existe entre esta y cada maestro constructor.

En el contexto del proyecto se trabajó y relevó en dos variantes de techados: a un agua y a dos aguas. Dentro de estas, hemos observado cubiertas de diversas pendientes, materiales y formas. La resolución que se elige al momento de construir, aparte de sus ya explicados motivos para la construcción de la estructura, es definitoria en cuanto al techado que se realizará. La cubierta se planifica en todas sus etapas, incluyendo al guayado, previo al comienzo de la obra. Esto implica que la decisión de utilizar este cerramiento, condiciona directamente algunos aspectos de la estructura del techo. Las pendientes óptimas para este tipo de techos pueden variar entre los 30 y los 45 grados, ya que de esta manera se puede lograr un rápido escurrimiento del agua. De ser menor, el agua permanecería más tiempo en la cubierta, pudiendo dañarla generando filtraciones. De ser mayor, el cerramiento no podría sujetarse correctamente sobre la estructura y se desprendería.

2. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA EL GUAYADO.

La paja crece naturalmente en la Puna en zonas húmedas cercanas a ríos o lagunas, esta se extrae de la tierra utilizando un pico o piqueta, de esta forma se conserva la raíz. Muchas veces estos lugares se encuentran alejados del lugar de la construcción y el material debe ser transportado en algunos casos a grandes distancia. Inclusive, debido a la aridez de algunos lugares, la paja debe ser recolectada y trasladada desde otras partes muy alejadas.

Durante los trabajos realizados en Rinconada, se realizaron tareas de extracción y traslado de la paja desde la localidad de Pan de Azúcar y Casa Colorada, la primera a unos 20 km. de la misma y la segunda hacia su Noroeste. Si bien se han observado techos de guaya tanto

en Susques, de hecho en esta localidad la capilla está techada con guaya, como en Rinconada, en esta última la cantidad de casas de familia que emplean la técnica es a simple vista mucho mayor.

Esta temática fue también investigada por Rotondaro, quien coincide y complementa nuestras observaciones explicando:

"El tipo de paja depende del lugar y de la abundancia de esta en las proximidades. Las más utilizadas son las chillahua, el hiro, la guaya, la cebadilla, la vizcachera y la cortadera para refuerzos." (Rotondaro 1988:3)

Estas se seleccionan por su rigidez y según su largo, siendo lo ideal que tengan entre 50 y 100 cm. De acuerdo al mismo autor (1988), en algunos casos pueden llegar a tener más de 120cm. Con este mismo criterio, se clasifican y separan para diferentes etapas de la obra. Tanto la elección de la paja, como el lugar de su recolección, están determinados por la experiencia en otros trabajos, conocimientos de la región y la tradición constructiva.

La tierra con la que se hará el barro en el que se sumergen los haces de paja, se puede obtener dentro del mismo terreno o en un área aledaña a la vivienda, en caso de encontrarse en el campo. En los casos donde la composición del suelo no es de utilidad para guayar, la tierra debe ser transportada desde otras zonas que si tengan estas cualidades. La tierra debe ser sumamente arcillosa, de esta manera se puede generar un mejor cohesión entre la paja y soporta mejor la erosión ocasionada por las lluvias.

3. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LAS TAREAS DE TECHADO.

Las tareas de preparación de la materia prima representan, en trabajo, un aspecto fundamental del guayado. Durando, inclusive mucho mas tiempo que el techado en si. Esta etapa es determinante en cuanto a la calidad que tendrá el techado y su conocimiento es necesario para la comprensión de esta técnica constructiva. Cabe aclarar que si bien las siguientes son tareas preliminares, o sea pasos previos a la construcción, no debe asumirse que solo una vez que estas hayan terminado podrán empezarse las tareas de techado. Dentro de los tiempos de obra, algunos trabajos de preparación suelen ser simultáneos a la construcción del techado.

3.1 Formas y consideraciones para la preparación del barro para guayar.

Generalmente, la preparación del barro para el guayado es una tarea que debe realizarse días antes de comenzar el techado, esto significa que no puede coincidir temporalmente con la construcción del mismo. Es por ello que el barro debe prepararse ya conociendo la cantidad que se necesitará, previniendo que este no se acabe durante el guayado.

A diferencia de la elaboración del barro para otras etapas de la obra, este tipo de barro por sus características, se prepara dentro de un pozo de considerables dimensiones. Puesto que el guayado es una tarea que debe repetirse periódicamente, es muy probable que exista en cada casa, un espacio del patio destinado especialmente para la ubicación del pozo. En una de las casas en las que trabajamos, mientras se excavaba el pozo en el lugar que había sido indicado, se pudieron distinguir diferentes capas de barro.

En otros casos, se encontraba incluso un pozo existente, evidenciándose así la relevancia del guayado en la cotidianeidad de la casa. En los casos donde el pozo se realiza en un patio de la vivienda, se tiene en cuenta que este no se encuentre cerca de muros y que permita un espacio libre a su alrededor. Esto se debe a que, por un lado, la excavación podría debilitar

los cimientos del muro, considerando especialmente que debe ser llenada de agua, lo cual implicaría una gran transmisión de humedad; a su vez, responde a la necesidad de un espacio de trabajo y circulación alrededor del pozo.

Las dimensiones del pozo dependerán principalmente de la cantidad de barro necesario para completar el guayado de la cubierta (pueden ser varias) a techar. Entre los trabajos realizados, donde debían guayarse la cubierta del oratorio y de una habitación, siendo la superficie a guayar de aproximadamente 40m², se realizó un pozo de 1,80m de diametro y 0,80m de profundidad. Para el techado de otra casa, el pozo fue de 0,80m de profundidad y 1,85 de diametro, con este se guayó la cocina, dos habitaciones y un baño, completando todos estos locales una superficie aproximada de 63m². Para esta tarea, se necesitaron 60 carretillas, tarea que demoró una jornada y media.

Ya concluida la realización del pozo, se vuelca en su interior toda la tierra ya seleccionada. En el caso que esta sea excesivamente arenosa, entonces debe agregarse arcilla o por el contrario necesitar arena, o bien tener demasiadas piedras por lo hay que zarandearla². Es posible que un porcentaje de la tierra extraída de la excavación del pozo pueda ser reutilizada para la realización del barro. A continuación se le agrega el agua, en grandes cantidades, y se procede a mezclar. En otros casos, el procedimiento es exactamente opuesto, primero se agrega el agua y luego se vuelca toda la tierra. El proceso de mezclado se realiza primero con herramientas, desde afuera del pozo, y luego dentro del mismo utilizando los pies. Esta tarea se realiza hasta integrar la greda y el agua en un barro liviano, de consistencia bastante líquida. Es muy común que el barro obtenido sea demasiado líquido o espeso y que sea necesario agregar más tierra o agua respectivamente, hasta llegar a la consistencia deseada. Otra forma para la preparación del barro consiste en agregar el agua y la tierra en pequeñas cantidades mientras se revuelve la mezcla constantemente. Continuando de esta manera, hasta que se llegue tanto a la cantidad como a la consistencia deseada (ver figura 1).



Figura 1, preparación del barro (agregado de tierra), Rinconada 2007.

A partir de ese momento debe esperarse una cantidad de tiempo (determinada por cada maestro constructor) con el fin de lograr una mejor unificación de los elementos del barro. En los casos relevados, se ha dejado entre 15 minutos y dos días para ello. Acerca de este proceso, hay dos versiones muy interesantes (y contrapuestas) de dos maestros constructores de Rinconada, sobre como lograr una mejor calidad de barro: según el primero, este debe permanecer en reposo durante esta instancia de integración, de lo contrario se

formarían grumos y perdería sus propiedades fundamentales. Para el segundo, el barro debe revolverse continuamente con el fin de que la tierra no decante, esta tarea debe realizarse introduciendo aire con cada palada, esta al salir en burbujas, ayuda a la unificación del material. Este constructor llama "arope" ³ al barro pronto a estar liso para guayar, ya que al igual que esta comida, pareciera hervir (ver figura 2).



Figura 2, mezclado del barro introduciendo aire (en esta imagen puede observarse la consistencia adecuada para guayar), Rinconada 2008.

3.2 Modificación de la paja para su implementación en el techado.

La principal tarea para la preparación de la paja es el *majado*: proceso con el cual la paja pasa de su estado natural a la forma requerida para guayar, a través de la separación de su raíz. Para ello se toma un manojo de paja, orientándose todas sus raíces hacia un mismo lado y luego se las corta con un machete. El manojo de paja, sin raíces, es sacudido y golpeado contra el suelo separando de esta las pajas más pequeñas.

Este trabajo muchas veces incluye al gavillado de la paja: se separa un manojo de la planta y se lo maja. A medida que se obtienen los manojos majados, conviene que estas sean acomodadas en cruz en un nuevo lugar, con el fin de mecanizar en futuro trabajo. En los casos intervenidos esta tarea demora varios días, por lo cual fue siempre considerada entre las primeras etapas de la obra y realizada en simultáneo a los trabajos de construcción anteriores al techado. En muchas ocasiones parte del majado se realiza a la par del guayado, preparando guayas a medida que son necesitadas.

4. CONFORMACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO Y SU PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.

Cada uno de los elementos del sistema constructivo, es realizado a través de tareas específicas y diferentes entre si, las cuales se llevan a cabo en secuencia. Al igual que sucede durante la preparación de la materia prima, no es necesario que cada tarea que hace a la realización del techado deba completarse para poder dar comienzo a la otra.

En muchos casos, estas tareas se realizan simultáneamente, depende de la técnica por la que opte cada familia y maestro constructor. Analizaremos a continuación, el armado y colocación del cijne, los aleros laterales y las guayas.

4.1 El Cijne.

La primera capa que se coloca sobre la estructura de la cubierta es el *cijne*. Las funciones de esta capa son, por un lado, homogeneizar la superficie de la estructura de repartición, esto con el fin de que el resultado final no presente irregularidades y facilite el escurrimiento del agua. Al mismo tiempo, esta capa de paja forma muchos pequeños compartimentos medianamente estancos que colaboran para que este sistema tenga una buena aislación térmica y acústica. El *cijne* se compone de las raíces y pajas cortas resultantes del majado, agrupadas de manera abultada, tampoco es necesario que la paja sea de buena calidad.

La colocación se realiza directamente sobre la estructura de repartición, sin necesidad de barro. La irregularidad de su forma, lograda a través de pajas sobresaliendo en diferentes direcciones, permite que este tenga una excelente sujeción a las cortaderas, tolas o chillaguas (ver figura 3). Al mismo tiempo, el enredamiento de la paja le permite mantenerse unido al cubrir los espacios intersticiales entre las tolas o cañas. Debe prestarse atención a que no queden pozos en el *cijne*, estos podrían generar futuras filtraciones de barro o agua hacia el interior. Para evitarlos puede alisarse la superficie de esta capa, golpeándola con un palo. En general el espesor es de aproximadamente 5 cm.



Figura 3, colocación del *cijne* por parte de un maestro constructor, Rinconada 2008.

4.2 Armado de guayas y colas.

Las pajas largas que resultan del majado pueden cumplir las funciones de *guaya* o *cola*, es decir con el barro en un extremo u otro. El armado de las guayas consiste en empapar la paja con barro del lado en que estaba la raíz. Se sujetan los manojos de paja desde su extremo mas fino y se sumerge la parte mas gruesa entre la mitad y dos tercios de su longitud, de acuerdo a Rotondaro puede ser de un tercio (1988). Dentro del barro, se separan las pajas a modo de abanico permitiendo que todas se empapen, inclusive en el interior del manajo (ver figura 4). Luego las guayas se colocan en el suelo o adentro de una carretilla, en forma de cruz o de trenza. En esta instancia el gavillado es indispensable, ya que permite que las puntas queden limpias de barro. El armado de guayas se continúa realizando durante todo el proceso de techado, a medida que son requeridas.

El proceso de armado de las colas es idéntico, con la diferencia de que se sumerge la parte más fina de los manojos de paja, y que esto se realiza en la totalidad de su largo, o en casi todo. Para el armado de colas, también puede usarse paja sin majar, es decir, con su raíz, ya que con ella se obtendrían colas más rígidas. Mientras que la *guaya* se usa para cubrir los faldones del techo, la *cola* sirve específicamente para el alero.



Figura 4, armado de guayas (separación de la paja a punto de ser sumergida), Rinconada 2008.

4.3 Los aleros laterales.

La siguiente capa son los aleros, la finalidad mas clara que estos poseen es la de proteger al muro de la lluvia. En este sentido, los aleros cumplen un importante rol en la preservación de la casa: impiden el desgaste de sus muros por la erosión pluvial, una de las principales patologías en las construcciones de adobe. La realización de los aleros, consta de dos capas, en la primera pueden utilizarse dos tipos de la paja: con sus raíces y sin barro, es decir en su estado natural; o colas. En la segunda instancia, se utilizan las guayas.

Se comienza con la colocación de una de las dos opciones primeras, desde la cumbrera hacia abajo en el borde de la construcción perpendicularmente al muro y sobresaliendo entre 7 y 15 cm. La paja sin barro se coloca simplemente se apoyada sobre el cijne, mientras que las colas adhieren al cijne con el barro. Su realización, siempre con las raíces o la parte mas gruesa hacia el exterior, tiene el fin de otorgar una mayor superficie rígida a la guaya, y así esta poder sobresalir aún más. Luego, se colocan los haces de guaya sobre la capa anterior, también en sentido perpendicular al muro, sobresaliendo lo mayor posible hacia el exterior. Sin embargo, si la distancia que sobresalgan las guayas es excesiva, no tendrían una suficiente superficie de apoyo y podrían levantarse con el viento (ver figura 5).



Figura 5, colocación de los aleros laterales, Rinconada 2007.

4.4 Colocación de las guayas.

Esta tarea consiste en la terminación del cerramiento con las guayas preparadas, cada *guaya* es de un diámetro aproximado entre 5 y 8 cm. (lo que entre en la mano juntando las yemas del pulgar y el índice). La principal función de esta capa es la de aislante hidrófugo, logrado por la combinación de la paja con el barro arcilloso.

Estas se colocan desde abajo hacia arriba, desde un extremo al otro en faldones entre 50 y 80cm. Este ancho debe ser siempre menor al rango de alcance del brazo del guayador, permitiendo de esta forma, trabajar sin estar pisando las guayas recién ubicadas. La forma de colocación de las guayas consiste en desplegarlas sobre el cijne, presionándolas sobre este en su lado embarrado. La primer tira de guayas debe sobresalir entre 10 y 15 cm. Es usual que para la primera guaya haya que usar un poco de barro extra, ya que cumplirá la función de alero frontal y deberá resistir la acción del viento. Luego se colocan las siguientes, solapándose sobre las que se encuentren debajo aproximadamente la mitad. Así sucesivamente hasta llegar a la cumbrera.

Para este trabajo, el ideal es trabajar en cadena, optimizando energía y tiempo: se necesita una persona arriba de la cubierta, techando, este debe estar sostenido por una soga atada en su otro extremo a algún objeto lo suficientemente pesado para que pueda actuar como contrapeso, o sujeta por otro trabajador. Otra persona se sitúa al pie de la cubierta (preferentemente arriba de una escalera), encargándose de pasarle las guayas y los baldes de barro a quien se encuentre arriba. Una tercera persona transporta los manojos de guaya desde el pozo hacia el recinto a acondicionar. Por último un trabajador que embebe de barro los manojos de paja. En todos los casos donde el guayado se sistematizó de esta manera, la duración del trabajo fue significativamente breve (ver figura 6).



Figura 6, cadena de trabajo durante el guayado de una habitación, Rinconada 2007.

En los casos de techos a dos aguas, cuando se colocan las guayas superiores, hay que tener en cuenta que estas deben cruzar cuatro dedos al otro lado del techo. Cuando se pase a trabajar del otro lado del techo, las últimas guayas también cruzarán cuatro dedos, y sobre esto se va a colocar una guaya más “a caballito” que va a conformar la cumbrera. En los techos a un agua, la cumbrera se arma de un método muy similar, solo que en lugar de la segunda cara del techo, se arma un alero trasero.

Una vez completada la superficie de techado, conviene volcar el mismo barro con que se armaron las guayas, sobre las uniones entre estas y golpearlas con una tabla. Esto incrementaría la adhesión entre ellas. Luego, con esta presionar y deslizarla hacia abajo, de este modo, el barro volcado cubre todo el techo, unificándolo y alisándolo. Es importante que el techo quede lo más recto y liso posible, ya que esto será determinante para el buen escurrimiento de la lluvia.

5. EL MANTENIMIENTO DE LOS TECHOS DE GUAYA.

Los techados de guaya requieren de un continuo mantenimiento, esto se debe a los efectos que la erosión pluvial y eólica tiene sobre estas construcciones. El barro se desprende y la paja se cae, haciendo que sea posible la aparición de filtraciones (las cuales deteriorarían los demás elementos constructivos). El desgaste de estas cubiertas depende principalmente de la calidad de realización del mismo, por lo tanto el tiempo entre reparaciones varía según el caso y el maestro constructor. Entre los casos estudiados, fueron de cinco años. Está claro que el tiempo para un nuevo guayado del techo está en función de diferentes cuestiones: la calidad del material, la ejecución, las características del techo y las condiciones ambientales. Las continuas reparaciones de la cubierta suelen ser realizadas por la propia familia, es por ello muy común, el almacenado de paja dentro de la vivienda, esto se realiza en depósitos o en locales específicos para este propósito. El material puede guardarse en su estado natural o ya preparado para las tareas de guayado.

Las reparaciones consisten en la colocación de una nueva capa de guaya sobre el techado ya gastado, prestando especial atención en los espacios de mayor deterioro, donde probablemente sea necesario agregar cijne. La superposición excesiva de capas de paja y barro implica un peso creciente sobre la estructura. Especialmente si se trata de un techo a dos aguas, donde las tijeras pueden abrirse y generar un empuje sobre los muros al punto de provocar fracturas. Es por esto que cada una cierta cantidad intervenciones el techo debe ser removido completamente.

6. REFLEXIONES FINALES.

Como hemos explicado, este tipo de techos requiere, por sus características, un continuo mantenimiento. Hoy en día, este factor representa una cuestión fundamental para el entendimiento de esta técnica.

Durante nuestra explicación acerca del mantenimiento de las cubiertas y su importante relación con la cotidianeidad de la vivienda, no mencionamos un factor de suma importancia: la concepción del mismo como un *problema*. En los distintos trabajos de campo realizados, hemos consultado a varias familias y maestros constructores esta cuestión. En la gran mayoría de los casos la respuesta fue que el *mantenimiento* era entendido como un *problema*. Todas las obras de arquitectura requieren de mantenimiento, sea pintura, refacciones diversas o reguayar. Claro está que algunas lo requieren más que otras. Sin embargo, ¿Por qué *mantenimiento* es entendido como un *problema* y no como una *característica*?

Esta idea se pone de manifiesto en la comparación del guayado con otros sistemas constructivos industriales, principalmente la chapa. Durante los últimos años, este material fue reemplazando a los techados de guaya con una rapidez considerable. Su elección, cada vez mayor a la hora de construir, se debe a que presenta una fácil colocación y un casi nulo mantenimiento. ¿Implica esto que los sistemas que requieran menos mantenimiento son *superiores* que aquellos que necesitan mas?

Si bien la chapa posee una clara ventaja, sus desventajas en cuanto a confort son varias: minúscula aislación térmica y acústica (el ruido que ocasiona la lluvia sobre el techo de chapa), y condensación dentro de los locales. Esto lo hemos corroborado en varias viviendas analizadas, las cuales si bien usan ambos sistemas constructivos, prefieren techos de guaya sobre las habitaciones, es decir, espacios de mayor necesidad de confort. Mientras que en cocinas o depósitos, donde este no es del todo necesario, optaron por chapa. Si pareciera tener mas desventajas que ventajas, ¿por qué motivo entonces se utiliza cada vez mas la chapa por sobre la guaya?

La repuesta no solo se basa en la rapidez y practicidad de este sistema, sino también en un tema de prestigio. Los sistemas constructivos industrializados que se encuentran en la Puna (chapa, losas de hormigón, losetas premoldeadas, tejas, etc.), gozan de una mejor connotación: el *progreso*. La industria los presenta como un símbolo de modernidad, mientras el comercio como bienes y, por lo tanto, como símbolo de status económico. Prácticamente opuesto al guayado, cuya técnica se aprende en la tradición y cuyo material se obtiene de la tierra. Entonces, si entendemos a la chapa como *progreso*, ¿cómo será considerada la guaya?

Bajo esta mirada, la guaya significa antigüedad y poca utilidad. Lo mismo sucede con muchos censos, las valoraciones con las cuales se basan (donde el *progreso* es quien define) consideran a estos techos como signo de pobreza. Pareciera que el gran motivo de la elección de materiales industrializados, así como de la rápida desaparición de muchos techos de guaya, se debe la acción in situ de esta “arquitectura del progreso”. Su presencia, a través de planes de vivienda y demás variaciones de obra publica e institucional, trae consigo un fuerte impacto tecnológico y al prejuicio que lo acompaña. Un prejuicio en el que solo los conocimientos académicos pueden ser legítimos. Un prejuicio que no considera a lo expuesto en este trabajo como arquitectura, sino como una rudimentaria adaptación al medio. Un prejuicio creador de crueles imaginarios y devastador de tradiciones. Un prejuicio ignorante de lo que la identidad significa. Un prejuicio enemigo del construir. Un prejuicio cuyo fin, es un trabajo por lograr.

7. BIBLIOGRAFÍA

Boman, E. *Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama*. Universidad Nacional de Jujuy, Argentina, 1992 [1908].

Delfino, D. “Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca. Catamarca. República Argentina)”. En: *International Monographs in Prehistory*, Editado por Lawrence Kuznar, Estados Unidos, 2001.

Rotondaro, R. “Experimento tecnológico sobre techos de tierra mejorados en la Puna Jujeña de la región andina”. En: *FOCO de tecnología apropiada* N° 26, Argentina, 1988.

NOTAS

1_ El nombre de *guayado*, proviene de *guaya*, que es la denominación local del tipo de paja con el cual se realiza este techado. Esta, a su vez deriva del término aymará *waylla* (Delfino 2001). Este tipo de paja ha recibido también el nombre de *paja brava* (Boman 1992 [1908]), con el cual se lo continúa reconociendo. Las palabras *guaya* y *guayado* poseen varias acepciones dentro del proceso constructivo: se llama *guaya* a la paja en su estado natural con la cual se realizan este tipo de techados, así como a la misma una vez preparada para techar (por ejemplo, de la *guaya* pueden obtenerse, tras su procesamiento, *cijne*, *cola* y *guaya*). De la misma manera, se llama *guayado* al desarrollo completo del cerramiento, así como a la instancia final de la colocación de las *guayas* preparadas. Todas estas variaciones del material serán desarrolladas a lo largo de este capítulo.

2_ Que tenga piedras es un problema por varias razones. En primer lugar las piedras hacen que sea muy compleja la colocación de la paja en el techo. Por otra parte, en un proceso en que en general se usan los pies y las manos para mezclar, la presencia de piedras puede ser sumamente molesta.

3_ Arrope: Dulce parecido a la miel, que se obtiene de la concentración del azúcar de las frutas. Su preparación consiste en hervir revolviendo constantemente. Otros maestros constructores también llaman de esta misma manera al barro para guayar.

Leandro Daich: Es estudiante avanzado de arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como Ayudante en la Cátedra Aboy de Historia en la FADU-UBA. Desde el 2006 forma parte del proyecto “Puna y Arquitectura” del que es uno de sus responsables. Ha presentado trabajos sobre este proyecto en distintos congresos y es miembro del CEDODAL.

LABORES PRELIMINARES DE CONSERVACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE LA JOYA, VERACRUZ, MÉXICO

Annick J. E. Daneels

Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

annickdaneels@hotmail.com

Luis Fernando Guerrero Baca

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

luisfg1@prodigy.net.mx coordinacionproterra@gmail.com

Rubén Salvador Roux Gutiérrez

Universidad Autónoma de Tamaulipas-Tampico

rroux@uat.edu.mx

Palabras clave: consolidación, arcilla, trópico húmedo

RESUMEN

El sitio prehispánico conocido con el nombre de La Joya, en el estado mexicano de Veracruz, posee una serie de valores muy destacables derivados de su extensión, antigüedad, relación con el contexto natural y, sobre todo, por haber sido construido totalmente con tierra cruda. Este hecho resulta muy significativo debido a que la región en que se localiza presenta una elevada precipitación pluvial por lo que llama la atención la manera en que sus antiguos pobladores lograron preservar la ciudad durante la mayor parte del primer milenio de nuestra era.

Sin embargo, a pesar de esta serie de valores indudables de la antigua urbe, lamentablemente fue presa de un indescriptible proceso de destrucción en el que sus estructuras se utilizaron como materia prima para la fabricación de ladrillos, desde la segunda mitad del siglo XX hasta ahora. El nivel de alteración es tan grave que se considera que se conserva menos del cinco por ciento del conjunto y los elementos que están en pie se encuentran en un precario estado de conservación.

El texto expone los antecedentes del caso, los criterios de intervención y las acciones de consolidación emprendidas, las cuales además de ayudar a la salvaguardia de los pocos elementos que subsisten, pueden ser de gran utilidad por la escasa experiencia que se tiene en torno a la conservación de sitios arqueológicos de tierra localizados en el trópico húmedo.

INTRODUCCIÓN

La conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra presenta una serie de complicaciones derivadas de la vulnerabilidad de su materialidad y de la interrupción de las labores de mantenimiento que les permitieron subsistir a lo largo de su historia.

Como es sabido, los edificios construidos con barro crudo, fundamentan su comportamiento estructural en el "trabajo colectivo" de sus componentes, el cual permite superar la baja resistencia relativa de cada parte con el apoyo de los elementos vecinos. El uso de cimentaciones resistentes, de muros de contención, la conformación de mamposterías, los "amarres" de esquina, dinteles, revoques, entre otros elementos, conformaron sistemas constructivos en los que los esfuerzos estructurales se comparten mediante un trabajo "en red" que hace que cada pieza se vuelva indispensable como componente orgánico del conjunto. (Guerrero, 2002: 7)

Estos sistemas constructivos de tierra, ya sean de barro modelado, barro entibado, tapial, adobe o bajareque, siguen una serie de principios de diseño y edificación que permiten la subsistencia de las estructuras por periodos muy largos cuando cada componente cumple de manera adecuada su función. Pero si alguna parte llega a fallar, los elementos constructivos vecinos empiezan a actuar para mantener el equilibrio del sistema. Sin embargo, esta "colaboración" tiene sus límites y en el momento en que estos se

sobrepasan, se detonan daños con un desarrollo exponencial que puede generar el colapso final de las estructuras.

Estos fenómenos los conocían las civilizaciones antiguas, por lo que dentro de sus actividades cotidianas, siempre estuvo presente la ejecución de actividades para el mantenimiento preventivo de la arquitectura, a fin de prolongar la vida útil de cada componente y de ir substituyendo aquellos que sufrían daños o deterioros.

Pero al interrumpirse esta tradición constructiva por la declinación de la civilización que le dio origen, como sucede en los sitios arqueológicos, las estructuras entran en procesos de degradación irreversible.

Cuando se descubre y excava una zona arqueológica los elementos que se encuentran en ella están incompletos y han dejado de recibir acciones de conservación de manera que, en muy poco tiempo, se ven atacados por los efectos medioambientales que los deterioran y destruyen. Se ha perdido el carácter "orgánico" del conjunto y los componentes se desarticulan trabajando de manera aislada, con condiciones estructurales diferentes a las que tenían cuando estaban en uso, por lo que se vuelven altamente vulnerables. Es por esto que las intervenciones de conservación que se realizan en las estructuras de este tipo, requieren la consideración de sus nuevas condiciones de equilibrio, pues es a partir de ellas que se han de plantear acciones que las mantengan estables. (Warren, 1999:35)

Si esta situación es compleja en sitios arqueológicos en los que el medio geográfico es seco, para el caso de ciudades localizadas en el trópico húmedo, el tratamiento se vuelve realmente difícil. La humedad ambiental, el nivel freático, el grado de asoleamiento, la lluvia, la presencia de vientos, entre otros factores climáticos, pueden hacer que un sitio recién excavado se destruya en muy poco tiempo.

En este caso se encuentra el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz en el que el deterioro por causas antrópicas, asociado a las condiciones adversas de su clima tropical, han incidido en la pérdida de más del noventaicinco por ciento de su volumen edificado en tierra cruda.

Por esta razón se han emprendido acciones para consolidar algunos de los elementos que todavía subsisten y que, a pesar de su condición fragmentaria, dan cuenta de la grandeza que tuvo el sitio en su momento de auge. Las labores se han centrado inicialmente en la pirámide principal cuyas dimensiones, localización y diseño la convierten en un elemento emblemático del sitio.

Estas acciones forman parte de un proyecto de largo aliento que por una parte busca ampliar los conocimientos que se tienen acerca de la forma de vida de las culturas ancestrales que habitaron el sitio, pero que también pretende desarrollar experiencias de conservación que permitan la protección de estructuras similares en la región, así como en aquellas otras que compartan rasgos constructivos y medioambientales con La Joya.

Asimismo, este cuerpo de conocimientos puede dar pie al desarrollo de propuestas constructivas que permitan resolver las graves carencias de espacios habitables que se presentan en gran parte del territorio nacional, mediante la aplicación de tecnologías de diseño sustentable.

CONDICIONES DEL SITIO

La zona patrimonial conocida como La Joya se ubica en las coordenadas UTM 14Q 799821.43 E, 2110879.79N. Perteneció al Municipio de Medellín de Bravo, en el estado de Veracruz, en la costa del Golfo de México. Está localizada a 14 km del centro de la ciudad y puerto de Veracruz y a 700 m del poblado más cercano, llamado El Tejar.

Se sabe que la ciudad floreció en el primer milenio de la era cristiana y fue construida enteramente con barro crudo. Este hecho resulta crucial pues, a diferencia de los sitios de tierra que se han explorado y conservado en México y que se localizan en regiones predominantemente secas, La Joya se ubica en pleno trópico húmedo y a escasos tres kilómetros de la zona costera.

Los habitantes originales del sitio desarrollaron una serie de sistemas constructivos en los que combinaban el manejo de la tierra compactada y adobes, en imponentes estructuras, utilizadas como viviendas, plazas, templos y juegos de pelota, que lograron vencer a unas condiciones climatológicas totalmente adversas para materiales arcillosos. (Ver Figura 1.)

Dos plataformas, que aparentemente sirvieron como residencias palaciegas, sugieren la existencia de una organización estatal temprana con posible gobierno dual o alterno, lo que arroja nueva luz sobre la sociedad Protoclásica (epi-Olmeca) y Clásica.

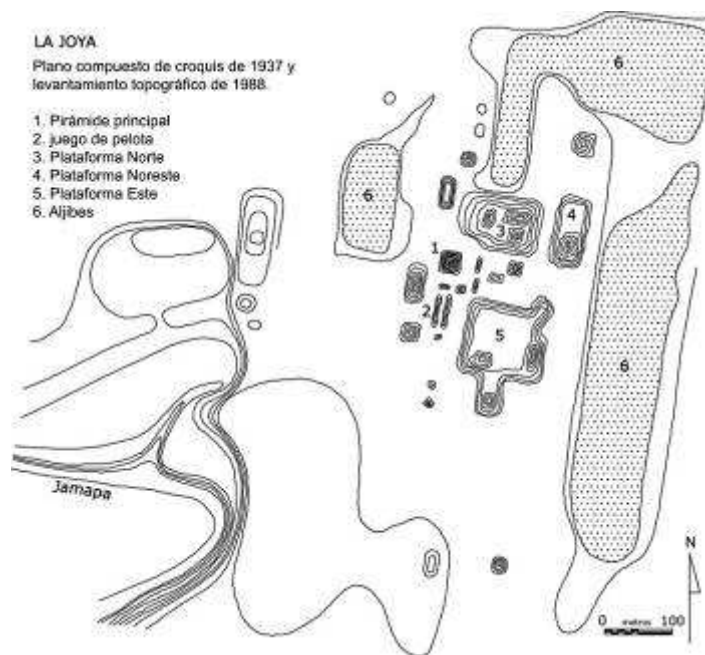


Figura 1. Plano del sitio de La Joya, integrando el croquis de Escalona Ramos (1937) y el levantamiento topográfico de 1988 (Daneels, 1990).

Particularmente relevante es el hecho de que para la protección de las superficies de las estructuras térreas no se emplearon recubrimientos a base de cal arena, como era tradicional en casi toda Mesoamérica, sino que se utilizó barro crudo. Esta situación plantea una serie de interrogantes acerca de los materiales que se pudieron haber incorporado a la tierra durante los siglos que el sitio estuvo en auge y que evitaron que fuera desintegrado con las intensas lluvias de temporal y fuertes vientos invernales que caracterizan el clima de la región.

La pirámide principal, motivo de la presente ponencia, fue registrada por el arqueólogo Escalona Ramos en 1937, quien la describía como un edificio de 30 metros de lado y de 20 o 25 m de altura (*Escalona, 1937:1*). Pocos años después, desafortunadamente el terreno fue fraccionado y sus dueños, al ver las extraordinarias cualidades de su suelo, decidieron emplearlo para la elaboración de ladrillos.

Con el permiso del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia y con el apoyo de la UNAM (proyectos PAPIIT IN 305503 en 2004-2006 e IN 405009 en 2009), la Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (FAMSI Grant 07021 en 2007), la Dumbarton Oaks (grant 2007-2008) y Conacyt (Fondo Institucional 90636 en 2009), la Doctora Daneels, encargada desde 1981 de un proyecto arqueológico regional a largo plazo, emprendió, a partir de finales de 2004, la exploración arqueológica del sitio de La Joya, a fin de documentar los restos existentes y de tratar de entender el funcionamiento de la ciudad prehispánica, utilizando como punto de partida los cortes estratigráficos derivados de las propias excavaciones de los fabricantes de ladrillo. En el marco de un proyecto de rescate, que originalmente no contemplaba restauración, halló vestigios de una subestructura, pudiendo determinar el contorno de su desplante y liberar en 2008 lo que quedaba conservado de su fachada occidental.

Ante la importancia del hallazgo, el Instituto Nacional de Antropología e Historia solicitó la realización de una serie de intervenciones de consolidación de los restos de la pirámide principal. Se aprobó un proyecto que en este momento se encuentra en ejecución.

La pirámide que aparece en el plano de 1937, es una construcción que corresponde al Periodo llamado Clásico Tardío, y que arrancaba del nivel de la plaza sobrealzada del Clásico Medio, correspondiente a la superficie actual del suelo. Al estar esta superficie perturbada por las labores de los fabricantes de ladrillo, no ha sido posible encontrar ya vestigios de su desplante. Solamente se conservaba parte del núcleo de relleno sobre la subestructura, el cual permitió estudiar algunos aspectos de su sistema constructivo. Para controlar la presión interna, los constructores colocaron grandes bloques de relleno, de aproximadamente 1 m de espesor, y más de 6 m de lado, alternando materiales arcillosos (gleys) con limos arenosos (fluvisols): los primeros le daban solidez y coherencia a la edificación, mientras que los segundos contrarrestaban el efecto de expansión/contracción de las arcillas a lo largo del ciclo estacional de lluvias/sequía. (*Daneels, 2008*).

Los vestigios del edificio sacados a la luz en 2008 corresponden a una subestructura de finales del periodo Clásico Temprano (hacia el año 300 d.C.). Los sondeos realizados en la zona oriental desplantada a nivel de superficie actual, localizaron a escasa profundidad el arranque, lo que permitió determinar que era un edificio de 45 x 45 m con escalinatas en los cuatro lados, con una superficie de 2,353 m² y una altura inferida de 14 m. (*Daneels, 2008*) A diferencia de la pirámide tardía, ésta no presentó un sistema de rellenos alternos sino que está constituida por un núcleo de arena en la base, recubierto por estratos de limos con evidencia de apisonamiento, aproximadamente a cada metro de espesor. La falta de un sistema de contención interna tiene como efecto un perfil más achatado del edificio, con un ángulo de 41° (comparado con el ángulo de 57° paraqué presentaba la estructura tardía).

El volumen constructivo original de la pirámide, a partir de los datos de Escalona, sería de entre 19,000 y 21,700 m³. El total conservado actualmente es de 1,241 m³, es decir, entre 5.7 y 6.5 % del volumen de 1937. (Ver Figura 2).



Figura 2. Vista del lado norte de la escalinata en la que se percibe su grado de destrucción

Las esquinas noroeste y suroeste de la subestructura están destruidas hasta nivel de suelo estéril, y subsiste sólo el sector central de la fachada oeste, que se encontraba bajo el núcleo conservado de la estructura del Clásico Tardío.

Esta fracción de la pirámide tiene una superficie de 128 m^2 y 8 m de altura en promedio. Se conserva parte de la escalinata con alfardas, restos de los 2 cuerpos inferiores al sur y restos de 6 cuerpos al norte, con un volumen de 374 m^3 . En el sector oriental despalmado se conservan $1,810 \text{ m}^2$, correspondientes a niveles de entre 30 y 80 cm de altura del desplante de la estructura. (Ver figura 3).



Figura 3. La cara oeste de la pirámide mantiene gran parte de su imagen original.

LA INTERVENCIÓN EN LA PIRÁMIDE

Las actividades consistieron en la documentación precisa del sitio, la cual se empezó a desarrollar desde el año 2006 y que permitió conocer las superposiciones de las estructuras así como los sistemas constructivos. Además, los restos materiales localizados ayudaron a confirmar los fechamientos que se han propuesto para el resto del conjunto arqueológico.

Esa labor de liberación y documentación dejó expuesta la escalinata oeste con sus imponentes alfardas y cuerpos superpuestos, en los que afortunadamente se conservaba una buena parte de los revoques originales.

La consolidación de los sectores que presentaban los principales daños se llevaron a cabo en las siguientes etapas, de acuerdo los requisitos de la reversibilidad de la intervención y la necesidad de permitir la "respiración" de la estructura:

1. Restitución de los volúmenes constructivos. A fin de dar continuidad visual y estructural a los faltantes ocasionados por la acción de los ladrilleros, la excavación de un pozo de sondeo en el centro de la escalinata y la erosión pluvial se integró material similar al histórico. Para las intervenciones superficiales se usó una mezcla de lodo con las condiciones de humedad que utilizan los artesanos locales para la elaboración de ladrillos. La mezcla se revolió con polvo de ladrillo cocido, material neutro que no afecta la integración del barro y que permite dejar evidencia de la intervención. Para recuperar faltantes mayores y conformar un frente de contención, se levantaron muros de ladrillo crudo pegados con lodo, rellenando los huecos con arena de mar gris (fácilmente reconocible).

2. La colocación de un geotextil encima de la estructura arqueológica ya consolidada. Se fijó con clavos de hierro de 2 pulgadas, en cantidad suficiente para asegurar la adecuada unión de la tela al edificio. En las áreas agrietadas y los cortes se usaron adicionalmente clavos de 4 pulgadas, y en pocos casos clavos de 6 pulgadas. El geotextil es del tipo "no tejido" elaborado a base de poliéster, de 275 gr/m², de color gris. (Ver Figura 4)



Figura 4. Colocación del geotextil y la superficie de sacrificio para su protección.

3. La protección de este material mediante capas de sacrificio. La primera era una capa delgada, de lodo para hacer ladrillos, adicionado con un porcentaje mínimo de sellador acrílico para facilitar su adhesión al geotextil. Luego se aplicó la capa de sacrificio propiamente dicha, de 2 a 3 cm de espesor. Como ésta se agrietó profundamente debido a la gran cantidad de arcillas que posee el suelo local, fue necesario resanar las grietas con una lechada que incluía una mezcla de lodo, mucílago de tuna, arena y una fracción muy baja de cal.

4. Capa de acabado final. Con el fin de mantener el aspecto, textura y color más cercano posible a revestimiento original, se hizo una mezcla del lodo utilizado para hacer ladrillos, estabilizado mediante el uso de mucílago de nopal, estiércol bovino y paja picada, con una pequeña proporción de cal. Esta mezcla se trabajaba y amasaba a mano en pequeños volúmenes, por un espacio de 20 minutos cuando menos, con el fin de desmoronar los nódulos de barro puro e integrarlos a la mezcla. Se aplicó en capas de 1 a 1.5 cm de espesor, usando para compactar y alisar un rasero de plástico semi-rígido.



Figura 5. El revoque de sacrificio sobre el geotextil.

5. Protección de las caras cortadas del volumen. Las caras norte y este de la estructura que esaban incompletas fueron recubiertas con una capa de sacrificio protegidos por una encalada (cal con jabón, sal y baba de nopal). Esté acabado tiene tres ventajas: (1) cubre efectivamente las grietas de la capa de sacrificio, (2) marca claramente qué partes del edificio ya no son elementos de fachada y (3) su desaparición indica el momento en que se requiera mantenimiento.

4. La aplicación de una capa final de un hidrofugante. A fin de garantizar la protección de la superficie de sacrificio y evitar la necesidad de realizar intervenciones de mantenimiento demasiado frecuentes se optó por aplicar una aspersión de una emulsión con base en un silano-siloxano, que posee la cualidad de no sellar por completo los poros del barro y permitir así la "transpiración y respiración" natural de la estructura. Otras ventajas de esta substancia son su facilidad de aplicación, su baja toxicidad, su relativamente bajo costo, el hecho de que no cambia el color ni la textura del barro, y sobre todo que permite la aplicación de nuevas capas de sacrificio, sin afectar su adherencia, lo que resulta muy apropiado para el mantenimiento futuro. (Ver Figura 6)



Figura 6. Aplicación de la emulsión hidrofugante por aspersión.

Esta intervención concluyó durante la semana del 5 al 15 de mayo, pues se sabe que a partir de esas fechas empieza la temporada de lluvias en la región. La primera lluvia fuerte ocurrió el domingo 17 de mayo de 10-11 am. Se verificó el pH de la lluvia, que marcó 7.1 (cuando temíamos la posibilidad de lluvia ácida por la contaminación vial e industrial de la cercana ciudad de Veracruz). Se aprovechó la circunstancia para también controlar el pH del agua de pozo usada para hacer las mezclas de lodo, que marcó 6.7.

Se realizará un monitoreo a lo largo de la temporada de lluvias (hasta septiembre), lo que nos podrá permitir evaluar el nivel de protección del sistema diseñado y corregir y ajustar las posibles fallas que se presenten, de manera que se pueda utilizar esta estrategia en otras estructuras del propio sitio y plantear la posibilidad de abrir al público zonas que se localizan en la región y que todavía permanecen en buen estado de conservación, gracias a su cubierta vegetal.

CONCLUSIONES

La arquitectura de tierra se ha vuelto un tema de investigación en México hasta fechas relativamente recientes. En los años ochenta se llevaron a cabo algunas labores en este campo principalmente en torno a una organización llamada CONESCAL. Sin embargo, las acciones dirigidas específicamente al patrimonio construido con tierra son posteriores y se asocian a los trabajos llevados a cabo en los años noventa en la zona arqueológica de Paquimé, Chihuahua, al norte de México, cuando se propuso el sitio como parte de la Lista de Patrimonio Mundial, distinción que fue otorgada en 1998.

Paralelamente se configuró un colectivo académico binacional entre México y Estados Unidos llamado SICRAT (Seminario Internacional de Conservación y Restauración de Arquitectura de Tierra) que de manera ininterrumpida ha venido realizando diversos trabajos de investigación y transferencia de tecnología.

A partir de 2001, este tema de investigación ha tomado una importancia internacional, cuando el Comité del Patrimonio Mundial de la misma UNESCO aprobó el desarrollo del Programa de Conservación de Arquitectura de Tierra (ICOMOS-ISCEAH International Scientific Committee on Earthen Architectural Heritage), viendo no sólo sus vertientes de conservación sino también de implementación de construcción de tierra como alternativa barata y sustentable de arquitectura moderna (<http://whc.unesco.org/en/activities/21>).

Esto ha promovido interés por parte de instancias académicas, gubernamentales, ONG y compañías constructoras, con la creación de varias redes a nivel mundial y un volumen impresionante de publicaciones.

Sin embargo, es interesante observar que los esfuerzos de los colectivos académicos regionales como es el caso de la Red Iberoamericana ProTerra, se han centrado principalmente en construcciones para ámbitos áridos y semi-áridos, donde la arquitectura de tierra tiene una tradición que sobrevive hasta nuestros tiempos. (Martins, 2003)

En Latinoamérica casi no hemos encontrado investigaciones dirigidas a casos de trópico húmedo, posiblemente por la preconcepción de que tal arquitectura no es viable en condiciones de alta precipitación pluvial.

Esta investigación será el punto de partida para desarrollar dos vertientes de aplicación: la primera que apoye un programa de protección y conservación de tales sitios arqueológicos, localizados por miles en la costa del Golfo de México entre el Centro-sur de Veracruz y Tabasco, para su apertura al turismo, y la segunda, que fundamente la participación a redes de investigación que promueven la construcción de tierra como alternativa sustentable viable para solucionar el problema de vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, Stephen. *Historic Structure Preservation Guide. Wupatki National, Monument*. National Park Service. US Department of the Interior. Washington. E.U. 1983.

ALBA, Alejandro y Giacomo Chiari. “Protección y exhibición de estructuras excavadas de adobe”. En: Stanley, Price N. P. (editor) *La conservación en zonas arqueológicas con particular referencia al área del Mediterráneo*. ICCROM. Roma. Italia. 1984.

DANEELS, Annick. *Exploraciones en el Centro de Veracruz. Quinta temporada. Prospección y levantamiento topográfico en el Centro de Veracruz. Informe General presentado al Consejo de Arqueología*. Archivo Técnico, I.N.A.H. No. Catálogo 29-58, Exp. C/311.42 (D) / 5-18, Legajo 3. México. 1990.

DANEELS, Annick. *Exploraciones en el Centro de Veracruz. Temporada X. Temporalidad y función de la arquitectura de tierra. Proyecto de investigación. Documento presentado ante el Consejo de Arqueología*. Archivo Técnico INAH. México. 2005.

DANEELS, Annick. *La Joya Pyramid, Central Veracruz, Mexico: Classic Period Earthen Architecture*. Dumbarton Oaks, Trustees of the Harvard University, Washington D.C. 2008 http://www.doaks.org/research/pre_columbian/doaks_pco_project_grant_report_2007.html.

ESCALONA, Alberto. *Ruinas de “El Tejar”*. Informe rendido a Luis Rosado Vega, Director Jefe de la Expedición Científica Mexicana, acerca de diversos trabajos de exploración en las Ruinas arqueológicas de El Tejar, Ver. Archivo Técnico, Estado de Veracruz, Tomo CXIX, Vol. II. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 1937.

FRENCH, Pamela. “The problems of *in situ* conservation of mudbrick and mud plaster”. En: *In Situ Archaeological Conservation, Proceedings of a Meeting*. Getty Conservation Institute–INAH. Los Angeles. E.U. 1986.

GUERRERO, Luis. *Arquitectura de tierra en México*. U.A.M.-Azcapotzalco. México. 1994.

GUERRERO, Luis. "Deterioro del patrimonio edificado en adobe". En: *Diseño y Sociedad*. No. 13. Otoño. U.A.M.-Xochimilco. México. 2002.

HOYLE, Ana María. "Chan-Chan: aportes para la conservación de la arquitectura de tierra". En: *Adobe 90 Preprints*. The Getty Conservation Institute. Los Angeles. E.U. 1990.

Martins Neves, Célia (ed.). *Técnicas de Construcción con Tierra*. CYTED. Brasil. 2003.

OHI, Kuniaki e Ismael Gilón. "Los muros de morteros y los materiales para la restauración de la arquitectura de tierra en la zona Casa Blanca". En: *Chalchuapa, Informe de la investigación interdisciplinaria de El Salvador (1995- 2000)*, Kyoto University of Foreign Studies, Kyoto, Japón. 2000.

WARREN, John. *Conservation of earth structures*. Butterworth-Heinemann. Oxford. Inglaterra. 1999.

<http://whc.unesco.org/en/activities/21>

Annick Daneels: arqueóloga, investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, doctora por la Universidad de Gante, Bélgica (1987) y doctora por la UNAM, México (2002). A cargo desde 1981 del proyecto arqueológico "Exploraciones en el Centro de Veracruz", enfocado al estudio de la trayectoria histórica y los desarrollos sociopolíticos y económicos de la región, principalmente en el periodo Clásico.

Luis Fernando Guerrero Baca: Doctor Arquitecto, UAM, Azcapotzalco, México. Máster en Arquitectura, Restauración de Monumentos. ENCRyM – INAH

Rubén Salvador Roux Gutiérrez: Arquitecto por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Maestro en Ingeniería por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctor Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, Jefe de Investigación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UAT y Investigador Nacional Nivel I.

INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE TIERRA

Birmania Giles Castillo

Dirección de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano Salta – DIPAUS-
Direc. Gral de Patrimonio Cultural – Secretaría de Cultura de Salta – Ministerio de Turismo y Cultura.
[Birmaniagiles@hotmail.com](mailto:Birmanigiles@hotmail.com) Telf.Trabajo: 54 387 4212385 – fax 54 387 4317657

Palabras clave: intervención patrimonio arquitectónico tierra

RESUMEN

El presente trabajo, se refiere a la restauración- ampliación y refuncionalización de cuatro casonas de valor patrimonial y la restauración y consolidación de dos edificios religiosos, construidos con tierra y ubicados en pueblos Históricos de los valles Calchaquíes de la Provincia de Salta

Estos trabajos forman parte de un proyecto mayor elaborado por la Dirección de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Salta - DIPAUS, financiada por la Provincia de Salta y el Banco Interamericano de Desarrollo – BID, con fondos destinados al sector turístico.

Se relata en esta ponencia, sintéticamente las características geográficas y del hábitat de la región, criterios para la elaboración de los proyectos; ejecución de las obras; la gestión con los propietarios, y los municipios, las tareas de difusión y concientización, para la comunidad y los obreros de las empresas intervinientes. También la repercusión de estas obras en la comunidad local en la actualidad.

En lo referente a la tecnología, La DIPAUS, siendo un Organismo, que proyecta, y ejecuta obras, se valió en este caso de investigaciones sobre la tecnología de tierra, realizadas en distintos países, y sobre todo en la experiencia peruana sobre la construcción en adobes; adecuando las propuestas constructivas a edificios con características particulares en cada lugar; tratándose de una región con riesgo sísmico y donde más del 80 % del patrimonio arquitectónico está construido con tierra – adobes-

Si bien estaba previsto realizar estas obras con la mano de obra local y la intervención de los municipios, esto no pudo ser y las obras fueron licitadas y ejecutadas por empresas constructoras privadas, con poca experiencia tanto en la tecnología de tierra como en intervenciones de edificios de interés patrimonial.

1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto "Recupero y puesta en valor de los Pueblos Históricos de los valles Calchaquíes – Salta", elaborado por la Dirección de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Salta - DIPAUS, financiado por la Provincia de Salta y el Banco Interamericano de Desarrollo – BID; fue presentado, a través de la Secretaría de Turismo de Salta, para potenciar un circuito turístico ya existente, vinculándolo a otros proyectos y desarrollar un turismo cultural calificado.

El proyecto propuso: intervenciones en el espacio público de sectores singulares de seis poblados históricos que estaban en franco proceso de deterioro y la restauración y puesta en valor de edificios de interés patrimonial ubicados en el área intangible de estos pueblos.

Actualmente, la ejecución de las obras de las intervenciones tanto de escala urbana, como de restauración arquitectónica, están concluidas en cuatro pueblos y en los dos restantes a punto de concluir

Esta ponencia, relata una parte de este proyecto, referida a la restauración- ampliación y refuncionalización de cuatro casonas de valor histórico – arquitectónico, para uso cultural, y la restauración y consolidación de dos edificios religiosos, construidos con tierra (adobes); y siendo que la tierra cruda como principal material de construcción es usada, en esta zona desde la antigüedad, hasta hoy; para una mejor comprensión se describen también, de manera sintética, aspectos como: características geográficas y del hábitat de la región, localización de los edificios a intervenir, análisis del deterioro y patologías en los elementos estructurales y de acabado de los edificios, los criterios para su intervención, puesta en valor y conservación; ejecución de las obras; la gestión con los propietarios y los municipios, las

tareas de difusión y concientización para la comunidad y los obreros de las empresas intervinientes. También la repercusión de estas obras en la comunidad local en la actualidad.

Los edificios a restaurar y/o consolidar están ubicados en los pueblos de Cachi (Ex casa Tedín), Molinos (casa Indalecio Gómez) Seclantás (Iglesia Ntra Sra del Carmen; capilla del cementerio; casa Gonza) San Carlos (casa Radich). También la protección de un sitio Prehispánico.

2.- CONTEXTO GEOGRÁFICO Y HÁBITAT DE LA REGIÓN:

La región de los Valles Calchaquies, al suroeste de la Provincia de Salta, forma una angosta faja a lo largo del río homónimo, entre las unidades estructurales de la Puna y la Cordillera Oriental. Está constituido por fondos de valles y laderas de montañas en donde predominan estepas arbustivas xerófilas y extensos cardonales de hasta 5 m de altura. A orillas de los cursos de agua se encuentran algarrobos y gran cantidad de churquis. Presenta un ambiente árido. Su clima es riguroso, seco y con grandes amplitudes térmicas diarias; con precipitaciones estivales entre los 80 y 200 mm anuales. Está catalogado por el INPRES en la zona sísmica 2 y 3.

Durante siglos, esta región fue el hábitat de asentamientos prehispánicos que dejaron importantes testimonios de su desarrollo; luego con la conquista y colonización española, estas estructuras sociales, económicas, religiosas y culturales prehispánicas, fueron modificadas por las nuevas formas aportadas por el conquistador, insertándose en la región, la red de pueblos, originados a partir principalmente de las **encomiendas**, (haciendas, misiones u oratorios) y bajo una economía de formas de producción rural

En estos pueblos sobresalen como hito la iglesia y la Hacienda, también el espacio plaza y conforman con el caserío un todo homogéneo.

La construcción tradicional, está realizada con los recursos disponibles en la zona, adaptándose al lugar de emplazamiento, a las condiciones climáticas y a la manera de vivir de los habitantes.

El conocimiento y dominio del clima, los ciclos productivos, la características del suelo y sus posibilidades, desarrollados por el poblador de la zona, dieron como resultado distintas técnicas de la construcción con tierra, sola o acompañada de otros materiales naturales como piedra, madera, paja. Así, a los sistemas tradicionales como el adobe, la quincha, o bahareque, se sumarán luego durante la conquista y colonización, la tapia que los españoles recogieron de los árabes.

3.- RESTAURACIÓN, AMPLIACIÓN Y REFUNCIONALIZACIÓN DE CASONAS

Se propuso intervenir en casonas de valor histórico, arquitectónico y urbano que se encontraban en mal estado de conservación y en peligro de perderse; refuncionándolas para uso cultural.

3.1.- Ubicación

Estos edificios, contruidos con tierra – adobes-; están ubicados en las áreas intangibles de pueblos Históricos, insertos en la trama urbana, son construcciones de una planta, fachadas sobre línea de vereda como en San Carlos -casa Radich-; en Cachi – Casa Tedín-, y en Molinos –Casa de Indalecio Gómez. En el caso de Seclantás, la casa Gonza se encuentra ubicada a la entrada del pueblo, de manera aislada.

3.2- Situación dominial, convenios con propietarios y Municipios

Desde el punto de vista de la situación dominial, en dos casos - casa Gonza y Casa Tedin, son de propiedad privada, por lo que se realizaron convenios con los propietarios, que ceden su vivienda o parte de ella en comodato por un periodo convenido y acorde con lo invertido en ellas; siendo el Municipio local, el responsable de su administración y mantenimiento. En los casos de San Carlos – Casa Radich y Molinos –Casa Gómez, los inmuebles ya estaban a cargo de los Municipios respectivos. Se realizaron convenios con

cada uno de los Municipios en cuestión, para la administración y el mantenimiento de las obras, en un todo de acuerdo con los organismos provinciales pertinentes.

3.3.- Características tipológicas y tecnológicas

En los pueblos de los Valles Calchaquíes, las construcciones, son por lo general de una planta compacta, construida sobre línea municipal, con habitaciones que se organizan alrededor de patios, muchas veces rodeados por galerías, como es el caso de Casa Gómez en Molinos; a veces con galerías urbanas como es el caso de casa Gonza, tienen gruesos muros de adobes y escasas aberturas. Se trata de arquitectura de los siglos XVIII, XIX y XX.

Los cimientos, de muros y pilares son de piedra bola asentados con barro, tienen el espesor de los muros de 40 -60 cm y en muchos casos, son de escasa profundidad, entre 20 y 40 cm y en otros carecen de ellos como en la Casa Radich de San Carlos y Casa Gómez en Molinos.

Los gruesos muros de altura que oscilan entre 3.50 – 5.30 (San Carlos 5.27) con espesores entre 60 y 40 cm aproximadamente, están realizados con mampuestos de adobe de 50 – 57 x25x12 cm; o 40x19x10 cm y mortero también de barro; dispuestos de cabeza y soga en forma alternada en algunos ejemplos y de cabeza en otros. Están revocados con barro (tierra y paja) y encalados. En muchos casos el revoque de barro fue reemplazado por revoque de cal y cemento como en la casa Tedín.

Cumplen la función de cerramiento vertical, y a la vez, estructural, soportan la carga del techo, que se apoya directamente sobre ellos.

En algunos casos; estos muros están protegidos de la acción del agua y el viento a nivel del zócalo, por un sobrecimiento de 20 a 50 cm de alto y ancho coincidente con el del muro; construido de piedra y mortero de barro, o doble muro de piedra relleno de tierra como en casa tedín.

	Altura muros	Espesor muros	Coef. Esbeltez muro	Med. Adobes existentes
Casa Radich	e/ 4.20 – 5.27 m	e/ 0.50 -0. 60	8- 10	55x23x11 – 47x22x10
Casa Gómez	e/4.25 – 4.50 m	e/0.40 – 0.60	7 – 8.50	40x20x10 – 55x22x10
Casa Tedín	e/ 4.00 – 4.55 m	e/ 0.40 – 0.58	6.50- 7.50	40x20x11 – 50x25x12
Casa Gonza	e/ 3.50 – 3-80 m	e/ 0.30- 0.50	6-7	50x25x11

Los techos, de una y dos aguas, con pendiente entre 5 a 25 grados, de libre caída, (casa Radich en San Carlos y Casa Gómez en Molinos); o con muro de parapeto y desagüe por gárgolas como en Cachi la casa Tedín. La estructura está formada por rollizos irregulares de madera, de quebracho, algarrobo, álamo o sauce, curvados naturalmente -"corvos"-, logran la pendiente necesaria para la cubierta Ej.: casa Tedín; o en otros casos, como en San Carlos, con cabriadas de madera –par y nudillo-; las luces que cubren oscilan entre los 3.00 a 4.60 m. Sobre esta estructura, se apoyan los cabios de algarrobo en algunos casos, en otros directamente el cañizo –cañas atadas con alambre galvanizado (antes con tientos de cuero)- o los tabloncillos de cardón; luego la cubierta se resuelve con una o más capas de barro y paja o arena; a veces tejas sobre mortero de barro o cemento. En muchos casos, lamentablemente, la chapa está reemplazando a los materiales antes citados.

La pintura, a la cal o al agua, colores durazno, rosa fuerte, crema, celeste, o simplemente blanco.

La carpintería es de madera de quebracho, algarrobo o cedro con puertas tableros de dos hojas al exterior, decoradas con tallas artesanales, vidrio superior y postigos; a veces doble puerta con pilar en esquina, como en las casas Tedín, Gómez y Radich.

3.4.- Patologías

Las construcciones de adobes analizadas y en las que se intervinieron, presentaban un estado de deterioro muy grande, debido a distintos factores que han interactuado a lo largo del tiempo; por un lado las condiciones físico –ambientales, pero sobre todo la falta de mantenimiento y las condiciones de uso han ocasionado graves daños. Algunas

habitaciones de dos de las viviendas estaban sub-ocupadas, y otras dos viviendas estaban abandonadas.

Debido a que las construcciones con tierra, -en estos casos de adobes- son sensibles a la acción del agua y en zonas como la nuestra, con riesgos sísmicos, son frágiles; los edificios, si bien tienen características propias y manifiestan sus problemas específicos, ellos presentan lesiones recurrentes que se detallan a continuación:

Esquemas (patologías).

- Dos de los edificios -Casa Radich y Casa Gómez-, no tienen cimientos, el adobe de los muros asienta directamente sobre el suelo, y en el caso del Pueblo de Molinos el suelo es areno - limoso, y toda la área histórica está a la vera del río.

- Tres de las cuatro viviendas a restaurar presentaban cerca de un 40 -50% de su construcción en estado ruinoso, con techos y muros colapsados y de los muros restantes en pie algunos manifiestan desplomes importantes y en peligro de colapsar. En el caso de Casa Gómez en Molinos, ya más de la mitad de la construcción ya ha desaparecido por avance de la costa del río

- Las cuatro viviendas tenían grietas y fisuras en distintos sectores de la construcción (encuentro de muros, en los dinteles de los vanos, en los apoyos de vigas) debido en unos casos a asentamientos diferenciales, ya sea por problemas del suelo, fractura, disgregación de cimientos o carencia de ellos, o por posibles movimientos sísmicos en otros.

- Ninguno de los edificios tenía viga corona, y la relación de esbeltez y espesor de los muros oscila entre 7 a 10, además en muchos casos la distancia entre arriostramientos verticales es de 8 ó 10 m. y es común observar muros con grietas importantes. Las pesadas vigas, rollizos o "corvos" de madera del techo, cuyas secciones promedian 18 a 30 cm de diámetro apoyan directamente en los mampuestos de adobes, generando empujes laterales importantes, carga puntual y corte en los muros

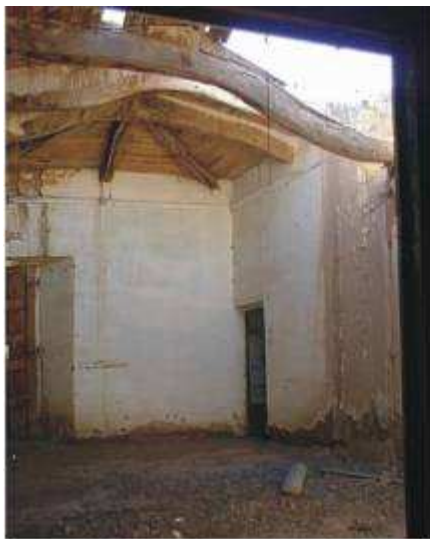


Imagen 1.- Detalle del estado de deterioro de la casa Tedin en el Pueblo de Cachi.



Imagen 2.- Vista del patio de casa I. Gómez, antes de la intervención, en el Pueblo de Molinos - Valles Calchaquíes Salta Argentina.

- Un 75% de la construcción analizada, manifestaba distintos grados de deterioro en la base de los muros, desde desprendimiento o disgregación de revoques a pérdida de la masa muraria, debido a la humedad basal, por ascenso capilar. Ej. En Molinos, Cachi, San Carlos.

- Todas las viviendas analizadas, presentaban problemas en la cubierta: filtraciones, chorreaduras, pérdida de importantes sectores de la cubierta, provocando grietas, erosión del muro y afectando la capacidad estructural del mismo; deterioro de la estructura portante de madera del techo.

- Construcciones agregadas precarias (baños o depósitos en casas Gómez, Radich y Gonza), que ocasionaron deterioros de distinta índole con alteración estructural y tipológica. Intervenciones inadecuadas en muchos casos como introducción de materiales no compatibles Ej. Revoques impermeables en la base de los muros, o vigas de hormigón armado como en la Casa Tedín, han agravado los problemas. Lo mismo que al abrir vanos muy grandes o tirar muros originales, o aumentar la altura de los mismos, como en casa Indalecio Gómez.
- Desprendimiento de revoques, falta de anclaje entre el muro portante y el revoque, abombamiento, pérdida del material. Reemplazo de los revoques de tierra por revoques cementicios que se desprenden y generan lesiones en el muro de adobes, como en casa Tedín.

3.5.- Acerca del Proyecto y los Criterios en su elaboración

La inversión pública se presentó acá, como la alternativa para el recupero de viviendas de interés cultural, en franco deterioro, dada la escasez de recursos de los propietarios; para uso de Eco-Museos, talleres y/o exposición de artesanías.

- Los trabajos de relevamiento gráfico y fotográfico tanto urbanos como arquitectónicos, la información histórico- arquitectónica; los análisis de valoración de los edificios de interés, la actualización del estado de la edificación, mapeos y análisis de patologías y de la geometría de los espacios; fueron, juntamente con los aportes de investigaciones tecnológicas del material tierra, y experiencias realizadas en distintos lugares (Perú, Mexico, Cuba, etc), además del saber popular y los ejemplos de nuestro Patrimonio, la base para la elaboración y concreción del proyecto.
- En la **restauración y refuncionalización** de estos edificios, la premisa fue la de adaptar los espacios a las nuevas necesidades, respetando la tipología, característica de los materiales y tecnología originales, dotando de los servicios indispensables y con las intervenciones mínimas necesarias para devolverles la característica estructural perdida o deteriorada, los sectores que se ampliaron para los nuevos usos se realizaron en armonía e integrándose a lo existente, pero con un lenguaje actual.
- Se usaron materiales lo más compatible posible con el tipo de tierra que se haya utilizado en la construcción original, a los fines de lograr un trabajo solidario, y la necesaria homogeneidad constructiva – estructural requerida en estos casos.
- Se realizó la consolidación y Restauración Integral de la totalidad del edificio en casos como casa Radich y Casa Indalecio Gómez, además de un sector de obra nueva (ampliación). En los otros casos solo se intervino en un sector, (50% de la totalidad) dado los problemas legales de dominio y el acuerdo con los propietarios.
- En cada uno de los edificios se realizaron intervenciones de distintos tipos, hubo sectores que se consolidaron y/o restauraron, otros que se reconstruyeron y otros fueron ampliaciones con espacios y servicios necesarios para la nueva función.
- En Casa Radich, se construyó una nueva galería en el segundo patio, como solución desde el punto de vista funcional y estructural, haciendo las veces de contrafuerte y protegiendo el muro lateral y posterior de la construcción existente.
- Dado que se trata de edificios refuncionalizados para uso público, en todos los casos, se nuclearon las áreas de servicio como cocinas y baños- núcleos húmedos- que fueron contruidos con mampostería de ladrillos cocidos, a los fines de evitar paso de cañerías y posibles focos húmedos en la mampostería de adobes.
- En los casos de las construcciones como Casa Radich o casa Indalecio, que carecen de cimientos y tenían daños en la base del muro afectando su capacidad estructural, fue necesario submurar y/o recalzar por sectores, con piedra bola y hormigón, o reemplazar los adobes muy dañados; además de colocar drenes para evitar el ascenso de humedad, como en el caso de Molinos.
- Dado el uso público asignado a los edificios a restaurar, las condiciones y ubicación de los sectores donde que hubo reconstruir, o realizar ampliaciones (obra nueva) se optó por reforzar el sistema estructural y ejecutar los muros, colocando refuerzos verticales de

madera en el interior y cañas partidas cada tres hilada como arriostramientos horizontales, con adobes de 40 x20x10 en las ampliaciones. Se utilizó tierra reamasada, tanto en San Carlos, como en Molinos y cachi.

- Como en tres de los edificios hubo que remover totalmente estructura del techo, se colocó vigas coronas de madera tipo escalera, vinculadas al muro y techo. En San Carlos se hizo este trabajo en gran parte del edificio, y en sectores donde no fue conveniente mover el techo, y la construcción se encontraba más estable, se colocaron cables (tensores).
- Dada las características de los muros de adobes; fue indispensable, como protección a la intemperie y la humedad revocar los mismos. En las reposiciones, se buscó garantizar la compatibilidad y homogeneidad entre los revoques viejos y nuevos, y a la vez lograr adherencia al soporte colocando revoques de barro y paja, conforme los originales.
- En los techos, se respetó la tecnología original: cubiertas de torta de barro o tejas según sea el caso. Se adicionaron membrana asfáltica y capa de desgaste de suelo cemento en las cubiertas con torta.

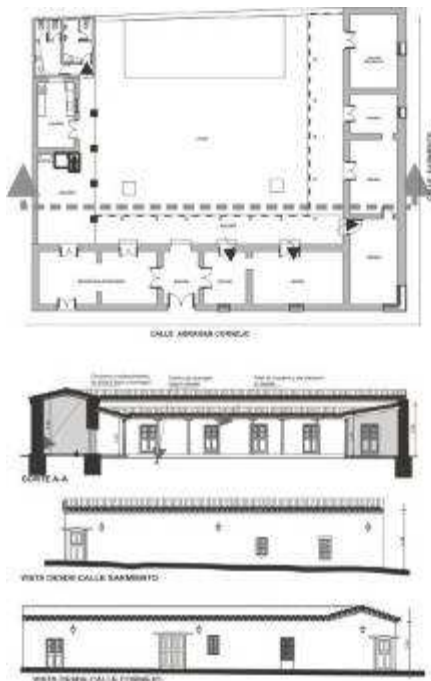


Fig. 3 Planos de casa I. Gómez, Pueblo de Molinos Valles Calchaquies Salta Argentina. (material Gráfico DiPAUS)

Imagen 4: Detalle colocación de "corvos" del techo de casa Tedín en Cachi. (fotografía Dipaus)

4.- INTERVENCIÓN EN DOS MONUMENTOS RELIGIOSOS

4.1.- Iglesia Ntra. Sra. Del Carmen de Seclantás.

Se trata de un monumento Histórico Provincial, ubicado en el pueblo de Seclantás. Su planteo es de cruz griega de una nave, con dos sacristías laterales, con acceso a través de un pequeño atrio cubierto con arco de medio punto en la fachada enmarcada por dos torres, tiene su interior pinturas murales de gran valor.

Al momento de escribir esta ponencia, se están realizando los trabajos de restauración.

La Iglesia, presentaba algunas patologías debido al uso, intervenciones en distintas épocas, asentamientos del terreno, problemas de construcción:

- Tiene cimientos de escasa profundidad.
- Una profunda grieta en el muro testero, entre la nave y la sacristía, otras menos profundas en la nave y el acceso al coro, en las capillas y entre la sacristía y la capilla del lado Este.
- La fachada tiene una grieta en la unión del Muro que contiene el arco y las dos torres laterales; además el arco tiene una grieta en la clave.
- El entepiso del coro presenta inestabilidad estructural, lo que imposibilitaba el acceso a él.
- Las cúpulas de las torres tienen grietas que aparentan ser de revoque.

- Tiene algunas chorreaduras en la nave y las sacristías.
- Un 80 % del revoque exterior está desprendido (revoque de cal y cemento sujeto con alambres, sobre soporte de adobes). Hay adobes disgregados bajo el revoque, en la base del muro de la fachada.
- Desgaste de casi todo el piso cerámico de la nave

Antes de iniciar las intervenciones, se protegieron adecuadamente todas las pinturas murales y altares. Al momento se han ejecutado todas las submuraciones en los sectores previstos; Se consolidó el coro, reemplazaron unas vigas transversales y la madera de cardón que estaba en mal estado, se restauró algunos de los "corvos" de la estructura del techo, colocando suplemento en los apoyos.

La grieta del testero, se rellenó con barro líquido mediante inyecciones, y se colocaron trabas de madera en H, en la cara exterior del muro. Se sacó todo el revoque desprendido de los muros y en la fachada, se descubrió que el sector que forma el arco cobijo es de ladrillos cocidos, cuya base se apoya en el muro de adobes de la torre, generando grietas en el plano de la unión sin trabas de los distintos materiales. Se usarán geomallas para atar las partes, en este sector, además de los tensores metálicos propuestos para evitar el movimiento y separación de las partes. Se cambiaron la cubierta de chapas y las canaletas, en mal estado.

Por los tamaños de los adobes, y los materiales encontrados, se pueden analizar las intervenciones que fueron realizadas en distintas épocas. Ejm: la nave tiene muros de 90 cm con adobes de 55x26x11, mientras que la sacristías muros de 60 cm de espesor, adobes de 42x20x10; las torres, unidas en el plano de fachada por el arco cobijo de ladrillos cocidos, posiblemente agregado en épocas más recientes.

Conforme los cateos de colores de la pintura del exterior y la información histórica encontrada, se presentó una propuesta de transición a la pintura original que la comunidad local aceptó.

4.2.-Capilla del cementerio

Este edificio- Monumento Histórico Provincial es de una sola nave muy reducida, (8x 4 m) con valiosas pinturas murales y tumbas en su interior; la fachada con elementos académicos, de elaboración popular. Fue erigida como panteón de la flia. Díaz.

Presentaba, numerosas patologías, principalmente por malas intervenciones.

- Fue destechada en tiempo de lluvias, lo que le ocasionó chorreaduras, grietas en el muro
- se le colocaron trabas de hormigón de gran tamaño en el muro lateral, lo que produjo empujes a la fachada y numerosas grietas en ella, que tiene en su cuerpo inferior, revoque de cal y cemento.
- Las chorreaduras y la falta de revoque exterior en los muros laterales, provocaron también profundas grietas.
- tenía al momento de la intervención una cubierta precaria de chapas.

En este momento la obra está casi terminada. Están ejecutadas las submuraciones en los contrafuertes laterales; se colocó una viga corona de madera con un tensor en el interior de la fachada, y rearmó el techo de tejas sobre torta de barro y cañizo. Se rellenaron las grietas y colocaron las baldosas cerámicas del piso sobre el suelo compactado.

Antes de la intervención se protegieron adecuadamente las pinturas murales del interior que serán restauradas por personal idóneo en otro momento.

5.-DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN

Se dieron charlas de capacitación para la Mano de Obra Municipal - local, y para los obreros de las Empresas Contratistas, en materia de las técnicas de consolidación y restauro de arquitectura de tierra, a la par de charlas de sensibilización e información a la comunidad y estudiantes acerca del Patrimonio Urbano -Arquitectónico. Los proyectos fueron presentados a la comunidad de cada pueblo, se realizaron cartillas de difusión y capacitación y se editó un libro sobre el Patrimonio de la Provincia, se asesora a los Municipios con las Ordenanzas de Preservación.

6.-EXPERIENCIAS POSITIVAS Y NEGATIVAS DE LA OBRA EN RELACIÓN CON LA COMUNIDAD, MUNICIPIOS Y EMPRESAS ADJUDICATARIAS DE LAS OBRAS.

- Muchas casas no pudieron intervenir por problemas en el estado dominial; esta situación es muy común en nuestros pueblos.

-Si bien estaba previsto realizar estas obras con la mano de obra local y la intervención de los Municipios, esto no pudo ser y las obras fueron licitadas y ejecutadas por empresas constructoras privadas con poca experiencia en la tecnología de tierra y en intervenciones de edificios de interés patrimonial, debido a ello los inconvenientes fueron bastantes.

-Al licitar y ejecutarse las obras con Empresas privadas, estas se encarecieron en aproximadamente un 40%; además el sistema de contratación utilizado – ajuste alzado- no es el adecuado en este tipo de obras porque no contempla los imprevistos que conllevan.

-Por más que se dieron charlas de capacitación y sensibilización sobre el tema, hubo bastantes tareas que no se ejecutaron como estaban previstas. A veces las charlas se realizaron a destiempo, por descoordinación entre Organismos Estatales.

-Algunas tareas no fueron bien ejecutadas (Ej. Adobes mal hechos, Malas trabas en sectores de muros, refuerzos verticales que no se realizaron conforme a lo solicitado en pliego; falta de registro, se perdieron algunos datos históricos, etc) y tuvieron que rehacerse, y otras directamente pasaron, por falta experiencia y control adecuado. Hubo dificultades en la Dirección Técnica.

- Los incidentes por intereses políticos y personales no estuvieron ausentes, (Ej. no se pudo pintar con el color solicitado, una obra, por oposición del Municipio y un sector de la comunidad).

-El estudio y conocimiento de las técnicas tradicionales de construcción con tierra, así como sus lesiones y causas de deterioros, nos permiten actuar de manera más eficiente incorporando elementos que aportarán a la conservación de nuestro vasto Patrimonio Arquitectónico, ayudándonos a una toma de conciencia de cómo intervenir en su conservación y protección y puesta en valor.

-En todo el valle existe un importante número de edificios construidos desde hace años con adobes, sin embargo a pesar de las cualidades de los mismos y del significado cultural que poseen, no han sido tenidos en cuenta dentro de las políticas institucionales de viviendas y conservación del Patrimonio edificado; con este proyecto intentamos demostrar que la inversión en este Patrimonio, tiene una rentabilidad cultural, (que consolida la identidad, potencia la educación científica, la creación, etc.) y una rentabilidad socio-económica que incide en el desarrollo local, genera empleos, contribuye al crecimiento económico general.

-De la charlas de Capacitación y diálogo con una importante cantidad de obreros de las localidades mencionadas y del personal de los Municipios, que se encargarán del mantenimiento de las obras, se desprendió la satisfacción sentida por ellos, por su participación en el rescate del patrimonio arquitectónico de sus pueblos. Al finalizar las obras se les entregó certificados agradeciendo su participación en las mismas.

- Se apoyó a los centros de provisión de insumos de la zona, fortaleciendo algunos micro-emprendimientos existentes, de fabricación de materiales necesarios para ejecución las obras de restauración encaradas en la región, carpinterías locales, "cortadas" de baldosas cerámicas, tejas, provisión de cañas, paja, etc

- Con las obras, se incentivó notablemente la participación de los vecinos en las obras y en la protección del patrimonio local; lo que asegura la sustentabilidad de esta acción en el tiempo, amortizando la inversión pública con el rédito social consecuente.

- Rescate de tecnologías que si bien en la región aún están presentes, son rechazadas y de a poco abandonadas, o, se construye con adobe, imitando las características de otros materiales.

La revalorización cultural de los materiales y tecnologías de tierra, está siendo apreciada por la comunidad, lo que redundará en su correcto mantenimiento y la continuidad de uso de los bienes patrimoniales.

-La propuesta de este Proyecto de Restauración y construcción con tierra y la falta de normativas o recomendaciones acerca de esta tecnología en los Organismos Profesionales (Consejo de Ingenieros, Colegio de Arquitectos, etc) ha provocado la necesidad de coordinar con los mismos, para presentar la verificación de las propuestas realizadas al Consejo de Ingenieros (COPAIPA), movilizand o a estos profesionales a abordar la consideración de estas construcciones de manera distinta que la obra común.



Imagen 5.- Detalle del patio de casa Radich, una vez terminada la intervención en el Pueblo de San Carlos. Valles Calchaquiles - Salta Argentina



Imagen 6.- Interior de la Iglesia Ntra. Sra del Carmen en el Pueblo de Seclantás.

7.-BIBLIOGRAFÍA

- I.A.I.H.A.U. DePAUS. *IV Siglos de Arquitectura y Urbanismo*, Salta Argentina, Sociedad de Arquitectos de Salta. Salta. 1982.
- Gutiérrez, Ramón. Viñuales, Graciela. *Arquitectura de los Valles Calchaquiles*, Mac Gaul Ediciones Bs.As. Argentina. 1979
- Gutiérrez, Ramón. Nicolini, Alberto. *Pueblos de Indios, otro urbanismo en la región andina*, Ediciones Abya Yala, Quito-Ecuador. 1993
- P. Doat, A. Hays, H. Houben. *Construir en tierra*, tomo I y II -, Fondo Rotatorio Editorial ENDA América Latina – FEDEVIVIENDA. Bogotá Colombia. 1990.
- Viñuales Graciela. *La Ciudad de Salta y su Región*. -Estudios de Arte Argentino, Academia Nacional de Bellas Artes. Bs. As. Argentina 1983
- Dirección General de Inmuebles de la Provincia. *Planchas catastrales y Cédula parcelaria*
- Datos de Investigación y trabajos de campo del DePAUS.
- Archivo del Programa de Preservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Salta DePAUS- Estudios e investigación
- Datos del Censo 1991- 2001 Provincia de Salta (población por sexo y viviendas por tipo y condición de ocupación según Departamento y localidad). Dirección de estadísticas y Censo de la Provincia.
- CIEES Centro de Investigaciones y Estudios Económicos de Salta 2001. Diagnóstico socio - económico Provincia de Salta - Fundación Salta. Año 2001..
- Ponencias varias de: 6ta. Conferencia Internacional sobre el Estudio y la Conservación de la Arquitectura de Tierra. New México. 1990.

- Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación de adobe y tapial. Red Temática XIV.A HABITERRA - CYTED - La Paz – Bolivia. 1995.
- Ponencias varias de: 7a Conferencia Internacional sobre el Estudio y la Conservación de la Arquitectura de Tierra. Silves, Portugal. 1993.
- Trabajos de varios autores: Curso Panamericano sobre Conservación y el Manejo del Patrimonio Arquitectónico - Histórico - Arqueológico de tierra. Craterre – ICCROM - GETTY. Chan Chan, Trujillo, Perú. 1996.
- Norma técnica de edificación E.080 adobe. Reglamento Nacional de Edificaciones. SENCICO – Servicio de capacitación para la industria de la Construcción. Lima- Perú. 1998.

Birmania Giles Castillo, Arquitecta. Título: Universidad Nacional de la Plata; Jefa Depto. Estudios y Proyectos en la DiPAUS. Cursos, Congresos y Seminarios de Arquitectura de Tierra y Patrimonio Urbano - Arquitectónico. Distintas publicaciones de la Temática. Intervenciones en proyectos y obras de restauración y obras nuevas de la Pcia de Salta.

Personal de la DIPAUS: Arq Elena Martínez, Arq Birmania Giles Castillo
Arq Orlando Vilariño, Arq Juan Spinnato
Dibujante Pedro Hoyos, Administ. Mabel Copa.

LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA COMO RECURSO PATRIMONIAL: SU VIGENCIA DENTRO DEL ESCENARIO TURISTICO DE ANDALUCIA

Ana María González Serrano

Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura –
Universidad de Sevilla- C/ Reina Mercedes, 2 - 41012 – Sevilla, España.
c.e.: gserrano@us.es- Teléfono: 00-34-954.556.591. Fax: 00-34-954.557.018

Palabras claves: patrimonio turístico, preservación, intervención

RESUMEN

La conservación de los recursos patrimoniales contruidos en tierra cruda crea el debate de la valoración social que se le da a los mismos y, en que casos, es viable recuperar la vigencia de prácticas constructivas referenciadas dentro de la arquitectura popular tradicional o, incluso, consideradas como métodos obsoletos.

El renovado interés en la investigación, análisis y divulgación de algunas prácticas de la construcción tradicional en España –particularmente en el caso de la construcción en tierra cruda- ha promovido en los últimos quince años, un proceso de revalorización de estas construcciones amparadas en gran medida, por el atractivo que puede generar la recuperación de la identidad histórica y un nuevo escenario para el fomento de la actividad turística de determinadas zonas. Los argumentos que se establecen para llegar a concretar una intervención y recuperación patrimonial, además, se justifican y benefician de fondos de ayuda europeos que “promueven la cohesión económica y social mediante la búsqueda de corrección de los principales desequilibrios regionales y la participación en su desarrollo y reconversión” (conceptos principales de aplicación de los fondos FEDER).

En efecto, tanto la rehabilitación de edificios de valor patrimonial como la construcción de obra nueva en territorios sujetos a usos turísticos se han visto “renovadas”, paradójicamente, por la puesta en valor de estos conocimientos y técnicas tradicionales.

Los diferentes sistemas constructivos se definen y se diferencian a través de su aplicación según las tradiciones del lugar, conceptos espaciales y formales e, incluso, por la jerarquía de la edificación según se trate de una construcción monumental, urbana o de menor escala como la doméstica residencial. La tecnología de la construcción en tierra cruda comparte estas características y constituye una de las señas de identidad presente en los modos de construcción actual del hábitat y por tanto, un valor en la competitividad, en la sostenibilidad de la construcción de diferentes destinos turísticos.

Este argumento permite analizar propuestas de intervención o acciones realizadas sobre diferentes modelos de la región sur de España, particularmente en Andalucía, a través de un recorrido por algunos ejemplos y sus contextos. Las conclusiones presentan nuevas preguntas y argumentos que demuestran la renovada vigencia de la tradición.

1. AMBITO HISTÓRICO

Si analizamos las características de las edificaciones construidas en tierra cruda en la Península Ibérica, encontramos ejemplos de diversas tipologías diseminadas por todo el territorio. En España, específicamente, teniendo la caracterización de los sistemas constructivos y su identificación por regiones, se puede elaborar un mapa de registro de edificaciones que han permanecido en pie o de los restos que persisten, siendo un claro reflejo de la historia de la propia ordenación del territorio. Algunas, incluso, definen el desarrollo o la evolución histórica de comarcas y pueblos donde por su cultura de invasiones y conquistas, aun hoy sobreviven en pie recintos amurallados o restos de fortalezas de defensa que cuentan la cronología de los hechos que sucedieron a nivel político y socio-cultural.

Enfocando la temática y haciendo un recorrido por toda Andalucía, se puede catalogar por épocas históricas, por tipología constructiva, por sistemas empleados en la mayoría de los modelos edificatorios. Es un hecho, que en las últimas décadas, las investigaciones más recientes y los ejemplos estudiados o en los que se ha intervenido a nivel de rehabilitación han colaborado en la difusión de experiencias a nivel técnico y de investigación y han ayudado a la puesta en valor de algunas edificaciones de alto valor patrimonial.

El patrimonio arquitectónico defensivo español, constituye un legado histórico constructivo, que a partir de los siglos XIII y XIV constituye la huella de las civilizaciones que ocupan el territorio. En el caso de la cultura árabe, se levantan alcazabas, alcázares y murallas para defenderse y controlar el territorio y posteriormente los cristianos construyen castillos, torres y fortificaciones aprovechando lo que hicieron con anterioridad los musulmanes, plasmando una vasta herencia patrimonial donde la tierra cruda, como material de construcción, también fue protagonista.

Históricamente, la transferencia histórico-patrimonial de las construcciones en tierra cruda de la península ibérica y, en especial en la región sur, no solo se debe a la influencia de las dinastías árabes que dominaron la economía y arquitecta andaluza (omayas, almorávides y nazaríes) ni tampoco a las construcciones más significativas que datan de los periodos de convivencia entre las culturas cristiana, judía y árabe; ampliamente conocida con su mezquita es Córdoba, como capital del poderoso califato, y Granada, como último bastión musulmán, convirtiéndose en los centros más importantes durante ocho siglos de presencia árabe en Andalucía. Diversos estudios arqueológicos datan restos neolíticos en la provincia de Almería y Granada..., además, de existir hipótesis de asimilación de los diferentes sistemas que usaban los tartésicos al incorporarse a la cultura ibérica ¹

En España, coexisten gran variedad de tipologías según las tradiciones populares e historia del lugar. A escala doméstica se pueden identificar una arquitectura excavada, las casas cuevas de Granada y Almería; o edificios residenciales en numerosos pueblos, en general, de diferente escala desde las viviendas unifamiliares de cascos antiguos, haciendas de olivares hasta palacios burgueses. A escala monumental, la configuración arquitectónica esta definida por torreones de antiguas fortalezas militares, o grandes recintos amurallados. Las edificaciones domésticas están construidas con muros de tapia o mampostería de adobes en la planta baja con entramados de madera y rellenos de adobes desde la planta primera. Y las construcciones monumentales cuentan con muros de tapias ejecutadas con técnicas diferenciadas.

Andalucía es la comunidad mas poblada de España, se encuentra en la región sur de la península ibérica. La componen ocho provincias con características geográficas, topográficas y de clima diferentes con contrastes en muy pocos kilómetros, provocados por las diferencias de identificación histórica llevadas a las costumbres, tradiciones y desarrollo local en diversos entornos de privilegio natural. Si toda la península es la puerta a Europa, Andalucía es la antesala, con una vasta costa marítima y mediterránea, amplios valles entre cordones montañosos que llegan a tener mas de 3400 m de altitud, invitando al intercambio global con ofertas de todo tipo para satisfacción del turístico mundial: ciudades y pueblos llenos de encanto y de historia y parajes de privilegio en parques protegidos y entornos de alto valor ecológico, como el parque de Doñana, Cazorla, por nombrar algunos de ellos.

La UNESCO, en 1984, incluye en su listado de Bienes Patrimonio de la Humanidad a edificios andaluces construidos, parcial o totalmente, en tierra cruda como el Centro Histórico de Córdoba y la Alhambra de Granada y, en 1987, a los Reales Alcázares de Sevilla². En este caso, monumentos andaluces como la Alhambra de Granada y los Reales Alcázares de Sevilla, están edificados en gran parte con tapia apisonada calicestrada la primera y con verdugadas de ladrillo la segunda. En Córdoba, el principal ejemplo es la Medina AlZahra. El patrimonio defensivo de Andalucía esta integrado por más de dos mil construcciones, todas ellas catalogadas como bienes de interés cultural, pero solo un escaso porcentaje se encuentra en buen estado de conservación.

2. PRESERVACION, GESTION y DIFUSION

En un territorio donde son innumerables los ejemplos de restos edilicios de alto valor patrimonial que aun permanecen en pie, es necesario, mantener la memoria histórica y encauzar su conservación, mantenimiento y su proyección como elementos vinculantes del

desarrollo turístico del entorno donde se localizan. Los proyectos de revalorización que promueven la posibilidad de ejecutar una restauración o rehabilitación del objeto en cuestión buscan financiación a través de ayudas con fondo europeos, de las comunidades autónomas, organismos y entidades financieras locales, como son las cajas de ahorros.

Diversas instituciones y organismos gubernamentales defienden la puesta en valor del patrimonio en tierra cruda existente en toda España, para ello, colaboran los Ayuntamientos, el CIAT- Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (UPM y Ayuntamiento de Segovia) y fundaciones como la de Navapalos, etc.

En efecto, la construcción en tierra cruda ofrece un aprovechamiento de los recursos locales desde la obtención de la materia prima, un material de construcción que se obtiene del mismo entorno de ejecución de la obra, y altos rendimientos en aislamiento térmico y acústico dada su masa específica e inercia térmica. Estos recursos también se traducen a la mano de obra, ya que la simplicidad de ejecución tampoco necesita altos niveles de especialización. La confrontación se plantea cuando se cuestiona si estos sistemas constructivos deben considerarse como un elemento más de la arquitectura contemporánea, donde las nuevas propuestas de edificaciones combinan varias técnicas y materiales desde los tradicionales empleados en la arquitectura popular a los más vanguardistas como ser los sistemas que emplean nuevos aceros, vidrios o plásticos.

Actualmente, la disposición de una mayor bibliografía y recursos de consulta dentro de la cultura de la información, al alcance de todos y especialmente de los investigadores, permite que libros, artículos en revistas y actas de congresos, jornadas o cursos con enfoque dentro de temática específica produzcan mayor intercambio de experiencias prácticas y análisis de estudios científicos.

Parece oportuno citar otra reflexión, la “relevancia socio-cultural y económica del sector del Patrimonio Arquitectónico” en ámbitos como el europeo y las actividades de los proyectos I+D+i precisan gestionar mejor sus recursos y hacer más efectivos los instrumentos interdisciplinarios de estudio y análisis de la cuestión. Existen varios grupos de investigadores que proponen la gestión desde un centro del conocimiento en Patrimonio Arquitectónico³

La gestión de los proyectos I+D+i tiene preceptos normalizados impuestos en el cumplimiento de dichos proyectos. Desde la claridad de los objetivos que se desean alcanzar, contando con la descripción de recursos materiales y humanos necesarios para ello hasta la definición de las unidades de gestión y unidades de ejecución, o sea, gestores e investigadores. Debe existir un control de la viabilidad técnico-económica y cumplimiento de los objetivos marcados y por otro lado, quien mediante un proceso abierto obtenga los resultados dentro del desarrollo de la investigación.

En los últimos veinte años en las principales ciudades de Andalucía, y sobre todo en Sevilla *“el análisis de las tipologías murarias (sus fábricas, materiales y ejecución) ha suscitado un escaso interés en comparación con el despertado por los estudios ornamentales y espaciales, quizás por la carencia de investigaciones arqueológicas que sirvieran para añadir nuevas informaciones”*⁴ aunque si se han realizado trabajos de caracterización de algunos morteros en importantes monumentos de la ciudad.

Estas pautas de seguimiento es lo más complicado de materializar ya que precisan contar con objetivos claros de las actividades multidisciplinares a realizar y un volumen económico de medios para poder llevarlas a cabo. Unas de las pautas de análisis de la información y difusión de los resultados es la programación de encuentros interdisciplinarios donde intervengan representantes de las instituciones dedicadas a la gestión financiera, los

técnicos investigadores que estudian las necesidades de elementos de restauración o rehabilitación y la realización de encuentros de intercambio de opiniones y conocimientos.

En el marco de la política de conservación y restauración de bienes culturales, lo importante es analizar las posibilidades económicas de enfrentar obras de rehabilitación que perduren y afronten el desafío de ejecutarlas. Para ello existe por parte de las instituciones gubernamentales, en la comunidad europea, la posibilidad de acceder a fondos de inversión como ayuda a la materialización de estos objetivos.

El renovado interés en la investigación, análisis y divulgación de algunas prácticas de la construcción tradicional en España –particularmente en el caso de la construcción en tierra cruda- está promoviendo, en la actualidad, un proceso de revalorización de estas construcciones amparadas en gran medida, por el atractivo que puede generar la recuperación de la identidad histórica y un nuevo escenario para el fomento de la actividad turística de determinadas zonas. Los argumentos que se establecen para llegar a concretar una intervención y recuperación patrimonial, además, se justifican y benefician de fondos de ayuda europeos que “promueven la cohesión económica y social mediante la búsqueda de corrección de los principales desequilibrios regionales y la participación en su desarrollo y reconversión” (conceptos principales de aplicación de los fondos FEDER - Fondo Europeo de Desarrollo Regional)

Los fondos FEDER contribuyen a co-financiar los presupuestos de los proyectos en el marco de las intervenciones propuestas para los modelos edilicios. Los Ayuntamientos, como principales organismos institucionales locales, intervienen también en la aportación económica y mejora de las instalaciones complementarias

Ejemplo de todo ello, es la variada instrumentalización de distribución de estos fondos que se ha realizado en la última década en Andalucía. En todas las provincias andaluzas la Consejería de Cultura han promovido restauraciones en el patrimonio construido. En Almería en la muralla de la Hoya de la Alcazaba de la ciudad y en las murallas de Adra. Desde el 2005 en Cádiz, se intervino con la participación del Ayuntamiento de San Fernando, Ministerio de Cultura y Junta de Andalucía en la reparación de las murallas meriníes de Algeciras donde la obras estuvieron a cargo de la Diputación Provincial. Además de restaurar las murallas de Tarifa. En Córdoba, entre otras, la consolidación de un lienzo de muralla del Castillo de Priego de Córdoba. Se inician trabajos de conservación en los restos del Castillo de La Iruela en Jaén y en Granada se acometen excavaciones arqueológicas en la Alcazaba de Loja.

El caso del Castillo Sohail, alcazaba árabe que se levanta sobre una fortaleza romana que existía previamente mirando hacia el Mediterráneo en la ciudad de Fuengirola, provincia de Málaga, es un ejemplo actual donde, a través del proyecto de rehabilitación además de aumentar su valor cultural, se ha creado un centro de interpretación con el objetivo de mejorar sus instalaciones e incluir una ruta virtual por los Castillos de Defensa Medieval del sudoeste europeo. Esta mejora la realiza el mismo organismo autónomo local, o sea, la Junta de Andalucía y se enmarca dentro de la iniciativa comunitaria Interreg IV B en materia de ordenación del territorio y desarrollo regional.

Para que esta herramienta funcione, se crearon las salas interactivas como atractivo de la oferta cultural de la localidad con el propósito de contar con un museo virtual recreando los espacios que se formalizan a través de videos maquetas.

Iniciativas similares se proponen desde los comisionados de la Unión Europea, para crear sitios webs de enlaces a la información cultural y turística⁵ que de a conocer el patrimonio de cada zona. Existen enlaces que vinculan información cultural con datos de interés turísticos para que el usuario pueda elegir y conocer las propuestas de manera virtual. Por ejemplo,

ya se accede a diversos links donde se dan a conocer castillos de todas las regiones del mundo, de España y específicamente andaluces y otros portugueses⁶

Un mapa interactivo sirve de ayuda para orientarse en cualquier punto de la Costa del Sol, sur de Andalucía. Mediante las herramientas de zoom se puede ver en detalle y elegir los elementos de información que se desea. Como por ejemplo el video interactivo del Castillo Sohail, de Fuengirola⁷.

La UE persigue la creación del Espacio Europeo de Investigación (EEI) para ello ha fomentado la movilización de la política de cohesión europea para el periodo 2007-2013 a favor de la innovación, incluyendo una asignación en proporción ambiciosa de los fondos disponibles. Entre los Fondos de cohesión europeos se encuentra el programa de cooperación transnacional "Europa del Sudoeste 2007-2013", SUDOE (Sudoeste europeo), que fue aprobado por la Comisión Europea en septiembre de 2007 y forma parte del capítulo transnacional de la cooperación.⁸

El Programa SUDOE se inscribe en el marco de la Iniciativa INTERREG iniciativa comunitaria del Fondo Europeo de Desarrollo Regional en favor de la cooperación entre regiones de la Unión Europea lanzada en 1991. El comunitaria (2007-2013) marca el reconocimiento de INTERREG que se transforma en uno de los tres nuevos objetivos de la política de cohesión de la Unión Europea: convergencia, competitividad regional y empleo y cooperación territorial europea. Esta última incluye la cooperación transfronteriza, cooperación transnacional, cooperación interregional. El Programa SUDOE 2007-2013 forma parte del capítulo transnacional de la cooperación y reagrupa regiones de 4 países: España, Francia, Portugal y Reino-Unido con Gibraltar

La dotación financiera del Programa para el periodo 2007-2013 alcanza unos ciento treinta millones de euros, de los cuales, tres cuartas partes son contribución de la UE a través del FEDER, correspondiendo, como ya se menciona anteriormente, el porcentaje de cofinanciación de los proyectos del 75%.

Las prioridades del programa SUDOE 2007-2013 se articulan alrededor de 4 ejes: promoción de la innovación y constitución de redes estables de cooperación tecnológica; mejora de la sostenibilidad para la protección y conservación del medio ambiente y el entorno natural del SUDOE; integración armoniosa del espacio del SUDOE y mejora de la accesibilidad a las redes de información; impulso del desarrollo urbano sostenible aprovechando los efectos positivos de la cooperación transnacional.⁹

La puesta en marcha de acciones de cooperación transnacional en el marco de estas medidas en las regiones que constituyen el espacio SUDOE debe permitir favorecer la cohesión y el desarrollo del mismo. Por ello, una de las prioridades que se establecen para los proyectos es la gestión del patrimonio cultural y natural, promoción del medio natural donde se incluyen el desarrollo sostenible de los recursos naturales, el medio ambiente y patrimonio cultural y desarrollo de sistemas de comunicación eficaces, sostenibles y mejora del acceso a la sociedad de la información priorizando las herramientas y métodos que pongan en marcha las acciones territoriales comunes, con asistencia técnica

Las intervenciones que se dan lugar en los diferentes municipios siempre siguen un objetivo que es la puesta en valor de las herramientas de identificación cultural del lugar donde se interviene. Siempre incluyen una mejora en las infraestructuras de accesos a los sitios o los alrededores de los mismos, provocando un foco de interés y promoción local.

Los fondos para financiar estos presupuestos proceden de convenios con la misma Comunidad Autónoma a la que pertenecen los pueblos o ciudades, los fondos FEDER, iniciativas como Urbana Comunitaria y la propia aportación de los ayuntamientos

correspondientes. El volumen de las obras obliga a planificar periodos anuales y la creación de aulas talleres de especialización de la mano de obra que ejecutara la intervención o llamar a concurso publico la adjudicación de las mismas a constructores que avalen experiencia en este tipo de intervenciones.

La disposición de herramientas como Internet, también ha influido en la posibilidad de promoción o enfrentamiento a esta realidad socio- cultural. A través del mundo virtual se puede promocionar el turismo del lugar, los elementos más importantes de valor artístico, arquitectónico o paisajístico. Pero también puede servir para justificar la necesidad de ampliar los conocimientos técnicos y de información para usar la tecnología al servicio de la técnica y poder elaborar materiales de estudio y difusión con mayor accesibilidad. Generar links con empresas, instituciones, centros de estudios y difusión de investigaciones, bases de datos, centros culturales....etc.

Diversas páginas web de empresas¹⁰ permiten hacer recreaciones en 3D, a partir de la planimetría existente y documentación arqueológica de los yacimientos de los restos de recintos o fortalezas para poder hacer el levantamiento virtual y analizar la mejor opción de tratamiento de las zonas de intervención generando el perfil ideal de organización y realización de los trabajos.

El uso de la tecnología de la información, permite aportes tipo documental e informativo de diferentes comunidades de usuarios; en los blogs (Web.2) se divulga la información actualizada y se brinda la posibilidad de emitir opiniones, criticas o sesiones analíticas al respecto, especificando datos para mantener al día la temática: artículos de periódicos, aviso de jornadas, de intervenciones, etc.¹¹

En varios ayuntamientos las convocatorias de actividades formativas buscan objetivos de fomento del conocimiento de la historia y el patrimonio local. Los planes de desarrollo docente aplican metodologías de trabajo on-line sobre elaboración de materiales didácticos y disponen de las nuevas tecnologías como instrumento de apoyo en el conocimiento histórico.

3. RECURSOS PATRIMONIALES y FOMENTO TURISTICO

Recientemente, la Junta de Andalucía y la Diputación de Sevilla han establecido el estudio y la creación de proyectos para la recuperación de fortificaciones medievales de la Sierra Norte y Sur de la provincia de Sevilla, destinadas a la restauración y rehabilitación de las ruinas para su consolidación, mantenimiento y conservación. Los objetos edilicios, para los que se destinan más de tres millones de euros, son el Castillo de Constantina, Real de la Jara, Alanís, Puebla de los Infantes, Estepa, Pruna, Montellano y Osuna. Todos ellos en variados estado de conservación, donde se encuentran muros de tapias de diferentes características y con diferentes necesidades de grados de intervención. Estas obras, suponen la recuperación de las señas de identidad de los municipios acogidos al plan que se benefician de los fondos FEDER gestionados a través de la Diputación provincial.¹²

También, la Consejería de Turismo de la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de Marchena, pueblo del sureste sevillano, destinaran presupuesto para la consolidación nuevos lienzos en la muralla almohade de la ciudad, por estar incluida en el plan de actuaciones 2009 de la Ruta Bética romana. Esto se suma a las ayudas de financiación que recibieron otros municipios, hace unos años atrás, como son Niebla de Huelva, Alcalá de Guadaira en Sevilla, Jimena de la Frontera en Cádiz y otras tantas fortalezas como Luque, Sabote y Alcaudete en Jaén.

Otro ejemplo de aplicación de los mismos conceptos es la muralla de Albacar, en Ronda, serranía de la provincia de Málaga, paraje de alto valor turístico y paisajístico por la situación de altitud de la cuenca que domina. La muralla domina el paisaje, se intervino en sus

lienzo, en la puerta del Viento y en la del Cristo en donde *"durante le proceso de rehabilitación no se han eliminado elementos o fases constructivas de los monumentos, salvo en aquellos casos en los que el mal estado de conservación ha precisado su eliminación, siempre bajo previa documentación. Previamente, al inicio de las obras se realizaron los consiguientes estudios de caracterización de hormigones de las tapias de la Muralla de Albacar. Este trabajo lo han realizado los departamentos de Edafología y Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada mediante la elaboración de Difractogramas de Rayos X y de láminas delgadas"*.¹³

Enfocando la temática a otros ejemplos de fortalezas y castillos de la zona sudoeste de Andalucía, a continuación se hace una breve reseña de tres recintos de la zona occidental de la comunidad autónoma. Se podrían poner como referencia numerosos ejemplos, con diferentes características y envergadura constructiva. Pero se eligen éstos como marco de actuaciones mas cercanas, sobre los que se han realizado procesos de intervención de forma gradual, a través del tiempo, y en los que se defiende la renovar como hito histórico para la atracción turística y ampliar las posibilidades de uso funcional destinados al desarrollo de actividades culturales, atrayentes para la población local o los visitantes temporales.

3.1 Muralla urbana de Sevilla.

Sevilla, es la capital económico-financiera de Andalucía y foco turístico de excelencia con uno de los cascos históricos más importantes del país y la segunda Catedral gótica más alta de Europa, entre otros elementos de importancia.

La ciudad conserva un recinto amurallado de la época islámica, del que se conservan pocos restos del paño completo que envolvía el casco antiguo. Existen diversos estudios arqueológicos llevados a cabo durante décadas que han permitido el estudio, caracterización y clasificación tipológica de sus fábricas de tapial, así como los muros de los Reales Alcázares de Sevilla, anexos a la misma muralla.

En los últimos dos años, se ha intervenido en los restos de muralla existentes mediante un proceso de limpieza y restauración de los cajones de tapial más deteriorados y elevación en altura de su barbacana. Esto a permitido revalorizar e integrar el lienzo amurallado al circuito cultural-turístico de la ciudad histórica de Sevilla, ya que ha ganado fuerza dentro de la estructura del barrio de la Macarena.

La intervención a nivel urbano en el entorno de las murallas realizado por la gerencia de Urbanismo, ha logrado revalorizar esta área de la ciudad que, durante décadas, se encontraba descuidado y abrir nuevos espacios de paseo. (Ver Foto 1 y 2)



Foto 1: Lienzo muralla exterior Barrio Macarena
Fuente: Albert Cariaux (<http://www.castillosnet.org>)



Foto 2: Lienzo muralla interior Barrio Santa Cruz

La intervención más reciente se basa en un análisis arqueológico constructivo de las fábricas de tapia¹⁴. Las pautas de ejecución de la obra han sido utilizadas de referencia por otras intervenciones como en la Muralla de Albacar, provincia de Alicante, donde el concepto de la restauración ha sido proteger y restituir la superficie exterior de los tapias mediante una mezcla de similar composición que el original; los mismos criterios técnicos se aplicaron en elementos de las murallas defensivas de Niebla, Cáceres o Córdoba, décadas anteriores.

3.2 Alcazar de Alcalá de Guadaira y muralla almohade.

Alcalá de Guadaira, es una localidad situada en el centro de la provincia de Sevilla, que cuenta con uno de los conjuntos fortificados más importantes de la misma. La configuración de su Alcazar, con dos patios internos, la definen una serie de edificaciones y la muralla de la antigua villa con sus puertas, torres, barbacanas y demás obras defensivas.

Durante décadas se busco que fuera un modelo de rentabilización patrimonial. En los años `40 y hasta los `80 se localizaron las instalaciones de la Feria local de Alcalá de Guadaira, en una explanada resultante de sucesivas modificaciones topográficas, aunque el trazado de la muralla seguía en estado de avanzado deterioro. Varias intervenciones posteriores sin documentación suficiente impiden la identificación de los restos medievales.

Después, se produce un descontrol de crecimiento urbano de la barriada del Castillo que se adosa a los pies del recinto amurallado y no es hasta el año 1999 que se decide actuar en el el Complejo mediante diversos análisis histórico-arqueológicos continuados desde 2003 con una nueva campaña de actuaciones de rehabilitación arquitectónica.



Foto 3:
Lienzo muralla acceso Alcazar, en obras.



Foto 4:
Vista general desde explanada superior

Los objetivos de este programa persiguen una evaluación histórico-arqueológica integral del Complejo, determinando actuaciones de investigación y rehabilitación necesarias que se ejecutan por fases (*Ver Foto 3*) y sectores con el fin de constituir un conjunto de "itinerarios" de visita y puesta en valor tanto del recinto fortificado como en el tejido social circundante.

Como muestra de gestión actual, nuevamente este año, Alcalá de Guadaira se transforma en centro de las investigaciones internacionales arqueológicas, militares, sociales y de turismo cultural de los recintos amurallados europeos con la celebración de V Congreso Internacional de Fortificaciones. (*Ver Foto 4*)

3.3 Muralla de Niebla, provincia de Huelva.

Niebla, localidad situada entre la provincia de Sevilla y Huelva, pertenece a esta última. La muralla que la encierra con tapias ordinarias en lienzos y tapias con verdugadas y refuerzos de sillares en sus torres, conforman uno de los pocos recintos españoles que conservan intacto todo su perímetro, de casi 2 km de longitud (existiendo dudas, según varios autores,

si pertenece al periodo almorávide o almohade, e incluso si posee restos romanos) Anexo a sus torres macizas y lienzos de tapias, levantados con tierra rojiza y donde se aprecian huellas de cajones de tapial sellados con franjas de cal, se edificó el Castillo de los Guzmán.



Foto 5:
Lienzo muralla acceso Puerta del Socorro.



Foto 6:
Lienzo muralla antes de puerta del Buey

La muralla de Niebla junto con el Castillo fueron declarados Monumentos Históricos-Artísticos en 1945. Se comenzó a intervenir en ellas desde 1957, por la Dirección General de Bellas Artes, pero la campaña de revalorización y proceso de restauración integral se considera que empezó en 1980 (Ver foto 5). La Consejería de Cultura en los años 1982-83 y a principios de los años `90, encargó los estudios y acciones completas de mejora de todo el recinto. (Ver foto 6) En 1991, la Junta de Andalucía declara al monumento Patrimonio Histórico de Andalucía.

Los fondos FEDER han colaborado en la producción de la difusión turística de esta localidad permitiendo la generación de una herramienta virtual que permite la divulgación de la historia del lugar, recomendar las visitas mas interesantes y acceder a las posibilidades de desarrollo del turismo rural de la comarca¹⁵

4. CONCLUSIONES

Los argumentos de defensa de la recuperación, restauración y rehabilitación para su conservación del patrimonio cultural, sostienen la renovada vigencia de la tradición histórica constructiva de ciudades como las señaladas dentro de sus contextos socio-económicos, así como en otras de menor escala urbana. Estas son las principales herramientas que aportan nuevos valores de competitividad y sostenibilidad de la puesta en valor de proyectos de restauración o rehabilitación del patrimonio construido como escenarios que permiten el fomento diferentes destinos turísticos.

El hecho de pertenecer a un ámbito económico-financiero como es la Comunidad Europea, que busca alcanzar objetivos de cooperación regional y trasnacional tanto en la investigación científica como en la movilización de proyectos de financiación que permitan el flujo de personas brindando ayudas a una de sus principales industrias como es el turismo internacional, crea la dotación necesaria para embarcarse en proyectos de estas características.

Las construcciones en tierra cruda, son en este momento un elemento mas a tener en cuenta como factor de análisis dentro del catalogo de edificios existentes, amparados en gran medida, por el atractivo que pueda generar la recuperación de la identidad histórica y un nuevo escenario para el fomento de la actividad turísticas de determinadas zonas.

Por eso, defendemos la propuesta de generar un control en todas las fases de elaboración y ejecución de las obras para que estas iniciativas se lleven a cabo y logremos que las intervenciones sobre el patrimonio sea ejercidas con base científica y procesos eficaces en cuanto a su durabilidad, para convertirse por mucho tiempo en atractivos elementos de referencia tal como lo hemos recibido los restos que ha pulido el tiempo.

5. BIBLIOGRAFÍA

CABALLERO Z., Luis. *Método para el Análisis Estratigráfico de construcciones históricas o “Lectura de Paramentos”*. Informes de la Construcción Vol. 46 Nº 435. CSIC. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, España. 1995. Pág. 37.

CRICYT, AHTER y CRIATIC. *Construir con Tierra Ayer y Hoy*. Libro de actas V SIACOT – Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Arquitectura, Historia, Tecnología y Restauración, Unidad Ciudad y Territorio (Mendoza) y Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 2006.

CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *Arqueología de la Arquitectura. Volumen 5*. Instituto de Historia del CSIC y Universidad del País Vasco. Madrid y Vitoria, España. 2008

CHIAPPERO, Rubén O., SUPISICHE, M. Clara. *Arquitectura en tierra cruda*. Breves consideraciones sobre la conservación y la restauración. Nobuko. Buenos Aires, Argentina. 2003.

DE HOZ ONRUBIA, Jaime; MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSIO, Fernando. *Diccionario de construcción tradicional TIERRA*. Nerea. Madrid, España. 2003.

FIGOLS GONZALEZ, María. *Arquitectura de Tierra en Valdejalón*. CSIC. ENTASIS, Apuntes de arquitectura aragonesa de la Catedra Ricardo Magdalena. Institucion Fernando el Catolico. Zaragoza, España. 2006

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA. *Actas de las I Jornadas de Investigación en construcción” Tomo I*. CSIC.2005.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA. *Actas de las II Jornadas de Investigación en construcción” 60 años de Informes de la Construcción*. CSIC.2008.

MALDONADO RAMOS, Luis; CASTILLA, Francisco; VELA COSSIO, Fernando. *La técnica del tapial en la Comunidad Autónoma de Madrid*. Informes de la Construcción Nº 452. CSIC. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, España. 1995. Pág. 27-37.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSIO, Fernando. *Curso de Construcción con Tierra (I) Técnicas y Sistemas Tradicionales*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España. 1999.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSIO, Fernando. *Curso de Construcción con Tierra (II) Vocabulario tradicional de construcción con Tierra*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España. 1999.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSIO, Fernando. *Curso de Construcción con Tierra (III) Nuevas aplicaciones de la Tierra como material de construcción*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España. 1999.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSIO, Fernando. *Arquitectura y Construcción con tierra. Tradición e Innovación*. Mairea. Madrid, España. 2002.

LATORRE G, Pablo; CABALLERO Z., Luis. *La importancia del análisis estratigráfico de las construcciones históricas en el debate de la restauración monumental*. Informes de la Construcción Vol. 46 Nº 435. CSIC. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, España. 1995. Pág. 5.

LÓPEZ MARTINEZ. “*Tapias y tapias*”. En: *Logia: Arquitectura y Restauración* Nº8. . España. 1999 . Pág. 74-89

OLCESE SEGARRA, Mariano. *Arquitectura de Tierra: tapial y adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid. Valladolid, España. 1993.

SALAS, Julián. *La tierra material de construcción*. Monografía 385 / 386. CSIC. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, España. 1986.

Listado de enlaces webs usados como referencia:

<http://www.andalucia.org/>
<http://www.andalucia-web.net>
<http://www.construtierra.org/>
<http://www.monumentalnet.org/andalucia/>
<http://noticiasdecastillos.blogspot.com>
<http://alcala.blogspot.com/2004/11/restauracin-del-castillo.html>
http://www.coaat-se.es/revistaApa/lectura/numero_68/68_patrimonio.html
<http://castillodeniebla.com/>
<http://www.fortalezas.com>
<http://www.losalcores.net/noticias>

¹ Referencia de María Figols González en su libro *Arquitectura de Tierra en Valdejalón*, capítulo 2 de “Síntesis Histórica” al artículo de Lorenzo Abad Casal “Modelos de Hábitat en el mundo ibérico. Una década de investigaciones” *Revista de Estudios Ibéricos* Universidad de Alicante.

² Información del listado resumen de Ciudades Patrimonio de la Humanidad de España, enlace <http://www.patrimonio-mundial.com/espana.htm>

³ Véase: Sanz Arauz, D., García Morles, S., Cassinello, Ma Josefa. *Instrumentos de gestión de la I+D+i en el Patrimonio Arquitectónico*. Actas de las Jornadas de Investigación en construcción. Tomo I. CSIC.2005.Pag. 299

⁴ Argumento que expresa A. Graciani en una de las líneas de justificación del proyecto I+D que dirige. Véase: A. Graciani García. “Actas de las Jornadas de Investigación en construcción” Tomo I. CSIC.2005.Pag. 200

⁵ Visitar los enlaces <http://www.diario.sur.es> (fecha 30/07/08) <http://www.malagaeninternet.com> o <http://www.visitacostadelsol.com>

⁶ Visitar link: www.castillosnet.org

⁷ Visitar link: <http://www.visitacostadelsol.com/content/view/501/640/>

⁸ Extracto de las referencias detalladas en: <http://www.interreg-sudoe.eu>

⁹ Extracto de las referencias detalladas en el siguiente link: <http://weblogs.madrimasd.org/demadridaeuropa/archive/2008/02/18/84754.aspx>

¹⁰ Ver, como ejemplo de ello, la desarrollada por la empresa: <http://www.arqueoweb.com/>

¹¹ Ejemplo de blog creado específicamente para mantener actualizada la mas amplia información de noticias, eventos, novedades, ofertas turísticas, etc. en edificios patrimoniales de España: http://noticiasdecastillos.blogspot.com/2009_03_01_archive.html

¹² ROCHA, Reyes. “Rehabilitación de castillos y fortalezas medievales de la provincia” Artículo Diario de Sevilla, apartado Fortalezas de los siglos XIV y XV. Turismo. 03/04/2009.

¹³ Extracto del artículo publicado por Sur-Digit@l, edición digital del Diario Sur el 14/06/2007. Link: http://www.diariosur.es/prensa/20070614/interior/turismo-termina-restauracion-muralla_20070614.html

¹⁴ Parte del estudio y análisis se describe en: Graciani, A., Tabales Rodríguez, M. A. *Arqueología de la Arquitectura. Volumen 5*. CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Historia del CSIC y Universidad del País Vasco. Madrid y Vitoria, España. 2008. Pag. 135-158. La misma publicación recoge estudios de otros recintos amurallados como el de Marchena

¹⁵ Visitar el enlace: <http://www.nieblavirtual.es/muralla.php>

Ana María González Serrano: Arquitecta. Profesora Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España. Doctoranda Doctorado: Rehabilitación Arquitectónica y Urbana. Miembro Grupo de Investigación TEP-206: Tecnología de los materiales y sistemas constructivos: caracterización, mantenimiento, restauración y sostenibilidad. Profesora Master Erasmus Mundus: Iº European Master in Diagnosis and Repair of Buildings (EMDIREB) gserrano@us.es

LA PROTEZIONE SUPERFICIALE DI EDIFICI IN TERRA CRUDA: prove sperimentali

Manuela Mattone

Politecnico di Torino – II Facoltà di Architettura – Dipartimento Casa-città
manuela.mattone@polito.it, tel. 0039-0110906441, fax 0039-0110906450

Palabras clave: protezione, assorbimento, erosione.

ABSTRACT

L'architettura in terra cruda, ancorché diffusamente presente nel mondo, non è stata sino ad oggi, salvo alcuni rari casi, adeguatamente tutelata e conservata. Solo di recente è emersa la volontà di studiare, analizzare e salvaguardare tale architettura, sia essa "minore" o "monumentale", in quanto testimonianza di "saperi" e di cultura altrimenti destinati ad andare irrimediabilmente perduti. Occorre dunque procedere alla ricerca e alla messa a punto di metodologie di intervento adeguate, effettivamente finalizzate alla tutela di tale patrimonio culturale. L'attuale stato di conservazione caratterizzante numerosi manufatti architettonici in terra cruda, privi di intonaco, ha fatto emergere la necessità di procedere alla sperimentazione di protettivi da applicare sui paramenti murari per garantirne una maggiore resistenza all'azione aggressiva esercitata dagli agenti esterni.

La presente relazione restituisce i risultati di una sperimentazione condotta su mattoni in terra cruda, ricavati dalla parziale demolizione di un edificio sito a Rocca d'Arazzo (Asti, Piemonte, Italia), allo scopo di valutare l'efficacia di diversi tipi di trattamento, di origine naturale o chimica, attraverso l'esecuzione di prove di assorbimento capillare e di erosione.

1. PREMESSA

L'architettura in terra cruda, ampiamente diffusa nel mondo, non è stata sino ad oggi, ad eccezione di alcuni sporadici casi, oggetto di interventi volti a garantirne l'effettiva conservazione nel tempo. Solo negli ultimi anni sono emerse l'esigenza e l'opportunità di provvedere alla salvaguardia di tale patrimonio di conoscenze, saperi, testimonianze di cultura sia materiale sia immateriale. «La terra rappresenta il materiale più utilizzato per la costruzione dei villaggi storici, la cui conservazione garantisce la trasmissione di una cultura tecnologica che accoglie valori di unicità del paesaggio, oltre che della storia» (1). La tutela delle testimonianze materiali ancora oggi presenti consente infatti la conservazione della cultura della terra cruda e la trasmissione dei valori di civiltà (inclusi usi, costumi e tradizioni) che la caratterizzano e che ad essa sono intimamente connessi.

Emerge dunque la necessità di provvedere alla messa a punto di metodologie operative adeguate, individuando tecniche e prodotti idonei all'esecuzione degli interventi volti alla salvaguardia di tale patrimonio. L'esame dello stato di conservazione di numerose costruzioni in terra cruda, prive di intonaco, ha evidenziato l'esigenza di procedere alla sperimentazione di trattamenti volti alla protezione dei paramenti murari per garantirne una maggiore resistenza all'azione aggressiva esercitata dagli agenti esterni e, in particolare, dall'acqua. La sperimentazione di cui si riferisce rappresenta il prosieguo di una prima campagna di prove che, avviata alcuni anni fa, si proponeva di valutare, attraverso test di assorbimento capillare e di erosione superficiale (Geelong test), la protezione offerta da differenti prodotti applicati su blocchi compressi non stabilizzati.

2. LA SPERIMENTAZIONE CONDOTTA

L'attività sperimentale, condotta presso il laboratorio Prove Materiali e Componenti della II Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, si è proposta di valutare l'efficacia di diversi tipi di trattamento superficiale attraverso l'esecuzione di prove di assorbimento e di erosione. Le prove sono state condotte su mattoni in terra cruda, ricavati dalla parziale demolizione di un edificio sito a Rocca d'Arazzo, località Val Romaldo (Asti, Piemonte, Italia).

In Fig. 1 è riportata l'analisi granulometrica della terra utilizzata per la realizzazione dei mattoni.

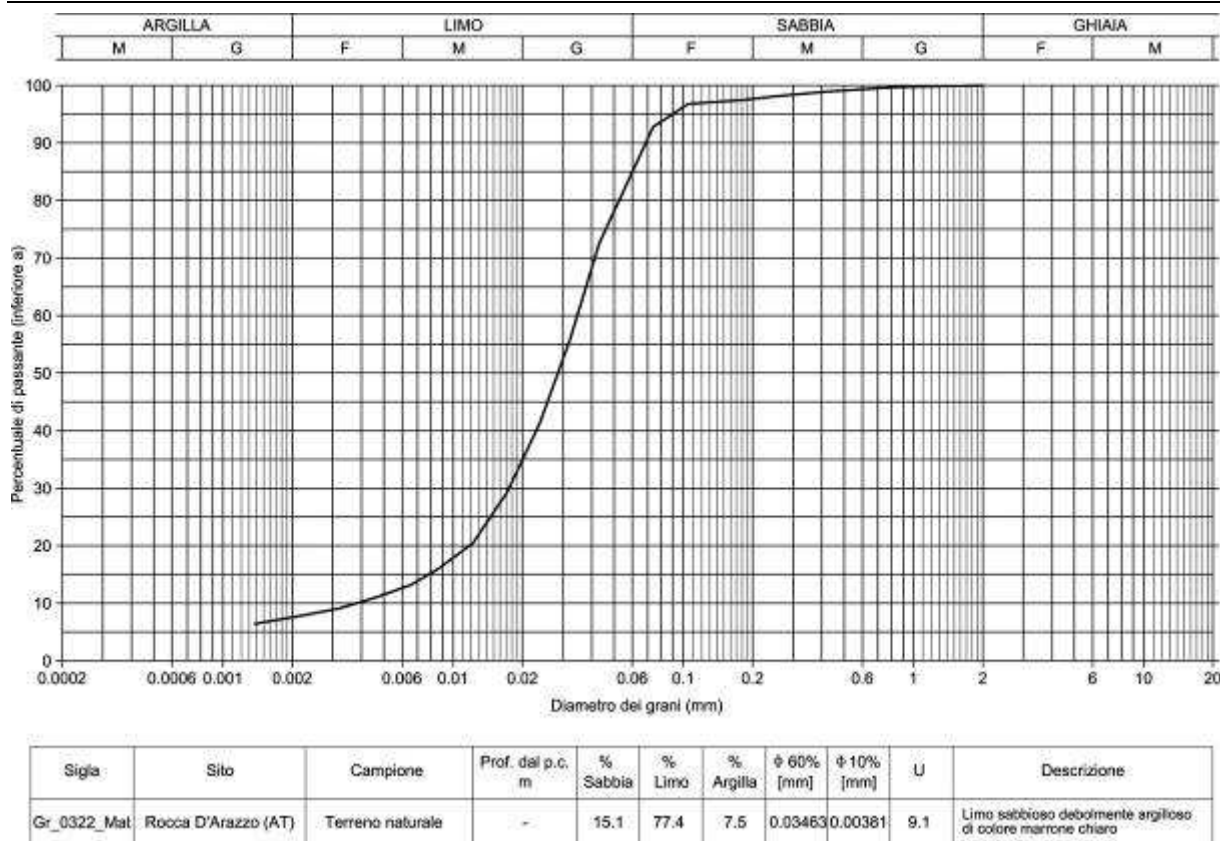


Fig. 1. Curva granulometrica e limite di Attemberg della terra utilizzata per la realizzazione dei mattoni.

I mattoni sono stati trattati mediante l'applicazione sia di prodotti già presenti sul mercato, utilizzati generalmente per la protezione di manufatti architettonici in materiale lapideo o in legno (2), sia di prodotti di origine naturale, sperimentati in altri contesti e interessanti in quanto a ridotto o nullo impatto ambientale e rispondenti a requisiti di sostenibilità.

In particolare sono stati applicati i seguenti prodotti:

1. emulsione idro-alcolica di resine acriliche pure (B);
2. fissativo consolidante a base di silicato di potassio (C);
3. idrorepellente protettivo non filmogeno a base di alchil-alcossi-silani (D);
4. idro-oleorepellente fluorurato traspirante in miscela solvente (E);
5. consolidante a base di olio di Aleurites (F);
6. mucillagine di cactus (G);
7. consolidante naturale a base di resine e oli naturali (H);
8. linfa di Aloe vera (L);
9. protettivo a base di oli vegetali (M);
10. olio di mais (N).

Per quanto concerne la mucillagine di cactus, essa è stata preparata mettendo a macerare per 18 giorni 350 gr di polpa di Opuntia ficus indica in 0,5 l di acqua (3), mentre la linfa di Aloe vera è stata ricavata frullando la polpa gelatinosa delle foglie di Aloe (4).

I prodotti sono stati applicati a pennello in due momenti successivi, ad eccezione dell'idrorepellente protettivo non filmogeno a base di alchil-alcossi-silani, applicato a spruzzo. I mattoni (tre per ogni tipo di prodotto testato) (5) sono stati sottoposti a prove di assorbimento d'acqua e a prove di erosione secondo le modalità di seguito indicate. I risultati ottenuti sui provini trattati sono stati posti a confronto con quelli derivanti dai test eseguiti su mattoni privi di qualsiasi trattamento.

3. PROVE DI ASSORBIMENTO CAPILLARE D'ACQUA

Le prove di assorbimento capillare d'acqua sono state condotte utilizzando un tubo di Karsten (Fig. 2) e misurando, a intervalli costanti di 1 minuto e fino a un massimo di 15 minuti, la velocità di assorbimento dell'acqua presente nel tubo graduato (6). La valutazione della capacità di assorbimento capillare risulta significativa in considerazione dei fenomeni di degrado che possono verificarsi nelle costruzioni in terra cruda a causa della condensazione dell'acqua presente nella muratura. Come emerge dall'esame del diagramma riportato in Fig. 3, l'applicazione di qualsiasi prodotto comporta, di fatto, una riduzione della capacità di assorbimento dell'acqua, riduzione che risulta essere contenuta per la mucillagine di cactus (G) e il consolidante naturale a base di resine e oli naturali (H), ma decisamente significativa per tutti gli altri prodotti utilizzati.



Fig. 2. Prove di assorbimento capillare.

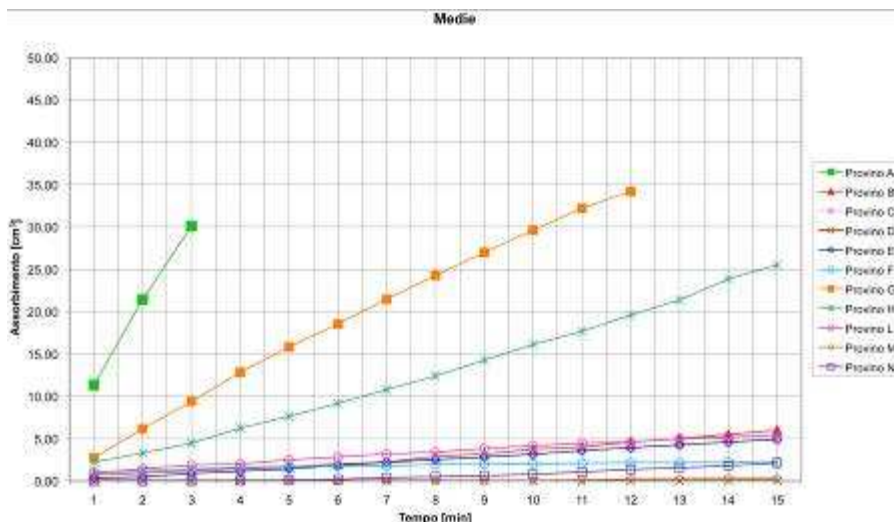


Fig. 3. Diagramma che illustra i risultati delle prove di assorbimento capillare.

4. PROVE DI EROSIONE SUPERFICIALE

In questa prima fase della sperimentazione, tale prova è stata condotta secondo la modalità proposta dal prof. Kevan Heathcote (7), che costituisce un'alternativa a quanto previsto dalla norma neozelandese NZD 4298 (appendice D). Essa si basa sulla misurazione dell'erosione subita da un mattone a seguito dell'azione esercitata da un getto d'acqua proiettato - dalla distanza di 350 mm - sulla superficie del campione testato con una pressione pari a 0.7 bar. La prova viene condotta utilizzando uno specifico ugello spruzzatore, Fulljet nozzle 1550 (prodotto da Spraying Systems Company nell'Illinois), in grado di generare un getto turbolento paragonabile a quello della pioggia. Il test ha una durata massima di un'ora o fino a completa erosione del mattone e viene interrotto a intervalli di 15 minuti per valutare la profondità dell'erosione prodotta dall'azione esercitata dal getto d'acqua (Fig. 4).

I mattoni non trattati si sono erosi con estrema rapidità, mentre in quelli trattati il grado di erodibilità varia a seconda del tipo di trattamento effettuato, come si evince dall'esame del diagramma riportato in Fig. 5; esso è risultato nullo solo per i mattoni trattati con olio di mais (N) e con protettivo a base di oli vegetali (M), ma ottimi risultati si sono conseguiti anche con il silicato di potassio (C) e l'olio di Aleurites (F) (Fig. 6).

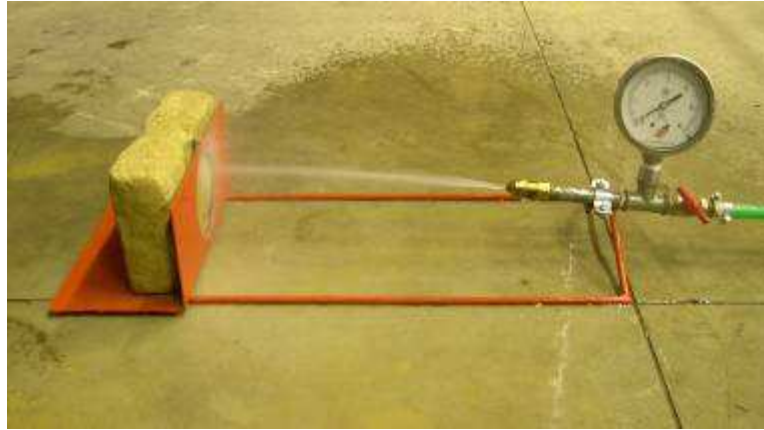


Fig. 4. Strumentazione utilizzata per l'esecuzione della prova di erosione.

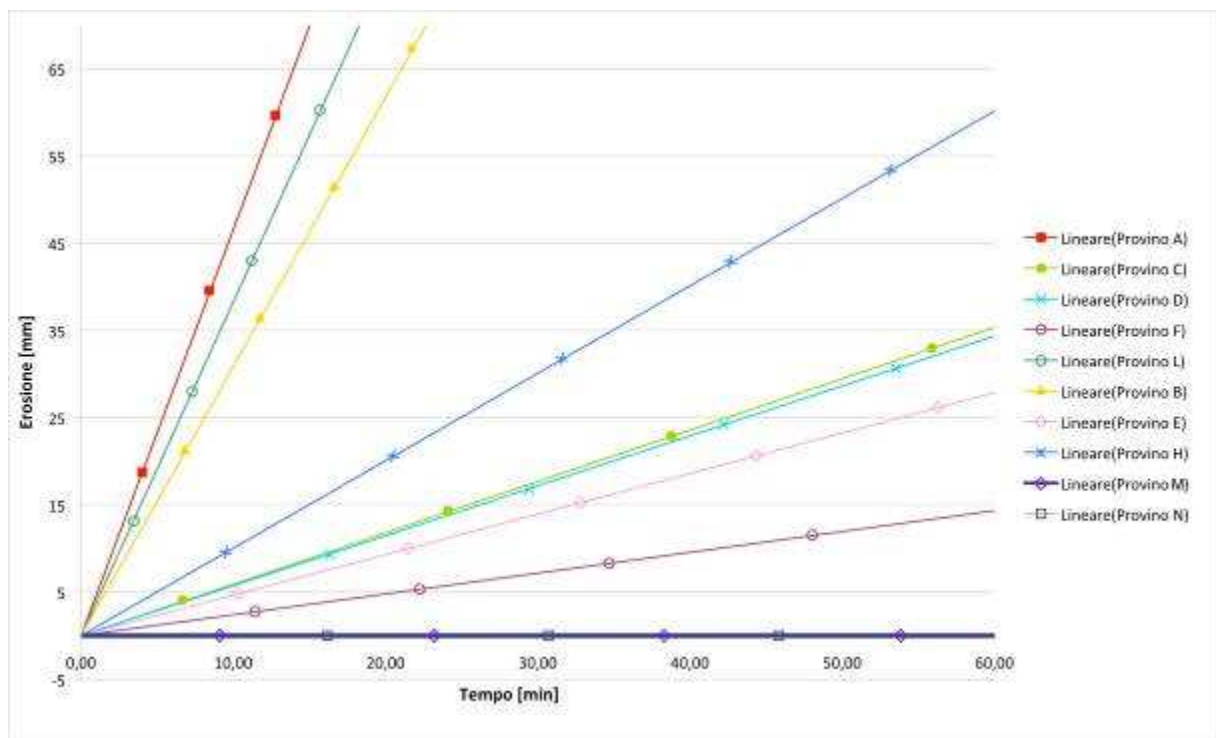


Fig. 5. Diagramma che illustra i risultati delle prove di erosione.

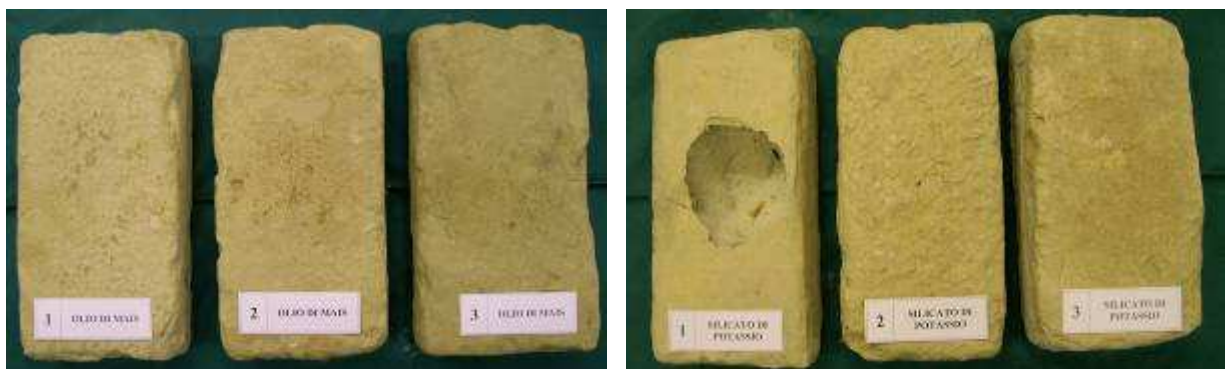


Fig. 6. Mattoni trattati con olio di mais e mattoni trattati con silicato di potassio dopo l'esecuzione della prova di erosione.

5. CONCLUSIONI

La sperimentazione sino ad ora condotta, sebbene necessiti di ulteriori approfondimenti e verifiche volti a valutare la durabilità dei trattamenti e la traspirabilità garantita dai prodotti, consente comunque di formulare alcune considerazioni in merito. Dall'esame dei risultati ottenuti emergerebbe che prodotti naturali quali l'olio di mais e il protettivo a base di oli vegetali siano in grado di garantire una buona capacità di resistenza delle superfici in terra cruda all'azione erosiva esercitata dall'acqua. Per quanto concerne le prove di assorbimento d'acqua, tutti i prodotti hanno determinato una riduzione del fenomeno, ma diventa necessario a questo punto valutare se e in quale misura l'applicazione del prodotto influisce sulla traspirabilità.

Il prosieguo della ricerca prevede l'esecuzione di altri test e, in particolare, del Geelong test secondo le modalità descritte nella norma neozelandese NZD 4298, appendice E (8) e prove di erosione che consentano di simulare le condizioni di piovosità riscontrabili in Europa (9).

I prodotti che, in questa campagna di prove, hanno dimostrato migliori prestazioni verranno sperimentati sia su mattoni prelevati in un'altra località, con caratteristiche fisico-chimiche differenti sia sulle superfici esterne di una costruzione in terra cruda allo scopo di valutarne il comportamento *in situ* qualora sottoposti all'azione diretta degli agenti atmosferici.

6. BIBLIOGRAFIA

- K. Heathcote, G. Moor, *The UTS Durability Test for Earth Wall Construction*, in LEHM 2004 4th International Conference on Building with Earth, ed Schroeder, H., Dachverband Lehm e.v, Weimar, Germany 2004, pp. 210-217.
- A. M. Hoyle, *Chan Chan: aportes para la conservacion del la arquitectura de tierra*, in 6th International Conference of the Conservation of Earthen Architecture, 1990, pp. 225-229.
- M. Mattone, *Surface Protection of Earthen Buildings*, in *Terra em seminario 2007*, atti del V Seminario Arquitectura de Terra em Portugal, (Aveiro, Portogallo, 11-13 ottobre), Argumentum, Lisbona 2007, pp. 100-101.
- R. Mattone, "Sisal fibre reinforced soil with cement or cactus pulp in bahareque technique", in *Cement & Concrete Composites*, n. 27, 2005, pp. 611-616.
- G. Minke, *Earth Construction Handbook*, Wit Press, Boston 2000.
- Standards New Zealand, NZS 4298 (1998), *Materials and workmanship for earth buildings*.

NOTE

- (1) R. Mattone (a cura di), *Il paesaggio delle case in terra cruda*, in corso di pubblicazione.
- (2) Tale scelta è stata suggerita dalla porosità che caratterizza sia il legno sia la terra cruda.
- (3) Cfr. A. M. Hoyle, "Chan Chan: aportes para la conservacion del la arquitectura de tierra", in 6th International Conference of the Conservation of Earthen Architecture, 1990, pp. 225-229; J. Vargas Neumann, E. A. Heredia Zavoni, J. J. Bariola Bernales, "Preservation of Adobe Constructions in Rainy Areas", in *CIB. 86 Advancing Building Technology*, Washington, USA 1986, pp. 1457-1465.
- (4) I. C. Ferreyra, S. M. Latina, R. Soria Nieto, R. F. Mellace, "Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicional", in Memoria III Siacot «La tierra cruda en la construccion del habitat», Tucuman, Argentina 2004, pp. 225-234.
- (5) I risultati emersi nel corso della sperimentazione hanno reso necessario, per alcuni prodotti, incrementare il numero dei mattoni testati (cinque per prodotto sperimentato) per migliorare l'attendibilità dei dati.
- (6) Cfr. G. Minke, *Earth Construction Handbook*, Wit Press, Boston 2000, p. 29.
- (7) Si veda in merito K. Heathcote, G. Moor, "The UTS Durability Test for Earth Wall Construction", in *LEHM 2004 4th International Conference on Building with Earth*, ed Schroeder, H., Dachverband Lehm e.v, Weimar, Germany 2004, pp. 210-217.
- (8) Tale prova si basa sulla misurazione dell'erosione subita da un campione a seguito della caduta costante e ripetuta, da un'altezza di 40 cm, di una goccia d'acqua per complessivi 100 ml sulla superficie oggetto di sperimentazione, posta secondo un'inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.
- (9) Cfr. G. Minke, *Earth Construction* cit., p. 29.

Manuela Mattone: (1968), architetto e dottore di ricerca in Recupero edilizio e ambientale, è ricercatore in Restauro presso la II Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino. I suoi studi e i suoi interessi di ricerca sono incentrati sulle tematiche e sui problemi del restauro e del recupero dell'esistente. In particolare, sono oggetto di specifici approfondimenti i seguenti temi: le strutture lignee, per quanto concerne sia la valutazione del loro stato di conservazione, sia l'analisi delle tecniche costruttive delle medesime e delle tecnologie di intervento sul costruito; l'architettura in terra, con particolare riferimento alle problematiche legate alla conservazione di tale patrimonio; l'architettura in ferro, soprattutto per quanto concerne lo studio delle tecniche costruttive connesse all'uso di tale materiale.

ACTORES, ESTRATEGIAS Y TECNICAS PARA LA INTERVENCION EN EL PATRIMONIO CULTURAL.

Una experiencia en el desierto del Nordeste Mendocino.

Juan Carlos Marinsalda

Distrito Cuyo de la Dirección Nacional de Arquitectura
jefednacuyo@arlinkbbt.com.ar
tel: (54) 2614231459

Palabras claves: gestión, participación, restauración, tierra cruda

RESUMEN

La Iglesia de Nuestra Señora del Rosario de las Lagunas de Guanacache, es considerada el templo colonial más antiguo de la provincia de Mendoza.

La tradición adjudica a los pobladores locales la construcción del templo y la realización del mantenimiento cíclico que esta arquitectura de tierra cruda demanda, con los escasos medios técnicos y humanos disponibles, incentivado por las festividades religiosas patronales.

A partir de 1975 comenzó la etapa de la monumentalización del templo, lo que implicó que el Estado Nacional se incorporara como un nuevo actor tanto en la provisión de recursos materiales y humanos para la conservación, como en la toma de decisiones respecto del alcance y fundamentalmente el modo de realizar las intervenciones. Estas actuaciones se realizaron en una primera etapa por administración con mano de obra estatal, pasando durante la década de 1990 a ejecutarse bajo el modelo de la obra pública de gran envergadura a cargo de empresarios privados con subcontratación de algunos obreros locales. Se introdujeron entonces nuevos materiales y disposiciones constructivas con el objeto de permitir una mayor duración de las obras realizadas. También se uniformó el carácter colonial del edificio respondiendo a estereotipos, lo que alteró algunas de sus características.

A partir del año 2003 se ha propuesto conceptualizar a la iglesia desde un nuevo paradigma, considerándola testimonio de la historia de la construcción del territorio de las Lagunas de Guanacache, lo que lleva implícito un modelo de gestión distinto del que se había utilizado hasta ese momento.

Se propone entonces intentar recuperar el paradigma del mantenimiento cíclico anual, bajo la responsabilidad de las organizaciones locales integradas con los demás actores, tomando decisiones consensuadas.

Este trabajo propone generar un espacio para la reflexión acerca del desafío de la intervención en el patrimonio material e inmaterial que lleva implícita la conservación de la arquitectura de tierra en las áreas marginadas de nuestro país y presenta los avances en la investigación histórico arquitectónica y los fundamentos de gestión para una conservación participativa tendientes a dotar de un marco de mayor rigurosidad la propuesta de conservación de la Iglesia del Rosario de Guanacache y su contexto.

INTRODUCCIÓN

La Iglesia de Nuestra Señora del Rosario de las Lagunas de Guanacache, es considerada el templo colonial más antiguo de la provincia de Mendoza. La tradición adjudica a los pobladores locales la construcción del templo y la realización del mantenimiento cíclico que esta arquitectura de tierra cruda demanda, con los escasos medios técnicos y humanos disponibles, incentivado por las festividades religiosas patronales.

La monumentalización del templo, implicó que el Estado Nacional se incorporara como un nuevo actor en la toma de decisiones respecto del alcance y fundamentalmente, del modo de realizar el mantenimiento del edificio a través de la provisión de recursos materiales y humanos. Consecuentemente con estas decisiones, las siguientes actuaciones llevadas a cabo en el templo fueron realizadas en una primera etapa, por administración con mano de obra estatal, pasando durante la década de 1990 a ejecutarse bajo el modelo de la obra pública de gran envergadura a cargo de empresarios privados que subcontrataban a algunos obreros locales. Se introdujeron entonces nuevos materiales y disposiciones constructivas con el objeto de permitir una mayor duración de las obras realizadas. Estos

cambios también incidieron en la imagen del edificio, se uniformó el carácter colonial del mismo respondiendo a estereotipos, lo que alteró algunas de sus características.

A partir del año 2003 se ha propuesto conceptualizar a la iglesia desde un nuevo paradigma, considerándola testimonio de la historia de la construcción del territorio de las Lagunas de Guanacache, lo que llevó implícito un modelo de gestión distinto del que se había utilizado hasta ese momento. La propuesta fue recuperar el paradigma del mantenimiento cíclico anual a través de una estrategia proactiva de conservación del patrimonio tomando mediante decisiones consensuadas entre los actores locales y los de las distintas escalas de gobierno. Se pretendía además, disminuir el impacto negativo de las perturbaciones ocasionadas por las intervenciones efectuadas desde la lógica de empresa en ámbitos de alta vulnerabilidad como el considerado.

En este contexto, el presente trabajo se propone reflexionar acerca del desafío de la intervención en el patrimonio material y consecuentemente en el inmaterial, que lleva implícita la conservación de la arquitectura de tierra en las áreas marginadas de nuestro país. La comunicación presenta los avances en la investigación histórico arquitectónica y los fundamentos de gestión para una conservación participativa tendientes a dotar de un marco de mayor rigurosidad la propuesta de conservación de la Iglesia del Rosario de Guanacache y su contexto.

UN TERRITORIO DESERTIFICADO

Las Lagunas de Guanacache se localizan en el desierto del Noreste de Mendoza y sur de San Juan; allí se encuentran algunos de los lugares más áridos de nuestro país, de inhóspitas condiciones climáticas.¹ La vegetación xerófila domina en toda la llanura: vidriera, jume, retamo, tupe y junquillo, y un bosque muy raleado de algarrobo dulce cuya existencia es posible gracias a su capacidad de extraer agua de la capa freática.

Todo el territorio (más de 10.000 km²) está afectado por fuertes procesos de desertificación, cuyo resultado más evidente lo representa la depresión socioeconómica, la desorganización social y el éxodo hacia áreas más favorables, generalmente la periferia de las ciudades.

El proceso de desertificación comenzó desde la llegada de los españoles, pero se intensificó críticamente a fines del siglo XIX, con la aplicación del modelo de economía de base agrícola, que utiliza el agua de los ríos para el oasis de regadío en las actuales ciudades de Mendoza y San Juan respectivamente. Este modelo de inequidad en la apropiación de los recursos determinó la desaparición de la agricultura y la pesca que se desarrollaban en el área de las lagunas.

Según Abraham y Prieto (1999²) el proceso de degradación ambiental y sus respuestas adaptativas reconocen cinco etapas claramente identificadas.

Una primera, correspondiente al de la ocupación indígena previa al arribo de los españoles a la región de Cuyo y que las autoras denominan de “*Efectividad adaptativa*”.

La segunda etapa denominada “*Comienzo de la desestructuración (1551 - 1700)*” en la que la llegada de los españoles marca el comienzo de profundas modificaciones en la zona, tanto socio - culturales como ambientales. El complejo de pantanos y lagunas abarcaba una enorme extensión que por el oeste prácticamente unía las ciudades de Mendoza y San Juan (ambas ciudades fueron fundadas en las cercanías de las márgenes de estos pantanos). En este período los indígenas fueron desarraigados mediante el sistema de encomiendas.

La tercera etapa (1700 - 1830) es la de “*La competencia por los recursos*”. La expansión campesina española, en lo que concierne a la ocupación efectiva de la zona se inició en 1660. Se comenzaron a establecer estancias y se acrecentó la instalación de ganado mayor y menor (vacuno, ovino y bovino). A pesar de esto, la población de las lagunas en 1776 fue la más baja de su historia, con 350 hab. Se acentuó la declinación del modo de vida indígena y su ambiente constante fue desapareciendo.

¹ Temperaturas extremas en verano e invierno: 58° de diferencia entre la máxima 48° y la mínima -10°. Las lluvias son escasas y esporádicas: 80 a 150 mm anuales.

² ABRAHAM DE VÁZQUEZ, Elena María y PRIETO, María del Rosario. *Guanacache, la travesía de los profundos cambios*, en “*Guanacache, Fidel Roig Matons, pintor del desierto*”. Roig, Fidel A. y colaboradores. EDIUNC. Mendoza. 1999.

"La acentuación de la presión externa" entre 1830 y 1910 es la cuarta etapa. La ampliación de los cultivos tanto en Mendoza como en San Juan, trajo como consecuencia una mayor utilización del agua de sus ríos. Las lagunas comenzaron a sentir los efectos de la retracción. Hacia 1860 se empezó a manifestar el proceso de desecación con relativa rapidez. El auge agrícola ganadero también alcanzó a las lagunas, pero esto estuvo limitado por el recurso hídrico y la calidad de los suelos.

A partir de la entrada del ferrocarril en 1885, la tala de algarrobo cobró gran importancia, siendo esto la causa de la desaparición de importantes masas forestales. El sobrepastoreo y la explotación del bosque desencadenaron procesos de deterioro que acompañaron a la definitiva desecación lagunar.

A partir de 1910 y hasta la actualidad es la denominada etapa de "*La supervivencia*". En coincidencia con una tendencia negativa en las precipitaciones alrededor de 1939/40 y el crecimiento siempre en aumento de los oasis, las lagunas se secaron definitivamente. El deterioro ambiental y el descenso demográfico se produjeron simultáneamente. Desde 1914 la cifra de población se mantiene casi igual, calculada actualmente en 1500 personas. Lo que varía es la composición de la población, formada por ancianos y niños. El ganado caprino, reemplazó al bovino y ovino. Los antiguos pescadores engrosaron el grupo de pastores, leñeros y carboneros, pasándose a una economía de subsistencia.

En el año 1999 el conjunto de Lagunas se designó como Sitio RAMSAR³, sin que esto haya revertido en modo alguno el proceso de desecamiento y degradación de estos recursos ambientales; es más, dichos procesos se han visto agravados por la regulación de la presa de Poderillos en Mendoza y por la creciente contaminación del Río San Juan.

El poblado de las Lagunas del Rosario, es disperso y agrupa a unas veinte familias, representadas jurídicamente como una Comunidad Aborigen, cuenta con una Delegación Municipal, una Escuela Albergue y un Dispensario, el Destacamento Policial y el Registro Civil no tienen personal permanente.

Durante las festividades patronales de la Virgen del Rosario que se celebran el primer domingo de octubre, se reúnen entre 10.000 y 20.000 peregrinos y visitantes que acampan en la zona y asisten a los tradicionales bodegones.

HISTORIA Y TRADICIÓN

Son pocos los datos con que contamos para la reconstrucción de la historia del templo. La Iglesia de Nuestra Señora del Rosario de las Lagunas de Guanacache, como se ha señalado, es considerada el templo colonial más antiguo de la provincia de Mendoza y también se la conoce por la Catedral del desierto.

La tradición local adjudica a los grupos Huarpes la construcción del templo y asegura que el acceso fue invertido de orientación luego del sismo de 1861; también afirma que los restos óseos de los caciques se encuentran dentro de los muros de adobe y en los revocos de tierra.

Por su parte y desde el campo de la historia, el Padre Aníbal Verdager, (Historia Eclesiástica de Cuyo 1931), afirma que la primera capilla habría sido construida en año 1609 por los Doctrineros Jesuitas enviados a la región. El primer documento que cita y que hace referencia a la existencia del edificio de la iglesia es de 1748. Juan Isidro Maza (1998) afirma que en 1753 la primitiva capilla había sido reemplazada por otra de adobones. Desde la literatura, los datos de la tradición oral son rescatados por Juan Draghi Lucero.

³ El 14 de Diciembre de 1999 se designó al conjunto de Lagunas de Guanacache como Sitio Ramsar. Se trata de un sistema exorreico de lagunas y bañados encadenados, alimentados por los ríos Mendoza y San Juan y, antiguamente, los desagües del Bermejo, que descarga por el río Desagüadero. Alcanza una extensión de más de 200 Km. y cubre un área potencial de 10.000 Km². Representa históricamente uno de los humedales más extensos de la Región del Gran Cuyo, el cual mantiene una población de aproximadamente 2.000 habitantes ("Laguneros") descendientes de los pueblos originarios que habitaban esta zona, los huarpes. Mas información en http://www2.medioambiente.gov.ar/recursos_acuaticos/ramsar/guanacache.htm [20 05 09]

En cuanto a la historia arquitectónica del edificio ha sido abordada por dos autores, Guaycochea de Onofri, (1978) quien llama la atención sobre la planta compleja y curiosa por tener las torres a los pies, planteando una posible filiación lusitana debido a la presencia de portugueses afincados en las Lagunas. Cirvini (1997) avanza en la investigación arquitectónica y desarrolla un pormenorizado análisis arquitectónico del edificio y su entorno el que se nutre de la observación del testimonio material y recupera los datos de la tradición local vinculados al mismo.

También contamos con un registro fotográfico que se remonta a las fiestas patronales de la década de 1930 al cual se agrega el valioso relevamiento realizado por Hans Mann y publicado por la Academia Nacional de Bellas Artes en 1943, que incluye interesantes tomas interiores (incluidas por Guaycochea de Onofri en su trabajo).

A estos registros se suma la iconografía de carácter antropológico de Fidel Roig Mathons, el pintor del desierto, realizadas en la década de 1930, cuyas copias fueron incorporadas recientemente al museo de las lagunas.

En lo referente a la documentación gráfica del edificio y su entorno, es recién en el año 1998 cuando se realiza el primer cuerpo documental completo y detallado efectuado por la Dirección Nacional de Arquitectura.

NUEVOS ACTORES Y NUEVAS ESTRATEGIAS

Las diversas construcciones, reconstrucciones y el mantenimiento del edificio parecen haber estado desde un principio en manos de los pobladores locales con los escasos recursos que proporcionaba el medio, dirigidos en algunas ocasiones por los religiosos y con el eventual apoyo del Gobierno, según se puede comprobar en documentos existentes en el Archivo Eclesiástico de Mendoza (año 1748).

A partir de 1975 comenzó la etapa de la monumentalización del templo, lo que implicó que el Estado Nacional se incorporara como un nuevo actor tanto en la provisión de recursos materiales y humanos para la conservación, como en la toma de decisiones respecto del alcance y fundamentalmente el modo de realizar las intervenciones. Estas actuaciones se realizaron en una primera etapa desde la Dirección Nacional de Arquitectura por sistema de administración con mano de obra estatal. En este período se realizaron tareas de mantenimiento y se incorporó infraestructura de servicios. Durante la década de 1990 se pasó a un modelo de obra pública de gran envergadura a cargo de empresarios privados con subcontratación de algunos obreros locales. En este marco fue que en 1995 la DNA. realizó un proyecto de intervención a escala del sitio impulsado por la Municipalidad de Lavalle. El proyecto contempló la realización de talleres de capacitación en arquitectura de tierra, de memoria oral vinculados al patrimonio intangible asociado al edificio y la construcción de edificios de equipamiento comunitario en diversas técnicas de tierra cruda, además de la provisión de infraestructura eléctrica para la instalación de los bodegones y la provisión de agua mediante un acueducto construido desde la localidad de San José.

Sin embargo, esta experiencia de capacitación y uso de materiales y técnicas, no se aplicó totalmente en la obra de restauración de la iglesia, donde se utilizaron nuevos materiales y disposiciones constructivas con el objeto de permitir una mayor duración de las obras realizadas, lo que en el corto plazo, resultó en un impacto negativo, provocando un agravamiento de los deterioros por la presencia de zócalos y cubiertas cementicios.

También se uniformó el carácter "colonial" del edificio respondiendo de alguna manera a estereotipos, lo que alteró algunas de las características arquitectónicas del edificio. Estos trabajos comprendieron el retiro de las pinturas de las carpinterías y de las estructuras de madera que fueron dejadas a la vista, los muros blancos, el agregado de falsos aleros a las cubiertas colectoras y el reemplazo de las baldosas calcáreas del atrio por baldosones del tipo coloniales de cerámica cocida, que tuvieron que ser fabricadas en Santa Fe.

Se trataba en realidad de modificaciones que fueron la continuación de otras que en años anteriores habían comprendido la demolición de un calicanto y la pintura de los bancos y las carpinterías en colores naranja, azul y celeste; los que habían sido inmediatamente repintados por la Comunidad.

Luego de la crisis de 2001, los fondos destinados a conservación de Monumentos Históricos

Nacionales en la provincia de Mendoza fueron suspendidos y se profundizó el proceso de centralización⁴ en la toma de decisiones y prioridades para el destino de fondos. Pese a ello, y a partir de un cambio de paradigma en la gestión local de la intervención en los bienes bajo tutela nacional, en el año 2003 se propuso conceptualizar a la iglesia como testimonio de la historia de la construcción del territorio de las Lagunas de Guanacache. Consecuentemente fue necesario efectuar una reformulación del modelo de gestión que había guiado las acciones de los diversos agentes hasta ese momento.

El proyecto, hoy en desarrollo, propone recuperar el paradigma del mantenimiento cíclico anual, bajo la responsabilidad de las organizaciones locales integradas con los demás actores, tomando decisiones consensuadas, utilizando presupuestos relativamente bajos en comparación a los que importan las grandes obras públicas de la década anterior.

Con este fin, se proyectó realizar la compra de materiales, herramientas y equipos de obra y seguridad que fueron transferidos a la Comisión Eclesiástica para asegurar en el futuro la posibilidad de ejecución de las obras de mantenimiento. Se asesoró a la comunidad local para su organización como contratistas y para la presentación de propuestas ante los organismos correspondientes.

Este nuevo proyecto se integró con la participación de los siguientes actores vinculados a la conservación del patrimonio, referentes a organismos a escala nacional, provincial, municipal y locales vinculados a la sociedad civil:

Distrito Cuyo, Dirección Nacional de Arquitectura: Gestión de la Obra, Estudios Previos, Relevamiento Histórico Arquitectónico, Documentación Técnica, Proyecto, Cómputo y Presupuesto; Dirección Técnica de la Obra; Ejecución de Instalación de Iluminación. Fondos de la Dirección Nacional de Arquitectura año 2008⁵.

Subsecretaría de Obras Públicas MPFIPyS. Disposición de Fondos transferidos a la Municipalidad de Lavalle, año 2008. (\$ 26.000.)

Dirección de Patrimonio Histórico Cultural de la Provincia de Mendoza: Gestión de Fondos Provinciales; Programa Fondo Patrimonial 2005. Transferidos a la Municipalidad de Lavalle. (\$ 6.000.)

Municipalidad de Lavalle: Gestión de Fondos ante la Provincia y la Nación, Compra de Materiales y equipos y administración de la Mano de Obra Contratada.

Comisión Eclesiástica de la Capilla: Ejecución de las obras de restauración y de limpieza y restauración de equipamiento y luminarias.

Escuela Elpidio Gonzalez: Realización de talleres y ejecución mediante trabajo voluntario de pinturas decorativas.

Comunidad de Las Lagunas: Realización mediante trabajo voluntario de las pinturas decorativas.

LA IGLESIA COMO TESTIMONIO DE LA HISTORIA DEL TERRITORIO

El nuevo modelo de gestión requería de nuevas investigaciones que condujeran a mejores resultados en la conservación del bien. Para ello, se llevó a cabo una investigación tendiente a conocer la historia material y constructiva del edificio. En un marco de investigación - acción y mediante técnicas específicas – cateos estratégicos, relevamientos arquitectónicos, patológicos y tecnológicos – se constató que existe en su factura:

1. Diversidad y homogeneidad de técnicas constructivas: Es observable a simple vista la existencia de llaves de madera dura en algunas esquinas del edificio y a una altura constante de aproximadamente 1 y 1,80 metros. Si se considera que las disposiciones constructivas más apropiadas son las más antiguas, entonces el seguimiento de éstas llaves definiría una silueta de la primera etapa constructiva del edificio.
2. Diversidad de materiales constructivos: En los sondeos de mampuestos, se ha observado la existencia de distintas composiciones, tamaños y encuentros de muros. En

⁴ Prácticamente el total del presupuesto de la DNA: fue imputado a la restauración de la Basílica de Luján y posteriormente al reciclaje del Correo Central Central.

⁵ El equipo del Distrito Cuyo de la DNA estuvo integrado por Raúl Lucero, Carlos Raveaux, Patricia Sessarego y Manuel Maidana. En los relevamientos se integraron las arqs. Cecilia Alvarez y Fabiana Ortega; la documentación Técnica fue realizada por la arq. Cecilia Alvarez.

los estudios realizados hasta el presente se pudo reconocer la coincidencia de mampuestos de adobes "negros" realizados con altos componentes de materia orgánica, procedente del cieno de la laguna, asociados con los muros reforzados con llaves de madera referidas. Los locales que no están reforzados con estas llaves, están contruidos con adobes claros, sin cieno, aparentemente con paja de trigo. Los encuentros de estos muros con los del edificio original se resuelven por contacto con pocas trabas mecánicas. Los adobes "negros" presentan una altura variable de colapso sobre la cual se han reconstruido los muros con adobes claros, sin embargo se ha descubierto que las cuatro primeras hiladas de los sectores agregados luego de 1861 se realizaron con los adobes "negros" rescatados del colapso; luego en los niveles más altos de los muros vuelven a encontrarse estos adobes intercalados, posiblemente ante la escasez de material nuevo para terminar el edificio.

3. Improntas de vanos cegados: Se han tomado las dimensiones de la puerta principal y se ha verificado la coincidencia de las mismas con el vano de acceso al camarín de la Virgen; se ha realizado un sondeo y se ha descubierto que éste vano parcialmente cegado, tenía un derrame hacia el interior de edificio que fue rellenado con adobes claros, puestos de panderete.
4. Técnica y materiales de las carpinterías: Las carpinterías de más antigua factura son las de la Nave y la del actual Bautisterio (Antigua Sacristía). La puerta principal es la de técnica más primitiva, ya que estaba resuelta mediante sistema de hojas con quiciales, sin herrajes metálicos de movimiento. Aún conserva las improntas para la inserción de los quiciales en el cabezal y contrabestal, además de los cantos redondeados de las hojas. Posteriormente, se la adaptó incorporando el sistema de alcayatas y pernos. La puerta lateral de la Nave es de factura más avanzada ya que se fabricó con alcayatas y pernos.
5. Diversidad de técnicas y materiales de cubiertas. En este caso es determinante para la dimensión de la luz a cubrir, que es de 4,60 m. La necesidad o proyecto de albergar a una comunidad numerosa (hay lugar para 60 - 100 personas) la determina su profundidad, que no está limitada por razones constructivas y que se resuelve en una proporción de cinco veces el ancho. La disponibilidad local de madera para cubrir la nave, permitía realizar una estructura con piezas de algarrobo de un largo de 2,30m. y sección reducida, en la difundida disposición de par y nudillo, sin necesidad de herrajes metálicos. (éste es el largo de las piezas de las llaves de refuerzo). En caso de recurrir a un tirante, la dimensión necesaria hubiera sido de 5,50m. como tienen los actuales de madera de álamo. La cubierta actual sobre la nave es plana y deriva el agua de lluvia hacia varias gárgolas que se ubicaban en el sector Oeste; reemplazadas en 1995 por un gran canal de chapa galvanizada.
6. Restos de pinturas en muros, carpinterías y estructuras: No se han encontrado grandes superficies de pinturas en los muros puesto que los revoques de barro han sido renovados en su casi totalidad en el interior de la nave, excepto en el retablo que conservaba capas de celeste y rosado bajo el esmalte sintético blanco. Sin embargo se han registrado fragmentos en sitios de difícil reposición de los revoques, como las aristas e intradós de los arcos. También se han encontrado algunos restos de pinturas en las carpinterías y estructuras de madera del coro lateral, en el retablo y el púlpito. La primera mano aplicada en las estructuras de madera del retablo y del balcón son de azul de prusia y en el caso del balcón se superponía una de verde cardenillo. El púlpito conserva restos de dorado a la hoja. Sobre el retablo y púlpito se ha aplicado esmalte sintético verde claro y con motivos en negro y dorado. La pintura de las puertas ha sido retirada prácticamente en su totalidad, siendo muy dificultoso obtener un registro secuencial de la aplicación de los colores, se encuentran vestigios antiguos de azul de prusia y verde cardenillo.
7. Diversidad en materiales de pisos: No se ha encontrado en las lagunas, hasta el momento, registro de la fabricación de baldosas cerámicas ni ladrillos. Los pisos de la nave son de baldosas calcáreas negras y blancas dispuestos en damero las cuales han sido trasladadas probablemente desde Mendoza. El atrio estaba embaldosado con

baldosas calcáreas diversas, probablemente donaciones de fieles; en el centro una lápida de mármol cubría la tumba del Padre Videla. El local bajo coro y el camarín conservan pisos de tierra.

Como resultado del análisis de los documentos y del levantamiento de datos en el campo, se pueden establecer tres etapas en la historia constructiva del edificio, las cuales tienen una clara relación con las etapas del proceso de degradación ambiental y sus respuestas adaptativas establecidas por Abraham y Prieto.

Primera etapa constructiva, desde mediados del Siglo XVIII hasta 1838. Corresponde a la etapa del “comienzo de la desestructuración” y la de “la competencia por los recursos”

La primera etapa que se corresponde con los muros cuyas esquinas están reforzados con llaves de madera y levantados con adobes negros, es una planta “clásica” muy difundida en la región andina argentina y alto peruana durante la colonia. Está organizada en una nave profunda, con una torre lateral al Este, hacia donde también se encuentra la Sacristía; entre ésta y la torre se desarrollaba una galería conectada con la nave por su puerta lateral. Lo atípico de esta iglesia es su orientación con los pies al Sur. La nave pudo estar cubierta con una estructura de par y nudillo, resuelta en algarrobo y con techado de chilca terminado con tortado de barro y tumbadillo. La torre, como era usual, con un cuerpo bajo un campanario que permitía el acceso a la cubierta. El frente de la iglesia no tuvo la resolución de arco cobijo, sino que era plano.

La orientación de los pies al Sur, puede deberse a la ubicación de la iglesia en una península recortada por los brazos del río Mendoza y la misma laguna, con el primitivo camino de acceso por el Sur.

Esta sería la iglesia construida a mediados del Siglo XVIII, a la que hacen referencia los documentos citados por José Aníbal Verdaguer, y Juan Isidro Maza, para la cual se gestionan el equipamiento y las campanas.

Segunda etapa constructiva, entre 1838 y 1861; corresponde con la etapa de “la acentuación de la presión externa (1830-1910)” en la que hacia 1860 se produce un aceleramiento del desecamiento de las lagunas.

Esta segunda etapa es durante la cual se habría construido el cuerpo de la nueva torre y el coro lateral adosados al muro Oeste de la Nave. Esta obra puede fecharse aproximadamente para la primera mitad del Siglo XIX, ya que es para entonces, luego de la emancipación, que comenzaron a construirse o a agregarse torres a estas iglesias para adecuarlas a las características de la arquitectura neoclásica. El coro lateral pudo haberse construido por no haber suficiente altura bajo la cubierta para disponerlo sobre el acceso; aquí se pueden encontrar nuevos elementos procedentes del oasis, se trata de las vigas y columnas de madera de álamo ya que la estructura del entepiso es de algarrobo de pequeñas secciones y largos y el suelo de chilca embarrada. Que la segunda torre tuvo también su campanario queda demostrado en la estructura de madera y caña (hoy quemada), del mismo y en que sobre esta estructura se ha realizado un relleno y nivelación con escombros de adobes para reconstruir la cúpula. Esta ampliación ya no cuenta con llaves de madera y los adobes son claros, ya no presentan alta concentración de materia orgánica. La actual Sacristía pudo ser construida en esta etapa como bautisterio. Para intentar fechar estos trabajos, hemos encontrado en el archivo eclesiástico un documento realizado en las Lagunas en el año 1838 “...resibido del Sor. Cura i Bicarío de Lagunas Dr. Dn. Fran.co de Borja Correas la Cantidad de beinteisinco ps. plata a cuenta de sien pesos en que e ajustado la construsion de la Capilla de Nuestra Señora del Rosario Con dicho Sor. Cura, i para la constancia lo firma en Mendoza a 17 de Marzo de 1838. Jose Paes.”⁶

No podemos aún confirmar con total certeza cuál es el alcance de los trabajos realizados, si es que puede tratarse de la primera planta o sólo los que estimamos más arriba.

Tercera etapa constructiva, reconstrucción posterremoto desde 1865 a la actualidad. Esta etapa corresponde con el final de la etapa de “acentuación de la presión externa” y planamente con la etapa “de la supervivencia”.

⁶ Archivo Eclesiástico de Mendoza, carpeta 7-10-6 Doc. 286

En este caso sabemos por la tradición oral y por fuentes documentales, que el edificio sufrió daños severos tras este sismo y que fue reconstruido por los vecinos de las Lagunas. Se cuenta con un documento, citado por Draghi Lucero, del 4 de Junio del año 1864, en el cual se solicita la colaboración en materiales o mano de obra para la construcción del templo.

*"Nos, D. Fr. Nicolás Aldazor por la gracia de Dios y de la Santa Sede apostólica, Obispo de Cuyo... Deseando promover el culto del Señor, de su madre santísima y demás santos, para lo que es indispensablemente forzoso erigir un templo o casa de oración, a donde puedan ir y reunirse los fieles cristianos a tributar al ser supremo las debidas alabanzas y rendirle adoración, exponiéndole sus necesidades y dirigiéndoles sus humildes súplicas. Pos tanto, por las presentes comendemos cuarenta días de indulgencia a todos los que de algún modo ayudaren a la fábrica de la Iglesia Na. Señora del Rosario del pago de las lagunas, bien sea con su trabajo personal o contribuyendo con dinero o materiales para la obra, debiendo entenderse que los que trabajen personalmente por cada día de trabajo ganan las gracias concedidas"*⁷

Es ésta la intervención más fuerte que recibe el edificio, invirtiéndose el acceso y en la cual se habría agregado el nuevo pórtico con su coro alto y posteriormente el solado calcáreo.

En los sondeos realizados se ha avanzado en el relevamiento del perfil del colapso del edificio, el cual es variable alrededor de los dos metros y medio, hasta los cuales se conserva el muro de adobes negros. De este colapso dan testimonio también la reconstrucción y el relleno de la torre que conserva un dintel de ventana cegado y la reconstrucción del campanario, resuelto con adobes claros. La cúpula de la torre Oeste reconstruida sobre el escombros compactado sobre el piso del campanario también pudo haber colapsado en este evento sísmico, su reconstrucción a ese nivel obviando el cuerpo del campanario, puede suponerse debido al cambio de frente.

Se ha confirmado que los adobes negros rescatados del colapso fueron utilizados en las primeras hiladas de las nuevas construcciones del camarín y del pórtico, luego se prosigue con nuevos adobes claros. Es notable la escasez de recursos, ya que en las hiladas superiores vuelven a aparecer adobes negros.

La estructura de la cubierta pasa a ser plana con una prolongada pendiente ascendente para cubrir la transición entre la altura de la vieja nave y la del coro alto. Esta cubierta está resuelta con materiales externos a las lagunas, como los tirantes de álamo y la caña, reemplazando a las estructuras compuestas por piezas de algarrobo y el techado de chilca y barro. A la vez la cubierta plana cumple la función de colectora.

Esta disposición es la que llegó hasta la década de 1940, cuando fue registrada por Hans Mann. El relevamiento fotográfico permite observar la existencia de acróteras en el remate del campanario y la inexistencia de los falsos aleros incorporados en 1995, como así también la existencia de varias gárgolas sobre el frente del Oeste.

En el interior puede observarse la profusión de pinturas decorativas, de las cuales se han encontrado vestigios en los sondeos realizados en las campañas 2003-2006. Estas pinturas decorativas permiten establecer nuevamente un vínculo con las capillas construidas en el área andina, aunque hacia 1870 su uso ya se encontraba muy generalizado.⁸

En el caso de la Puna Jujeña como en las Lagunas, las pinturas decorativas interiores son un recurso para jerarquizar espacios y además recrear un ambiente acogedor en un entorno de extrema aridez. Es así que se observa la presencia de jarrones con flores en el retablo y sobre el acceso a la sacristía y la presencia de frisos, zócalos y enmarques en las aberturas. La concentración de elementos decorativos en el retablo, se refuerza con las aplicaciones de láminas de oro sobre las columnas, nichos de madera y el púlpito.

⁷ "Monumentos y lugares históricos: Capilla del Rosario". En diario Los Andes, 6 de abril de 1976.

⁸ Un ejemplo es el de la iglesia de Nuestra Señora de Belén de Susques, pintada en 1869 por un habitante local, o la de Rosario de Coyaguayma. En Mendoza, se han encontrado restos de estas pinturas en las iglesias de Barrancas, El Plumerillo, Rosario de Guaymallén y en los restos de la iglesia de Luján de Cuyo.

LA TOMA DE DECISIONES

Los resultados de estos trabajos de investigación y de reconstrucción histórica, fueron presentados a la comunidad y contrastados con los datos conservados por la tradición oral. De este intercambio, que se desarrolló durante dos años, surgieron finalmente las decisiones para la intervención del edificio. La información fue volcada en paneles que se distribuyeron en la iglesia y la escuela y que fueron expuestos durante las fiestas patronales del año 2007, ofreciendo un cuaderno para que se asentaran observaciones y más información complementaria. Este último recurso no fue utilizado por los Laguneros; la información siempre fue transmitida en forma oral. También se organizaron visitas a la iglesia para que se apreciaran los testimonios de las distintas etapas constructivas, resultantes de la investigación de campo.

Tanto respecto de la propuesta recuperación de las características arquitectónicas exteriores del edificio, consistentes en la recuperación de los remates del campanario, el retiro de los falsos aleros, la reposición de las gárgolas y pintar nuevamente las puertas y coro; como en la de recuperar las pinturas decorativas, hubo pleno consenso. Lo destacable del proceso fue que al proponer a la comunidad que fueran ellos quienes recuperaran las pinturas decorativas, la participación fue masiva y fue necesario organizar el trabajo por sectores y turnos para que todos pudieran dejar su testimonio. La participación de los alumnos de la escuela fue una completa apropiación de la obra y todo el proceso se desarrolló en un clima festivo.

Respecto de los colores de las guardas y frisos, al no poder determinar los colores de las fotografías en blanco y negro, se eligieron entre todos los colores cuyos vestigios se encontraron en los sondeos y otros que recordaban por tradición oral.

Una vez terminados los trabajos, se confeccionaron paneles que permitieran interpretar la historia del edificio y reconocer el trabajo comunitario realizado para su recuperación. También se entregaron diplomas a todos los participantes de las obras de recuperación de las pinturas y del edificio.

Respecto de la restauración de arquitectura de tierra, se continuó con la aplicación de revoques de tierra con las dosificaciones que mejores resultados venían demostrando, los paramentos fueron protegidos con una cobertura de polietileno y se mantuvieron hidratados para evitar su cuarteado, habitual en las reparaciones anteriores debido al rigor del clima del desierto. En el campanario se reforzó el dintel y se reabrió el vano del Oeste, lo que era reclamado por los vecinos que no oían las campanas desde que fuera cegado.

Se adecuó la instalación de iluminación, limpiando y reparando las arañas, las que fueron electrificadas. Para reemplazar los portalámparas, se decidió recurrir a la colocación de faroles de kerosene adaptados con iluminación eléctrica, por ser éstos artefactos utilizados desde hace más de una centuria.

Una vez concluida la primera etapa de las obras, se programó para el siguiente año 2008, realizar el mantenimiento integral de la cubierta y la consolidación del coro alto, la sacristía y el bautisterio. La comunidad continuaría trabajando en la recuperación de las pinturas decorativas de esos tres locales y se avanzaría en la limpieza y restauración del púlpito y retablo de madera.

También se acordó la disponibilidad de un local de la casa parroquial para repararlo y equiparlo como museo de la iglesia. Considerando el éxito logrado en la recuperación de las pinturas decorativas, se propuso la extensión de la aplicación de frisos y zócalos en el interior de los locales del museo, pero con nuevos motivos diseñados por los alumnos y artesanos.

Los fondos para pagar la mano de obra serían aportados por la Comisión del Templo y los trabajos serían supervisados por la Dirección Nacional de Arquitectura.

A MANERA DE EPÍLOGO Y CONSIDERACIONES FINALES

Luego de evaluar los resultados de esta primera etapa de gestión, se comenzó a elaborar un Plan de Manejo del edificio y del sitio, el cual sería consensuado por los actores involucrados. En este documento, además de establecer las buenas prácticas para el mantenimiento del conjunto, establecería las tareas y responsabilidades.

Durante el año 2008 la DNA suspendió los proyectos en desarrollo y la asistencia a la ejecución de la segunda etapa de la obra; por su parte la Municipalidad de Lavalle adeuda la entrega de algunos materiales y la rendición de los fondos transferidos por la Nación, lo que no permite realizar nuevas gestiones. Las nuevas disposiciones concentran todas las gestiones y decisiones en la Administración Central con sede en Buenos Aires.

Ante estas falencias, la nueva Comisión de la Capilla, con sus medios, realizó parcialmente las tareas de mantenimiento de revoques proyectadas, aunque el retraso en los tiempos de inicio de las obras, dio lugar a que en vísperas de la fiesta se volviera sobre prácticas que se habían logrado superar desde 2003, como la aplicación de pintura blanca al agua proyectada con un compresor por parte de la Municipalidad, cubriendo indiscriminadamente las carpinterías, estructuras de madera y pisos, en lugar de actuaciones mas respetuosas y de mas bajo impacto como la aplicación con brocha de pintura preparada in situ a base de cal apagada.

Actualmente los actores locales, representados por la Comisión del Templo, la Escuela Elpidio González y la Comunidad, se encuentran dispuestos a continuar las tareas iniciadas en 2007. La Comisión de la Capilla ha confeccionado conjuntamente con el Distrito Cuyo de la DNA un nuevo presupuesto para reiniciar los trabajos de restauración, el cual se está gestionando.

Se puede observar, hasta el momento, que los cambios actitudinales producidos en los actores locales no han sido acompañados en el tiempo por los organismos de gestión, los cuales inmersos en un proceso centralizador llegan a invisibilizar los resultados de las acciones en la que estos mismos organismos de gestión han sido protagonistas e impulsores.

Por último, señalar que esta experiencia en el desierto ha demostrado hasta ahora que las estrategias y técnicas desarrolladas pueden ser perfeccionadas y que otro tanto es necesario lograr en el desempeño de algunos de los actores hasta ahora involucrados; en este sentido, la puesta en marcha de un plan de manejo producto del consenso se presenta como una herramienta de gestión, que apunta a la sostenibilidad ambiental, económica y social de los recursos patrimoniales así como la inclusión y participación de los diversos actores.



Juan Carlos Marinsalda: Arquitecto por la Universidad de Buenos Aires; desde 1984 desempeña tareas de conservación del patrimonio arquitectónico en la Dirección Nacional de Arquitectura, habiendo realizado más de 80 proyectos y obras en las regiones Noroeste, Centro y Cuyo.

Es Doctorando por la Universidad de Sevilla en el Doctorado en Rehabilitación Arquitectónica y Urbana.

Desde 2003, se desempeña como Jefe del Distrito Cuyo de la DNA.

PROPUESTA PARA LA RECUPERACION TECNOLOGICA DE LA SIDRERA DE LA ESTANCIA GUAÑIZUIL

Estela B. Márquez; Ricardo F. Gómez; Myriam A. Romero

IRPHA – FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO - UNSJ
SAN JUAN - ARGENTINA
C.e.: arqricardofgomez@yahoo.com.ar

Palabras clave: recuperación, valor patrimonial -

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el de registrar, describir y proponer acciones para la **recuperación** de un antiguo edificio industrial con valor patrimonial, ubicado en el departamento de Iglesia, al norte de la provincia de San Juan.

Esta construcción se encuentra en la estancia Guañizuil, fundada en 1920 por Federico Cantoni, caudillo ex gobernador de la provincia. Dicho establecimiento fue un verdadero polo agro industrial en el cual se desarrollaban distintas actividades productivas, entre ellas la elaboración de Sidra y Calvado de Manzana.

Actualmente la estancia se ha transformado en un centro de recreación y descanso. Allí el Casco industrial con antiguas casonas recicladas, típicas construcciones de la zona, definen un conjunto enmarcado en la belleza de sus paisajes y rodeado de una naturaleza virgen en un estado natural.

El edificio que perteneció a la sidrera es de características singulares, se halla en buen estado de conservación, y es digno de ser recuperado.

Es por eso que a partir de un relevamiento de dicha construcción se identificarán las patologías que la afectan y se propondrán acciones de recuperación que le den al edificio connotaciones sismo resistente.

1. CONTEXTO GENERAL

ESTANCIA DE GUAÑIZUIL: Situada al pie de la cordillera de Los Andes, fundada en 1920 por Federico Cantoni, ex-gobernador de San Juan (1930), el predio de mas de 500 has., fue alambrado y se realizaron plantaciones de manzanos, perales y otros frutales dotándola de una forestación única en el medio del desierto, pinos, álamos, robles y vertientes naturales libres de toda contaminación. Se inició la cría de ovejas y zorros plateados.

Aun existe en perfectas condiciones de conservación un testimonio arquitectónico de lo que fue la fábrica de Sidra, Calvado (coñac de manzana). Esta es una construcción de ladrillo de grandes dimensiones, con varios galpones localizados próximos a ella y que albergan una planta seleccionadora de frutos. Funcionando también un aserradero para el embalaje de manzanas producidas por la propia estancia y una usina láctea para la elaboración de quesos y mantecas.



Foto N°1 Sidrera de Guañizuil

2. REGISTRO DEL EDIFICIO PATRIMONIAL

Terreno	Se halla asentado sobre suelo pedregoso de montaña, con muy buenas características para fundar.
Planta	El edificio está dispuesto con orientación N-S y su planta es rectangular simétrica, cubre una superficie aproximada de 330m ² (11.00 x 30.00m) con 24 vanos de 1.80m cubiertos con 18 ventanas y 6 puertas dispuestas simétricamente en la planta.
Fachada	Es de corte racionalista concebida en la década del '20, con terminaciones de molduras en aberturas y cornisas. Es simétrica de más de 6.00m de altura, dando lugar a un lucernario longitudinal que permite la entrada de luz natural al edificio.
Fundaciones	Posee sobre cimientos de piedra bola de 1m de alto y 0.45m de ancho.
Estructura	Vigas y columnas de hormigón armado con acero. Posee una viga dintel que recorre toda la planta vinculada las columnas de la misma. No posee armaduras en los antepechos de las ventanas.
Paredes	Muros de ladrillo macizo de e=0.45m asentados con mortero de cemento, cal y arena.
Revoques	Jaharro y enlucido a la cal.
Cubierta	Está materializada por cabriadas metálicas de uniones remachadas, perpendicular a ellas, se apoyan correas de pinotea de sección cuadrangular, y en sentido opuesto rollizos de álamos que sostienen las cañas que van clavadas al rollizo y atadas entre si. La cubierta está terminada con torta barro y paja impermeabilizada con cal grasa y alumbre.
Dinteles	Son de hormigón armado con acero dulce.
Pisos	Contrapiso de hormigón de 15cm de espesor.
Zócalos	No posee.
Carpintería	Es metálica con remaches; las ventanas apaisadas con vidrios repartidos, de corte industrial; las puertas tienen molduras y aplicaciones en las esquinas que las enmarca dentro del estilo racionalista con que fue concebida la obra.



Fachada Norte



Fachada Este

3. DESCRIPCIÓN DE PATOLOGÍAS

Defectos y alteraciones en los muros de ladrillos

El agua adquiere para el problema de patología de la envolvente, una importancia enorme, ya que es el disolvente universal por excelencia y por ende un agente degradante ideal. Por otro lado todas las oquedades y relieves dan lugar a asentamientos biológicos que atacan a los materiales de aporte, disminuyendo la capacidad portante puntual y produciendo filtraciones hacia el interior.

En los climas templados o subtropicales también provocan variaciones térmicas locales que se transmiten a través del muro, provocando condensaciones superficiales de la humedad ambiente interior y como resultante la caída de pinturas y la proliferación fúngica. Tampoco es ajeno el ataque pluvial en la degradación del propio ladrillo expuesto en las edificaciones antiguas. Además es importante tener en cuenta que en climas de montaña con considerables amplitudes térmicas los materiales se ven expuestos a mayores esfuerzos producidos por la contracción y la dilatación de los mismos.

Pueblos con tradición de cocción de cerámica vernácula, fabricaban ladrillos mal calcinados y con excesos de arcillas, muy voluminosos, con gran capacidad de absorción de agua la que al interponerse entre las partículas laminares aumentan su volumen físico, separando los morteros de asiento, disgregándolos, con lo que en poco tiempo se produce el desmembramiento generalizado, muy difícil de detener.

En todos los bordes periféricos de los ladrillos, el primer lugar donde se erosionan, se redondean hacia adentro de las juntas permitiendo que el agua interese a los morteros de asiento con mas agresividad; los socava y con ello aumenta la superficie de los planos del ladrillo expuesto, acelerando el exfoliado en profundidad. Los tratamientos de revocado de restauración no anclan en ese medio pulverulento, no consolidado, y con el tiempo ese aporte se afloja arrastrando mas aun a las partículas de los ladrillos produciendo mayores daños.

• **DEFECTOS DE COCCIÓN**

Patología

En general los ladrillos utilizados, no presentan regularidad de dimensiones y forma, esto hace que las hileras sean desiguales y el asiento tampoco tenga uniformidad. La coloración de los ladrillos no es uniforme, variando en el tono y la intensidad.

Encontramos ladrillos que presentan desprendimiento de una parte superficial del material que hace aparecer cráteres más o menos profundos en ellos (desconchado), como también hendiduras más o menos irregulares que afectan a la totalidad del espesor del ladrillo (fisuras).

Encontramos ladrillos con caras no paralelas e irregulares.

Diagnóstico

Defectos de fabricación: En la época que fue construida la sidrera, principios del siglo pasado, la fabricación de los ladrillos, se hacía en forma empírica y de un modo artesanal, por lo tanto los defectos en este material eran comunes, presentando así distintos tipos de patologías, Existiendo desde defectos en los moldes, como incorrecta cocción (dando distintos tipos de colores, no apreciables en este caso) y la presencia de impurezas en la materia prima utilizada, hacía que los ladrillos presentaran esos huecos. Lo que no se encuentran en estos ladrillos es la presencia de *caliches*. Por lo tanto si no existía una correcta fabricación menos aun un adecuado control de calidad.

- **DEFECTOS Y ALTERACIONES POR ACCIÓN BIOLÓGICA**

Patología

Se ha observado el desarrollo de flora masiva, principalmente en las desembocaduras de todos los desagües pluviales, los mismos que otrora fueran de zinguería adosados a los muros laterales con un aporte de humedad. Este desarrollo vegetativo está comprometiendo primeramente los enlucidos y revoques, como así también a los ladrillos de los muros; deteriorando juntas, produciendo grietas que aumentan los puntos de filtraciones, provocando desvinculaciones colapsantes progresivas.

Existen como consecuencias de la acción biológica, manchas claras y oscuras, envejeciendo la superficie de la obra vista.

Diagnóstico

Los desagües pluviales de este edificio, llegaban solamente hasta el final del muro, escurriendo las aguas pluviales en forma libre sobre el solado, no siendo una resolución adecuada. Este mal funcionamiento provocó en esta zona, humedades, que sumadas a la acumulación de arenas y arcillas depositadas por acción eólica en esos rincones, favorecieron el desarrollo vegetativo.

El enraizamiento en grietas y juntas, y penetración de las raíces en los poros del ladrillo, provocan en estos sectores evidentes pérdidas de materiales en las juntas y base de asentamientos, con el consecuente desprendimiento del revoque y la exposición total del mampuesto a los factores climáticos.

- **DEFECTOS Y ALTERACIONES POR ACCION MECANICA**

Patología

En determinados bordes exteriores de los vanos del edificio podemos ver el desprendimiento del revoque y la falta de algunos ladrillos y en las restantes piezas las puntas están deterioradas. Estas lesiones también las observamos en sectores de cornisas y molduras.

Otra patología que podemos encontrar en varios sectores de los muros es el deterioro o desintegración casi total del enlucido y el revoque dejando al descubierto los mampuestos; inmolándose por una junta con mezcla muy reforzada.

Diagnóstico

A las primeras lesiones las podemos clasificar o encuadrar dentro de las originadas por defectos de construcción o defecto de proyecto porque la rotura o falta de algunos ladrillos, no hubiesen ocurrido o se podría haber evitado si las juntas o morteros de asiento estuviesen bien realizados (sin faltantes). En cuanto a las cornisas y molduras es probable que necesitaran de un mejor anclaje.

En cuanto a la segunda patología, estamos analizando a un material cerámico que reacciona como otros similares, sin discriminar su antigüedad, en función de la fenomenología que se manifiesta en presencia del agua pluvial y aunque las precipitaciones en la zona son escasas termina siendo una causante común de deterioro.

También tiene relación con el grado de sistematización que adoptan los mismos en su proceso de cocción y la concentración de partículas arcillosas; teniendo mucha importancia también, la relación que existen con los morteros de asiento y como fueron estos elaborados influyendo notablemente el sistema constructivo

Además debe tenerse muy en cuenta el grado sismicidad de la región, que a pesar de no ser de los mas críticos, frecuentemente se producen sismos que someten al edificio a esfuerzos mecánicos de esta índole, que al sumarse a otros ocasionan averías mayores acelerando los procesos de deterioro.

- **DEFECTOS Y ALTERACIONES POR INTERVENCIONES DESAFORTUNADAS**

Patología

Podemos encontrar en esta obra algunas anomalías producto de malas intervenciones entre ellas vemos perforaciones en el muro exterior este, la apertura de vanos de grandes dimensiones por debajo del antepecho y la falta de proporción en los nuevos vanos realizados.

En el interior se hallan las piletas que eran usadas para la elaboración sidra y calvado de manzanas, allí también se producido apertura de vanos y acopio de materiales en las losas de las mismas.

Diagnóstico

Respecto de las obras realizadas en el muro exterior este puede observarse el agrietamiento del mismo en los ángulos de los vanos de las ventanas involucradas. Producto de la mala ejecución de los trabajos de albañilería, donde no se ha previsto la consolidación de la estructura existente, la ausencia de un dintel para el nuevo vano y la falta de proporción entre llenos y vacíos en el muro que se ha calado.

De igual forma sucede con la modificación propuesta en la construcción del interior de la planta, donde se aprecia la falta de dintel en la nueva abertura.

Todas las intervenciones fallidas dejan secuelas degradantes, muchas veces son irreversibles, de allí que el peor enemigo de la preservación son aquellos profesionales que sensiblemente de los proyectos y obras de ejecución normal en la medida que requieren de una intervienen en una obra testimonial con una mentalidad sin favorecer al bien patrimonial, o profesionales sin tener conocimiento del tema.

Debemos tener en cuenta que los bienes materiales patrimoniales resulta el testimonio real de la historia.



Foto N°3 Intervenciones en muro exterior este



Foto N°4 Intervenciones en el interior de la sidrera

4. PROPUESTA DE ACCIONES DE RECUPERACIÓN

- En los **defectos de cocción** se propone primero realizar una adecuada investigación histórica, buscando los antecedentes institucionales de actuaciones anteriores.

Para la intervención con defecto de cocción del ladrillo corresponde analizar primero una meticulosa exploración de todo el edificio actual de manera de posibilitar los límites entre lo rescatable y lo colapsado, para recién poder tomar una resolución de intervención.

- En aquellos **defectos y/o alteraciones por acción biológica** procederemos de la siguiente manera: como la vegetación existente no poseen raíces profundas, en primer lugar es necesario eliminarlas completamente arrancándolas. Es necesario luego eliminar las fuentes de humedad que estimulan el crecimiento de las mismas, colocando nuevamente las ziguerras con los dispositivos correspondientes dando para esto un correcto final de las aguas pluviales, como también rellenar correctamente las juntas entre ladrillos, donde sea necesario, y reparar el revoque y enlucido con el aporte de *mezcla* de características

similares a la usada oportunamente en esta construcción para evitar acciones perjudiciales. Y si fuera aun necesario proceder a colocar herbicidas.

- En aquellas afecciones producidas por la **acción mecánica**, para consolidar un muro de ladrillos degradado, primero se sacan muestras del ladrillo y de las juntas para analizar. Luego se sopletea a baja presión eliminando todo material suelto, hasta la parte firme; preparar luego un mortero no muy expansivo, con poco cemento, mojar bien el muro y colocarlo hasta 2 cm. al borde del ladrillo, luego completar con un mortero mas fuerte de color igual al resto.

Si algún ladrillo está muy deteriorado o falta, se debe abrir un hueco y colocar otro semejante; o si fuera posible rellenarlo y pintar luego cada ladrillo con un preparado de polvo de ladrillo del mismo color al existente y plavicón, y luego pincelar con silicato de potasio. En nuestro caso repararemos posteriormente el revoque y el enlucido de acuerdo a las terminaciones observadas en el local de esta sidrera.

- En el caso de los defectos y alteraciones ocasionados por **intervenciones desafortunadas**, los proyectos de intervención en obra de interés patrimonial difieren metodología de trabajo que incluya el aporte interdisciplinario y el enfoque transdisciplinario de la problemática a abordar. Es necesario destacar el carácter cultural de cualquier operación de transformación histórica arquitectónica o urbanística y poner de manifiesto que el nudo del problema está en encontrar los límites y características de la intervención en un edificio o espacio generado en el pasado.

Por ejemplo considerando lo obrado en la caja muraria donde se han realizado dos nuevas aberturas de dimensiones desproporcionadas y de forma incorrecta en cuanto a la ejecución de los trabajos, se deberá primeramente apuntalar el muro donde se hicieron estas caladuras y replantear la necesidad de las mismas.

Consolidar los elementos estructurales involucrados por la acción y si fuera posible reconstruir el muro nuevamente, tras un detenido estudio de los materiales y el sistema constructivo utilizado oportunamente para la materialización de esta nave industrial.

5. CONCLUSION

El primer factor a tener en cuenta en la prevención del tratamiento patológico es el de la permanente agresión que sufren los edificios.

Como los mismos están destinados a obtener para el hombre los parámetros de confort adecuados para desarrollar sus actividades vitales, culturales y lúdicas, o sea protegerlo para ello del contraste con el medio, es por esto que los edificios sufren agresiones del ambiente sobre sí.

La mayoría de los materiales de construcción, y por consiguiente los elementos constructivos y edificios realizados con ellos, sufren en mayor o menor medida a corto o largo plazo la *degradación*; adoptando la postura de Pizzi respecto de este concepto, es decir, que existe *una tendencia a ser destruidos, sea por acción de agentes agresivos, por acción de solicitaciones superiores o distintas a las previstas, o simplemente por la tendencia de dichos materiales a recuperar paulatinamente su estado primitivo, previo a los procesos industriales de elaboración*, como es el caso de los metales, que vuelven fatalmente a estado de óxido. Esta tendencia favorece aun más la acción agresiva del medio, acelerando los procesos de destrucción.

En cuanto a los agentes agresivos, se puede considerar la degradación debida a la acción del clima o fenómenos meteorológicos, tales como lluvia, heladas, vientos etc., o los propios de la contaminación ambiental, como gases, polvo corrosivo, impactos, trepidaciones, etc.

En lo que respecta a la degradación que se produce al variar las acciones previstas es muy frecuente que locales o edificios destinados primitivamente a determinado uso, cambien de destino y de configuración con el agregado de tabiques, el cierre ventanas, la demolición de

muros, o la perforación de los mismos con nuevos vanos etc., quedando evidentemente sometidos a acciones muy distintas, tanto en las cargas estáticas o dinámicas que deben soportar sistemas estructurales, como en el comportamiento de los materiales solicitados a otro tipo de exigencias en cuanto a desgaste, impactos, etc.

Estos cambios de destino o de situaciones constructivas, se realizan habitualmente con absoluto desconocimiento de los parámetros que pudieron haberse utilizado para su materialización. Así es que, desde lesiones menores, tales como desgastes de solados con tránsito excesivo, hasta el posible colapso de estructuras sobrecargadas, se tiene una gran variedad de casos, la mayoría de las veces fuera del control de los profesionales actuantes.

Así lo hemos observado en esta nave industrial de principios del siglo XX, donde el accionar irrespetuoso del hombre frente al patrimonio edificado, pone en peligro la conservación del bien con valor patrimonial.

Es factible controlar las degradaciones, por medio de protecciones adecuadas y de normas de uso que limiten o especifiquen el espectro de actividades, cargas o acciones a ser impuestas. Normalmente, suele suceder que alguno de los factores enunciados desencadena la acción de otros, de su mismo carácter, o de distintas naturalezas por lo que la conservación y mantenimiento de los edificios se plantea como una verdadera necesidad.

BIBLIOGRAFIA

- PIZZI KIRSCHBAUM, Marcela Ximena "Arquitectura industrial y el ferrocarril de circunvalación, la consolidación de la ciudad de Santiago a principios siglo XX, el rescate de un patrimonio en el marco del proyecto bicentenario" Año 2005
- MARTORELL CARREÑO, Alberto "Itinerarios culturales vasos comunicantes de la Historia" CIIC/ICOMOS www.icomosciic.org/CIIC/pamplona/ITINERARIO_Alberto..Martorell.htm
- MORENO, Carlos. "Patrimonio de la producción rural". Buenos Aires 1998
- SUAREZ-INCLAN, María Rosa "Los Itinerarios Culturales: En: The CIIC Scientific Magazine, 2002
- ZUSMAN, Perla, "Representaciones, imaginarios y conceptos en torno a la producción material de las fronteras" Biblo3 W N° 149, 1999
- www.google.cl
- ENCICLOPEDIA BROTO DE LAS PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, Leading International Key Services. - Barcelona – 2006

Ricardo F. Gómez: Arquitecto Investigador de la FAUD – UNSJ – Integrante del IRPHA – Instituto de Planeamiento Regional del Hábitat.

Estela B. Márquez: Arquitecta Docente Investigadora de la FAUD – UNSJ – Integrante del CICOP – Docente Historia Teoría y Crítica IV- Docente Cátedra Patrimonio y Turismo – Especialista en Patrimonio Arquitectónico.

Myriam Adriana Romero: Licenciada en Servicio Social Investigador de la FAUD – UNSJ – Integrante del IRPHA – Instituto de Planeamiento Regional del Hábitat.

CONSTRUCCIONES PATRIMONIALES DE TIERRA EN LA REGIÓN LACUSTRE DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN, MÉXICO.

Francisco Méndez Flores 1,2; Elia Mercedes Alonso Guzmán 2,3; Wilfrido Martínez Molina 3; José Carlos Rubio Ávalos 3; Fernando Augusto Velasco Ávalos 3; Julio Alejandro Mendoza Jiménez 4; J. Alberto Bedolla Arroyo 2.

1. Ingeniería Estructural Aplicada, Calle Padre Lloreda 31, Colonia Centro, 61600, Pátzcuaro, Michoacán, México, 52 434 3421003, fcomendezflores@gmail.com; 2. Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 58040; 3. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio F de Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México, 58040, ealonso@umich.mx; 4. Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de Colima, Colima, México, 28040.

Palabras clave: arcillas, patrimonio, conservación.

RESUMEN

El caso del templo de Santa María Huiramangaro.

El patrimonio edificado en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México, presenta características que le otorgan relevancia por su singularidad manifiesta por la gran carga histórica social que posee, puesto que su construcción se da en un momento trascendental en la vida de la colonia en un sitio emblemático del México prehispánico como asentamiento de la cultura purépecha. El empleo de la tierra en la región tiene antecedentes de aplicación por lo que su uso ya era dominado por los nativos del lugar, las construcciones presentes en la zona deben su origen a la gran labor social de Vasco de Quiroga que los congrega para vivir en núcleos alrededor de la función social de Hospital, su construcción se da como una consecuencia complementaria de este programa por lo que sus características constructivas y los materiales como el adobe tienen una notable integración al medio, caso analizado del Templo de Santa María Huiramangaro de características arquitectónicas platerescas poco frecuentes en la región, el edificio presentaba un notable deterioro que determinó su restauración a nivel de estructura de madera y muros de adobe que por el deterioro que presentaban ponían en riesgo el patrimonio que al interior se tiene, su restauración contempló criterios con fundamento teórico así como aspectos constructivo-estructurales, donde la preservación del edificio y su concepción marcaron los lineamientos de conservación teniendo como objetivo de restauración la puesta en valor de las características y propiedades que el edificio presenta. Los resultados después de la intervención muestran que los criterios de intervención son acordes con la respuesta del conjunto ante las solicitudes requeridas y que la revaloración de este tipo de arquitectura en adobe fortalece la identidad regional y amplía el horizonte de conocimientos al personal técnico encargado del patrimonio.

INTRODUCCIÓN

La cuenca lacustre de Pátzcuaro se ubica en el Estado de Michoacán, México, es una cuenca cerrada con una superficie 929 km², se desarrolla desde los 2,035 hasta los 3,300 msnm, con una elevación promedio de 2,369 msnm, cuenta con un lago interior de 126.4 km² y una población de 120,000 habitantes. Por su particular atractivo y sus antecedentes históricos, los cuales se remontan a épocas prehispánicas, es considerada como una de las regiones más emblemáticas de México.¹

Pátzcuaro, es una ciudad ubicada en el Cinturón Volcánico Mexicano, región importante para eventos geológicos de eyección de magma como material volcánico de múltiples usos: las rocas ígneas extrusivas e intrusivas como material de construcción, las arcillas que son minerales secundarios metamórficos de las rocas ígneas, han trabajado tanto como material de construcción en mamposterías crudas (adobes) y cocidas (arcillas) así como material

¹ García Villanueva Nahum H. (ed.), Memoria Ilustrada del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, México, FGRA-IMTA, 2005. p.15.

para cultivo; donde existen arcillas o suelos que conserven humedad, se han desarrollado las culturas ancestrales, caso de Mesoamérica en cercanía con el Eje Volcánico mencionado. El Lago de Pátzcuaro también propició que los nómadas se asentaran no sólo por el agua dulce, también por las especies comestibles como el famoso pescado blanco, endémico ahí. Pátzcuaro fue cuna del Reino Purhépecha, grupo étnico guerrero de la región.

No es posible para entender la interrelación establecida entre el conjunto de poblaciones establecidas en la ribera del Lago de Pátzcuaro, tratarlas como unidades aisladas, éstas deben ser estudiadas en su conjunto como elementos componentes que aportando cada una sus particularidades forman un conjunto indisoluble y perfectamente caracterizado que define una zona o región cultural cuyo símbolo de identidad se da a partir de la delimitación geográfico- cultural de la cuenca del Lago de Pátzcuaro² otorgándole por ello un carácter particular a la Arquitectura presente en la región.

El objetivo del presente estudio es poner de manifiesto el valor patrimonial de la Arquitectura religiosa en tierra presente en la región con el análisis de un caso particular como es el Templo de Santa María Huiramangaro, edificio que posee características singulares arquitectónicas y artísticas que le otorgan relevancia en el ámbito del patrimonio edificado, lo que determinó que se llevaran a cabo acciones de restauración para proteger el patrimonio presente en este edificio.

Las construcciones hechas de tierra en sus diversas técnicas y temporalidades denotan una tradición ancestral en su uso, donde su integración al medio marca un símbolo que las identifica como producto de la sociedad que en su momento las produce.

Históricamente y como material de construcción de amplio uso, la tierra o el suelo ha sido adaptada buscando su optimización con acciones que resultan en una tecnología cuyas propiedades y características se integran al medio en el cual se ubican.³ Otorgándoles por esto distinciones particulares que para el caso de construcciones patrimoniales denotan una total singularidad en el ámbito del patrimonio edificado.

Los edificios religiosos patrimoniales que se ubican en la Región Lacustre de Pátzcuaro poseen la propiedad de estar contruidos a base de muros de adobe, material éste que en la zona es ampliamente usado y cuya fabricación se da a través de un molde de madera rectangular donde la tierra como material básico componente es "amasada" integrándole material de carga del tipo orgánico, mezcla que secada durante un periodo al sol resultará en las piezas denominadas adobe. La carga, sea orgánica y/o inorgánica, tiene el objetivo de evitar los cambios volumétricos que presentan las arcillas o suelos; la morfología de las adiciones está también en concordancia con el destino. Los líticos o rocas pequeñas producirán incremento en la resistencia mecánica y también evitarán los cambios volumétricos; las adiciones en forma de fibras se incluyen para incrementar la resistencia a la tracción para los casos de hundimientos diferenciales, solicitaciones sísmicas de pequeña magnitud, desprendimientos, mantenimiento de la integridad de las piezas. Las adiciones minerales evitan la higroscopía típica de las arcillas jóvenes como las que abundan en la Región Lacustre.

² Para el presente estudio la delimitación geográfica del concepto cuenca deberá considerarse bajo la perspectiva de una zona con características de identificación étnicas y culturales idénticas y no su proximidad física a la cuenca como tal, siendo esto ultimo lo que integra al área en estudio al concepto cultural de cuenca, esta delimitación ha sido establecida y aceptada por diversos estudios realizados en la región de la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

³ Guerrero Baca, Luis F., *Arquitectura de Tierra en México*, México, División de Ciencias y Artes para el Diseño, UAM, 1994. p.25.

La construcción de edificios religiosos en el periodo colonial aprovechó el conocimiento que sobre el empleo de materiales locales poseían los pobladores de la región para edificar con adobe, aunado con el de los cronistas que mencionan su técnica. Sahagún en sus "relatos de la historia general de las cosas de la Nueva España sólo menciona que el adobe ya era conocido por los naturales"..⁴ Este conocimiento de la tradición constructiva de los pobladores regionales contribuyó en buena medida a que la construcción de los edificios religiosos manifesten un carácter que propiamente se puede llamar regional por las características técnicas y artísticas que muestran tanto en el aspecto formal constructivo como el que al interior del edificio presentan donde se observa la notable influencia local indígena.



Fig. 1 Detalle interior de marcada influencia indígena (Fotografía de F. Méndez).

La influencia de la obra de Vasco de Quiroga, cuando en 1534 y siendo oidor de la audiencia en escrito al Consejo de Indias sobre un nuevo tipo de asentamiento para los naturales cuya disposición para que vivieran en población tenía como finalidad el protegerlos de los abusos de los españoles, propició una nueva organización social.

Esta nueva disposición en la organización provoca la creación de un espacio comunitario como fue el hospital, institución sobre el cual gira la actividad social y económica de las nuevas comunidades.⁵ Diversos asentamientos de la Zona Lacustre tuvieron Hospitales como en el caso que nos ocupa de la comunidad de Huiramangaro⁶

La naciente organización gira en torno a la función del Hospital donde el templo para el caso de la Cuenca"el templo va a ser pequeño y de poca cantera,⁷ y va a tener los mismos materiales que usó la arquitectura doméstica popular, la piedra, el adobe, el tejamanil y la teja. Por lo que respecta a la forma de cubierta en la nave, esta va a tener el mismo esquema que desarrolló la arquitectura doméstica." Por lo anterior se puede manifestar que las construcciones patrimoniales se integran al contexto de su ubicación donde el habitante se identifica con ellas creando un vínculo que propicia que su cuidado y preservación se realice por ellos mismos creando cargos del tipo mayordomía que tienen por objetivo el cuidado y mantenimiento anual del templo, el tomar dicho cargo representa un gran prestigio ante la comunidad, es decir que el patrimonio edificado tiene su razón de ser y permanecer por el alto grado de identidad y la gran carga social que representa para los pobladores los cuales lo expresan como símbolo sobre el cual gira la vida socio-económica de la población.

⁴ Ibídem, p.50.

⁵ Ramírez Romero, Esperanza, Catálogo de Monumentos y Sitios de la Región Lacustre, t II, Región Lacustre de Pátzcuaro, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Gobierno del Estado de Michoacán, México, 1990. p.341.

⁶ Ibídem, p.342.

⁷ Zavala, Silvio. Recuerdo de Vasco de Quiroga, México, Ed. Porrúa S.A. 1965. p. 61, cf. Ramírez Romero, Esperanza, Op. cit. p.341.

Si la arquitectura patrimonial presente en la región de la cuenca del lago no presenta rasgos de monumentalidad, sí en cambio muestra aspectos de valor que le otorgan valor en el ámbito del patrimonio edificado, ya que su fundación se da en el momento histórico de la unión de dos culturas bajo la visión de los pueblos hospital, donde la edificación se debe a la participación activa de los pobladores con el antecedente cultural prehispánico de espacios abiertos o precedidos de grandes explanadas⁸ donde se desarrollará la actividad de los pueblos hospital, y que en el momento actual, esta espacialidad forma parte de la actividad religiosa de los habitantes al perderse la función del hospital y ser absorbido formando parte de los anexos del templo

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Toponimia, Huiramangaro proviene del Purhépecha y significa lugar de piedras paradas, se localiza a los 19° 30' de latitud norte y a los 101° 45' de longitud oeste en relación al meridiano de Greenwich.

En el siglo XVI Huiramangaro, formaba parte de los barrios de la ciudad de Pátzcuaro, organización comunal sobre la cual se fundamenta tanto la actividad edificatoria del templo con las diversas posibilidades que en esta actividad se presentaban⁹ como diversas funciones propias de esta forma de agrupación social y que para esta temporalidad se considera que no les eran impuestas sino adaptadas, ya que se tienen los antecedentes de que esta agrupación ya era conocida en la época prehispánica donde se agrupaban alrededor de un asentamiento principal.

La inspección ocular de fines del siglo XVIII describe al templo como "una nave de piedra y lodo, techo de tejamanil, de tierra el suelo, que aún indica en su coro alto, órgano descompuesto"...¹⁰.

DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

El Templo, atrio y casa cural ocupan una manzana, su ubicación define el núcleo central de la comunidad de Santa María Huiramangaro, el templo está orientado de Este a Oeste, al Sur se ubica la casa cural, al Norte parte del atrio.

La fachada sobria y sencilla mira al poniente, orientación característica del siglo XVI, hacia este mismo punto se extiende un amplio atrio delimitado por una barda de mampostería de piedra, el edificio guarda una armonía y un equilibrio entre sus componentes y con el entorno. Se ingresa a través de un arco de medio punto dovelado de anchas jambas, el arco queda inscrito por un alfiz, la ventana coral es doble con dos medios puntos sobre pilastras y una columnilla central de fuste helicoidal.

Este tipo de enmarcamiento define a algunos de los edificios en la región. El paramento liso muestra con claridad el sistema constructivo de cubierta la cual se prolonga definiendo un alero, característica que le otorga singularidad. La nave es de planta rectangular con testero plano y cubierta a cuatro aguas recubierta de teja de barro.

⁸Chanfón Olmos, Carlos,"Antecedentes del atrio mexicano del siglo XVI ", en: Temas escogidos...,op. cit. p.302. cf. Torres Garibay, Luis A., Tecnología Constructiva en la Zona Lacustre de Pátzcuaro y Región Morelia, tesis para obtener el grado de Doctor en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 1999. p.64.

⁹ Torres Garibay, Luis A. Op.cit. pp.66-68.

¹⁰ López Sarrelangue, Delfina, La Nobleza Indígena de Pátzcuaro en la Época Virreinal, México, UNAM, 1965. p.188. cf. Ramírez Romero, Esperanza, Op.cit. p.513.



Fig. 2 Portada principal del Templo de tipología regional (Fotografía de F. Méndez).

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

La estructura se define a partir de muros de carga de adobe, con un espesor de 1.50 m y estructura de madera en cubierta con teja de barro. Los adobes son piezas de suelo crudo, las arcillas que abundan en la región son arcillas jóvenes del grupo de las Smectitas, específicamente Montmorillonitas, primer producto accesorio de la metamorfización de las tobas locales, las Montmorillonitas son minerales altamente higroscópicos provocando cambios volumétricos que disgregan los adobes.

La estructura de madera está conformada al interior por un juego de zapatas dobles que cumplen la función estructural de ménsulas, apoyando las vigas tensores disminuyendo el claro y los esfuerzos que estas soportan, ya que el considerable apoyo que proporcionan el juego de zapatas perimetrales con una luz de 1.00 m aproximadamente, disminuyen en un 20% la luz interior de las 9 vigas tensores cuya luz efectiva es del orden de los 7.5 m. Adicionalmente y rigidizando el sistema se ubican vigas tensores perpendiculares al muro frontal y testero, esta retícula tiene la función de absorber los esfuerzos horizontales que pudieran presentarse sobre los muros.



Fig. 3 Vista interior con juego de zapatas y estilo plateresco (Fotografía de F. Méndez).

Por lo que respecta a la cubierta, se define del tipo tijera con largueros de sección circular apoyados sobre unos arrastres colocados en la corona del muro y que complementan el trabajo del conjunto de la estructura,¹¹ la falta de mantenimiento y el deterioro por pérdida de conectividad entre elementos de la estructura así como la integración de elementos ajenos al partido estructural existente provocaron empujes sobre la estructura de los muros de adobe presentándose las fallas características como son desplomes y grietas en las zonas más vulnerables de la estructura. La zona crítica donde se presentan las fallas se ubica en

¹¹ Torres Garibay, Luis A., Op.cit. pp.207-212.

el muro testero acentuándose por una marcada esbeltez del muro en esta zona debida a la presencia del desnivel provocado por una calle lo que hace que la cimentación del edificio quede expuesta y trabajando como muro de contención reforzado con dos contrafuertes que se considera contribuyen en una forma mínima a la estabilidad en esta zona y por consecuente del conjunto.



Fig. 4 Vista exterior del muro testero (Fotografía F. Méndez).

Adicionalmente, los deterioros en la estructura provocaron el desacomodo de la teja de barro con la consiguiente filtración de agua provocando deterioros en acabados al interior y disgregación de los muros al exterior y en las coronas de los muros, esta pérdida del trabajo de conjunto de la estructura (muros y estructura de madera) repercute en la respuesta de trabajo de los elementos componentes que se manifiesta con la presencia de grietas en las conexiones de los muros laterales con el testero y frontal por lo que se dictamina por lo anterior un alto grado de deterioro al partido arquitectónico y estructural.

Los deterioros mencionados provocaron que se tomaran medidas de restauración dentro de las cuales se consideró a las variables que incidían sobre los deterioros considerando el estado de esfuerzos presente y que la propuesta de intervención fijó como premisa el estado de fatiga o esfuerzo acumulado que la estructura posee o mantiene en su estado deformado.

Por las características tanto históricas como arquitectónicas y de topología entendida como un análisis crítico actual de la estructura del edificio con fundamento en un criterio de restauración que englobe estas características de singularidad del edificio¹² el proceso de restauración se fundamenta en la preservación del objeto como tal y el fortalecimiento de la memoria histórica de sus habitantes.

El proceso material de restauración considera en forma básica el aprovechamiento reticular de las vigas tensores existentes condicionando su distribución uniforme con un sistema de estructura del tipo armadura que uniformice la transmisión de los esfuerzos así como la integración de un sistema de techo continuo que evite la filtración de agua al interior.

¹² Cesare Brandi, Teoría de la Restauración, España, Alianza Forma, 1988. pp. 14-15.



Fig. 5 Vista de estructura mostrando disposición de vigas pares (Fotografía de F. Méndez).

Respecto a los elementos primarios de apoyo como son los muros de adobe y las fallas tipo grieta que en las intersecciones perpendiculares se presentan, éstas son consolidadas con la integración de escuadras de madera en el intradós de la estructura y en los vértices exteriores de los muros,¹³ las grietas que se presentan en forma no lineal entre el muro testero y el lateral sur son consolidadas por la substitución de piezas similares respetando el sistema constructivo presente.

Se puede concluir que la intervención realizada y los criterios de intervención considerados han cumplido las expectativas de conservación y mantenimiento de la estructura del edificio, acciones que han permitido tanto preservar el patrimonio edificado como fortalecer el conocimiento constructivo con materiales de tierra como el adobe donde el método de análisis numérico empleado fue congruente con las fallas presentes, marcando acciones correctivas ante el sobreesfuerzo inicial de la estructura.



Fig. 6 estado de la estructura después de la restauración (Fotografía de F. Méndez).

Por supuesto la revalorización de esta arquitectura en tierra deberá ser más estudiada para dar un seguimiento a las intervenciones realizadas como para su mantenimiento en beneficio del patrimonio edificado.

¹³Guerrero Baca, Luis F., op. cit., pp.95-96.

CONCLUSIONES

La conservación de las edificaciones patrimoniales construidas con arcilla, es un deber social, ético, económico, religioso, arquitectónico y de ingeniería. Los edificios construidos con piezas de adobe deben protegerse para lograr que la conservación les permita continuar con el uso para el que fueron concebidos y la investigación conjunta de la parte socio-histórica, tecnológica y de ciencia de materiales, deben converger de tal manera que se encuentren los materiales originales idóneos en lo posible, así como las técnicas étnicas locales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte de la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con los proyectos 12.4 y 12.5. También agradecen el apoyo financiero del Proyecto 2006-59999 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Área de Ciencia Básica.

BIBLIOGRAFÍA

Cesare Brandi, Teoría de la Restauración, España, Alianza Forma, 1988.
García Villanueva Nahum H. (Ed.), Memoria Ilustrada del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, México, FGRA-IMTA, 2005.
Guerrero Baca, Luis F., Arquitectura de Tierra en México, México, División de Ciencias y Artes para el Diseño, UAM, 1994.
Ramírez Romero, Esperanza, Catálogo de Monumentos y Sitios de la Región Lacustre, t II, Región Lacustre de Pátzcuaro, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Gobierno del Estado de Michoacán, México, 1990.
Torres Garibay, Luis A., Tecnología Constructiva en la Zona Lacustre de Pátzcuaro y Región Morelia, tesis para obtener el grado de Doctor en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.

NOTA 1. Para el presente estudio la delimitación geográfica del concepto cuenca deberá considerarse bajo la perspectiva de una zona con características de identificación étnicas y culturales idénticas y no su proximidad física a la cuenca como tal, siendo esto último lo que integra al área en estudio al concepto cultural de cuenca, esta delimitación ha sido establecida y aceptada por diversos estudios realizados en la región de la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

F. Méndez Flores. Ingeniero Civil, Maestro en Arquitectura, Estudiante de Doctorado en Arquitectura. Ejerce como Restaurador y ha realizado trabajos en el Estado de México, Michoacán, Guerrero, México.

E. M. Alonso Guzmán, W. Martínez Molina, J. C. Rubio Ávalos y F. A. Velasco Ávalos, son Profesores e Investigadores de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, México y forman el Primer Cuerpo Académico Consolidado "Ciencias, Ingeniería y Tecnología de los Materiales para Construcción" de la misma.

J. A. Bedolla Arroyo. Arquitecto, Maestro en Arquitectura, Estudiante de Doctorado y Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, México.

J. A. Mendoza Jiménez. Arquitecto, Maestro y Doctor en Arquitectura, Profesor e Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima, Colima, México.

AVANCES EN EL PROYECTO "CAMINO DE LA GREDA"

Luis Alfredo Orecchia; Juan Carlos Zontenla; Pedro Contreras
Dirección de Patrimonio de la Secretaría de Cultura de La Rioja
Joaquín V. González 595 2º cuerpo 11 – ciudad de La Rioja
Tel. 03822-15680714 – email orecchialuis@gmail.com

Palabras clave: patrimonio vernáculo, turismo cultural, gestión

RESUMEN

El proyecto "Camino de la Greda" intenta plasmar un circuito de turismo cultural a lo largo de un arco que arranca de la localidad de Alto Jagüé en la precordillera riojana y tomando los poblados del Valle del Río Bermejo, concluye en Guandacol. La región posee importantes vestigios arqueológicos, fue escenario de importantes acontecimientos históricos como el paso de la Expedición Auxiliar del Ejército de los Andes y el accionar de los caudillos riojanos. Tuvo un dilatado período de prosperidad económica con arreo de ganado vacuno a Chile, actividad que concluyó hacia mediados del siglo XX con la exportación de carne faenada, lo que trajo un proceso de empobrecimiento, la emigración y el despoblamiento de la zona. La zona posee un rico patrimonio vernáculo construido, constituido por viviendas con muros de adobe y cubiertas de varas, ramas o cañas y torta barro. Siguen vigentes procedimientos constructivos tradicionales, y la población no tiene prejuicios contra ese tipo de construcción.

El proyecto apunta a reciclar viviendas que constituyan ejemplos de patrimonio vernáculo en cada centro urbano instalando museos de sitio, mercados artesanales, centros culturales y servicios de hotelería. Se procura interesar a los propietarios en la gestión de dichos servicios, integrándolos en una organización común. En cada caso se analizará el sistema de vinculación a un proyecto común. Para ello creamos una asociación sin fines de lucro que, conjuntamente con representantes de los respectivos Municipios, de la Dirección de Patrimonio y de la Secretaría de Turismo Provincial, reglamentará el tipo y calidad de los servicios a brindar y los respectivos precios; controlará su cumplimiento, y brindará de capacitación para los pobladores interesados en insertarse en los diversos servicios. El proyecto incluye tareas de capacitación en los sistemas constructivos tradicionales, continuando con cursos como el que se dictó en noviembre de 2007.

Se trabaja ya en varios edificios de los departamentos de Vinchina y Felipe Varela. En la ciudad de Vinchina, la Provincia adquirió una propiedad para destinarla a Museo Arqueológico. Su restauración y puesta en valor permitirá evaluar la mano de obra disponible, y brindarles la necesaria capacitación tecnológica. Se encaró también la adaptación de otra vivienda como mercado artesanal, y existen tratativas para transformar la casa Martínez en alojamiento turístico. En Alto Jagüé, también en el Departamento Vinchina, se trabaja en el proyecto de restauración de la primitiva iglesia de San Pedro, y en el reciclaje de dos viviendas para alojamiento turístico. En el departamento Felipe Varela, se realizó el proyecto de restauración de la casa que habitó Felipe Varela en la localidad de Guandacol.

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1 Descripción geográfica de la región.

Este proyecto se desarrolla a lo largo del valle del río Bermejo, que corre de norte a sur entre la cadena del Famatina y la precordillera andina y se adentra hacia la cordillera en el norte a través de la quebrada de La Troya hasta las vegas de la zona de Jagüé y la zona de Guandacol al sur. El Famatina al este del valle, tiene picos como el Belgrano y el Overo Negro que superan los 6.000 metros y en la cordillera, bordean la región el Bonete Grande y el Chico y el Piscis con alturas similares.

El clima es semiárido. El río Bermejo y su afluente de La Troya son de los pocos ríos de la provincia por los que el agua corre en forma permanente, y en ocasiones, como todos los ríos de montaña tienen súbitas crecidas que bajan embravecidas destruyendo todo a su paso.

1.2 Desarrollo histórico

La región fue el hábitat de pueblos autóctonos que a lo largo de milenios desarrollaron culturas locales, vinculadas con las grandes culturas de los Andes Meridionales, hasta llegar a su punto más alto con la cultura de La Aguada. A ella le siguió el período de las culturas de los desarrollos regionales que se orientaba a la formación de entidades políticas más orgánicas, cuando sobrevino la ocupación Inka. De todas estas culturas existen en la zona vestigios arqueológicos de gran importancia.

La conquista y ocupación hispana a partir de los últimos años del siglo XVI, cambió la estructura socio cultural de la región en un intenso proceso de dominación y resistencia que dio como resultado una cultura local mestiza de gran riqueza. Por un lado tenemos edificios religiosos como San Nicolás de Guandacol, ejemplo de gran calidad, de gruesos muros de adobe, y por el otro la persistencia de fiestas y celebraciones religiosas como la de la Virgen de Andacollo en Alto Jagüé en la que se entonan cantos en quechua mientras se desarrollan coreografías de reminiscencias precolombinas.

La Argentina independiente encuentra a la región como teatro de una de las Expediciones Auxiliares del plan de San Martín para el cruce de los Andes y la liberación de Chile. La columna al mando del Coronel Zelada y de Nicolás Dávila, partiendo de Guandacol y adentrándose en la Cordillera, entró en Chile por el paso de Comecaballos y tomó la ciudad de Copiapó.

La segunda mitad del siglo XIX los caudillos federales riojanos recorrieron muchas veces los mismos caminos tanto para exiliarse en Chile, como para retornar al país a proseguir su lucha. Entre ellos, el catamarqueño Felipe Varela se casó con una dama de la región, y vivió muchos años en Guandacol comerciando ganado con Chile, llevando los arcos de ganado por los mismos pasos que usó también para exiliarse, o volver con nuevos bríos comandando tropas reunidas en el vecino país.

El comercio de ganado en pie con Chile, hacia fines del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX, trajo un auge económico, particularmente en las zonas de Vinchina y Jagüé, donde en extensos alfalfares inveraban los rodeos de vacunos antes de encarar el cruce de la Cordillera. El desarrollo de la región se vio interrumpido a mediados del siglo por el convenio firmado por Perón e Ibáñez, presidentes de ambos países, para la provisión al vecino país de carne faenada.

A partir de entonces se produjo la decadencia económica y el éxodo de la población activa a otros centros urbanos en busca de trabajo.

1.3 Coyuntura actual

Hoy se presenta en la región una coyuntura favorable para encarar un crecimiento en base al turismo.

La declaración de la UNESCO del Parque de Talampaya como Patrimonio de la Humanidad ha despertado el interés turístico en la región. En la ciudad de Villa Unión se han construido varios hoteles y otros servicios turísticos, que por haber sido desarrollados sin un criterio de respeto urbano patrimonial le han hecho perder sus características tradicionales, pero otros poblados de la región aún mantienen esas características, que pueden ser la base de un proyecto turístico sustentable bien encarado que permita sostenerlo en el tiempo y poner en valor no sólo edificios aislados, sino todo el conjunto urbano.

Está por otra parte bastante avanzado el camino internacional a Chile por el paso de Pircas Negras que permitirá establecer un corredor internacional que traerá progreso a toda la región, y permitirá fortalecer turísticamente sitios de gran interés paisajístico como la Laguna Brava y otros lugares de la Cordillera.

Finalmente tenemos el proyecto Qapac Ñam, (Caminos Principales Andinos) que procura poner en valor toda la red caminera incaica, a fin de lograr su declaración como Patrimonio de la Humanidad. La Secretaría de Cultura de La Rioja está trabajando intensamente en este proyecto, que reúne en un objetivo común a Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

Todo esto está mostrando una coyuntura altamente favorable para un proyecto como nuestro "Camino de la Greda", que pretende utilizar ejemplos de arquitectura vernácula para albergar toda una serie de servicios turísticos. Por otra parte, no debemos olvidar que la población de la región ve con grandes expectativas lo que está ocurriendo, y a diferencia de la de otros lugares no tiene prejuicios contra la construcción de adobes, sistema constructivo que persiste, apoyado en una mano de obra que aún conserva mucho de los saberes tradicionales.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Relevamiento de los datos de la región

Deberá hacerse una tarea permanente de relevamiento a fin de mantener actualizados los registros de artesanos y artistas de la región y los datos históricos y arqueológicos, y divulgarlos en las comunidades locales, especialmente a través de las escuelas e institutos educativos y de los centros culturales de los diversos centros urbanos.

Las tareas comprenderán:

- 1) Relevamiento histórico de cada centro urbano y su territorio
- 2) Relevamiento de centros de interés arqueológico en la zona del circuito turístico
- 3) Relevamiento de lugares de interés paisajístico
- 4) Relevamiento de producción artesanal y de productos regionales
- 5) Relevamiento de artistas de las diversas expresiones y lenguajes estéticos
- 5) Relevamiento de la producción minera, agrícola y ganadera

2.2. Servicios turísticos en cada núcleo urbano

El proyecto procura crear en cada uno de los centros urbanos de la región un conjunto integrado de servicios turísticos y culturales, utilizando las construcciones tradicionales de cada lugar, con la finalidad de que sirvan al crecimiento económico, social y cultural de la población del valle del Bermejo.

En cada núcleo urbano se creará:

- 1) Alojamientos turísticos con las comodidades y servicios reclamados por el turismo.
- 2) Centros culturales con bares y espectáculos folklóricos para pobladores y turistas
- 3) Casas de comidas tradicionales y de cocina internacional
- 4) Museos de sitio, arqueológicos e históricos
- 5) Mercados artesanales y de productos regionales

2.3. Emprendimientos mixtos integrados en red

Atentos a la prioridad que se da al crecimiento socio-cultural y económico de la población local se priorizará que:

- 1) Los emprendimientos susceptibles de generar ganancias sean gestionados por privados, en lo posible por los propietarios de edificios
- 2) Los museos, mercados artesanales y otros servicios que no se puedan establecer en forma privada sean de gestión estatal, ya sea municipal, ya provincial
- 3) Todos los servicios deberán encuadrarse dentro de normas una política común consensuada entre todos

2.4. Normas edilicias

Para que este programa de turismo cultural sea sostenible en el tiempo debe procurarse mantener las características urbanas de los distintos pueblos, evitando la destrucción patrimonial no sólo de los edificios sino del perfil al permitir construir sin un plan de protección, y regidos sólo por el criterio del provecho económico inmediato.

Por ello, se deberá:

- 1) En cada centro urbano gestionar normas edilicias y urbanísticas para mantener características urbanas adecuadas
- 2) Estudiar incentivos para los que respeten las normas y multas e impuestos para los que las violen

2.5. Formación de recursos humanos

Es un deber integrar en forma activa a la población local en un proyecto de esta naturaleza orientado a lograr su crecimiento económico, y sociocultural.

Para ello se organizarán:

- 1) Cursos de formación de recursos humanos en turismo, desde niveles gerenciales hasta el de personal de servicio
- 2) Cursos de formación de guías y de la población en general sobre historia, arte y artesanías de la región
- 3) Cursos de formación de mano de obra en construcción tradicional

3. GESTION

3.1. Criterios generales

El desarrollo y gestión del presente proyecto debe fundamentarse sobre criterios de sostenibilidad, con beneficios para todos los actores involucrados. Ellos, dentro de márgenes ecológicamente sustentables, deben permitir su viabilidad económica, la rentabilidad comercial, y generar la aceptación de las comunidades involucradas y su activa participación en las acciones que se desarrollen. Se procurará que la sociedad toda se involucre en la construcción dinámica del proyecto, particularmente en relación con tres factores de importancia: calidad en las prestaciones al turista, continuidad en la acción y equilibrio en la gestión del sistema. La plataforma de concertación tenderá a establecer mecanismos eficaces de cooperación en todos los niveles, tanto públicos como privados y en los de base comunitaria con acción pública.

El desarrollo de este tipo de turismo y - en general - su gestión integrada puede dar respuesta a necesidades de naturaleza económica, sociocultural con efectos de participación y cohesión de las diversas comunidades, beneficiando a las generaciones presentes sin detrimento de las posibilidades de las generaciones futuras.

3.2 El núcleo del problema

El Turismo Cultural es forma de turismo orientado al conocimiento y disfrute de distintos bienes de naturaleza cultural y sus paisajes circundantes, entre los que principalmente destacamos aquellos bienes patrimoniales muebles e inmuebles aptos para satisfacer a un turista moderno, dinámico, que desea disfrutar de la naturaleza, de nuevas experiencias culturales auténticas y disponibles de un modo accesible, y con efectos positivos en la tarea de su mantenimiento y protección con efectos beneficiosos para la población lugareña.

Desde una visión que privilegie el Patrimonio Cultural y Natural sobre otras consideraciones instrumentales, se exige la implementación de políticas de valoración y rescate con planificación, ordenamiento y evaluación permanente del impacto turístico y sus efectos medibles conforme el modelo de desarrollo que estemos aplicando. El patrimonio Cultural constituye un elemento fundamental, que el hombre podrá transformar en recurso turístico aplicando los medios técnicos, recursos humanos y financieros propios a su entorno cultural, político y social.

La valoración, rescate y puesta en valor de recursos pertenecientes al patrimonio cultural mueble e inmueble como expresión material del vasto campo perteneciente al intangible cultural, y su correlativo aprovechamiento simultáneo por la comunidad de origen de esos bienes y por un movimiento turístico ávido de nuevas experiencias y sensaciones fuera de su hábitat, es el eje de nuestro problema, así como el de interpretar y proponer un plan que movilice las potencialidades de las comunidades, la institucionalización de la gestión de sus recursos y la ineludible vinculación identitaria dentro de un orden por el que se integren los valores culturales en los objetivos sociales y económicos para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones receptoras, al mismo tiempo que preserve los recursos naturales y culturales, compatibilizando la capacidad de carga y la sensibilidad de un medio ambiente natural y cultural con la práctica turística.

3.3 Plan de gestión

Se propone la creación de una **Asociación Civil** (*“Asociación Civil Camino de La Greda”*) integrada – entre otros – por los titulares de dominio de aquellos bienes patrimoniales inmuebles, ejemplos de patrimonio cultural vernáculo susceptibles de ser restaurados y puestos en valor patrimonial con el propósito de su aprovechamiento para instalar en ellos museos de sitio, mercados artesanales, centros culturales y servicios de hotelería u hospedaje. También se propiciará la integración de otros agentes económicos y hacedores culturales.

Esta Asociación tendrá estatuto propio, personería jurídica para adquirir derechos y contraer obligaciones; reglamentará el tipo, calidad y precios de los servicios a brindar, controlará su cumplimiento, promoverá la integración de los distintas iniciativas en el marco de la noción y alcances de *circuito turístico* y capacitará a los pobladores interesados en insertarse en el esquema de prestación de los distintos servicios.

Será asistida por una **Comisión de Asesoramiento Técnico** integrada por representantes de los gobiernos municipales locales, de la Secretaría de Turismo, Secretaría de Cultura y de otros entes asociativos de 2do. o 3er. Grado. Se expresará por medio de recomendaciones las que por acuerdo previo y en referencia a determinadas temáticas o proyectos podrán tener carácter vinculante para la Asociación Civil.

La **Secretaría de Estado de Cultura de la Provincia de La Rioja** gestionará el financiamiento de proyectos de restauración de aquellos inmuebles de interés patrimonial, así previamente declarados - por procedimiento formal - de interés provincial o municipal. Avalará los contratos realizados entre la Asociación Civil “Camino de la Greda” y el/los titulares de dominio de tales bienes, y los convenios bilaterales o acuerdos de comodato y/o usufructo para su aprovechamiento propio o concesión a otras instituciones o personas físicas interesadas mediante acuerdos de integración trilateral de modo de garantizar con su participación la buena marcha de la gestión.

4. PRIMERAS INTERVENCIONES

4.1. Museo Arqueológico en Vinchina

A raíz de las gestiones del P. Luis Pradella, cura párroco de Vinchina, el Gobierno Provincial adquirió una casa para destinarla a museo y albergar la colección de piezas arqueológicas en poder de dicho sacerdote.

Se trata de una vivienda desarrollada en U alrededor de un patio trapezoidal con su correspondiente galería. En el ala del frente a la calle troncal de la ciudad, a la derecha del zaguán de acceso un local de 11,65 m por 4,35 que se destinará a sala de actos y conferencias. A la izquierda del zaguán hay dos salas de unos 6 m por 3,80. En las otras dos alas hay 8 habitaciones de menor tamaño.

Las tareas de reciclaje consisten en: **a)** se desmontó la cubierta y se la está reconstruyendo de acuerdo a los sistemas tradicionales de la región. Se utiliza la mayoría de los rollizos existentes, que se hallan en buenas condiciones, y sobre los rollizos se extiende una capa de cañizo y torta de barro. La cubierta se completa con una capa de suelocemento y una lechada de cal impermeabilizada con látices naturales en base a la maceración de pencas de tuna. **b)** se demolió un pórtico de hormigón que sostenía una parte de la galería, y que además se hallaba muy degradado, y se completa el tramo con pilares de adobe similares a los de las otras alas de la galería.

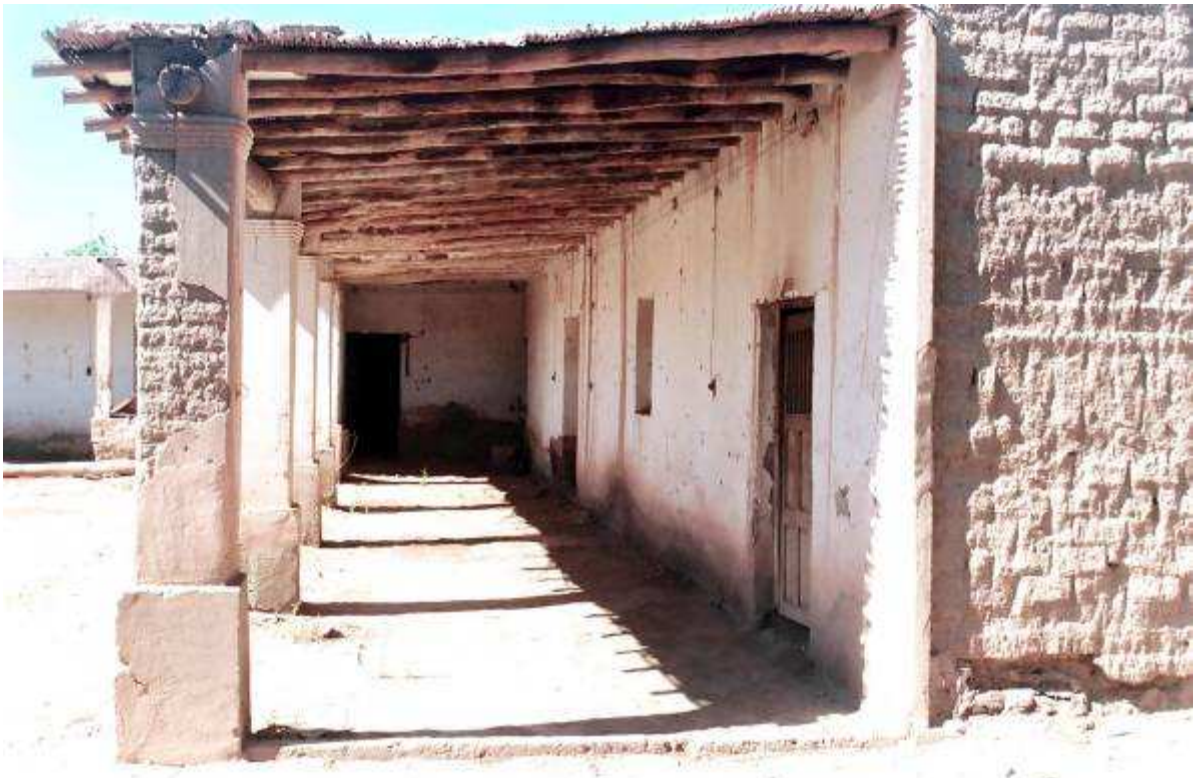


Figura 1 – Galería de la casa que albergará el Museo Arqueológico de Vinchina

Se abrieron vanos entre las diversas habitaciones a fin de vincularlas en un recorrido museístico más coherente, y se cerraron las puertas que comunicaban con el exterior para lograr la seguridad necesaria para el museo.

Finalmente se construirá una cuarta ala cerrando el patio cuadrangular, que contendrá los sanitarios un repositorio de piezas arqueológicas y un taller. Estimamos terminar las obras y habilitar el museo hacia mediados de septiembre.

Se restaurarán las puertas y ventanas originales, y, por razones de seguridad del museo se eliminarán las ventanas del ala lateral, de dimensiones no acordes con la construcción. Las ventanas originales cuentan con rejas de madera, habituales en las construcciones de fines del siglo XIX y principios del XX de la zona.

4.2. Casa Pazos

Se trata de un edificio de características singulares, ubicado sobre la calle troncal, a poca distancia del Museo Arqueológico.

Tiene tan solo 4 habitaciones ubicadas en dos alas unidas por una galería de 18 m de largo por 4 de ancho. Esta galería, que se abre a un jardín que la separa de la calle, está formada por 5 arcos de 3 m de luz, apoyados en pilares de 0,80 x 0,60.

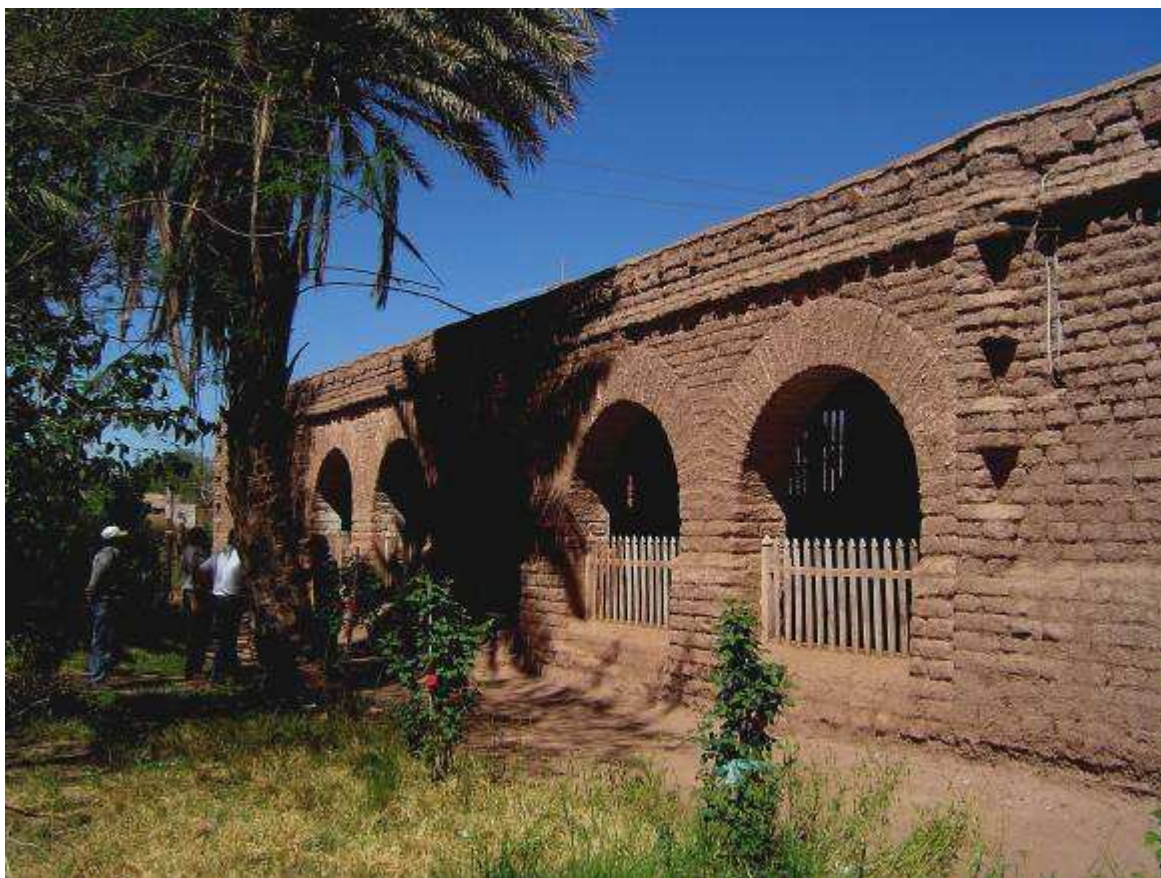


Figura 3 – Casa Pazos en Vinchina – vista exterior

El exterior de la casa no ha sido revocado, a pesar de lo cual la degradación de los adobes no es grande. Es importante preservar la imagen de la casa, por lo que sobre los paramentos exteriores se aplicará una mano de mortero de barro con hidrófugo natural a fin de cubrir los huecos más grandes, tratando de mantener vista la traba de los mampuestos.

Esta vivienda se destinará a albergar el Mercado Artesanal de la localidad, aprovechando la galería y el patio posterior a ella, utilizando las habitaciones para la administración del

mercado y los depósitos. Se colocará un solado de ladrillos a fin de evitar el riego diario del piso de tierra actual, que acarrea daños a los revoques interiores y a los mismos muros de adobe.



Figura 3 – Casa Pazos – Vinchina – Vista del interior de la galería-

Se completará el conjunto con un salón que albergará un taller escuela, para la producción y la formación de nuevos artesanos.

4.3. Iglesia de San Pedro en Alto Jagüé

Alto Jagüé es la última población en el camino a Chile. Se desarrolla, como Vinchina y otros poblados de la zona en forma lineal a lo largo del viejo camino. La vieja iglesia de San Pedro, construcción del siglo XIX, soportó el terremoto que en 1894 asoló la ciudad de La Rioja. La tradición dice que tuvieron que demoler la torre que había sufrido severos daños. En realidad por los muros del atrio abierto debía tratarse de una espadaña, ya que el muro de frente tiene un espesor de 1m20, mientras que los laterales tienen 0,60 m de espesor.

Durante el tercer tercio del siglo XX se construyó otra iglesia al lado, y se abandonó definitivamente el viejo templo, cuyos muros aún se mantienen en pie. Su techumbre y el cielorraso en forma de bóveda rebajada que cubría la nave, se mantuvieron hasta los primeros años de este siglo, cuando, al no recibir mantenimiento de ningún tipo, se derrumbaron.



Figura 4 – Iglesia de San Pedro de Alto Jagüé



Figura 5 – Arco frontal del atrio de la iglesia de Alto Jagüé

El edificio podría albergar un museo de sitio, o un salón comunitario, pero el párroco, Luis Pradella ha manifestado su intención de que vuelva a su función primitiva, dejando la nueva capilla como salón comunitario.

La Secretaría de Cultura está elaborando una propuesta para elevar al Obispado de La Rioja, por la cual se haría cargo de la restauración de este templo y de la reparación de la torre de la Iglesia de San Nicolás de Guandacol, a cambio de la cesión de un gran caserón adyacente a este último templo, hoy abandonado, a fin de convertirlo en alojamiento turístico.

4.4. Casa de Felipe Varela en Guandacol

El predio en que viviera el Coronel Felipe Varela, fue expropiado para restaurar la casa y hacer allí un museo de sitio que recordara la gesta del caudillo.

El predio tiene unos 27 m de frente sobre la calle principal de Guandacol y 125 metros de fondo. En la parte posterior del terreno la Municipalidad del Departamento tiene pensado construir la delegación municipal e instalar el corralón municipal del distrito, por lo cual el proyecto se ha limitado a tomar los primeros 50 m. del predio.

La casa está muy deteriorada, pero en base a fotografías de la primera mitad del siglo XX, los recuerdos de los más ancianos y los muros originales que aún se mantienen, puede encararse una reconstrucción de la misma, utilizando las técnicas y materiales tradicionales en la región. En el techo se utilizarán troncos de álamo sobre los que se colocarán haces de "lata", un arbusto de la región, atados con tiento, y cerrando los huecos que pudiera haber entre los haces se colocarán hojas de "cortadera". Luego una torta de barro con la cara superior bien alisada. Finalmente se dará una mano de lechada de cal impermeabilizada con el látex natural producto de la maceración de pencas de tuna.

El conjunto se completará con un salón comunitario, los sanitarios, la Dirección del museo y un escenario para utilizar el patio para recitales musicales. En esta parte de la obra se utilizarán pilares de suelocemento apisonado y muros de cerramiento de bloques prensados de suelocemento.

4.5. Casa Martínez

Esta vivienda conocida popularmente como "la casa del balcón", está ubicada en Vinchina en el extremo norte del poblado, a la salida hacia la Quebrada de la Troya y Alto Jagüé. Se trata de una gran casa desarrollada en dos alas que encierran un gran patio. El predio, de propiedad privada está alquilado a Vialidad Provincial, por lo que el deterioro producido por el uso de la misma es evidente. No obstante se mantiene en un relativo buen estado de conservación y existe un relevamiento realizado en la década del 70 por el arquitecto Pedro Canepuccia, por lo que se cuenta con suficientes datos para encarar su restauración con bastante fidelidad. En la esquina de la casa hay un mirador y los restos de un balcón de madera del cual deriva su nombre. En un tiempo funcionó en la casa las oficinas de la Aduana, y desde ese balcón se vigilaba la llegada de viajeros procedentes de Chile por la Quebrada de La Troya.

La provincia ha adquirido un predio para trasladar el obrador de Vialidad Provincial, por lo que en poco tiempo podrá encararse el convenio con los propietarios a fin de restaurar la casa y reciclarla para ser usada como alojamiento turístico, o bien como museo histórico regional.



Figura 6 – Casa Martínez, o “casa del balcón” en Vinchina

5. EVALUACION DEL CAMINO RECORRIDO

Cuando se planteó el tema del Museo Arqueológico de Vinchina, surgido fuera de nuestra órbita, nos pareció necesario aprovechar la oportunidad para incorporar la obra a nuestro proyecto. De esa forma podemos mostrar a la comunidad un modo de trabajo respetuoso de nuestro patrimonio. El ejemplo del nuevo Museo Arqueológico de Vinchina permitirá potenciar la consciencia de la sociedad en los temas de patrimonio, y con seguridad servirá de disparador de la oferta de otros bienes patrimoniales para ser integrados a este proyecto.

Hemos recibido ofertas de varios inmuebles que hoy se encuentran abandonados, pues sus propietarios residen en la capital provincial o en Chilecito. Esas viviendas están ubicadas en Alto Jagüé, Villa Unión y Los Palacios, y la intención de dichos propietarios es reciclar dichas viviendas como alojamientos turísticos.

En estos momentos nuestro equipo, al margen de los trabajos de restauración, reciclaje y puesta en valor de los edificios arriba descriptos, se está abocando a conformar la Asociación Civil y las normas generales que regirán los convenios a implementar. Todo ello sin descuidar la continuidad de las tareas ya en marcha, para aprovechar el interés que han generado estas acciones. Como en muchas otras cosas, entendemos que en este campo “se hace camino al andar”.

Orecchia, Luis Alfredo: arquitecto FAU-UBA - miembro de ProTierra – Docente de Historia del Arte y Estética en UNDeC (Chilecito) y en IFDAC prof. A. Crulcich (La Rioja) – Delegado de La Rioja de CNMMLH.

Pedro Contreras: Docente en IFDAC prof. A. Crulcich (La Rioja) en la carrera de Diseñador Gráfico – Cursa estudios de derecho en UNLaR – Asesor en asuntos legales de la Secretaría de Cultura de La Rioja.

Juan Zontenla: Arquitecto UNL –arquitecto de la Dirección de Patrimonio y Museos de la Secretaría de Cultura de La Rioja.

RESTAURACION DE CAPILLAS RURALES DEL DEPARTAMENTO IGLESIA PARA ITINERARIO TURÍSTICO.

María Rosa Planaⁱ –Mabel Fábrega,ⁱⁱ –Luis Alberto Orellano,ⁱⁱⁱ

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat- FAUD / UNSJ.

planamariarosa@gmail.com – mfabrega@farqui.unsj.edu.ar – luisorellano@gmail.com

Restauración - Capillas Rurales - Itinerario Turístico

RESUMEN

El departamento Iglesia es un valle ubicado al pie de la cordillera de Los Andes al norte de la provincia de San Juan que además de la villa cabecera lo componen un rosario de pequeños poblados distantes unos de otros, ubicados caprichosamente en el territorio y unidos entre sí por caminos, huellas y rutas.

La comunidad iglesiana como en la mayoría de las zonas rurales de nuestro país practica alguna manifestación religiosa lo que implica la existencia de capillas que datan de otras épocas y que en su mayoría han sido construidas con sistemas constructivos tradicionales y con materiales extraídos directamente de la naturaleza. Las capillas constituyen un rico patrimonio tangible que por falta de mantenimiento y por estar inmersas en un proceso de deterioro continuo, están en peligro de desaparecer. El patrimonio intangible contenido en esos espacios espiritualizados está relacionado con las devociones religiosas populares en torno a las advocaciones de vírgenes y santos que se exteriorizan en las festividades enriquecidas con actividades complementarias llenas de color, sentires y ritos que sobrepasan el umbral de la santidad para adentrarse en lo pagano. En sí, este patrimonio tangible e intangible le da identidad a estos pequeños asentamientos que en la actualidad es muy apetecido por los visitantes foráneos encuadrados en el turismo de fe.

Ante esta realidad debidamente estudiada y documentada, para el presente trabajo se propone elaborar un proyecto para la puesta en valor de las capillas a través de acciones de consolidación, remodelación rehabilitación o mantenimiento, según los casos y a la vez rescatar y revalorizar los sentimientos de fe arraigados en el corazón del pueblo de Iglesia y sus espacios rituales. El espacio físico de las capillas y las devociones constituyen hitos que están unidos por el itinerario de la fe contenido en una propuesta turística que revaloriza este patrimonio y posibilita actividades económicas rentables que mejoran la calidad de vida de esta comunidad.

INTRODUCCION

*La casa de Dios desde el principio de su soledad cósmica, el hombre ha sentido la profunda necesidad de seres protectores a quienes deben realizar sacrificios y ofrendas apaciguadoras. Cuando el dios tomaba cuerpo en una imagen, requería inmediatamente un espacio propio, un techo que lo albergaba y un altar para su adoración. Y el hombre que carecía de una imagen distinta a aquella a que estaba acostumbrado construye la casa de dios a imagen de la suya. En muchos casos la única diferencia entre el templo y la casa radica en que aquel es más grande, está aislado y ha sido trabajado con mayor esmero y dedicación. **Arq. Eduardo Sacriste***

*Siguiendo sus palabras, el patrimonio es aquello que nos recuerda y advierte y es justo allí donde tenemos que labrar memorias buscando cual fue el pensamiento primero que le dio materialidad y como fue que lo usaron y cuidaron. **Arq. Horacio Gnemmi***

La puesta en valor de las capillas rurales está asociada a la recuperación del edificio como elemento de conexión entre el pasado y las generaciones presentes. En el departamento Iglesia, las capillas, se destacan como testimonio vivo, ligado al espíritu de la región.

La necesidad de trabajar en la conservación de las capillas tiene su origen en el sentir de la comunidad que asiste cotidianamente imbuida de una profunda devoción siempre entorno a un edificio con carácter simbólico, que la contiene y presente en la memoria colectiva.

Las capillas permiten hacer una lectura analítica y se pueden detectar los cambios y permanencias tanto en lo edilicio como en las conductas de lo feligreses dado que los procesos culturales se apoyan en las manifestaciones auténticas populares alejadas de elaboraciones académicas. Este trabajo parte de dos conceptos fundamentales del patrimonio: el

tangible, los espacios espiritualizados que son las capillas, y **el intangible**, las devociones religiosas populares en torno a las advocaciones de la virgen o a santos que se realizan en las capillas y su entorno, estos dos conceptos ligados entre sí constituyen un aporte importante a la identidad de este poblado.

Al efecto, la carta del Patrimonio Vernáculo construido dice en el segundo y tercer párrafo de su introducción que el patrimonio tradicional o vernáculo construido es la expresión fundamental de la identidad de una comunidad, de sus relaciones con el territorio y al mismo tiempo, la expresión de la diversidad cultural del mundo.

Se sostiene la premisa que la restauración y puesta en valor debe hacerse con materiales autóctonos y con técnicas tradicionales.

La riqueza tipológica de los templos de Iglesia es interesante por su adaptación al territorio, clima, sus dimensiones, formas y relaciones espaciales. Ellos dan cuenta de los oficios religiosos, ritos y a condiciones socio-culturales de esas comunidades. Las capillas constituyen espacios públicos y privados que pertenecen a familias creyentes, son modestas y pequeñas y tanto unas como las otras necesitan de intervenciones para su conservación y de ese modo preservar sus materiales y su diseño vernáculo. Las comunidades carecen de recursos para su mantenimiento, por ello debería plantearse algún tipo de ayuda para la conservación.

Los espacios físicos a los que se refiere esta ponencia junto a las manifestaciones humanas constituyen un atractivo turístico al permitir trazar un itinerario de fe que une las festividades religiosas en el espacio pero no en el tiempo.

IGLESIA

El departamento Iglesia – San Juan – es un valle cordillerano que se caracteriza por la exuberancia de sus paisajes naturales cuya impronta contrasta con la modestia del patrimonio arquitectónico. Lo natural y lo antrópico interactúan, complementándose en una suerte de belleza apacible y rústica, conformando un ambiente que permite una percepción del todo, sin sobresalto, donde quizás el ojo no se detenga en ningún punto sino que solamente se de a la contemplación plácida.

Su población se encuentra agrupada en pequeños poblados rurales cuyas comunidades han sabido conservar espontáneamente su patrimonio, lo que se traduce en un valioso patrimonio tangible e intangible. Se destacan las prácticas religiosas heredadas de sus antepasados, llevadas a cabo en las respectivas capillas, estos edificios en esencia pertenecen a una arquitectura construida con el material más barato existente, la tierra, que combinada con troncos y ramas extraídos de la naturaleza, son trabajados de acuerdo a las costumbres y tradiciones.

TURISMO

El turismo cultural en el que se incluye el turismo de fe es un proceso social que tiene como elemento distintivo la referencia al conjunto de procesos simbólicos que se denominan cultura, así como a sus productos. El concepto de "lo cultural" está fuertemente vinculado a una idea de patrimonio, entendido este, como el uso o posesión de los bienes producidos como consecuencia de procesos sociales a través del tiempo,

El patrimonio histórico contenido en las capillas y sus respectivas manifestaciones religiosas puede constituir una importante fuente de beneficios para las comunidades rurales que estén involucradas en el turismo de fe. Dada su naturaleza plural y compleja, el turismo de fe sólo puede ser abordado como actividad transdisciplinaria, con diversas dimensiones a considerar, económico, social, cultural, científico, educativo y ético, para mencionar sólo algunos.

De este modo, la conjunción entre lo turístico y lo cultural implica crear espacios de interacción donde los turistas y las comunidades puedan dialogar respecto del universo de significaciones y concepciones del mundo de la cultura a la cual se acercan, y de las perspectivas que sus mutuas diferencias hacen posibles.

Se debe tener en cuenta que los espacios y construcciones religiosas que utiliza el turismo son frágiles y la mayoría de las veces están en constante degradación por su mal uso, es por ello, que el turismo debe ser sostenible y por su propia naturaleza, es una alternativa concreta para preservar el patrimonio.

Las capillas constituyen un patrimonio capaz de otorgar un marco inmejorable para proponer su revalorización y rescate a través de sus respectivas restauraciones y de un itinerario cultural que una a los pueblos y difunda sus culturas.

Esta riqueza cultural permite utilizar el turismo como herramienta válida para la conservación de su patrimonio integral.

PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LA ACCIÓN DE RESTAURAR

Se considera Restauración como palabra clave en este trabajo, entendiéndose como una operación especial de conservación que se realiza físicamente sobre el objeto cultural destinado a salvaguardar y prolongar su permanencia para transmitirla al futuro. Restaurar – restablecer – reparar poner nuevamente en su primitivo aspecto, “conjunto de operaciones llevadas a cabo para recuperar la imagen original de un edificio”. Los cuatro tipos de intervenciones físicas de restauración aceptados por la Carta de Venecia son: *Liberación*: eliminación de todo agregado que no tenga importancia cultural, histórica o social, que dificulte la unidad de lectura del bien, su interpretación o que afecte su estabilidad. *Consolidación*: incorporación de elementos a un bien cultural tendientes a evitar su destrucción parcial o total. *Reintegración*: restitución en su sitio original desmembradas de un objeto para asegurar su conservación. *Integración*: aportación de elementos claramente contemporáneos y visibles para asegurar la continuidad material del objeto y permitir su salvaguarda

EL Restauo Científico comprende un movimiento de los años 30, liderado por Gustavo Giovanonni, discípulo de Camilo Boito, creador de la escuela italiana de restauración. Para él, lo más importante era la documentación previa, los aspectos técnicos, las estructuras, el concepto espacial, el levantamiento de planos. Principio de mínima intervención y consolidación. Da importancia al entorno y anuncia concepto de *ambiente*.

El Restauo Crítico está comprendido en la escuela desarrollada en la segunda mitad del siglo XX, G. Pane, Renato Bonelli o C. Brandi, serán quienes hagan una revisión crítica del restauo científico, es criticado porque alegan que ve al edificio solo como museo, sin darle valor artístico. Dará cualidades artísticas a la obra de restauración en sí misma. El restaurador deberá: Individualizar valor del monumento (mediante acto crítico), Recuperar la verdadera obra de arte (unidad figurativa). Se admitirán pues la eliminación de añadidos, la posibilidad de nuevas intervenciones, respeto por añadidos, defensa de la intervención contemporánea, valoración de la estructura del monumento. Se permite el uso de las nuevas tecnologías. En el Restauo Crítico cada intervención constituye un caso en sí mismo no encuadrable en categorías.

Es un error estandarizar las intervenciones aplicando mecánicamente normas y procedimientos, se debe considerar caso por caso con la mayor profundidad posible.

En los años 70 se crea un nuevo movimiento el Restauo íntegro, también llamado conservativo, donde se considera al monumento atendiendo a su especificidad y su materialidad arquitectónica. Defiende la intervención mínima, con principios científicos.

Conceptualización del patrimonio intangible contenido en las capillas

La exteriorización de las devociones conforma un espacio espiritual con alguna riqueza física y gran carga de sentimientos, costumbres y tradiciones.

Las expresiones religiosas de mayor importancia que se producen en las capillas son las fiestas que se realizan en honor a un santo o una virgen en sus distintas advocaciones, cuyo valor va más allá que la manifestación de fe sino que adquiere una función superadora referida a la generación y reafirmación de identidades.

Constituyen un espacio privilegiado que opera como una condensación de componentes culturales, una carta de presentación del espacio local, sus tradiciones y costumbres asumidas

espontáneamente por sus protagonistas. Que bien pueden ser aprovechadas con fines turísticos respetuosos de su concepción original.

Las fiestas religiosas pertenecen al colectivo iglesiano, siguen siendo depositarias de la tradición y especialmente en este trabajo son consideradas como posible producto de exportación, esto es como un espectáculo que se ofrece a diversos públicos que en la actualidad excede al departamento y alcanza a la comunidades vecinas y de la capital como en ocasiones incluyen al público de otras provincias.

Son encuentros que están atesoradas en el imaginario de los pueblos e incluso en los departamentos vecinos, pueden ciertamente planificarse con la generación de nuevas formas de difusión para alcanzar nuevos públicos y que la vez funcionen como motores de otros atractivos turísticos que pueden sumarse a ellos y que existen en Iglesia como son la gastronomía, artesanías, sitios históricos y naturales entre otros.

El valor turístico está dado por la devoción popular -el sentimiento y la espiritualidad de los pobladores y la transmisión del significados a los visitantes-, la potencialidad - presenta características que resultan atractivas para el turismo- y la factibilidad -satisfacción de las expectativas del turista-.

UNIVERSO DE ANÁLISIS

Se parte de un universo en el cual están incluidas todas las capillas y sus festividades de la región andina. Una primera selección esta dada por la división política que corresponde al departamento Iglesia de la provincia de San Juan, dado en el marco geográfico en el que se desarrolla el trabajo de investigación del cual se extrae la presente ponencia.⁽¹⁾

LOCALIDADES	FESTIVIDAD RELIGIOSA	CARACTER	SITIO	FECHA
RODEO	Santo Domingo de Guzmán (patrono)	oratorio publico	Rodeo - Iglesia	agosto
	Virgen del Rosario (patrona)	oratorio publico	Las Flores - Iglesia	octubre
	Niño Jesús	oratorio familiar	El Llano - Capilla	enero
LAS FLORES	Virgen del Valle	oratorio familiar	El Llano - Capilla	diciembre
	Virgen del Carmen	oratorio familiar	Achango - Capilla	julio
	Virgen de Andacollo	oratorio familiar	Pismanta – Oratorio Flia Pinto	diciembre
	Virgen María Auxiliadora (patrona)	oratorio publico	Villa Iglesia - Iglesia	diciembre
VILLA IGLESIA	Virgen de Andacollo	oratorio familiar	Villa Iglesia – Oratorio Flia. Castro	enero
	Virgen de Andacollo	oratorio familiar	El Sauce – Oratorio Flia. Vega	enero
	San Antonio de Padua (patrono)	oratorio publico	Zonda - Capilla	junio
ZONDA	Virgen de Andacollo	oratorio familiar	Zonda – Oratorio Flia. Anes	enero
	Virgen de la Medalla Milagrosa	oratorio publico	Zonda - Loma	noviembre
BELLA VISTA	Virgen de la Paz	oratorio publico	Bella Vista - Iglesia	enero
ANGUALASTO	Virgen de Andacollo (patrona)	oratorio publico	Angualasto - Iglesia	diciembre
COLONGUIL	San Isidro Labrador (patrono)	oratorio publico	Colangüil - Iglesia	mayo
TUDCUM	San Roque (patrono)	oratorio publico	Tudcum - Iglesia	agosto
MALIMAN	San Antonio de Padua (patrono)	oratorio publico	Maliman - Iglesia	junio

Selección

Se han seleccionado las capillas y sus festividades que poseen representatividad en la comunidad y mantienen una participación activa y espontánea, conformando un significado simbólico que los caracteriza y los identifica como pueblo.

Esta decisión se fundamenta en que las elegidas constituyen un importante aporte a la identidad de estos pequeños asentamientos rurales. Son estos pobladores con sus sentires genuinos los que podrán trabajar por sus bienes patrimoniales cuando se incluyan en una propuesta turística y logren que les aporten una rentabilidad complementaria a sus magros ingresos.

Las capillas seleccionadas son la de la localidad Rodeo, con la veneración de Santo Domingo de Guzmán, Achango cuya patrona es la virgen del Carmen y Villa iglesia con la advocación de la Virgen del Rosario.

La antigüedad de estas construcción, acompañadas por la falta de mantenimiento, provoca el actual deterioro de las mismas, como todo objeto material está sujeto a la degradación e incluso a la destrucción, por el mal uso, paso del tiempo y fenómenos naturales. En los casos seleccionados para este trabajo no presentan desajustes importantes y son similares en las tres capillas.

EXPERIENCIA PRÁCTICA DE RESTAURACIÓN

En el presente caso, restaurar las capillas implica una acción directa en el edificio, requiere un compromiso teórico y técnico. La restauración siempre está precedida y acompañada de un estudio histórico del monumento.

A manera de síntesis se aplican los pasos que se realizan en las restauraciones

- 1 - investigación histórica
- 2 - relevamiento de los edificios
- 3 - informe patológico: identificación y análisis de las patologías, volcadas en fichas de desajustes
- 4- posibles soluciones a esos conflictos

Restauración de capillas

Capilla de Achango. Las Flores

Investigación histórica

La capilla de Achango tiene carácter privado, es una obra de carácter individual, suma de barro, carrizo, algarrobo y fe. Achango cuya etimología remite al concepto de "loma florida", está situada al este del departamento de Iglesia, se encuentra enclavada en plena cordillera sanjuanina, con una altitud media de 1600msnm. El clima se presenta con gran amplitud térmica, noches frías y días templados. La vegetación es muy pobre y el suelo esquelético.

Achango no es un pueblo en todo el sentido de la palabra, solo es un caserío rodeado de corrales liderado por la capilla y un cementerio. Las construcciones son de tierra con techo de caña y palos, con revoque y cobertura de techo de barro.

La capilla representa la concepción religiosa y la salvación el acercamiento a la divinidad, versus el caserío que representa lo terrenal. Existe una coherencia entre el paisaje y lo edificado dando al conjunto una percepción de unidad.

Capilla

La capilla, rural y familiar está ubicada en la cumbre de la loma. Es de planta sencilla, un rectángulo accedido por el frente y un campanario ciego. Estas capillas rurales con soluciones simples pero lógicas, combinan tres o cuatro volúmenes. Los muros son de adobe de 90cm. de espesor. El techo con pendiente a dos aguas, de madera de algarrobo, con enramada, y palos atados con tientos de cuero, cubierta de torta de barro, revoque muy grueso. El piso es de tierra apisonada con alfombras tejidas por las mujeres del pueblo.

Devoción- Celebración

Los pobladores de la zona veneran a la virgen del Carmen, patrona de Achango desde hace muchos años. La festividad comienza con la novena que se reza diariamente, el noveno día se realiza la fiesta propiamente dicha que consiste en peregrinar en procesión por la loma rezando el rosario. La imagen de la Virgen es adornada con flores y guirnalda coloridas, es cargada sobre los hombros de algunos hombres devotos en un parapeto especial que es

usado solo en esta ocasión. La virgen encabeza la procesión, la siguen los peregrinos a pié y finalmente cierran las filas los jinetes con sus caballos cargando banderas y estampas de la virgen, luego de hacer el recorrido la virgen es puesta en la capilla a un costado del altar. En este momento se celebra la misa, al concluir los promesantes se acercan a la imagen de la virgen de rodillas, otros la tocan, la besan, dejan flores o solamente oran.

Relevamiento



Informe patológico

Grietas y Fisuras

En los muros se visualizan fisuras verticales, y grietas producidas por las deformaciones de flexión y corte, que se supone fueron originadas por los momentos sísmicos por asentamiento de terreno o mala unión del muro.

Las acciones sísmicas, con resultados imprevisibles, llegan a generar movimientos dinámicos de vuelco, a esto debe sumarse la falla del suelo, denominado asiento diferencial, que genera sollicitaciones y consecuentes esfuerzos en las estructuras que también escapan a las leyes originalmente previstas, ocasionando daños importantes.

La lesión se presenta como una separación de los elementos que componen una unidad, y según la importancia de su dimensión puede ser calificada como grieta, cuando la separación es total, y fisura cuando la separación es superficial.

En este caso en particular la grieta se encuentra en la unión del muro oeste y sur, generando una situación de riesgo para el edificio.

Posibles soluciones, Reparaciones: esta lesión mecánica es la más importante manifestada habiendo sido arreglada hace unos años y ha vuelto a perder el monolitismo del muro, el que se podrá reconstruir, después de realizar los estudios correspondientes de la siguiente manera

Realizar un estudio del suelo. El conocimiento de las características del suelo de fundación es básico para la determinación y verificación de las causas de patologías graves que poseen los muros. Es necesario conocer la capacidad portante y determinar la composición química del mismo, para ello debe explorarse y el método más simple consiste en cavar pozos o zanjas en cuyas paredes (alguien especializado) puede observar la estratigrafía del suelo y si es necesario obtener muestras para realizar los ensayos que se requieran.

Según el resultado de la verificación se procederá a la reparación de la misma definiendo los criterios adecuados que se consideren mejores según el caso.

Colocar tutores para medir en el tiempo si continúa el espesor de la grieta, si se abre o se estanca.

Las posibles soluciones para intervenir las cimentaciones según su afectación pueden ser por intermedio de una submuración, por medio de drenaje de cimientos o por medio de una impermeabilización continua.

Con este estudio se obtendrán la descripción y clasificación de los diferentes tipos de suelo y las profundidades correspondientes. Profundidad de la napa freática y otras observaciones que puedan ser de interés.

Grieta: Se deberá apuntalar el techo, desarmar el muro rescatando los adobes, y volver armar, anclando la esquina del muro con trabas y reforzar con contrafuertes.

Fisuras: Remover el revoque que rodea las fisuras. Ampliar la superficie de la fisura retirando el material suelto y las sales unos centímetros de cada lado de la abertura real y en forma irregular, para conseguir buena adhesión con el material a colocar. Chicotear la zona afectada con agua de cal y rellenar con suelo cemento.

Capilla San Antonio de Guzmán. Rodeo

Investigación histórica. Informante: Melisa Cortés de Aguilera- Enfermera- 70 años.

La capilla data de 1860, según un estudio científico dicen que el adobe está hecho con sangre y bazofia de los animales. Se mezcla agua, tierra y estos elementos luego se lo deja fermentar, este procedimiento le proporciona dureza, resistencia e impermeabilidad se presume que por ello se ha conservado en forma intacta a través de tantos años.

La primera imagen que tuvo la capilla fue un cuadro pintado por un señor de apellido Yáñez, oriundo de Copiapó- Chile-. Este cuadro aún se conserva permaneciendo en la casa del sacerdote.

La imagen que se venera en la actualidad fue traída de Perú alrededor de 1870. Es una imagen de vestir y al igual que la de la virgen es de madera de naranjo tallada- (Libros del arzobispado). La fiesta se lleva a cabo el 8 de agosto.

La expresión religiosa de esta localidad es la fiesta que se realiza en honor al Santo patrono que es Santo Domingo de Guzmán cuyo valor va más allá que la manifestación de fe sino que adquiere una función superadora referida a la generación y reafirmación de identidades. Esta fiesta es una expresión externa de su forma de sentir y posee una función integradora al actuar como mecanismo de identificación de la colectividad y está relacionada con la capilla del mismo nombre .Se realiza la novena y procesión. Al finalizar se realiza una fiesta social.

Relevamiento



Informe patológico- Identificación de Lesiones

Los muros de material crudo (adobe) sin revoque, como son los muros norte oeste y sur, sin protección denotan la acción de agentes atmosféricos sobre la superficie expuesta.

Suciedad por depósito: los agentes de ensuciamiento por acumulación de partículas de origen natural.

Humedad por filtraciones. En una parte de la cubierta se ven algunas filtraciones en la zona de desagües debido al mal funcionamiento de éstos. Este fenómeno es producido por el escurrimiento por gravedad del agua de lluvia sobre los paramentos verticales, filtrándose en los mismos. Este escurrimiento, en general, se debe a la obstrucción o destrucción de

los elementos de desagüe, razón por la cual no evacua rápidamente el agua de lluvia produciendo el deterioro de la cubierta del techo y de los elementos verticales (pared).

La manifestación visible de esta patología se encuentra en la parte superior de los muros, y en el techo en puntos que coinciden con la ubicación de los elementos de las gárgolas; el deterioro producido en el techo es la acumulación de agua en los puntos de desagüe debilitando la cubierta y dañando la caña; en los muros se ha producido el desprendimiento del revoque, se ha socavado el adobe y se ha manchado la pared.

En el exterior, las chorreaduras se repiten en varios sectores. En estos casos la humedad se ha producido porque la cubierta de barro, "torta", con el tiempo (salitre, temperatura, agua) se resquebraja dejando entrar por las fisuras el agua de lluvia comenzándose a pudrir las cañas y los rollizos produciendo estas chorreaduras difíciles de erradicar.

Posibles soluciones

Humedad por filtración: Retirar las capas de barro sacando todo lo flojo y reseco dejando las cañas al aire. Para la reparación de la cubierta se recomienda usar materiales muy livianos para que los muros sin condiciones de sismicidad puedan soportar de mejor manera el peso que descansa sobre el. Se podrá realizar colocando arriba de las cañas polietileno expandido, desintegrado, la capa de barro y arriba membrana asfáltica de 5mm de espesor. Limpiar las chorreaduras del interior y revocar los muros descubiertos.

Iglesia de la Inmaculada Concepción. Villa Iglesia

Investigación histórica

De tipología colonial muy temprana, apreciable en toda la arquitectura religiosa de la zona, presenta un ámbito único rectangular y de techo apuntado que constituye la nave, a la cual se adosa una torre campanario, en este caso a la derecha. La fachada es de carácter neoclásico por el énfasis con que se subraya el frontón, esta particularidad se debe a la presencia de la mano italiana a finales del siglo XIX y principio del XX, que construyó el edificio después del terremoto del 27 de octubre de 1894.

Lo importante a destacar en su construcción, es su techo apuntado, realizado con madera del lugar, en las cabriadas se visualizan las huellas de la herramienta utilizada para escuadrar los elementos que componen la misma, el hacha. El altar, un retablo de madera, ha pertenecido algún templo de la ciudad de San Juan que sufrió el terremoto de 1944 y luego trasladada al lugar.

Relevamiento



Informe patológico

Humedad por capilaridad

Se denomina humedad por capilaridad al fenómeno de ascensión del agua del suelo y subsuelo a través de los conductos capilares de materiales porosos.

Los suelos con napas freáticas que contienen abundante sales se movilizan a través de los capilares que las vehiculizan a las capas superficiales donde cristalizan. Este fenómeno se

asocia con la erosión por acción eólica y acelera la evaporación produciendo el deterioro de los distintos materiales por corrosión.

Esta patología es visible en la parte inferior de todos los muros, tanto en el exterior como en el interior, el degrado se manifiesta con la caída del revoque y la erosión del mampuesto que se disgrega de a poco hasta formar socavones. Esto es muy común en muros de adobe sin sobrecimiento y sin zócalo. El cambio al piso actual (impermeable) ha ocasionado la concentración del accionar de los agentes salinos del suelo sobre los muros de cierre.

Los revoques denotan mucha humedad y salinidad, un notable deterioro en la zona inferior por encima del nivel de fundación por el terreno salino y humedad tanto en el exterior como en el interior

Posibles soluciones

Para comenzar con las tareas de reparación de esta patología es necesario eliminar la causa que la provoca, en tal sentido se debe retirar el revoque de erosionado que se encuentre suelto y despegado del muro por encima de la superficie húmeda.

En este punto es necesario un tiempo prudente de espera para que el agua que contiene la pared se evapore naturalmente. Si bien existen métodos artificiales, es preferible el secado natural porque disminuye el aporte de sales a la superficie (el agua que contiene dióxido de carbono libre, combinado con la cal forma bicarbonato de calcio soluble que es arrastrado a la superficie), causante de la disgregación de los revoques y la aparición de florescencias (a mayor velocidad de evaporación, mayor cantidad de sales están transportadas a la superficie).

Reparación del adobe erosionado.

Las intervenciones utilizando materiales similares a los originales tomados del lugar es una actitud auténtica y razonable. Existen distintas alternativas posibles, la elección dependerá de las dimensiones del área a restaurar. Se rellenarán con el amasado del barro que deberá: Usar los mismos ingredientes del adobe tradicional, una generosa cantidad de cal, aplicar el amasado con las manos, montar ramas finas (sin hojas) sobre el perchero separador de la pared erosionada. Una vez engrosado el muro: dejar secar, con una regla emparejar la superficie, sacando el material sobrante, marcar las juntas en relación a las demás, consolidar el conjunto utilizando agua de cal (las viejas y las reconstruidas).

CONCLUSIÓN

El planteo de este itinerario cultural que rescata y revaloriza las devociones, del patrimonio intangible contenido en la expresión de fe, y sus espacios rituales, las capillas rurales y el paisaje que los rodea, propone un recorrido que respeta las fechas y las características de las manifestaciones religiosas y genera una oferta incluida en el turismo de fe.

La ruta de la fe o itinerario cultural religioso se forma como un hilo conductor que une las manifestaciones religiosas, da paso a una espiritualidad regional y queda conectada espacialmente hacia al oeste con Chile, al norte con Perú uniendo pueblos y devociones cordilleranos del norte argentino.

La devoción es una manifestación de fe y caridad, un rasgo cultural de los pueblos que no puede perderse, es signo de vitalidad e identidad.

Es un desafío continuar estudiando y trabajando las diversas festividades que se realizan en los pueblos rurales acostados a lo largo del cordón andino. Cumplimentar este objetivo es pensar en unir lugares y sentires, para conformar una espiritualidad local, regional y finalmente Hispanoamérica.

BIBLIOGRAFÍA

DACHARY Alfredo Cesar y otros. Turismo Rural y economía local. Universidad de Guadalajara y Universidad Nacional del Litoral. México. 2003.

DE PAULA, Alberto. Ponencia La esencia social de la cultura y el patrimonio. Autenticidad = identidad. Actas del VIII Congreso de Rehabilitación del patrimonio Arquitectónico y Edificación. Dimensión Social del Patrimonio. Salta Argentina 2006

EROSTARBE, Juan Mariel y otros. "Achango". Universidad Nacional de San Juan. FFHA. UNSJ. San Juan. Argentina. 1983.

FÁBREGA Mabel. VEGA Liliana. BLASCO Irene. Conservación del patrimonio vernáculo de pequeñas comunidades rurales en zona árida sísmicas-. Congreso Internacional de Arquitectura Vernácula. Sevilla. España- Octubre de 2005.

FERNANDEZ BOAN Alicia, ALFARO Alberto. Principios y técnicas de Conservación. Patrimonio Arquitectónico Argentino 1850-1950. Buenos Aires 2008

GORDILLO Sandra y otros. Fragmentos para una identidad. Actitudes para afrontar la crisis ambiental y valorar el patrimonio. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2003.

GUAYCOCHEA DE ONOFRI, Rosa T. "ACHANGO. La arquitectura en el Departamento de Iglesia (San Juan). La Capilla de Achango". En: Revista Nº7. Documentos de arquitectura nacional y americana. Departamento de Historia de la Arquitectura. FAU / Nordeste. Argentina. 1973.

ICOMOS. Carta del Patrimonio Vernáculo construido. México. 1999

KIRBUS, Federico B. Un viaje a los ritos del Noroeste, Capuz Varela Editores. Verona Italia. 1997

MORENO Carlos. De las viejas tapias y ladrillos. Españoles y criollos, largas historias de amores y desamores. Icomos Comité Argentino. Argentina. 1995

PLANA María Rosa FÁBREGA Mabel, El patrimonio cultural y natural del departamento Iglesia como elemento articulador para el desarrollo local. Proyecto de Investigación. CICITCA- UNSJ - 2006-2007

UNESCO. Documento de Nara sobre Autenticidad. Tailandia. 1994

NOTAS

(1) **Planificación de proyectos culturales para la puesta en valor del patrimonio del departamento Iglesia.** IRPHa (Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat) - GHIAR (Gabinete de Historia de la Arquitectura)- FAUD. Mayo del 2008 a abril 2010.

ⁱ **Plana**, María Rosa. Master en Conservación, Rehabilitación, Reciclaje, Mantenimiento y Restauración del Patrimonio Edificado. Arquitecta. Docente e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Delegada de la Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares históricos por la Provincia de San Juan.

ⁱⁱ **Fabrega**, Mabel. Especialista en Educación Universitaria. Licenciada en Ciencias de la Comunicación. Docente e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan.

ⁱⁱⁱ **Orellano**, Luis Alberto. Arquitecto. Docente, Investigador y Extensionista de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Asesor de la Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares Históricos por la Provincia de San Juan.

PUESTA EN VALOR DE FACHADAS EN YAVI, JUJUY

Adolfo Rodrigo Ramos¹; Inés Pemberton²

¹ Centro de Estudios Indígenas y Coloniales (CEIC / FHyCS / UNJu)

² Secretaría de Turismo y Cultura de la Provincia de Jujuy

Palabras clave: Investigación-Gestión-Patrimonio

RESUMEN

Se presentan resultados de la intervención en 14 viviendas del pueblo de Yavi, Jujuy, durante el año 2007, como resultado de una gestión conjunta de Provincia y Nación con colaboración del Municipio, en el marco del Plan Nacional de Inversiones Turísticas previsto en Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2006 – 2016 (PFETS), que contempla aportes conjuntos provinciales y nacionales.

El pueblo de Yavi es Lugar Histórico (decreto PEN 370/75) y se documenta su existencia desde fines del siglo XVII. Además es Patrimonio Vernáculo Construido, expresión genuina de la vida en la puna. El proceso de deterioro que ataca a las viviendas deshabitadas desde hace muchos años, proceso desfavorecido con la llegada del tren a La Quiaca y la posterior migración hacia las ciudades, hacía peligrar el mantenimiento de las mismas, presentando numerosas estructuras inestables. Se planteó la necesidad de realizar una acción conjunta de mantenimiento preventivo en las viviendas todavía habitadas y en pie.

Para la confección del anteproyecto se empleó la investigación y relevamiento previo de uno de los autores (Ramos 2004), y de estudios antropológicos y arqueológicos de investigadores locales (Echenique 1994). Con esta base, la provincia a través de otro de los autores (Pemberton) pudo completar con eficacia el exigente proceso de selección al que fue sometido junto a otros anteproyectos de todo el país y de la misma provincia. Una vez obtenida la aprobación se elaboró el proyecto ejecutivo. Se seleccionaron las viviendas a intervenir sobre la base de su importancia paisajística, simbólica y referencial para los habitantes del pueblo, cuyos ocupantes además se comprometieron por escrito al posterior mantenimiento y uso del bien refaccionado.

Se reunió a un grupo de obreros locales para la transferencia mutua entre los mismos y los profesionales en lo referente a las técnicas tradicionales de construcción con tierra, sus artesanías asociadas y el uso de materiales locales, y se organizaron cuadrillas para ejecutar la obra en 12 meses. Las tareas se realizaron contra las inclemencias climáticas, la disponibilidad de los materiales, y las dificultades administrativas de encuadrar en los parámetros de una obra civil convencional, además de la distancia de Yavi, a más de 300 km de San Salvador de Jujuy y a 3400 msnm.

Al cumplirse un año de la inauguración en octubre de 2008 se evaluó el comportamiento de la intervención realizada y se observaron patrones de deterioros en el conjunto, los que son considerados en la ejecución de la segunda etapa del proyecto, actualmente en marcha. Además la valorización del trabajo conjunto y la utilización de técnicas locales coherentes con el clima puneño generó réplicas ya que nuevos emprendimientos privados y públicos han sido influenciados por esta intervención, y se ha introducido una reflexión en sus pobladores sobre la construcción con tierra como alternativa viable de confort y distinción social.

Actualmente se confeccionan cartillas de recomendaciones técnicas para que los ocupantes puedan reconocer deterioros típicos en sus viviendas y realizar sencillas tareas de mantenimiento que previenen contra deterioros mayores o patologías constructivas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

El objetivo principal de la intervención realizada es la revalorización del patrimonio arquitectónico del Pueblo de Yavi, a través de la puesta en valor de las fachadas y cubiertas de las construcciones más representativas del pueblo. Había diversos propósitos con esta intervención:

- impactar en la valoración del habitante local respecto de su pueblo, desde el punto de vista material de sus construcciones, y desde el punto de vista cultural de las prácticas constructivas y/o artesanales, heredadas de sus antepasados.

- provocar el interés de los vecinos por recuperar y valorar sus viviendas (acciones réplicas) e intentar encauzar las construcciones privadas con idéntico objetivo al principal.
- incentivar a los vecinos y a la Comisión Municipal a establecer una normativa local para preservar el valor patrimonial del Pueblo de Yavi.

1. 2. El paisaje de Yavi

Yavi se encuentra al norte de la provincia de Jujuy, a 5 km de la frontera con la provincia de Tarija, Bolivia. El pueblo está emplazado sobre una terraza inclinada hacia el noroeste de aproximadamente 1,5 km de largo. Está protegida hacia el noroeste por una formación denominada "Cerro Largo" (ver figura 1). Hacia el sur se encuentra reparada por el mismo desnivel de la terraza inclinada, mientras que hacia el noreste está limitada por la altiplanicie denominada "terrazza alta". La altura del pueblo sobre el nivel del mar es aproximadamente 3400 metros mientras que las terrazas circundantes están 100-150 metros más arriba. El lugar es un valle alargado en sentido suroeste-noreste siguiendo el curso del río Yavi. Según la clasificación climática de Köppen (Buitrago 2000, 44) el pueblo se encuentra dentro del grupo climático BSK, caracterizado por clima seco de escasas precipitaciones (alrededor de 300 mm anuales), vegetación esteparia de tipo xerofítica (es decir adaptada a las condiciones de aridez y con mecanismos propios para minimizar la pérdida de agua) e inviernos muy fríos (mínima media de julio -7,9 °C).



Figura 1. Imagen del acceso actual al pueblo por el puente. Al centro de la imagen se observa el antiguo acceso que llega atrás de la iglesia, delimitado por pircas

Si bien esta es una clasificación general del clima de algunas localidades como Yavi, Santa Catalina, Volcán o Iturbe, podemos agregar como características particulares de Yavi las intensas lluvias y granizadas estivales de los últimos años¹ (Vorano et.al.2002, 16). También es característica la diferencia de temperatura entre las superficies expuestas al sol (40-45 °C) y las que se encuentran en sombra (30°C), lo que produce una diferencia de 15 °C entre ambas situaciones coexistentes en un mismo muro o elemento constructivo². También existe una variación de temperatura entre los registros del aire y del suelo, con una diferencia aproximada de 1 a 5°C a favor del primero, en verano; y de 1,5 a 15 °C en invierno.

1.3. Yavi como patrimonio

El pueblo de Yavi, es decir el ejido con un grupo de “casas hechas de barro seco” (Von Rosen, 2001: 210) son Lugar Histórico Nacional (decreto PEN 370/75). La iglesia San Francisco de Yavi es Monumento Histórico Nacional (decreto PEN 95687/41) y la Casa-Hacienda del Marqués es Monumento Histórico Nacional (Ley 25450/ 2001).

La declaratoria del pueblo de Yavi estuvo fundamentada sobretudo en el “importante atractivo por sus características histórico-arquitectónicas, así como también es de urgente necesidad su conservación y restauración [además de ser] localidad elegida como punto de partida para el plan de expansión turística [y] posee los atributos típicos de una cultura heredada de la más pura esencia hispánica” (cfr. Dec.PEN 370/75).

El poblado que persiste hasta nuestros días se documenta a partir del año 1667 (Nicolini et al, 1978: 104), con la existencia de la capilla de Rosario y San Francisco en el pueblo de Yavi, sede de la Hacienda San Francisco, propiedad de Don Pablo Bernárdez de Ovando, a su vez Encomendero de Cochinoca y Casabindo. El poblamiento campesino en torno de la capilla genera rápidamente el pueblito de Yavi (Santamaría, 2001: 179). El origen del mismo se situaría dentro del período denominado “de conquista y colonización” (Cruz 2006, 12) y su consolidación dentro del período “del Pleno Antiguo Régimen” (Cruz, op.cit.) que para la región significaría la consolidación de los circuitos mercantiles y el auge económico de la minería altoperuano, esquema dentro del cual Yavi ocupó un lugar muy importante como una de las sedes del Marquesado de Yavi-Tojo.

Este pueblito, caserío o bohío, seguramente construido por originarios de la zona para su congregación y servicio doméstico en torno al Marqués, posee un trazado regular a pesar del relieve. En las construcciones actuales hay algunas particularmente más altas que otras, algo desproporcionadas para el pueblo, tanto en elevación como en planta, sobretudo en relación con el ancho de algunas calles. Esto nos permite advertir un proceso de asimilación o imitación (Nicolini, 1993) a un modelo o tipo de casa a patios, para la construcción de las viviendas de originarios, que comenzó en los tiempos de la colonia y continuó hasta mediados del siglo XX. Estas altas casas le otorgan una linealidad a los recorridos, solo alterados en torno a la plaza y la iglesia donde hay una percepción más amplia aunque con escala de pueblo. Las viviendas poseen patios muy amplios participando del paisaje privadamente debido a la pendiente del terreno.

Pero, ¿este conjunto derruido desde 1950, tenía valor patrimonial? ¿Es decir valor patrimonial de primer nivel, como el de su iglesia? ¿Si el pueblo se destruía y se abandonaba, daba igual construir uno nuevo, turístico, con originarios “importados”?

Decididamente, para quien todavía dude, si. Este conjunto representa el llamado Patrimonio Vernáculo Construido, la expresión fundamental de la identidad de una comunidad, de sus relaciones con el territorio y al mismo tiempo, la expresión de la diversidad cultural del mundo. 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 (CIAV, 1996: 1).

Fuera del ejido del pueblo existen otras localidades de patrón aglomerado y disperso (Echenique, 1995: 75-77) como San José, Aguas de Castilla y Casti, situación que presenta a Yavi como una población de influencia micro regional (Rotondaro et. al., 1989: 21), es decir un núcleo de servicios públicos y actos ceremoniales o religiosos para las localidades vecinas.

1.4. La cultura del lugar

Yavi es, como otros pueblos de la puna, un poblado construido para la reducción de originarios. La tierra integraría, junto a la piedra y la madera, el repertorio de materiales conocidos por ellos, aunque no se podría afirmar lo mismo de las técnicas para trabajarla, que probablemente aprendieron de los españoles. En Yavi se emplea tierra en los muros, en los pisos, en los revoques y en los techos. Se la trabaja en forma de adobe, de torta vertida sobre los techos, como capa apisonada para los pisos, y como mortero de amase en los revoques. Esto requiere diversas formas de trabajar un mismo material, la tierra. Como no

se poseen otros aditivos más que los naturales, como fue desde el tiempo de la colonia, se emplea lo que se consigue en el lugar, sea greda, arena, tierra de laderas, paja, fibras vegetales (totorá o guaya), estiércol de caballo o de burro, sol y agua. Con la graduación ajustada de cada uno de estos elementos se consigue dotar al material de diferentes propiedades en el momento de prepararlo, trabajarlo, colocarlo y mantenerlo.

Por supuesto que el tiempo es un componente fundamental que no se mezquinaba en la preparación de los materiales. Sin duda tiene una influencia importante a la hora del comportamiento de los mismos en la construcción.

Para cada preparación existen técnicas distintas que son conocidas por los originarios y foráneos, que han sido registradas y documentadas en numerosas publicaciones (Viñuales et.al.2003). Pero estas técnicas descansan en las cualidades organolépticas del operario que en un proceso empírico incesante prueba y mejora cada vez la técnica en relación con su sencillez y racionalidad.



A estas técnicas de tierra confluyen otras prácticas artesanales como el tejido de fibras animales o vegetales, los conocimientos de carpintería, el teñido de la lana y la pintura, y con ellas toda su carga imaginativa y práctica que le introduce a la construcción con tierra una multiplicidad de valores agregados culturales. A este proceso nos referimos cuando hablamos de patrimonio construido en tierra, de tradición constructiva y patrimonio vivo (ver figura 2).

Conociendo esto, o reaprendiéndolo por parte de quienes somos de la zona, conocemos a la tierra no como un "objeto vacío", envase resignado de aquellos que no pueden acceder a otros materiales, sino como necesidad inseparable de las posibilidades de expresarse cultural y económicamente, alcanzando una dignidad y confort bien entendido.

Figura 2. Imagen de Don Julián Anco, tejedor, trabajando en su telar en una de las viviendas intervenidas

Estas consideraciones son las que se hicieron para formular este proyecto y luego se propuso emplear en la ejecución del mismo.

2. INVESTIGACIÓN PREVIA. LA GESTIÓN

2.1. La situación antes de la intervención

Como antecedente directo se mencionan la restauración del molino del pueblo y su predio, la recuperación de un ala de la Casa Hacienda para Museo Local, y la ampliación del Museo de Yavi Chico, por parte de la Coordinación de Museos de la Secretaría de Turismo y Cultura de Jujuy en 2006. Y desde el punto de vista teórico encontramos además de los trabajos científicos (Echenique 1994, Kulemeyer 1988, y Kulemeyer 1995), un documento inédito elaborado por uno de los autores (Ramos 2004). Este trabajo contiene un relevamiento de la planta actual del pueblo, además de la clasificación según el grado de deterioro por parcelas (ver Figura 3) y un análisis pormenorizado de las patologías más comunes en las construcciones del pueblo. También se incluye un monitoreo y ensayos físico-químicos de los materiales constituyentes de algunas viviendas del pueblo. Se finaliza con una propuesta de intervención general y específica según una selección de parcelas de acuerdo al grado de deterioro y representatividad en la trama poblana.

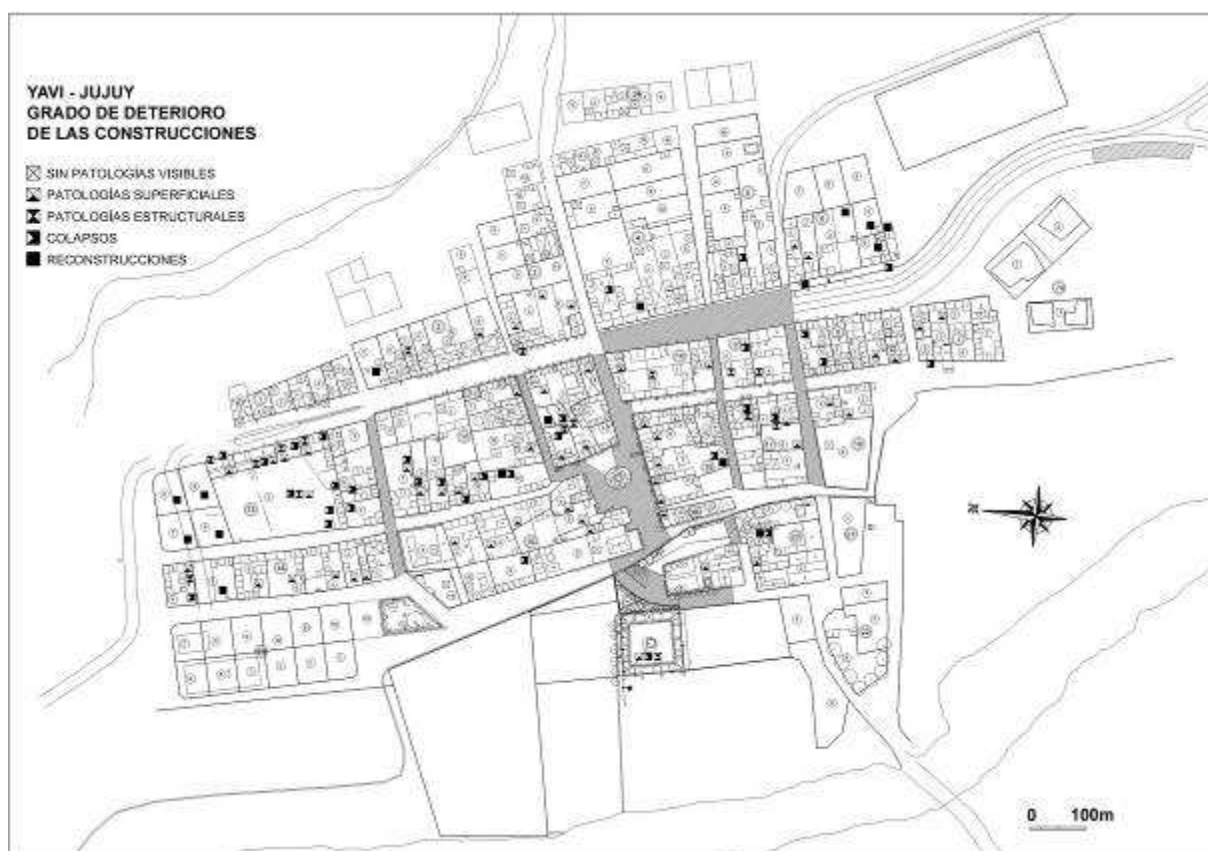


Figura 3. Plano de deterioro de las construcciones en todas las parcelas del pueblo

En cuanto a los materiales relevados en las 155 parcelas del pueblo se señalan los porcentajes incipientes de materiales ajenos a las técnicas constructivas propias de la tierra. Esto significa que la chapa de zinc para cubiertas se emplea ligeramente en segundo plano respecto a la torta de barro aunque la percepción nos presenta un gran impacto visual magnificado por el brillo característico de la misma.

Sobre las patologías constructivas monitoreadas, destaca la variedad de las mismas. Esta diversidad se correlaciona con la presencia de materiales ajenos a la tecnología de la tierra, en aquellas construcciones renovadas o reconstruidas con estos materiales. En otras viviendas construidas con técnicas tradicionales es mayor la frecuencia de las patologías asociadas al envejecimiento de los edificios, mientras que su variedad de tipos patológicos desciende en número. Las construcciones de tierra cruda que no han recibido

Figura 4. Patrones de comportamiento en una vivienda representativa de Yavi. Se describen aleros, muros y revoques, cielorrasos, cubiertas, zócalos y cimientos.

2.2. El desarrollo para la explotación turística, impulso del programa en los 3 niveles

En el contexto del Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2016 (PFETS 2016) llevado a cabo por la Secretaría de Turismo de la Nación, Yavi se encuentra comprendido en diversas directrices turísticas:

A nivel nacional

Circuito transfronterizo La Quiaca-Bolivia

- el corredor central del norte del cual es cabecera en el límite nacional, al este de La Quiaca;
- el corredor de la Puna; Área Pueblos Andinos de Salta y Jujuy;
- posee estrecha relación con el corredor de las Yungas y podría articularse además con el proyecto de Bolivia, Área del Marquesado de Tojo-Yavi.

A nivel provincial

- se articula con la estrategia de *Intervenciones para la revalorización y conservación del patrimonio turístico natural y cultural*. Se inserta en el área programática de puesta en valor de los recursos patrimoniales culturales (tangibles e intangibles) y las culturas vivas.

Programa de Conservación del patrimonio edificado; Recuperación de los cascos históricos; Programa de conservación y puesta en valor del paisaje y los recursos patrimoniales naturales;

- Programa de integración de la región Norte Argentino y su organización, con los proyectos específicos de Red de Municipios turísticos.

- Programa de mejora, consolidación, diversificación y desarrollo de la oferta turística tradicional y complementaria; con los proyectos específicos de Red de Turismo Cultural del Norte;

- Promoción de Circuitos turísticos integrados (circuitos arqueológicos, ruta geológico-minera.); Turismo de Áreas protegidas / Sitios arqueológicos/;

- Proyecto de mejora de la infraestructura básica y de los servicios públicos. Señalización / Redes viales.

- Programa de capacitación en Turismo de la Secretaría de turismo y Cultura. Abarca todas las áreas de la actividad: Informantes Turísticos, Gestión Hotelera, Policía Turística, Emprendimientos Turísticos, **Protección del Patrimonio**⁴, Turismo Rural, Gestión de Restaurantes, Mozos, Recepcionistas, Ayudantes de Cocina, Formación de Formadores y Mucamas; Seminarios para Estudiantes de Planificación del Turismo, Marketing Turístico, Formulación de Proyectos Turísticos, y Turismo Sustentable.

A nivel local

- Programa de revalorización de fachadas y construcciones ejemplares del pueblo de Yavi; Complejo histórico-arquitectónico Museo de la Casa del Marqués (MHN) e Iglesia de Yavi (MHN); Turismo antropológico y científico en el pueblo de Yavi;

- Turismo arqueológico de Yavi Chico-La Cueva-Laguna Colorada; la ruta de Eric Boman y la travesía arqueológica Laguna Colorada-Cerro Colorado hasta el pukara de Cangrejos-Río Colorado en el límite sur del departamento de Yavi.

Esta inclusión que no es por Yavi en si sino en gran parte por su situación geográfica, implica un complejo de intereses que habían sido coordinados teóricamente durante la formulación del PFETS pero que debían operarse en la oportunidad de implementar el trabajo conjunto. Esta experiencia fue una de las primeras en operar dentro de las tres esferas gubernamentales diferentes, respondiendo a los intereses de cada una y respondiendo a las necesidades del proyecto, las expectativas desde cada ámbito.

Es necesario mencionar que la burocracia necesaria para la formulación, aprobación y ejecución del proyecto, y los plazos administrativos fijados para el cumplimiento de cada una de esas etapas, atentaron cada vez contra la efectiva realización del mismo.

2.3. La metodología empleada

Se reconoció a Yavi como conjunto con valor patrimonial, y se profundizó en el significado de tal declaratoria pero se debía definir una acción metodológica para intervenir, ponerlo en valor y conservarlo. La materialidad propia del pueblo en relación con su estado de derruimiento incipiente tornaban necesario fijar pautas metodológicas que surgieron del estudio previo:

- la intervención en el espacio de dominio público, es decir las fachadas y cubiertas visibles desde la calle y las veredas.
- emplear mano de obra local, previamente capacitada;
- reutilizar los materiales retirados de las construcciones a intervenir;
- emplear materiales compatibles con los existentes;
- emplear la experiencia práctica local y tender a desarrollar los procedimientos de selección de tierra, preparación y colocación en una técnica de intervención reflexiva, no metódica;
- intervenir en elementos constructivos completos, techos y muros. Esto se decidió debido a la gran cantidad de construcciones con estos deterioros, tal como puede observarse en la tabla resumen de patologías (gráfico 1);

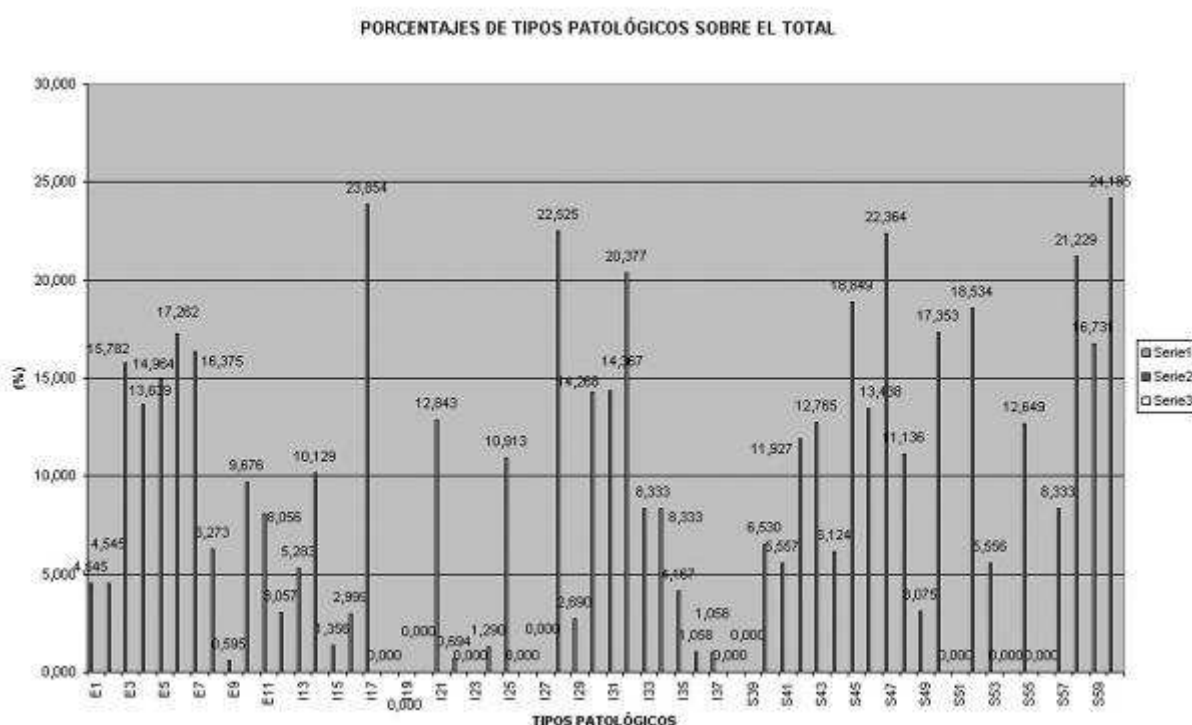


Gráfico 1. Porcentajes de patologías sobre el total de 155 parcelas. Los picos que superan el 20% de ocurrencia corresponden a I17, disgregamiento de torta de barro en cubiertas; I28, disgregamiento de muros de adobe; S47, pérdida de revoques; S58, exposición de cimientos; y I32, pérdida de zócalos.

Se empleó una acción metodológica mixta, dentro de la cual podemos mencionar la demolición, integración, el reciclaje, la recuperación y reposición (Martínez et.al., 2006) entendiendo dichas acciones en una construcción de tierra como los siguientes pasos:

- el retiro de tierra en diversas formas (adobes, torta, revoques) de los elementos deteriorados, identificando cada material retirado respecto del elemento de proveniencia (muro, techo);
- la corrección granulométrica y de contenido de arenas, limos y arcillas de esos materiales;
- la constitución de nuevos materiales con materia prima proveniente de las construcciones a intervenir y áridos locales;
- la integración de dichos materiales en los edificios intervenidos;
- la recuperación de soluciones constructivas alteradas respecto de la última anteriormente registrada (alrededor de 1950) incluida la reposición de piezas estructurales, la reutilización de la estructura secundaria.

Para esta última acción se empleó el criterio de Diseño por Durabilidad (Ramos 2004, 215-224) en la restitución de la orientación de las pendientes de algunas cubiertas, de los aleros de techos y de la terminación de revoques en proximidad a los sobrecimientos de piedra.

2.4. La preselección de las parcelas y de los grupos de trabajo

Se seleccionaron diversas viviendas considerando un criterio de representatividad de la arquitectura local, grado de derruimiento no estructural sino superficial, posición estratégica con respecto a la trama, valor paisajístico-urbano, y regularidad de la situación dominial del inmueble. De cada vivienda se seleccionó a su vez una habitación o “casa”⁵ que pudiera acotar la intervención y ser usada posteriormente para una actividad preferentemente complementaria desde el punto de vista turístico (comedor, negocio, sala de exposiciones, por ejemplo).

Luego se conversó con los propietarios o habitantes autorizados de dichos inmueble para informarles sobre las condiciones del trabajo en las viviendas y el compromiso a asumir, como contrapartida. Esto es la realización de acciones de mantenimiento periódicas y abrir las puertas del local intervenido para su uso.

Luego de las conversaciones se arribó a un grupo de 14 viviendas que cumplían con los requisitos exigidos. Con estos propietarios se firmó un convenio con la Secretaría de Turismo y Cultura de la Provincia de Jujuy, formalizando dicho compromiso.

Con respecto a la mano de obra, se realizó una búsqueda previa de constructores tradicionales que se interesaran en intervenir en una obra particular de tierra que no significara empezar desde cero sino comenzar desde lo recuperable de las viviendas, avanzando con un criterio restaurativo más que de renovación.

Se poseían hipótesis previas sobre el grupo de trabajo local y sus experiencias previas como condicionantes para la incorporación de mejoras tecnológicas desde el punto de vista de los procesos y la selección de materiales. Una vez identificado un grupo de constructores y ayudantes se realizaron reuniones previas, a modo de taller con el propósito de aclarar los criterios de la intervención y transmitir las diferencias de actitud entre una obra nueva de tierra y una de integración y restitución. Se aprovechó estas reuniones para detectar y formar dos grupos de trabajadores locales que actuaran en el presente proyecto, pero que además pudieran transmitir la experiencia a los pobladores y propietarios de otras viviendas no incluidas en esta instancia del proyecto.

También se pretendía conformar una o dos cuadrillas de operarios idóneos que pudieran encargarse del mantenimiento de dichas viviendas.

3. LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

3.1. El plan de trabajos previsto y el real

Operativamente se formaron cuatro (4) grupos de inmuebles a ser intervenidos sobre la base de su ubicación próxima y visibilidad en el pueblo, suponiendo un ritmo de tres (3) meses de obra por cada sector que contenía tres (3) o cuatro (4) viviendas cada uno, según la extensión de las casas y su ubicación.

Las tareas comenzaron con los dos grupos de trabajo en sendas construcciones en la esquina principal de Yavi, sobre la av. Senador Pérez. Luego se unieron en la vivienda más grande intervenida, para posteriormente volver a separarse terminando el sector 1 y comenzando el 2. El ritmo de la inversión y del trabajo fue sostenido desde febrero a abril de 2007, luego se aplanó en mayo y junio (ver gráfico 2) para reducirse al mínimo en julio, en coincidencia con los días más fríos del año, en los cuales no se podía trabajar debido al congelamiento nocturno de los elementos dispuestos en el día⁶.

Posteriormente se retomó la actividad en agosto aunque con un ritmo creciente hasta finalizar en octubre con la totalidad de la inversión y las tareas.

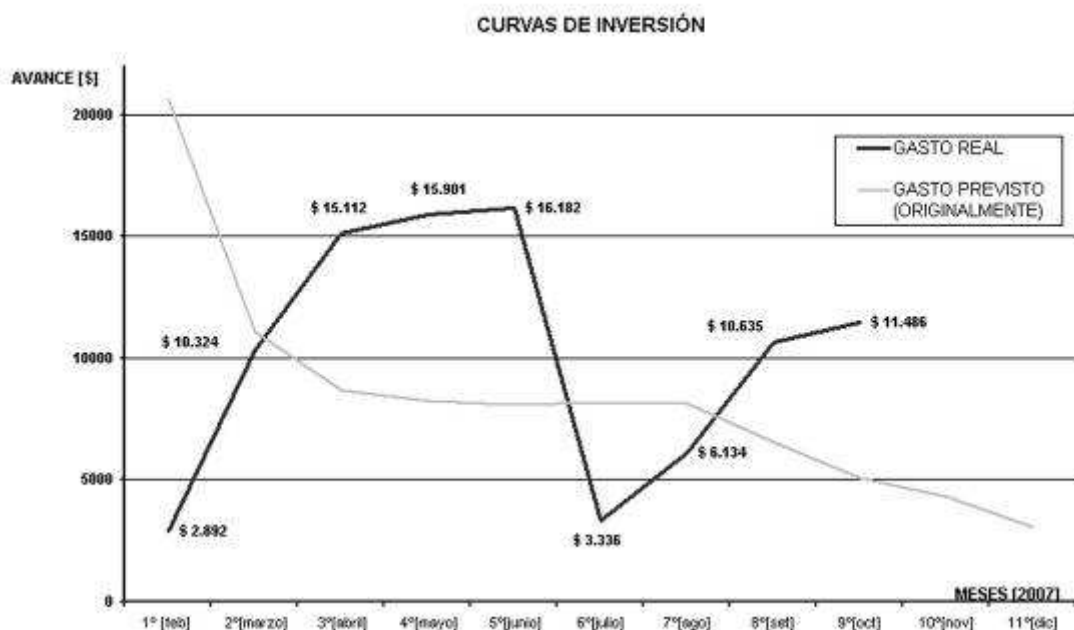


Gráfico 2. Curvas de inversión real y esperada durante la obra.

3.2. Los aspectos técnicos

Siguiendo los pasos metodológicos planteados:

- Se bajó el revoque suelto, sin cohesión ni anclaje. Esta gran masa de material se acopió a pie de cada edificación, se tamizó con elástico de cama⁷ para separar los gránulos y piedras demasiado grandes para re-integrar y luego se adicionó al mismo greda o tierra arcillosa para mejorar su cohesión. En general la tierra encontrada presentaba el aspecto de un suelo fino pero también tenía fragmentos consolidados de tamaño mayor. En revoques se mantuvo la fibra vegetal que contenían originalmente, ya que dicho contenido mejoraba el anclaje con el muro de adobe y en el mismo revoque. Se trata de filamentos de aproximadamente 10 cm.
- Al principio, prácticamente en la primera construcción se realizaron pruebas de revoque hasta encontrar la consistencia más apropiada tanto para el amase, como para la aplicación en los muros y su posterior secado. Se probó con abundante paja, en una mezcla más parecida a una torta, tratando de prever agrietamientos por secado y retracción. Estos revoques-tortas se usaron como revoque grueso de soporte para aplicar el fino. Hubo numerosas pruebas-error de revoques. Esto fue en parte por la diferente orientación de algunos muros intervenidos, lo que determinaba un diferente secado, pero también en parte por las diferentes granulometrías del material retirado de cada construcción. Ante esta variedad, se hizo impracticable establecer un método para dosificar los revoques para todas las construcciones.
- Para los revoques finos se tamizó la tierra con malla de abertura aproximada a 2 mm (Nº 10) y se le adicionó paja de trigo picada muy fina, lo que mejoró la cohesión propia del revoque. El anclaje se consiguió con la irregularidad del muro revocado a grueso. El fino se terminó con fratacho de madera largo, no el común sino el empleado para la torta de barro de las cubiertas. El peso de esta herramienta permite un alisado más enérgico y a la vez abarca más área en cada brazada.
- Los adobes disgregados de las zonas altas de los muros se repusieron por nuevos adobes, para el apoyo de las estructuras de cubierta.
- Se "rayaron" las juntas horizontales de las distintas hiladas de adobes para conformar una superficie apta para el anclaje del revoque grueso.
- Las tortas de barro fueron bajadas en su totalidad, se retiraron los cañizos en mal estado y se colocaron nuevos para luego armar la nueva cubierta con parte del material descendido. La torta de barro se aplicó directamente vertiendo el balde en

pastones sucesivos según un sentido ascendente. Posteriormente se alisó con fratacho de madera, más largo que el común. Se colocó guaya en aquellas cubiertas que presentaban este rasgo anteriormente (ver figura 5).

- Se repusieron piezas de madera como estructura secundaria o primaria, según correspondía. Se mantuvieron las "llaves" existentes en las esquinas de las construcciones, a la altura de los dinteles ya que ellas colaboran a minimizar deformaciones por la rigidez de las uniones entre muros (ver figura 6, en la esquina).
- Se reconstruyeron aleros y en muchos casos se construyeron nuevos aleros laterales, paralelos al muro hastial, con cañas sobre "palos costaneros" para prolongar la longitud de los mismos y mejorar la protección de las zonas altas de los muros y el escurrimiento del agua. Además los aleros actúan como pantallas ante la caída de granizo.
- También se realizó la reparación de veredas de piedra en un caso (vivienda de Julián Anco – Jorge Gamez), por medio de la reposición de faltantes y nivelación de las colapsadas o hundidas.



Figura 5. Equipo trabajando en un techo. Uno está colocando guaya en el alero, otro está colocando torta en cumbrera y en alero lateral, el tercer hombre está abajo alcanzando los baldes con torta de barro.

4. CONCLUSIONES

4.1. Evaluación según los objetivos y propósitos planteados

El objetivo principal del trabajo fue cumplido totalmente ya que tanto las cubiertas como los muros, los sobre cimientos y aleros fueron intervenidos según la metodología planteada inicialmente. Podemos decir que dichos elementos han sido "restaurados" y las viviendas revalorizadas (ver figura 5). Las carpinterías fueron intervenidas por sus propios dueños para completar el tratamiento a toda la envolvente de las casas.

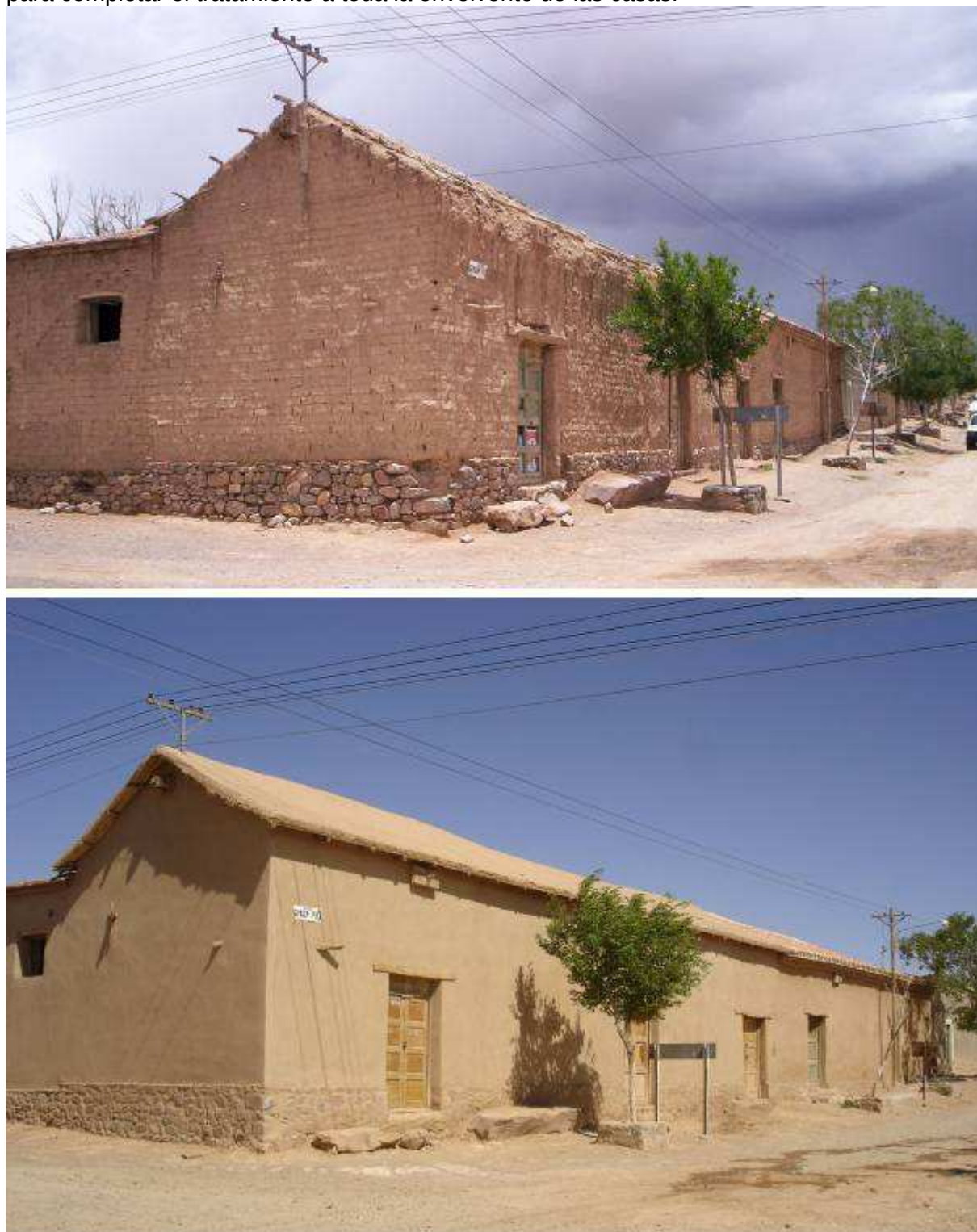


Figura 6. Imagen anterior y posterior a la intervención (Vivienda Cachizumba)

En cuanto a los propósitos enunciados se pudo detectar:

- La aceptación casi absoluta de la comunidad, no solo de los beneficiarios, sino de los demás habitantes, ya que comenzaron a preguntar sobre la posibilidad de realizar dichas tareas en sus viviendas, que acciones debían efectuar. Asimismo, propietarios de las viviendas intervenidas contrataron a la cuadrilla de trabajo especializada para realizar el revoque en las paredes del interior;
- En cuanto a la normativa local, se están iniciando las acciones necesarias para la elaboración de la misma en lo referente a la valoración del patrimonio.
- La importante experiencia conseguida en la ejecución de un proyecto interinstitucional (nación, provincia y municipio) como primer ejemplo de coordinación en la provincia.

Entre las acciones positivas inesperadas se menciona:

- A partir de esta experiencia, la Comisión Municipal asistida por la Arq. Pemberton, presentó en el año 2008 un nuevo proyecto de restauración de Fachadas a un programa Nacional, consiguiendo fondos para la restauración de 10 nuevas viviendas, no solo del pueblo sino de distintas comunidades pertenecientes a su jurisdicción;
- La irrupción inesperada de prácticas artesanales conocidas por algunos de los obreros, que beneficiaron algunas soluciones constructivas como el caso del manejo del cuero y de las fibras vegetales, de gran ayuda en la construcción con tierra;
- El clima de trabajo generado en el pueblo, en torno al trabajo artesanal de un conocimiento otrora oculto, fue altamente positivo para la revalorización de dicha práctica y de quienes la ejercen en el ámbito local. Se pudo detectar en posteriores visitas que otros habitantes jóvenes recientemente regresados al pueblo, trabajaron en la construcción de dos viviendas más, una nueva y otra refaccionada.
- la gran experiencia adquirida al haber asimilado las soluciones constructivas ejemplares de viviendas muy bien construidas así como lo negativo, en el caso de las cubiertas, de reponer la capa de torta de barro sin corregir la granulometría de las capas inferiores, lo que resulta en capas de 30-40 cm de tierra sobre estructuras preparadas para la mitad del peso.
- Es importante destacar que gracias a la voluntad de los operarios y a la correcta, ajustada y muy supervisada aplicación del presupuesto se pudieron realizar acciones de mantenimiento y reparación en dos viviendas mas, ascendiendo el número a 16 fachadas.

4.2. El monitoreo y evaluación posterior

Respecto del monitoreo realizado en las viviendas intervenidas en el año 2007 se pudo determinar que las fachadas orientadas al sur han sufrido deterioros muy visibles en los revoques, producto de las intensas lluvias y granizo, principalmente del verano del año 2008. Por esto, y para las nuevas intervenciones, se propone aplicar un tratamiento diferenciado a las superficies orientadas hacia el sur, suroeste o sureste.

Esto consistiría en reforzar el anclaje del revoque fino al grueso mediante la interposición de una malla de las comúnmente comercializadas en el medio. La dimensión de la celda estará en el orden de los 5 mm. Esta malla debe emplearse en combinación con mortero tierra: cal en proporción 1:5. La plasticidad y retención de humedad de este mortero conformarían una capa no rígida que amortigüe el impacto del granizo y luego permita un desecamiento menos violento que el mortero sin cal.

También pueden realizarse pruebas de superficie con adiciones ligantes (guano, estiércol de burro, caseína).

Desde el punto de vista mecánico es preciso prolongar la longitud de los aleros a fin de minimizar el impacto de granizo o agua de lluvia en los paramentos expuestos al sur. También puede utilizarse guaya para facilitar y alejar el escurrimiento del agua.

4.3. Dificultades

Las dificultades más significativas corresponden a la excesiva burocracia en los procesos de presentación y justificación de proyectos, insuficientes plazos y equipos técnicos capacitados. Por otro lado, y en términos administrativos, se debe lidiar con una excesiva tramitación en el proceso de liquidación de gastos.

Se observaron falencias en la transferencia efectiva del criterio de "Diseño por Durabilidad" hacia los operarios, notorio sobretodo en paramentos críticos expuestos al sur.

Resulta dificultoso lograr que los encargados de obra realicen la mezcla siguiendo proporciones exactas y criterios similares en utilización de materiales secundarios específicos.

4.4. Agradecimientos

A la Lic.Mónica Echenique, y a todo el equipo de trabajo, integrado por: Valentín Tolaba (Encargado de obra); Lino Tolaba (Ayudante de encargado); Alejandro Tolaba; Jacinto Huanta; Víctor Martínez; Juan Carlos Condolfí; Feliciano Benítez; Hipólito Ramos; Nicolás Gutierrez; Fabio Tarcaya.

BIBLIOGRAFÍA

BUITRAGO Luis Guillermo, El clima de la provincia de Jujuy, Universidad Nacional de Jujuy, Editorial Universidad Nacional de Jujuy, 2000.

CIAB (Centro de Investigaciones en Arquitectura Vernácula), Carta del Patrimonio Vernáculo construido, Madrid, 30 de enero de 1996, ratificada por ICOMOS en México, octubre de 1999.

CRUZ, Enrique, Historia de Jujuy, período indígena. EdiUnju, Jujuy, 2006.

ECHENIQUE, Mónica R., Desarrollo histórico y social de Yavi, Resistencia y adaptación ante los procesos modernizantes en la Puna de Jujuy, Tesis de licenciatura, FhyCS, UNJu, mayo 1994.

KULEMEYER, Jorge, Presencia humana de hace más de 12.000 años en Yavi, Jujuy, en Revista UNJu, nº 7, Secretaría de Extensión Universitaria, nov. 1995, Jujuy.

KULEMEYER, Julio José, Estratigrafía y Evolución Paleoambiental del Cuaternario entre las localidades de Yavi y Yavi Chico, Departamento Yavi, Provincia de Jujuy, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT, 1988.

MARTINEZ, María Rosa; BOSSIO, Silvia; BOZZANO, Jorge; SANGERMANO, Verónica, Criterios de Manejo e Intervención en Edificios con Valor Patrimonial. Dirección General de Casco Histórico, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Imprenta de la Ciudad, Buenos Aires, 2006.

NICOLINI Alberto Raúl, SILVA Marta Beatriz, MARTÍNEZ Elena et. al., Patrimonio Arquitectónico del Noroeste, Instituto Argentino de Investigaciones en Historia de la Arquitectura y Urbanismo, Sociedad Central de Arquitectos, 1982.

NICOLINI, Alberto Raúl, Pueblos de Indios en el Noroeste Argentino. En Pueblos de Indios, otro Urbanismo en la Región Andina, (Ramón Gutierrez Coordinador) pp.381-447. Ediciones Abya-Yala, Ecuador, 1993.

PRESIDENCIA DE LA NACIÓN – Secretaría de Cultura - Comisión Nacional de Museos y Monumentos y Lugares Históricos. Decreto Nº 95687 / 1941. Buenos Aires, Argentina.
http://www.monumentosysitios.gov.ar/catalogo/uploads/1941_d95687.pdf

PRESIDENCIA DE LA NACIÓN – Secretaría de Cultura - Comisión Nacional de Museos y Monumentos y Lugares Históricos. Decreto Nº 370 / 1975. Buenos Aires, Argentina.
http://www.monumentosysitios.gov.ar/catalogo/uploads/1975_d370.pdf

PRESIDENCIA DE LA NACIÓN – Secretaría de Cultura - Comisión Nacional de Museos y Monumentos y Lugares Históricos. Ley Nº 25450 / 2001. Buenos Aires, Argentina.
http://www.monumentosysitios.gov.ar/catalogo/uploads/2001_l25450.pdf

RAMOS, Adolfo Rodrigo, Yavi, paisaje cultural del altiplano. Interpretación de su arquitectura y construcción. Propuesta de intervención, Jul-2004. 180pp, Inédito.

RAMOS, Adolfo Rodrigo, Arquitectura de Tierra y Tecnología en el Noroeste Argentino, Diseño por Durabilidad de revoques y revestimientos en construcciones de tierra. En Memoria del III Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra.pp.215-224. PROTERRA, Proyecto XIV.6. CRIATIC, FAU-UNT. Tucumán, 2004.

ROTONDARO Rodolfo, RABEY, Mario, TECCHI Rodolfo A., Ecosistema: Laguna de Pozuelos, Rev. Ambiente 57, Bs. As., 1986.

SANTAMARÍA, Daniel J. , Memorias del Jujuy Colonial y del Marquesado de Tojo, Desarrollo integrado de una secuencia territorial multiétnica, siglos XVI-XVIII, Universidad Internacional de Andalucía Sede Iberoamericana de la Rábida, España, 2001.

VIÑUALES, Graciela (Compiladora); MARTINS NEVES, Celia; FLORES, Mario O.; RÍOS, L. Silvio; Arquitecturas de tierra en Iberoamérica. Ed. Electrónica, Habiterra Red. XIV.A, Proterra Proyecto XIV.6, HABYTED / CYTED, Brasil, 2003.

VON ROSEN, Eric. Un mundo que se va, Ed. UNJu, Argentina, 2001. Tít. orig. En Förgangen Värld, Albert Bonniers Förlag, Stockholm, 1916, tr.por Carlos F. Stubbe, Fund. Miguel Lillo, UNT, Tucumán, 1957.

VORANO, Alfredo E. y VARGAS GIL, José R., Evaluación de la situación actual de los procesos de desertificación de la puna Salto-Jujeña. Soluciones alternativas. INTA, Salta, 2002.

¹ Estos autores detallan precipitaciones correspondientes al período 1971-1990 de 351mm, lectura mayor a las citadas por Buitrago de 264 mm para los 4 meses de la estación lluviosa

² Según registros propios del autor tomados en dos parcelas del pueblo

³ La vivienda que sirvió de base a la confección de este gráfico explicativo de patrones de comportamiento está actualmente demolida. En su lugar se construyó una nueva vivienda a patios con innovaciones tecnológicas que no han tenido buen comportamiento

⁴ Esta capacitación ha sido impartida por la Arq. Pemberton durante el año 2007

⁵ "Casa" es el término con que generalmente se refiere en la puna a una habitación cuando cada una de ellas es la vivienda de la familia de uno de los hijos, dentro de una misma parcela o predio. Es una tradición heredada de la época colonial, con motivo de los empadronamientos

⁶ Sin embargo las heladas ocurren durante casi todos los meses del año.

⁷ En algunos casos se usó elástico de cama para separar las piedras y gránulos grandes de la fracción de gravas a usar para las tortas. Pero también se empleó un tamiz más fino para separar la grava y gránulos grandes de la arena a emplear en los revoques o en la capa de terminación de la torta, para darle una superficie más lisa que permitiera mejor el escurrimiento

Curriculum:

Inés Pemberton,: Jujuy. Arquitecta egresada de la FAU - Universidad Nacional de Córdoba (1994-2001). Trabaja en el estudio de Antoraz y Asoc. En 2003 inicia sus trabajos para la Sec. de Turismo y Cultura de Jujuy en el área de Patrimonio y Museos, donde continúa hasta la actualidad. Obras destacadas: Intervención del Museo Histórico Provincial; Creación del Museo de Yavi, Iluminación Monumento de la Independencia – Humahuaca. Talleres de capacitación en protección del Patrimonio.

Adolfo Rodrigo Ramos: Arquitecto (UNT 1999). Becario doctoral CONICET (2001-2005) Patologías Comparadas y Análisis Tecnológico en edificios religiosos de valor histórico en el Noroeste Argentino. Patologías Comparadas y Aplicación de Patrones de comportamiento en Pueblo de Yavi, Jujuy. Actuó bajo la dirección del Dr. Felipe Monk y M. Arq. Rodolfo Rotondaro Es autor y co-autor de diez artículos y trabajos científicos en temas de su propia investigación.

PERSISTENCIA Y CAMBIOS EN LA VIVIENDA VERNÁCULA. VALLES Y QUEBRADAS RIOJANOS, ARGENTINA.

Rolón, Guillermo; Rotondaro, Rodolfo

Instituto de Arte Americano "Mario J. Buschiazzi", FADU, UBA. Av. Int. Güiraldes s/n. Pab III, 4º piso, Tel: (+54-11) 4789-6270. E-mail: guille_rolon@yahoo.com; rotondarq@telecentro.com.ar

Palabras clave: Construcción con tierra, vivienda vernácula, zonas rurales, La Rioja

RESUMEN

Este trabajo presenta resultados de la investigación cuyo objetivo principal es identificar y caracterizar los rasgos tipológicos constructivos y espaciales de la vivienda del área de estudio, así como también cuáles de estos rasgos persisten y qué cambios han tenido, en los últimos dos siglos. La metodología empleada se basa en la recopilación y análisis de información bibliográfica; el relevamiento de campo para la selección y estudio de construcciones significativas dentro del período determinado; la observación directa; la entrevista semiestructurada a pobladores locales; la sistematización de información mediante fichaje técnico; y la selección de indicadores y criterios de comparabilidad basados en rasgos tipológicos (constructivos y de organización espacial) identificados. Los casos fueron seleccionados según tres categorías de vivienda: habitada en uso, abandonada, y de zonas con evidencias arquitectónicas arqueológicas. La vivienda de esta área se caracteriza por el empleo predominante de técnicas constructivas basadas en la tierra cruda como material principal, asociada a la piedra, la caña, la madera y otros vegetales. Se seleccionaron y estudian asentamientos existentes en tres valles de dirección Norte-Sur: el de Vinchina, el de Antinaco-Los Colorados y el de la Costa del Velasco. A igual que en otras zonas rurales de La Rioja, se observan interesantes casos de habitación en asentamientos prehispánicos y del período colonial, algunos que han sido reocupados o que se encuentran próximos a las viviendas actuales. Se presentan casos relevados del valle de Antinaco-Los Colorados y otros casos de interés para la investigación.

Se determinaron dos temas importantes: la ocupación del territorio y el emplazamiento de la vivienda en relación a su entorno productivo; y las resoluciones constructivas en base al aprovechamiento de los recursos locales. Según el primero, aparece una recurrencia lógica de emplazamiento de las fincas en proximidad a fuentes de agua y según la traza de canales y acequias. Por otra parte, la disposición de la vivienda y sus anexos en el terreno responde, en gran medida, a la organización del entorno productivo. Según el segundo tema, aparece un claro predominio del adobe como resolución de muros portantes del techo y de relleno, y las cubiertas de torta de barro sobre enramada o cañas. En cuanto a los aspectos formales, se observa el predominio de subtipos lineal y en L, simples y compuestos. Se identificaron similitudes y diferencias en los modos constructivos de muros, estructuras y techos, en la forma del asentamiento, en los aspectos dimensionales, en las orientaciones de patios y habitaciones, y en los elementos tales como el adobe tradicional y la cubierta de barro. La investigación recibe apoyo material y financiero de la FADU-UBA, el CONICET y el centro CRILAR de La Rioja, y la colaboración de pobladores rurales.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta resultados preliminares sobre las características de la arquitectura vernácula, en general, y de la vivienda rural popular, en particular, y sus transformaciones recientes en el sector norte de la provincia de La Rioja, Argentina. La investigación se inscribe dentro del marco teórico de la arqueología histórica y la historia de la arquitectura, y la metodología emplea métodos y técnicas de ambas y desarrollos actuales de la arqueología de la arquitectura. El período considerado comprende un recorte temporal de doscientos años, correspondiente al período republicano. El área de trabajo es la región de Valles y Quebradas de la provincia de La Rioja.

El paisaje desértico es una característica general en toda la provincia como consecuencia de encontrarse dentro de la franja árida sudamericana (Figura 1). En esta área, algunos

lugares pueden alcanzar niveles de precipitaciones del orden de los 500 mm anuales como máximo (Díaz 2003). En consecuencia, la distribución y dimensión de los asentamientos urbanos y rurales están condicionadas a la disponibilidad de acceso a los recursos hídricos.



Figura 1: Paisaje riojano. Entorno del pueblo de Chañarmuyo.

La condición rural de la provincia se estructuró durante un período importante del siglo XIX, principalmente por la cría de ganado en los llanos riojanos, el engorde en la región de valles y el arreo final, por pasos cordilleranos, hasta Chile, lo cual generó una serie de construcciones de equipamiento y postas en las rutas de estos arrieros (Bazán 1979, Olivera 2001a). Actualmente la producción rural está fuertemente marcada por una reconversión productiva principalmente hacia el olivo, la vid, la nuez¹, y actividades turísticas en franco desarrollo (DGESI 2007).

Para esta investigación se entiende por “vivienda rural popular” a todo tipo de construcción de vivienda autoproducida por sus habitantes, en contextos rurales aislados o de aglomerados tales como caseríos dispersos, compactos y pequeños poblados de hasta 2000 habitantes (INDEC 2001). También serán considerados casos de vivienda de poblados que superan esa cifra, y en los cuales la forma de vida, equipamiento e infraestructura de servicios son eminentemente rurales (Rozé 2000).

Los principales objetivos de la investigación son:

- a. Indagar sobre las condicionantes físicas y ambientales del entorno geográfico-climático del área propuesta, y sobre los condicionantes culturales y socioeconómicos que contribuyeron a generar las formas constructivas y arquitectónicas de la vivienda y las construcciones del período, a fin de poder caracterizar tipos y subtipos y rasgos de sus orígenes.
- b. Identificar y analizar las formas constructivas y de organización espacial de la arquitectura de la vivienda rural y las construcciones domésticas del área y el período propuestos, con énfasis en la edificación popular que emplea materiales y técnicas vernáculos, con el fin de establecer determinaciones tipológicas que permitan mejorar el conocimiento de la arquitectura de la región y su vinculación con la arqueología histórica.
- c. Desde un punto de vista metodológico, explorar y vincular los enfoques y abordajes de la arqueología histórica, la arquitectura y la historia aplicados al estudio y la comprensión de la arquitectura de la vivienda rural popular y sus cambios recientes, con el fin de permitir abordajes multidisciplinarios para la comprensión del hábitat rural y la arquitectura de la vivienda popular.

Para llevar a cabo esta investigación y dada la interdisciplinariedad de su enfoque, la metodología se está ajustando a instancias metodológicas propias de las disciplinas

intervinientes, que incluyen: un abordaje arquitectónico y tecnológico, un abordaje histórico y un abordaje etnográfico y etnoarqueológico.

El abordaje arquitectónico considerará instancias de estudio formales, perceptivos y de movimiento contemplados por la arqueología de la arquitectura (Mañana Borrazás, 2002) y los propios de la arquitectura. Además se consideran variables propias del funcionamiento de las viviendas rurales actuales y los modos organizativos que vinculan a la vivienda y otras construcciones complementarias como unidades productivas domésticas.

Para el análisis tecnológico-constructivo (Menéndez, 2002; Viñuales et al, 1994) se está realizando un estudio de los materiales, las técnicas constructivas y los aspectos organizativos de obra de las construcciones actuales, de las del período seleccionado, y de las de períodos históricos anteriores al considerado. Se pone énfasis en el relevamiento, estudio y caracterización de formas, tamaños, espesores y materiales empleados en la construcción de cimentaciones, paredes, soporte de cubiertas, cubiertas y revestimientos (revoques y pinturas), así como también de la descripción de patologías constructivas asociadas al tipo de edificación y/o construcción.

Los ejemplos para los relevamientos de campo se están seleccionando de acuerdo a la definición de criterios de comparabilidad de aspectos tales como localización, clima, antigüedad, tipo de asentamiento (aislado, de caserío, de pueblo), y representativos de las manifestaciones vernáculas. Los casos seleccionados hasta ahora se realizaron según tres categorías de vivienda: habitada en uso, abandonada, y de zonas con evidencias arquitectónicas arqueológicas.

La información recopilada se está sistematizando en fichas técnicas (Magadán, 1988; Viñuales et al, 1994; Rotondaro et al, 2000, Spengler 2008) diseñadas para ordenar datos arquitectónicos y constructivos específicos y del entorno ambiental y cultural: localización, contexto ambiental, contexto sociocultural, antigüedad de la construcción, aspectos morfológico-espaciales, técnicas constructivas, materiales empleados, sistema de obra, protagonistas de la construcción.

Para el abordaje histórico, la metodología que se está empleado busca por un lado relevar el contexto general presente en la bibliografía clásica y de la provincia y por otro reconstruir la historia de la dinámica social del período republicano de la región en estudio, lo que lo inscribe dentro del método de la etnohistoria (Santamaría, 2006). Para ello se realizará un análisis de información documental de la época, trabajo de archivo para la búsqueda y análisis de documentos inéditos e información censal de institutos oficiales nacionales y provinciales.

El abordaje etnográfico y etnoarqueológico, conceptos definidos por Politis (2002), se efectúa por medio de la obtención de datos en comunidades actuales, dada su relativa continuidad histórica, para comprender los procesos de cambio y continuidad de sus ámbitos sociales. Se aprovecha técnicas propias de los estudios antropológicos de campo para alcanzar una comprensión étnica del paisaje en sus propios términos (emic) y además rescatar la oralidad como fuente complementaria para el aspecto arqueológico (Aldunate et al, 2003).

El registro de la historia oral se está efectuando por observación no participante (Fontana y Frey, 2000) con importante presencia del diálogo, teniendo en cuenta la subjetividad de la narrativa que plantea De Garay (1999). Para la selección de los entrevistados se está recurriendo a informantes, a especialistas o a sujetos representativos.

2. ANTECEDENTES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.

En el caso de la vivienda rural de épocas recientes que puedan estar comprendidos dentro del período propuesto para este trabajo, una investigación realizada por el Instituto de Investigación de la Vivienda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU - UBA, 1969), establece tipos y subtipos de la vivienda "natural" de Argentina a partir de estudios de caso en las distintas regiones geográficas del país, con breves descripciones de las características arquitectónicas y de materiales y sistemas constructivos empleados, para la vivienda rural popular pertenecientes a los siglos XIX y primera mitad del XX.

Canepuccia et al (1976) y Longoni (1988) realizan estudios más detallados de las viviendas de zonas áridas de la provincia de La Rioja, en particular de la vivienda rural autoconstruida, a partir de una selección de casos de áreas rurales aisladas y de viviendas de pueblos y pequeños asentamientos, con detalles de los tipos constructivos, tipos de materiales naturales de la vivienda, su entorno doméstico, y referencias precisas a las características climáticas y ambientales principales de cada localización. Uno de los autores (Rotondaro, et al 2006) presentan una breve descripción de materiales, tipos constructivos y características arquitectónicas generales de viviendas populares y otras construcciones rurales pertenecientes al poblado de Chañarmuyo y al Parque Provincial de Usos Múltiples Guasamayo, en el Sur de La Rioja.

3. RELEVAMIENTOS.

A continuación se describen, en tres grupos, datos preliminares obtenidos de los relevamientos para la zona de estudio. Los criterios de agrupación se basan únicamente en la proximidad de los casos:

3.1. Primer grupo.

Se relevaron cinco viviendas rurales del poblado de Chañarmuyo (Figura 2). Una de ellas está habitada actualmente (caso d) y otra presenta evidencias de restos arquitectónicos arqueológicos (caso a). Se pudo identificar en todos los casos el empleo la tecnología de tierra y el muro portante de mampostería de adobe como técnica predominante, siendo secundario el empleo de muro de quincha, de piedra o de bloques de cemento. Los cimientos son de muro de piedra y no superan el nivel de suelo. La resolución del techo emplea estructura de rollizos de algarrobo con cubierta a base de enramada inferior de soporte de plantas autóctonas (con predominancia de *Larrea divaricata*, "push push" según la denominación regional) y torta de barro superior con abundancia de gravas y gravillas. En los casos en que se conservan, los revoques son de mortero de tierra y los cerramientos de madera labrada. El techo se mantiene en pie solo en la vivienda en uso, mientras que en el resto se deduce por inferencia de los restos de materiales encontrados. Los solados aparentan ser de suelo apisonado, salvo en el caso habitado donde en partes es de alisado de mortero de cemento.

Las características de ordenamiento espacial identificadas para cada una permite agrupar tres casos como patrones en "L" (casos a, b y c) mientras que los otros dos casos como patrón intermedio entre "L" y lineal (casos d y e). El número, dimensión y características de los espacios de hábitat son muy variables en todos los casos, sin embargo se pudo observar que la superficie total de las viviendas es similar entre sí. En general se pudo constatar que la galería se asocia directamente con el espacio de habitación y el espacio de cocina aparece independizado. Las construcciones auxiliares anexas se destinan a corrales o espacios para el procesamiento de productos derivados de su producción. Las viviendas se ubican en lugares centrales o dominantes dentro de las fincas respectivas. Es de notar que en el total de los casos, la acequia principal transcurre por las fincas correspondientes a cada vivienda derivándose distintas ramificaciones para efectuar el riego de los canchones de cultivo.

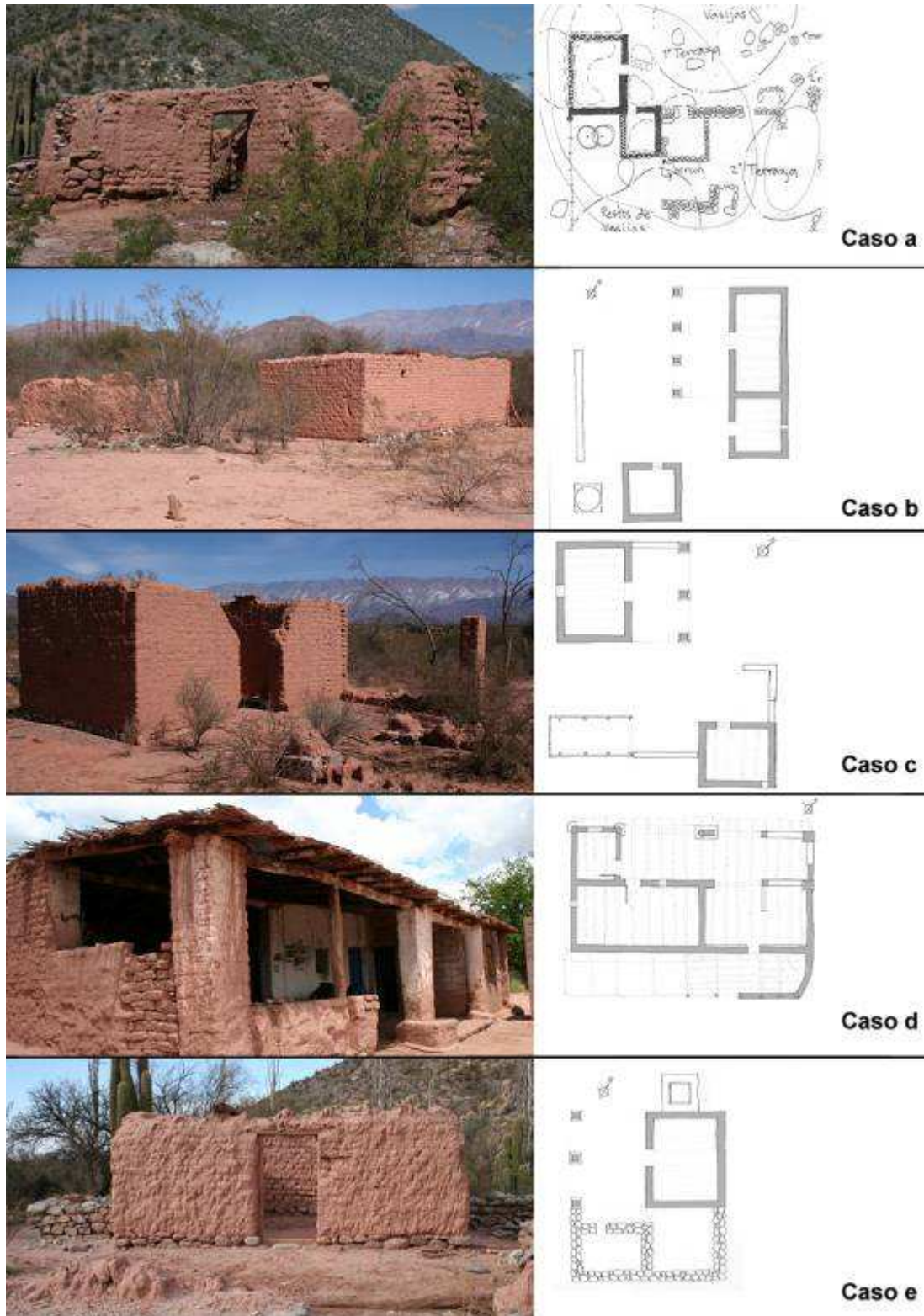


Figura 2: Casos relevados para el primer grupo. Plantas a igual escala.

3.2. Segundo grupo.

Se relevaron dos viviendas abandonadas del pueblo de Bajo Carrizal (Figura 3). Aquí también se pudo verificar el empleo la tecnología de tierra y el muro portante de mampostería de adobe como técnica predominante, pero con muro de sobrecimiento de piedras seleccionadas en varias habitaciones hasta una altura de 60 cm. En el caso b

existe una estructura de horcones centrales dentro de la habitación principal que colabora como estructura portante. La resolución de los techos emplea estructura de rollizos de algarrobo en la estructura; en las cubiertas predomina el empleo de una base de cañas inferiores sujetadas con alambre fino a modo de cielorraso, luego una base de enramada de soporte con gran variedad de plantas autóctonas y por último una torta de barro superior con abundancia de gravas y gravillas. En el caso de la vivienda de menores dimensiones se omite el cielorraso de caña. Los revoques que se conservan emplean un mortero de suelo-cal de entre 1 y 2 cm de espesor. Los solados de las habitaciones son de tierra apisonada en todos los casos.

La cantidad de casos relevados aún no resultan suficientes para establecer un predominio tipológico para este grupo, donde se tiene un caso de patrón en "U" y otro de patrón en "L". Las dimensiones y características de los espacios de hábitat son muy variables en el primer caso (caso a) y muy diferentes respecto del segundo (caso b). En estos casos las viviendas se ubican próximas a la acequia y a la calle asfaltada del poblado que transcurren coincidentes.

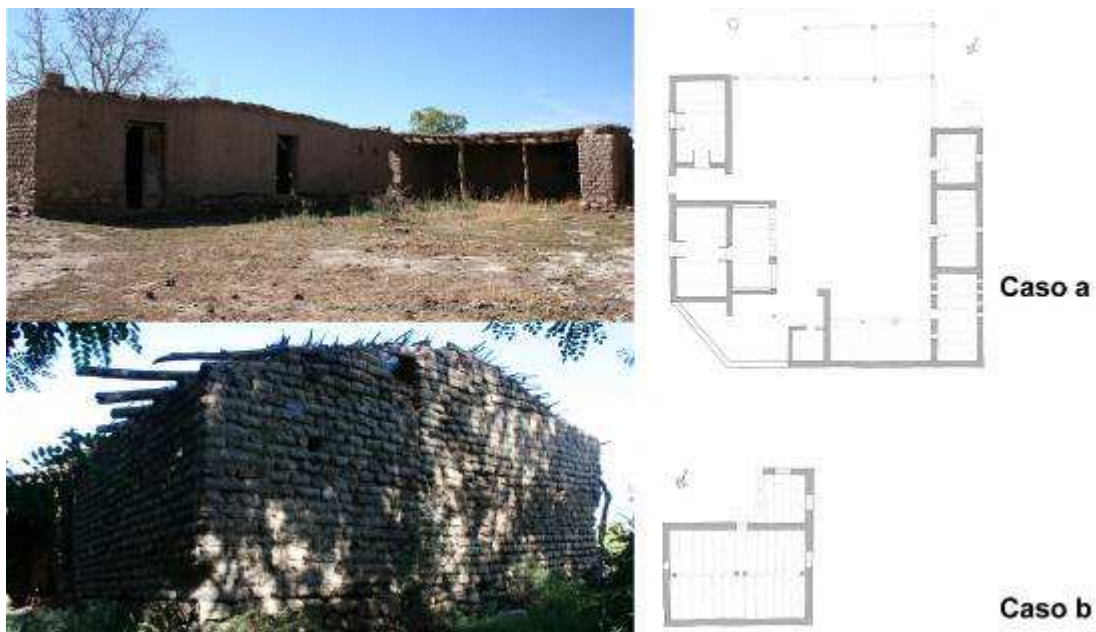


Figura 3: Casos relevados para el segundo grupo. Plantas a igual escala.

3.3. Tercer grupo.

Se relevó un caso de una vivienda abandonada en el poblado de Plaza Vieja (Figura 4). La tecnología de tierra y el muro portante de mampostería de adobe también es la técnica predominante. La resolución de los techos emplea estructura de rollizos de algarrobo en la estructura; en las cubiertas se empleó una base de cañas sujetadas con alambre fino a modo de cielorraso, luego una base de enramada de soporte con gran variedad de plantas autóctonas y torta de barro superior con abundancia de gravas y gravillas. Los revoques que se conservan emplean un mortero de suelo-cal de entre 1 y 2 cm de espesor solo en la habitación principal (central). Los solados de las habitaciones son de tierra apisonada en todos los casos.

La configuración espacial tiene un predominio de patrón lineal con algunas características de patrón en "L". También en este caso la ubicación de la vivienda es dominante en relación a la extensión de la finca y se emplaza próxima a la ruta de acceso y a la acequia de alimentación.



Figura 4: Caso relevado para el tercer grupo

4. CONCLUSIONES.

Hasta el momento se determinaron dos temas importantes: la ocupación del territorio y el emplazamiento de la vivienda en relación a su entorno productivo; y las resoluciones constructivas en base al aprovechamiento de los recursos locales. Según el primero, aparece una recurrencia lógica de emplazamiento de las fincas en proximidad a fuentes de agua, según la traza de canales y acequias. En un trabajo que aborda las características del desarrollo olivícola en una región específica del norte riojano, Olivera (2001b) corrobora también esta característica. Por otra parte, la disposición de la vivienda y sus anexos en el terreno responde, en gran medida, a la organización del entorno productivo. Según el segundo tema, aparece un claro predominio del adobe como resolución de muros portantes del techo y de relleno, y las cubiertas de torta de barro sobre enramada o cañas. En cuanto a los aspectos formales, se observa el predominio de subtipos lineal y en L, simples y compuestos.

5. BIBLIOGRAFÍA.

Aldunate, C.; Castro, V. y Varela, V. *Oralidad y Arqueología: Una línea de trabajo en las tierras altas de la región de Antofagasta*. Chungara, Revista de Antropología Chilena 35(2). Universidad de Tarapacá, Chile. 2003:305-314.

Bazán, Armando. *Historia de La Rioja*. Colección Historia de Nuestras Provincias. Vol. 6. Editorial Plus Ultra, Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. 1979.

Canepuccia, P.; Castro, H.; Ocvirk, M. y Ostropolsky, E. *Viviendas tradicionales en zona árida: La Rioja. Estudio de la Vivienda Económica en Zonas Áridas Argentinas*. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. Centro de Investigación Mendoza. Programa de la Organización de los Estados Americanos para la Vivienda. Mendoza, Argentina. 1976.

De Garay, G. *La entrevista de historia oral ¿monólogo o conversación?* Revista Electrónica de Investigación Educativa 1(1):82-89. Instituto de Investigaciones Históricas. UABC Asociación Mexicana de Historia Oral. Tijuana, México. 1999.

Díaz, Ramón. *Goeconomía riojana. Aspectos Físicos*. Editorial Alta Córdoba Impresos. Córdoba, Argentina. 2003.

DGESI, Dirección de Estadísticas y Sistemas de Información; *Reseña Estadística de La Rioja*. La Rioja, Argentina. 2007.

Fontana, A. y Frey, J. *The interview. From Structured Questions to Negotiated Text*. En: Handbook of Qualitative research. Editado por N. Denzin y Y. Lincoln. SAGE Publications. Thousand Oaks, CA. 2000: 645-673.

INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos; *Censo Nacional de Población y de Población y Viviendas 2001*. Buenos Aires, Argentina. 2001

Longoni, R. *Un relevamiento de viviendas en la provincia de La Rioja*. Informe CFI. Buenos Aires, Argentina. 1988

Magadán, M. *Propuesta de una ficha para el relevamiento de restos arquitectónicos en sitios prehispánicos*. Arqueología Urbana 8. Instituto de arte Americano e Investigaciones Estéticas "Mario J. Buschiazzi". FADU - UBA, Buenos Aires, Argentina. 1988.

Mañana Borrazás, P.; Blanco Rotea, R. y Ayán Villa, X. *Arqueotectura 1: Bases Teórico Metodológicas para una Arqueología de la Arquitectura*. Trabajos de Arqueología e Patrimonio (TAPA) 25. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 2002.

Menéndez, J.M.P. *Tecnología y vivienda rural*. En: Libro Memoria IV Seminario Internacional de Construcción con Tierra. CYTED/HABYTED-PROTERRA. Puerto Mont, Santiago, Chile. 2002: 150-155.

Olivera, Gabriela. *"Articulación mercantil y transformaciones sociales agrarias en Los Llanos (La Rioja, 1900-1960)"*. En: Cruzando la cordillera. La frontera argentino-chilena como espacio social. Argentina. 2001a: 279-319.

Olivera, Gabriela. *"Olivo, políticas sustitutivas y heterogeneidad agraria (La Rioja. 1940-1970)"*. En: Mundo Agrario. Revista de Estudios Rurales. Vol. 1. Nº 2. Universidad Nacional de la Plata. La Plata. 2001b.

Politis, Gustavo. *Acerca de la Etnoarqueología en América del Sur*. Horizontes Antropológicos 8(18). Porto Alegre, Brasil. 2002:61-91.

Rotondaro, Rodolfo; Ramos, Adolfo; Guráieb, Gabriela; Rolandi, Diana. *Recursos históricos arquitectónicos para planes de manejo de áreas protegidas. Zonas rurales de La Rioja y San Juan, Argentina*. En: Tercer Encuentro Regional de Investigación si+hct/historia, crítica y teoría. FADU - UBA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 2006.

Rozé, Jorge. *Conceptualización de la vivienda rural y la calidad de vida en los asentamientos rurales en Argentina*. En: Memoria 2do Seminario Iberoamericano de Vivienda Rural y Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales. Ed.: J.Gonzalez Claverán-M.Villar Rubio UASLP-CYTED. San Luis Potosí, México. 2000: 12-15.

Santamaría, D. *¿Resistencia o adaptación? Sobre las relaciones interétnicas en el Noroeste Argentino en el período Colonial. Patrimonio vernáculo de tierra en el pueblo de Yavi, Jujuy*. Actas IV Jornadas de la Puna al Atlántico "Homenaje a Guillermo Magrassi". Buenos Aires, Argentina. 2006.

Spengler, Gisela. *Construcciones del Pasado. Tradiciones constructivas y representaciones del pasado. Comparación entre la arquitectura vernácula y la arquitectura prehispánica del Noroeste Riojano*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Antropológicas Orientación Arqueología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina. 2008 inédita.

Viñuales, M. (Comp.); Neves,C.; Flores,M.; Ríos,L.; *Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*. HABITERRA-CYTED. Buenos Aires. Argentina. 1994.

6. NOTAS.

¹ Información suministrada por la AER INTA Chilecito (La Rioja)

Guillermo Rolón. Arquitecto. Becario Doctoral CONICET. Investigador del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Rodolfo Rotondaro. Arquitecto, Máster CRATerre/UPAG (Francia). Investigador del CONICET. Profesor Adjunto y Director del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Codirector del centro Terrabaires. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA.

EL TRABAJO EN PIEDRA EN EL CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN LOS POBLADOS DE SUSQUES Y RINCONADA (JUJUY, ARG.)

Mariano Schilman; Daniela Reisner

Proyecto Puna y Arquitectura – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo –
Universidad de Buenos Aires

Palabras clave: **pirca, cimientos, puna**

RESUMEN

A partir de los estudios y trabajos constructivos realizados en los poblados de Susques y Rinconada (provincia de Jujuy), donde se construye masivamente con tierra, observamos que la piedra es un elemento fundamental dentro del sistema constructivo completo. En estos casos analizados es difícil pensar la construcción de casas con cerramientos murarios de adobe sin la ejecución de cimientos y sobrecimientos en piedra, que en algunas obras puede llegar al metro de altura. En los casos donde la piedra no aparece o se encuentra mal ejecutado el sobrecimiento el muro de adobe queda expuesto a sufrir patologías graves especialmente por la acción del agua.

Entendiendo entonces que la piedra es fundamental en la construcción con tierra, es difícil comprender la escasa presencia que posee en la bibliografía relativa a esta temática. Por otro lado, en los casos en que está presente, la misma es totalmente subsidiaria al cerramiento murario ejecutado con adobes, descuidando así la complejidad y lógica propia que tiene el trabajo en piedra.

En este sentido, este trabajo se abocará al estudio de casos urbanos y rurales incorporando los distintos usos y funciones del material, así como procesos y técnicas constructivas utilizadas. No es nuestro objetivo abarcar completamente un tema tan amplio y complejo sino que intentaremos aportar algunos elementos de análisis obtenidos durante el trabajo de campo.

Nos interesa observar tanto los procedimientos y aspectos comunes como así también la gran variabilidad existente al momento de utilizar este material. En este sentido es importante tener en cuenta el modo en que los constructores de Susques y Rinconada trabajan con la piedra, esto nos ha permitido reconocer la presencia de un gran cúmulo de conocimientos y saberes que constituyen una riqueza en sí misma.

Para esta investigación, desarrollada en el marco del proyecto "Puna y arquitectura", hemos trabajado materialmente con muchos constructores locales buscando además una reflexión conjunta sobre estas técnicas. En este texto se buscará integrar nuestra experiencia de construcción con lo aprendido de los maestros y el trabajo realizado sobre el material bibliográfico disponible sobre la temática.

DESARROLLO

Este trabajo analizará los distintos usos y funciones de la piedra como material constructivo, así como los procesos y técnicas relacionados a ella. Nos interesa observar tanto los procedimientos y aspectos comunes como así también la gran variabilidad existente al momento de Pirca¹ con piedras. Estudiar el modo en que los constructores locales trabajan este material nos ha permitido reconocer la presencia de un gran cúmulo de conocimientos y saberes que constituyen una riqueza en sí misma.

Los casos analizados corresponden a ejemplos de "casas de campo"; puestos temporarios y casas en el pueblo². Dado que la piedra es utilizada como material de construcción en

cimientos, sobrecimientos y muros repasaremos los diferentes procedimientos y técnicas utilizadas para estas construcciones en casos de pirca seca y pirca húmeda.

Esta investigación se desarrolla en el marco del proyecto "Puna y arquitectura", en el cual hemos trabajado materialmente con muchos constructores locales de los poblados de Susques y Rinconada en la provincia de Jujuy, Argentina. A partir de estos trabajos y estudios hemos observado que la piedra es un elemento fundamental e indivisible dentro del sistema constructivo completo, tanto para el cerramiento murario ejecutado enteramente en piedra como para los casos donde el cerramiento es mixto junto a la utilización del adobe. Es así, que difícilmente las construcciones serán realizadas sin la ejecución de cimientos y sobrecimientos en piedra. Por otro lado, en los casos donde la piedra no aparece o alguna de estas instancias se realiza en forma deficiente el muro queda expuesto a sufrir patologías graves, especialmente cuando se utiliza el adobe. En el marco de este Seminario de construcción con Tierra creemos que es importante reflexionar sobre los materiales y procedimientos que protegen y propician la construcción con tierra y además otorgarle a estos y sus técnicas la importancia y particularidad propia que poseen.

Entendiendo entonces a la piedra como uno de los materiales fundamentales para la construcción en la región y por ende para la construcción con tierra, es difícil comprender la escasa presencia que posee este material en la bibliografía. En los casos en que la misma es mencionada, su tratamiento es totalmente subsidiario al cerramiento murario ejecutado con adobes, descuidando así la complejidad y lógica propia que tiene el trabajo con este material. Sin embargo existen trabajos que han encarado la temática y que relacionaremos con nuestras propias observaciones en el campo. Entre ellos cabe mencionar el trabajo de Göbel (2002) quién aporta al conocimiento sobre la arquitectura y uso de los espacios ligados a la actividad del pastoreo, el estudio de Delfino (2001) sobre los significados y sentidos de los espacios pircados y su relación con el paisaje andino, Blasco y Simón Gil (2006) quienes analizan el comportamiento de los materiales y métodos de construcción en regiones arido-sísmicas y algunos otros textos que han aportado pistas que permiten indagar sobre el uso de la piedra en la construcción.

Hemos trabajado en 22 casas, 13 fueron casas en el pueblo, 5 casas de campo o domicilios y 4 "estancias" o puestos temporarios. Esta mención posee una relación directa con los requerimientos y necesidades constructivas, las técnicas utilizadas y la disponibilidad del material para cada uno de los casos. La piedra es utilizada tanto como material único en el cerramiento o en combinación con el adobe. Además encontramos lo que se conoce como pirca seca (Fig. 1) y la pirca con mortero o pirca húmeda (Fig. 2)



Fig.1. (Izq.) Muro de Pirca Seca en puesto rural, Susques 2007.



Fig.2. (Der.) Muro de Pirca Húmeda en domicilio rural, Susques 2008.

La pirca seca consiste en muros realizados con piedras apiladas sin barro ni argamasa o mortero de asiento. Estas se encuentran mayoritariamente en los puestos de pastoreo, tal cual lo indicado por Yacobacio (et al.1998) para otros sitios temporarios de la región. La totalidad de los fuegueros estudiados, tanto urbanos como rurales, se han ejecutado con esta técnica y consisten en muros de una altura que varía entre 1 y 1,5 metros para proteger la cocina diaria de los vientos. Otras construcciones como corrales de hacienda, rastros, áreas de cultivo y muros de protección también suelen ser construidas en pirca seca. La pirca húmeda es la que utiliza para el asiento de las piedras un mortero o argamasa de barro en proporciones aproximadas de 2 a 3 partes de tierra arenosa por cada parte de arcilla. Teniendo en cuenta que las arcillas no son todas homogéneas los maestros constructores varían las proporciones para ajustar las mezclas a la necesidad y al gusto a partir de la experiencia acumulada.

En las casas donde hay varias construcciones, las más antiguas frecuentemente poseen poyos³ interiores o exteriores, hornacinas y repisas. Estos trabajos corresponden a las construcciones identificadas como "construidas por los abuelos"⁴.

En la técnicas de construcción de un muro de piedra, como plantea Blasco, "la primer tarea a realizar y de la que dependerá el resultado final, en gran medida, es la elección de las piedras" (2004:7). En esta instancia, son sus características intrínsecas como tamaño y forma, dureza y tipo de fractura, colores y texturas las que influyen y condicionan la elección de cada pieza. Por otro lado, los tipos de rocas existentes en la región acotan los recursos disponibles. En el área de Susques parecieran ser las rocas metamórficas y las volcánicas las predominantes en la construcción. Dentro de las rocas volcánicas se ha verificado un uso mayoritario de las ignimbritas, dado el gran afloramiento existente en la zona⁵. Es importante considerar que la denominación local caracteriza a las piedras por su diferente dureza, distinguiendo a las "piedras duras" que equivalen a las metamórficas (entre ellas las lajas) y por otro lado las "piedras blandas" o volcánicas.

Las metamórficas, de manera natural presentan dimensiones y formas más parejas y permiten un mejor asiento de las piezas. Es así que muchos maestros constructores, prefieren la utilización de piedras duras dado que de ellas obtienen caras lisas naturales. Por otro lado, a pesar de la irregularidad de las piedras blandas varios constructores prefieren su uso dado que por medio del labrado manual pueden otorgarles la forma deseada. Frecuentemente se utiliza

en la construcción la piedra tipo laja, disponiéndola en hiladas horizontales. En otros casos, es utilizada la piedra tipo bola que puede presentar distintos diámetros, siendo necesario rellenar los intersticios con mortero de barro o piedras de menor tamaño.

El maestro constructor además de seleccionar la piedra según la apariencia y función a la que será destinada, debe destinar grandes esfuerzos para resolver lo relativo a la disponibilidad y traslado del material. Debido al inconveniente que representa el traslado, el abastecimiento en el ámbito urbano es diferente al rural. Siendo en muchos casos la accesibilidad un aspecto decisivo para la elección del método constructivo a emplear. En el pueblo, generalmente, el material no se encuentra disperso a flor del suelo, siendo frecuente la provisión por compra o adquisición del material ya canteado, en estos casos el tipo de piedra responde a la elección de un proveedor único. En otros casos, existe la posibilidad del autoabastecimiento del material seleccionando del ámbito rural el más adecuado para cada etapa. En el campo, por otra parte, el material se puede obtener en forma dispersa en el mismo sitio de la construcción u obtenerlo de alguna otra cantera natural cercana debiendo resolver en este caso el tema adicional del traslado. Algunas veces, la disponibilidad se ve alterada por la existencia de casas sin techo de mayor antigüedad, llamadas localmente "Casas Mochas", de las que es posible obtener materiales ya trabajados o que requieren poca elaboración para su aprovechamiento. Claro que existen también casos donde por motivos de carácter simbólico estas estructuras permanecen intactas a pesar de la dificultad para proveerse del material, resolviendo en este caso la necesidad por otros medios.

En el transcurso de las tareas el maestro constructor, por medio de la vista y el tacto, selecciona y reserva las piezas que le serán útiles en cada una de las etapas. Es así, que en algunos casos el labrado de piedras se ejecutará solo cuando el material disponible carezca de las caras lisas naturales necesarias. Otros constructores consideran conveniente reemplazar el tiempo que requiere hallar el material adecuado por el labrado manual para lograr una o dos caras lisas en las piezas para muros y dos o tres caras lisas para las piedras esquineras. Utilizando como parámetro el tamaño y la forma se priorizan las piedras de caras lisas y formas regulares. De acuerdo a su destino se observó la utilización de piedras de grandes dimensiones en las esquineras, jambas y cimientos, las medianas para los sobrecimientos y muros y las pequeñas para rellenos.⁶

El Cimiento es la parte estructural de la edificación bajo el nivel del suelo y su función es transmitir de manera uniforme las cargas al terreno resistente. Para lograr esto se excavan zanjas corridas a pico y pala que promedian los 20 a 40 centímetros de profundidad, dado que el suelo firme se encuentra fácilmente por la condición rocosa de la región. Se ejecutan con un ancho aproximado de 25 a 40 cm., siendo esta medida entre 5 y 10 cm. mayor que la prevista para el sobrecimiento. Las medidas de los cimientos están en relación a las cargas a soportar, y se estiman según los materiales a utilizar (piedra y/o adobe) y las medidas que tendrán sobrecimiento, muro y cubierta.

Previo colocación de las grandes piedras y bloques que conforman los cimientos, usualmente, se realiza un pre-cimiento de aproximadamente 15 cm. de altura. El mismo se compone de pequeñas piedras a los efectos de nivelar la excavación y reducir los deterioros generados por el exceso de humedad en las piedras de los cimientos. En esta etapa, las piedras suelen ser asentadas con mortero de barro, en proporción 1:3 (arcilla:arena). Otros constructores prefieren el relleno de la zanja excavada con piedras y sin mortero hasta cubrir un nivel 10 a 15 cm. por debajo del terreno existente. A continuación se prepara una mezcla de tierra con arcilla y arena

(1:3) sin humedecer, y se coloca sobre las piedras hasta el nivel del terreno. Luego se riega la zanja con abundante agua y se espera que la mezcla asiente para rellenar los huecos con pequeñas piedras y mortero. Esta técnica permite acelerar el proceso de colocación y asiento de piedras pero presenta el inconveniente de requerir mayor cantidad de agua. Con respecto al tipo de piedra utilizada en los cimientos se han verificado piedras duras y blandas indistintamente dependiendo de la disponibilidad del material. Para la piedra blanda se privilegia el uso de bloques de grandes dimensiones, en cambio las duras suelen ser más pequeñas que las anteriores debido a la dificultad que representa el traslado de las mismas por ser estas más pesadas.

Previendo el asiento diferencial que suelen tener los muros es primordial reforzar las esquinas y aberturas que son los puntos más débiles de la construcción. Es por eso que las piedras esquineras son seleccionadas por su tamaño y forma y usualmente poseen una mayor robustez que las utilizadas para el resto de la construcción. En relación a la provisión de estas piezas es muy importante la búsqueda permanente de piedras aptas como piedras esquineras, incluso en los casos en los que aún no se ha iniciado o no está prevista la construcción. Generalmente se colocan en primer término las piedras esquineras y las jambas para la puerta. Estas piedras son de grandes dimensiones y con al menos dos caras planas. Además de garantizar la estabilidad general de la edificación serán las que permitan la colocación de los hilos que para preservar la linealidad y plomo del muro.

Como indica Rotondaro⁷ una de las patologías más relevantes de la construcción con tierra, es la producida por la erosión de agentes naturales como el agua. Para evitar el desgaste por humedades ascendentes (capilaridad, napas, infiltración o salpicado de lluvias) se suelen proteger los muros de adobe con cimientos de piedra por sobre el nivel de terreno. La ejecución de estos sobrecimientos, con una altura mínima de 40 a 60 cm., se verificó tanto en casos urbanos como rurales, pudiendo llegar hasta el metro de altura. (Figs. 3 y 4.)



Figs 3 y 4. Presencia de patologías constructivas relacionadas con la humedad por la ausencia de sobrecimientos en la edificación. En este caso urbano se verifica la presencia de humedad y desgaste de los adobes próximos al nivel de suelo. Casa urbana, Susques, 2009.

En esta instancia se utilizan, preferentemente, las piedras de caras lisas y planas seleccionadas previamente para obtener un cerramiento más prolijo. Deben poseer al menos una o dos caras con estas características, que en caso de no obtenerlas de forma natural se cantean, ubicando la mayor al exterior y sobre los laterales del muro. Luego se rellena el interior con piedras pequeñas y mortero, dejando una superficie plana y lisa para la siguiente hilada de piedras o adobes. También son utilizadas piedras irregulares siempre que se garantice una correcta traba entre bloques, un buen asiento para la hilada siguiente y un adecuado aspecto en la terminación interior y exterior de la fábrica. Existe una preferencia por parte de los maestros constructores a utilizar muros de 40 centímetros de espesor y no de 30 cm., esto se debe a la dificultad para encontrar piedras que permitan resolver las dos caras en tan reducidas dimensiones. En caso que la cara superior de la piedra posea una inclinación, ésta suele ser ubicada hacia el interior del muro. Así se evita el deslizamiento hacia fuera de la piedra que apoyará sobre ésta. Esto garantiza la rigidez estructural del muro por medio de la traba de las piezas que lo componen y el relleno interior con la mezcla de barro y pequeñas piedras (Figs.5 y 6).



Fig. 5 (Izq.) Elevación de sobrecimiento de 40 cm. de ancho, al fondo se observan los adobes para completar el muro. Puesto rural, Susques, 2007.



Fig. 6 (Der.) La construcción del sobrecimiento se encuentra en el último paso dejando una superficie lisa y pareja para el asiento de adobes. Casa urbana, Susques, 2008.

Los muros poseen los mismos criterios constructivos que un sobrecimiento pero prolongados en toda la altura del cerramiento. Debido a las formas irregulares de sus piezas estos representan mayor trabajo y tiempo de selección del material que en los casos donde se utiliza el adobe. Se debe distinguir los cerramientos realizados en pirca húmeda de los de pirca seca, en los primeros es muy importante la elección de piedras con caras lisas, no obstante es habitual el canteado para hallar la forma que se adapte a la terminación. En el segundo caso, dado que las

pedras se colocan sin mortero, se seleccionan las tipo lajas que son colocadas en forma horizontal mejorando de esta manera el asiento de cada una de las piezas y la estabilidad general.

Cada vez son menos los cerramientos murarios ejecutados totalmente en pirca húmeda verificándose en la actualidad una tendencia al reemplazo por el uso mixto de piedra y adobe. Sin embargo, aún se observan en las casas rurales y urbanas más antiguas ejemplos de habitaciones con esa técnica. Por el contrario, para la ejecución de fuegueros, corrales y muros de delimitación, el sistema que aún persiste es la pirca seca.

A pesar de estos cambios y transformaciones producidas en ninguno de los casos trabajados se ha reemplazado la piedra de cimientos y sobrecimientos, por la utilización de técnicas industrializadas como el hormigón armado. Aunque esta situación si se observó en varias construcciones urbanas, especialmente las relacionadas con la arquitectura oficial. Si bien, en los casos trabajados, no se incorporó el hormigón armado, si surgió el uso de soluciones mixtas con mezclas de barro y concretos a base de greda⁸ y cemento. En todos los casos se le adjudica al cemento propiedades hidrófugas y una mayor solidez que a las mezclas de barro tradicional.

A partir de los estudios y trabajos realizados en las diferentes casas hemos podido observar el rol central de la piedra dentro de los aspectos estructurales y de protección de otros elementos componentes de la construcción. Como ya mencionamos, difícilmente las construcciones serán realizadas sin la ejecución de cimientos y sobrecimientos en piedra que, siendo correctamente ejecutados, impedirán el deterioro del muro de adobe por la acción de humedades.

Consideramos que la piedra es un material fundamental, necesario y vigente en la construcción en la Puna y en el marco de este encuentro cabe la reflexión acerca de su importancia y el registro de sus técnicas y procedimientos. Si bien estos se relacionan con la construcción con tierra no son totalmente subsidiarios de ella sino que poseen una complejidad y lógica propia. Cabe destacar, que para la construcción de un cerramiento con técnica mixta de piedra y adobe son las etapas relacionadas con la piedra las que insumen al menos dos tercios del tiempo total necesario para completar la caja muraria. Además de la utilización de este material en cimientos, sobrecimientos y muros, la piedra es un elemento primordial en la construcción completa, siendo utilizada también en aleros, techados y elementos que hacen a la configuración del espacio interior y exterior.

Es así que la densidad de conocimiento necesario para la selección y utilización de este material, en muchos casos, requiere constructores especializados específicamente en las técnicas relacionadas con la piedra y no necesariamente quienes trabajan correctamente las técnicas del adobe poseen los conocimientos necesarios para trabajar la piedra en la construcción.

Es entonces, que a partir de la integración de la experiencia de construcción con lo aprendido de los maestros constructores y del trabajo realizado sobre el material bibliográfico disponible⁹ es que creemos que el vacío documental sobre esta tematica representa un desafío para poder registrar la importancia, utilidad y vigencia de este material en la región y la cantidad de conocimientos y tiempo que requiere en relación a la totalidad de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

Blasco Lucas, I. y L. Simón Gil (2006). "Tipos estructurales y autoconstrucción con tierra en Región árido-sísmica" Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan.

Boman, Eric (1992 [1908]) Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama. Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy.

Caroe, M. (1989) "Deterioro de Piedras: Tipos y Causas". En: Torres Montes, L. y G. Artora (Trad.) *Antropología y Técnica*, 3. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Delfino, D. (2001) "Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina)" En: Lawrence Kuznar (Editor) *Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to archaeological Method and Theory*. International Monographs in Prehistory, Ethnoarchaeological Series 4, Ann Arbor, Michigan.

Göbel, B. (2002) "La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)". En: *Estudios Atacameños*, 23. Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo, Universidad Católica del Norte, San Pedro de Atacama.

González Serrano, A. y M. Ponce Ortiz de Insagurbe (2006) "Fuentes para un vacío documental sobre la construcción con tierra" En: *V SIACOT, Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra*, Cricyt, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

Koukharsky, M., Vulliën, A., Abril, E. y O. Morillo (1987) "Las Ignimbritas cenozoicas del Noroeste de Susques, Jujuy: Geología, petrografía y química." En: *Asociación Geológica Argentina*, XLII (3-4). Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires.

Rotondaro, R., Chaila, J. y F. Carrizo (2005) "Viviendas tradicionales del ámbito Aconquija Tucumanocatamarqueño, Argentina" En: *Construcción con tierra*, 1. Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Yacobaccio, H. D., C. M. Madero y M. P. Malmierca (1998) *Etnoarqueología de pastores surandinos*. Grupo de Zooarqueología de Camélidos, Buenos Aires.

Notas:

1 Pirca: "pared de piedra (vocablo que proviene del quechua "percca"). En la mayor parte del Mundo Andino a la acción de construir un muro de piedra se la conoce como pircar. El término "pircado", empleado como adjetivo, está referido a algo que posee un muro de piedra a su alrededor." (Delfino, 2001:8)

2 Para ampliar la descripción y uso de estos espacios ver Göbel, B. (2002) "La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)".

3 Poyos: "(...) están adosados contra las paredes, y se utilizan en el día como asiento, y como cama durante la noche." (Delfino, 2001:6).

4 En las múltiples referencias recopiladas acerca de las construcciones realizadas por "los abuelos", la frase da cuenta de las maneras de construir de los antepasados, estableciendo en la relación de parentesco, también respeto, cercanía y a la vez distancia con estas técnicas y modos de construir.

- 5 Ignimbríta Susques: "Se denomina así al extenso afloramiento de un manto ignimbrítico (...) que aparece en la localidad de Susques y sus alrededores." (Koukharsky et al.,1987:447).
- 6 A partir de los casos trabajados, en adelante clasificamos los tamaños en piedras Pequeñas hasta 100 mm., Medianas hasta 300 mm. y Grandes las mayores de 300 mm.
- 7 Rotondaro indica la necesidad de proteger los muros de adobe con cimientos de piedra por sobre el nivel de terreno para evitar los desgastes producidos por la acción del agua. (Rotondaro et al. 2005:52)
- 8 Greda: Gravilla arenosa utilizada en la construcción, generalmente tamizada o zarandeada a los efectos de regular su granulometría y reducir la presencia de agregado grueso.
- 9 Destacamos que si la construcción con tierra presenta dificultades en la obtención de información como indican González Serrano y Ponce Ortiz de Insagurbe (2006:148-150), es aún mayor el vacío de fuentes bibliográficas que detectamos para la construcción con piedra.

Mariano Schilman: Desde el 2000 ejerce tareas docentes en Historia de la Arquitectura en la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como docente en el Workshop Global Studio en Estambul y Vancouver, sobre planeamiento participativo con la comunidad. Ha participado de equipos de investigación y extensión universitaria, presentando ponencias en diferentes congresos. Forma parte del proyecto Puna y Arquitectura como uno de sus responsables.

Daniela Reisner: Arquitecta egresada de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como docente en la Cátedra Aboy de Historia en la FADU-UBA. Desde el 2005 forma parte del proyecto "Puna y Arquitectura" y ha presentado trabajos sobre este proyecto en distintos congresos. Es miembro del CEDODAL.

RESTAURACION DE ARQUITECTURA DE TIERRA EN IGLESIA San Juan.

Eliana Testa

Universidad Nacional de San Juan_ Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
IRPHA (Instituto Regional de Planeamiento y Habilidad).
egt83@live.com Tel: 0264-4315276.

Palabras clave: **preservación restauración, patrimonio turístico**

RESUMEN

Un pueblo sin historia es un pueblo sin identidad y la arquitectura es el testigo silencioso del accionar humano a través del tiempo...

El departamento Iglesia esta ubicado al norte de la provincia de San Juan aproximadamente unos 2000m smn, cuenta con un clima cordillerano singular que hace de él un sitio inigualable. Aquí el paisaje natural único de montañas, sol y cielo se conjugan con la arquitectura adaptada al clima y modos de vida aprovechables para el uso turístico. Teniendo en cuenta que éste es un lugar privilegiado también por no haber sufrido actividad sísmica reciente, lo que le permitió conservar sus características de principios de siglo XX.

Se selecciona una casona (viviendas rurales de grandes dimensiones) de mayor valor patrimonial (según variables predeterminadas) para la creación de un centro cultural que tendrá por fin el fomento del turismo rural.

Para que esta pueda usarse como recurso turístico, se evalúa con un análisis patológico del estado de conservación y se proponen las posibles soluciones ya que ese patrimonio sufre la acción desgastadora del tiempo, mal uso, clima que lo degradan y envejecen. La casona presenta graves desperfectos producto de la de humedad, asentamiento de terreno, grietas, desmoronamiento de los techos etc., Se proponen soluciones constructivas para anular las causas. Se tiene en cuenta también en el proyecto, el correcto uso y mantenimiento de estas casonas para evitar deterioros posteriores.

Para la restauración se adopta el criterio de la "Carta del restauro" de intervenir manteniendo la integridad de la obra con materiales y técnicas adecuadas. Entendiendo por patologías al reconocimiento de la sintomatología visible, sus causas y tratamiento. En definitiva el uso de técnicas centenarias propias con el objeto de conservar el paisaje cultural que resulta de la unión de la obra humana y su soporte natural

CASONA "DEL BALCON"

ETAPA 1 Descripción-valoración (fichaje)

1. Relevamiento fotográfico
2. Fichas síntesis
3. Valoración

ETAPA 2 Informe Patológico

1. Identificación de lesiones
2. Inspección Ocular
3. Diagnostico del edificio
4. Ficha de desajuste
5. Síntesis
6. Restauración de patologías

ETAPA 1 Descripción-valoración (fichaje)

ETAPA 2 Informe Patológico

El problema en cuestión es la verificación del estado y calidad de la construcción de las casonas estudiadas, ubicadas en el centro urbano de la localidad de Las Flores en el departamento Iglesia. Para el análisis de la obra, se ha concurrido a la misma para su estudio y la toma de registros fotográficos que avalen cada uno de los conceptos que aquí se verterán. En este sentido, se ha dividido en zonas a fin de facilitar las conclusiones y a su vez cada zona en sub.-zonas, a saber

1. ZONA 1 ESTRUCTURA
2. ZONA 2 CUBIERTAS
3. ZONA 3 PISOS
4. ZONA 4 CARPINTERIAS
5. ZONA 5 MUROS
 - ◇ SUB.-ZONA 5-1 MURO NORTE CIMIENTO
 - ◇ SUB.-ZONA 5-2 MURO ESTE CIMIENTO
 - ◇ SUB.-ZONA 5-3 MURO OESTE CIMIENTO
 - ◇ SUB.-ZONA 5-4 MURO SUR CIMIENTO
 - ◇ SUB.-ZONA 5-R MURO INTERNO GALERIA CIMIENTO

En cada una de estas zonas, se han tomado fotografías que han sido agrupadas en sub.-zonas según los daños y el estado verificado en obra.

2.1 identificación de lesiones

Mecánicas

- ◇ Grietas: La de mayor importancia es la que se encuentra en el muro norte
- ◇ Fisuras producidas en el revoque de todos los muros exteriores cerca de aberturas
- ◇ Desprendimientos: De revoque en todas las fachadas exteriores exceptuando las de la galería

Físicas

- ◇ Suciedad por acumulación debido a la falta de mantenimiento
- ◇ Humedad por agua de lluvia
- ◇ Humedad por capilaridad en los cimientos de muros exteriores

2.2 Inspección Ocular (observación y detección de lesiones) ⁽¹⁾

ZONA 1 ESTRUCTURA

Gran deterioro de las bases de las columnas lo cual compromete notablemente la estructura

ZONA 2 CUBIERTA

INTERIOR. Deteriorado sobre todo el sector de la vivienda que fue usado como pista de baile, el resto se encuentra en mejor estado

GALERIA: En estado de mayor deterioro, desprendimientos, humedad de lluvias y resecamiento de maderas por los agentes climáticos

ZONA 3 PISO

Originalmente parece haber sido de tierra ya que las habitaciones que no fueron usadas de pista baile conservan aun estas características (hacia el este de la vivienda). El resto tiene piso de hormigón (exterior) y mosaicos calcáreo en el interior, lo que concentró el accionar de agentes salinos y humedad sobre los muros.

ZONA 4 CARPINTERIA

Reseca, en mal estado (recuperable) falta de piezas reemplazadas por otras no originales

ZONA 5 MURO

SUB.-ZONA 5-1 MURO NORTE

Paramento: Realizado en material crudo (adobe) revocado en barro y paja. Presenta grandes desprendimientos y deterioro por la acción de agentes atmosféricos (viento, Sol) además de chorreaduras desde la cornisa en toda su extensión concentrándose en los caños de desagüe pluvial.

En su esquina oeste existe una grieta considerable producto del asentamiento del terreno en la zona lo cual compromete la estructura de la vivienda en ese sector.

Cimiento: Deteriorado por la humedad sobre todo hacia el sector del suelo donde se ha asentado y erosionado el terreno provocando que el cimiento no apoye correctamente en esta esquina.

SUB.-ZONA 5- 2 MURO ESTE

Paramento: se encuentra menos afectado el revoque y cimiento aunque también denota la acción de agentes Atmosféricos. Desprendimiento en los antepechos de ventanas y umbrales de puertas por la humedad.

Cimiento: Principalmente afectado por humedad del terreno

SUB.-ZONA 5-3 MURO NORESTE

Paramento: También el umbral de la puerta principal de la vivienda, la cual ha perdido escuadra por el asentamiento de terreno no pudiendo usarse actualmente ese sector. Chorreaduras en el paramento desde la cornisa con desprendimiento de revoque

Cimiento: Principalmente afectado por el asentamiento de suelo

SUB.-ZONA 5-4 MURO SUR

Paramento: Principalmente afectado por canaletas exteriores realizadas para instalaciones eléctricas. El revoque se encuentra en mejor estado por estar, gracias al arbolado y orientación, resguardado de la acción de agentes climáticos.

Cimiento: No presenta deterioros graves

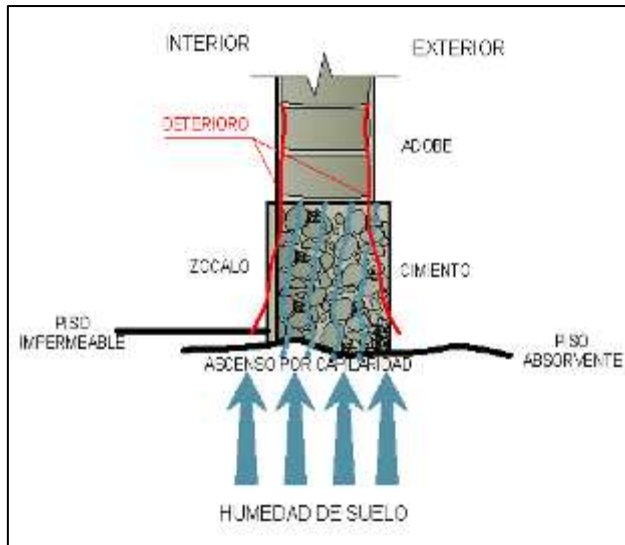
SUB.-ZONA 5-5 MUROS INTERNOS (GALERIA)

Paramento: Se encuentran en buen estado mayormente afectado por la humedad que asciende por los muros producto del reemplazo de los pisos originales por otros impermeables lo que concentra la humedad en paramentos y también chorreaduras en la parte superior.

Cimiento: No presenta deterioros graves

2.3 Diagnostico Del Edificio ⁽²⁾

Humedad por capilaridad



Es la que se presenta en las zonas de la construcción, en muros o cimentaciones y que esta ligado con el terreno. La humedad se debe a que los materiales de la construcción absorben el agua del terreno a través de la cimentación o muros. Ésta asciende por la red de capilares de los paramentos hasta alturas que dependerán del tamaño de los capilares, de su forma y estructura, de la presión atmosférica y del potencial eléctrico del muro frente al agua.

El agua transporta sustancias salinas que, al ascender se evaporan y cristalizan, aumentando de tamaño, manchando suelos y paredes e impregnando el ambiente de aire húmedo. Al evaporarse

el agua, interior y exteriormente, las sales se convierten en polvo que incluso puede agrietarse y separar el revoque. Son humedades permanentes cuando la napa freática del terreno se encuentra muy alta.

Prevención.

- ◇ Sondeos previos del terreno a edificarse (grado de humedad a distintas profundidades, distancia a nivel freático)
- ◇ Realización de drenajes y pozos absorbentes, para alejar el agua del subsuelo de la cimentación.
- ◇ Uso de morteros macro porosos con la propiedad de transpirabilidad y absorción de sales de agua.

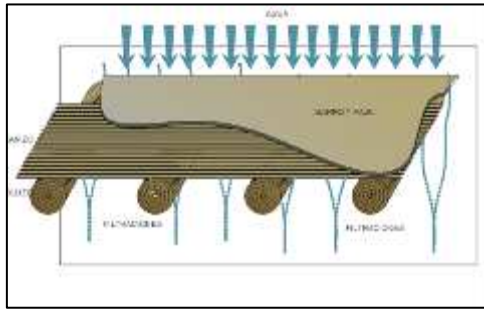
Diagnostico

- ◇ Aspectos visuales del muro (manchas eflorescencias, etc.)
- ◇ Ambiente húmedo
- ◇ Espesor del muro
- ◇ Análisis higrométrico, termo visión, etc.)

Tratamiento

- ◇ La inyección de resina en la base de las edificaciones puede eliminar el problema del agua y conseguir un bloque de capilaridades.
- ◇ La electro-ósmosis, en el que un dispositivo electrónico invierte la polariza que existe entre el suelo y el paramento haciendo que el agua descienda, eliminando la humedad.
- ◇ Las laminas impermeables (de caucho polipropileno.) las zanjas de drenaje, también pueden ser útiles para tratar esta clase de humedades.

Humedad por filtración



Es aquella que se produce por el acceso de agua a través de huecos o grietas por grave dad y que normalmente da lugar a manchas y/o chorreaduras. Es frecuente que se produzca en los encuentros de muros con soleras, juntas instructivas entre distintos elementos, por rotura de los cerramientos o acabados y en lugares de paso de cañerías de instalaciones

Prevención.

- ◇ Estudio de la pendiente de escurrimiento de cubiertas
- ◇ Correcta impermeabilización de cubiertas
- ◇ Correcta unión entre elementos verticales (paramentos) y horizontales (cubiertas)

Diagnostico

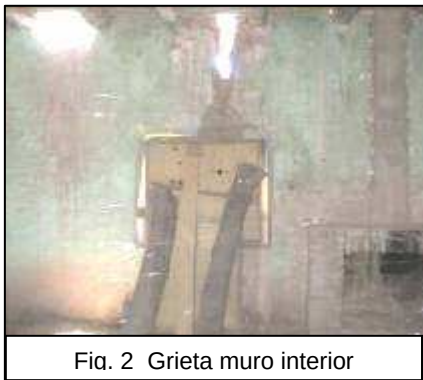
Su manifestación visible se encuentra en la parte superior de los paramentos exteriores e interiores y en la cubierta sobre todo en puntos de desagües como gárgolas o cañerías

- ◇ Debilitación de la cubierta
- ◇ Daño en cañas
- ◇ Desprendimiento de revoques en muros en la parte superior
- ◇ Socavado de adobe
- ◇ Manchas y chorreaduras interiores y exteriores en paramentos

Tratamiento

- ◇ Cambiar las gárgolas
- ◇ Cambiar tramos de cañas y sin que se note demasiado la diferencia
- ◇ Cambiar todo el techo, rectificar posición de los desagües y alivianar la torta de barro.
- ◇ Levantamiento todo el techo, hacer una viga de encadenado, hacer techo nuevo con cañas nuevas.
- ◇ Colocación de membrana

Grietas y fisuras



Son respuestas de la construcción frente a movimientos sísmicos, asentamientos del terreno o malas uniones de muros produciendo la discontinuidad de estructura la separación de los paramentos.

Diagnostico

La separación de los muros es lo que clasifica éstas en grietas cuando es total y fisuras cuando la separación es solo superficial.

Tratamiento

- ◇ Colocación de revoque "antisísmico"
- ◇ Uso de mallas de acero en todo el paramento
- ◇ Colocación de cañas en la grieta rellenas con barro y paja

Patologías menores



Fig. 3 Balcón

Son aquellas fallas que no ponen en riesgo la integridad de la construcción, generalmente provocadas por falta de mantenimiento y el paso de los años.

- ◇ Patologías en maderas de vigas columnas y cañizos
- ◇ Patologías en carpintería

BIBLIOGRAFIA

- ◇ Trabajo de tesis: Modelo de gestión para la conservación del patrimonio rural Arq. María Rosa Plana
- ◇ Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada de la Asociación colombiana de ingeniería sísmica

NOTAS

- (1) De Modelo de gestión para la conservación del patrimonio rural Arq. María Rosa Plana
(2) Basado en Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada de la Asociación colombiana de ingeniería sísmica

Eliana Testa: Estudiante de sexto año de la carrera Arquitectura

Ayudante alumna de la asignatura Teoría Historia y Crítica I (perteneciente a tercer año de la carrera. Becaria de Investigación categoría estudiantes avanzados A cargo de Arq. María Rosa Plana; enmarcado de el IRPHA (Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat) dependiente de la facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño.

CONSTRUÇÃO DE TABIQUE NO VALE DO DOURO SUL

**José Martinho^{1,A}; Carla Gonçalves^{1b}; Filipe Magalhães^{1c}; José Lousada^{2,D};
José Vieira^{1,E}; Humberto Varum^{3,F}; Jorge Pinto^{1,G}**

¹ECT. Departamento de Engenharias. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

²ECA. Departamento Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

³Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro (UA). Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro. Portugal

^ajose_martinho2@hotmail.com, ^bcarla-patricia-barbosa@hotmail.com,
^clipemagalhaes@msn.es, ^djlousada@utad.pt, ^ejvbieira@utad.pt, ^fhvarum@ua.pt ^gtiago@utad.pt

Palavras-chave: tabique, reabilitação, materiais naturais, vale do douro sul

RESUMO

O tabique é uma técnica construtiva tradicional portuguesa que usa materiais naturais tal como a terra crua e a madeira. Geralmente um elemento construtivo de tabique é formado por uma estrutura de madeira que é revestida com terra crua. A terra tem um papel importante nestes elementos construtivos porque simultaneamente protege a estrutura de madeira e serve como material de acabamento. A região de Trás-os-Montes e Alto Douro corresponde à parte nordeste de Portugal e é rica em construções antigas de tabique. Grande parte destas construções apresenta um avançado estado de degradação. Este facto aliado à escassez de estudos científicos relativos a esta temática motivou a realização de um trabalho de investigação que se encontra em curso e que visa estudar este tipo de construção e de forma a dar um contributo para futuros trabalhos de reabilitação. Atendendo a que esta região é muito vasta foi necessário fasear o referido trabalho de investigação. Deste modo, subdividiu-se a área de trabalho em seis partes referentes às seis Associações de Municípios da região e que são as seguintes: Alto Tâmega; Terra Quente Transmontana; Terra Fria do Nordeste Transmontano; Vale do Douro Norte; Vale do Douro Sul e Douro Superior. O trabalho que se aqui se propõe é relativo à Associação de Municípios do Vale do Douro Sul e usa dez construções antigas de tabique como amostragem. Para o efeito, foi efectuado um levantamento dessas construções e uma recolha de amostras dos materiais construtivos para estudo laboratorial.

1. INTRODUÇÃO

As principais técnicas construtivas tradicionais portuguesas que usam terra crua como material de construção são a taipa, o adobe e o tabique.

Um elemento construtivo de tabique é geralmente formado por uma estrutura de madeira que é revestida por um material à base de terra crua.

Este trabalho de investigação está focado no estudo do tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Esta é a região de Portugal que fica mais a Norte e onde esta técnica tem uma grande incidência. As construções antigas de tabique existentes nesta região apresentam na generalidade um avançado estado de degradação. Muitas delas já atingiram o estado de ruína.

Atendendo a que ainda existem poucos trabalhos de investigação desenvolvidos sobre este tipo de construção existente nesta região tornou-se imperioso realizar este estudo que tem como principal objectivo elaborar um registo dos pormenores construtivos e dos tipos de materiais usados e, para servir de auxílio a futuros trabalhos de reabilitação. Simultaneamente, através deste trabalho pretende-se estimular o uso de materiais naturais do tipo madeira e terra crua no domínio da construção civil.

Sendo esta região muito vasta, houve a necessidade de sub-dividir a área de trabalho em seis sub-áreas sendo estas relativas às seis Associações de Municípios que são Alto Tâmega, Terra Quente Transmontana, Terra Fria do Nordeste Transmontano, Vale do Douro Norte, Vale do Douro Sul e Vale do Douro Superior. O presente trabalho é relativo a

Associação de Municípios do Vale do Douro Sul. Outros dois trabalhos de investigação similares encontram também em curso e que estão focados nas Associações de Municípios do Alto Tâmega e do Vale do Douro Norte.

Este trabalho foi essencialmente assente na realização de trabalho de campo. Através de visitas aos vários concelhos desta Associação de Municípios foi possível localizar construções antigas de tabique, proceder ao levantamento dessas construções e recolha de amostras para a realização de trabalho experimental de identificação de materiais.

Constatou-se que a maioria dos elementos construtivos de tabique são do tipo parede interior embora, também foram encontrados exemplos de paredes exteriores de tabique e que são mais invulgares.

Este estudo conclui que ainda é precoce definir uma solução de montagem construtiva padrão para o elemento construtivo de tabique mais frequente (parede) e porque os elementos construtivos de tabique analisados apresentavam uma grande variabilidade de dimensões entre si.

2. DESCRIÇÃO DO VALE DO DOURO SUL

A Associação de Municípios do Vale do Douro Sul é uma das seis Associações de Municípios que existem na região de Trás-os-Montes e Alto Douro e apresenta uma área superior a 2000 km² [1, 5]. É uma zona que marca a transição entre o centro e o norte de Portugal (figura 1). A nível administrativo, o Vale do Douro Sul é constituído pelos seguintes onze concelhos: Cinfães; Resende; Lamego; Tarouca; Armamar; Moimenta da Beira; Tabuaço; São João da Pesqueira; Sernancelhe; Penedono e Mêda. Estes concelhos estão delimitados a Norte pelo rio Douro e a Sul pelas densas montanhas de Montemuro e de Leomil. A Este e a Oeste encontra-se o rio Paiva e o rio Côa respectivamente, ambos os rios são afluentes do rio Douro. Na figura 1-b também aparece indicada a localização aproximada das construções estudadas neste trabalho.

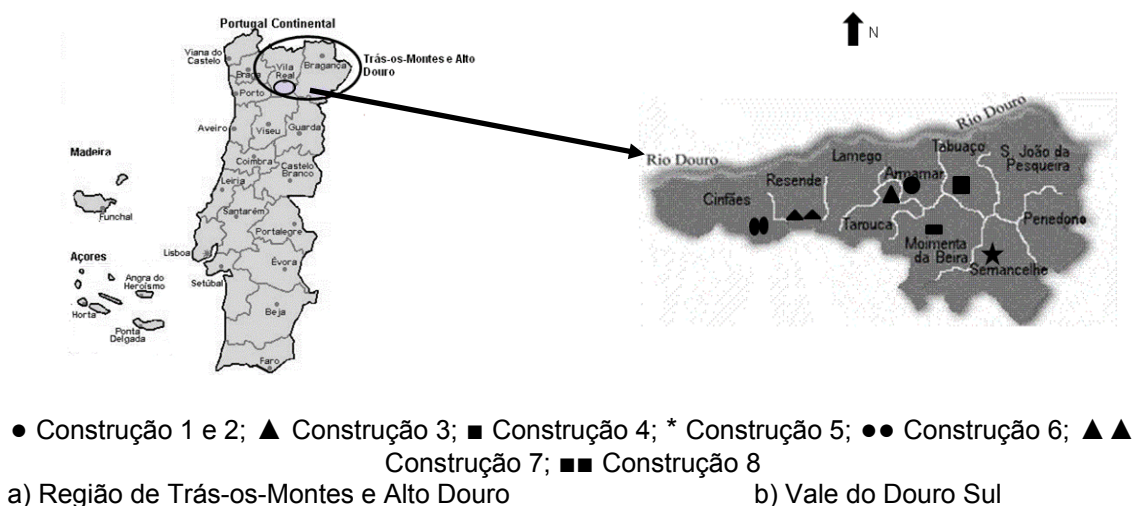


Figura 1: Portugal [2]

3. TABIQUE

As principais técnicas construtivas tradicionais portuguesas que usam a terra crua como material de construção são o adobe (junto aos estuários dos rios Tejo e Sado e no litoral centro), a taipa (principalmente no sul do país) e o tabique (no centro e no norte do país).

Na região de Trás-os-Montes e Alto Douro o tabique é o que tem maior incidência [3]. De forma simplificada, um elemento construtivo de tabique é formado por uma estrutura de madeira constituída por tábuas verticais ligadas entre si por um fasquio (ripas horizontais), revestidas por terra crua e tal como pode ser observado na figura 2.

As construções antigas existentes construídas com esta técnica são geralmente edifícios de habitação e de poucos pisos, normalmente piso térreo e primeiro andar.

Geralmente os elementos construtivos de tabique (paredes, tecto, escadas), localizam-se no interior dos edifícios, figura 2-a e, nestes casos, as paredes exteriores são do tipo paredes resistentes de alvenaria de pedra.

Ao longo da realização deste trabalho observou-se que na área de estudo também existem exemplos de edifícios que apresentam paredes exteriores de tabique (figura 2-b). Nestes casos, estas paredes localizam-se nos pisos superiores e, ao nível do piso 0, as paredes exteriores continuam a ser de alvenaria de pedra.



I: Enchimento; II: Fasquio; III: Tábuas verticais; IV: Revestimento

a) Parede interior

b) Parede exterior

Figura 2: Tabique

4. TRABALHO DE CAMPO

O estudo da técnica construtiva do tabique desenvolvido na Associação de Municípios do Vale do Sul incluiu um trabalho de campo que requereu diversas visitas a todos os onze concelhos e, de modo a encontrar construções que apresentassem elementos construtivos de tabique, a contactar os respectivos proprietários e de modo a obter autorização e informações, a proceder ao levantamento das construções e recolher amostras de material para posterior análise laboratorial.

Verificou-se que a generalidade dos onze concelhos (figura 1-b) apresentam construções de tabique e apenas são excepções os concelhos de Lamego, de São João da Pesqueira e de Penedono. Será necessário realizar mais visitas a estes três últimos concelhos de forma a certificar o facto anterior.

Observou-se que grande parte das construções de tabique apresenta um avançado estado de degradação, o que revela que não têm sido âmbito de trabalhos de conservação/reabilitação. Muitas delas apresentam-se em ruína (parcial ou total) e, na generalidade, não parecem estar habitadas.

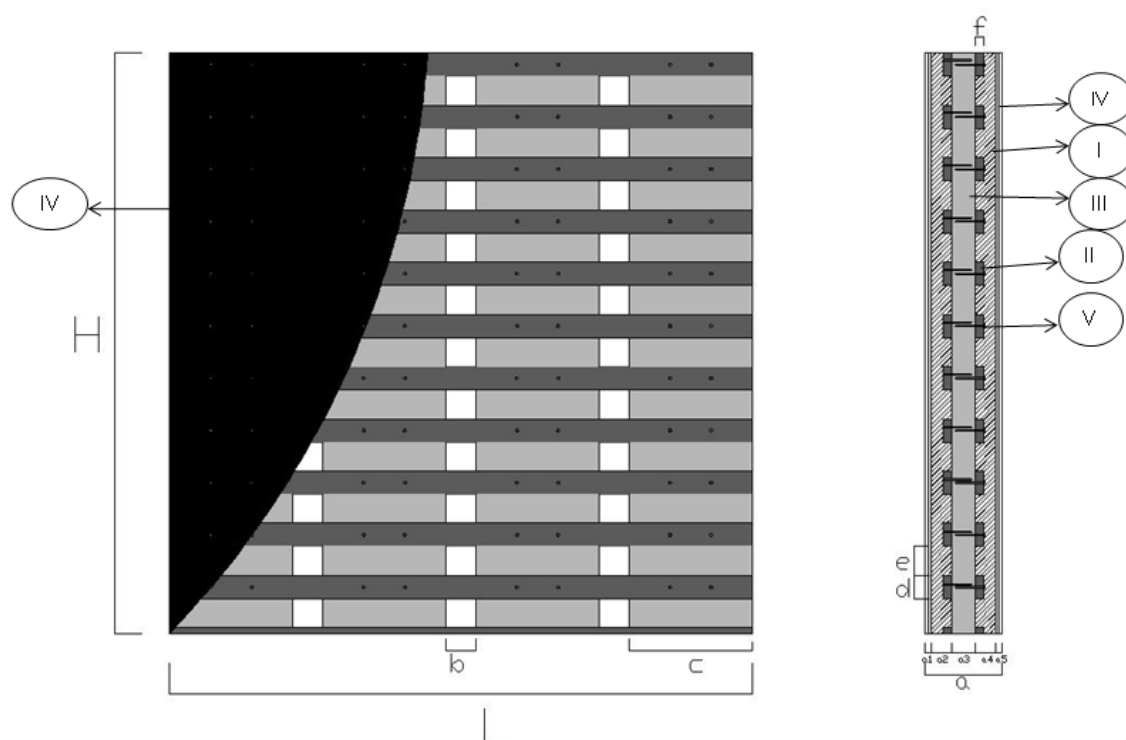
O trabalho de levantamento de cada construção consistiu em efectuar um registo fotográfico, uma medição da construção, uma caracterização visual do estado de conservação e um preenchimento de uma ficha técnica.

Em trabalhos anteriores [3] foi definida uma ficha técnica. Contudo, nesta fase do trabalho de investigação, optou-se por elaborar uma outra ficha técnica que se pensa ser mais completa e que está ilustrada na figura 3. Esta ficha técnica contempla inicialmente um bloco relativo à identificação do tipo de construção (habitação/comércio e números de pisos), à identificação do proprietário e à identificação da localização (rua, freguesia, concelho). O segundo bloco é relativo à identificação/caracterização dos elementos construtivos de tabique. Esta ficha técnica está focada na caracterização dos elementos construtivos de tabique.

A figura 4 representa esquematicamente um elemento construtivo de tabique e identifica tanto os elementos constituintes, como as dimensões que são importantes saber.

Ficha Técnica	
Tipo de construção	
Proprietário	
Localização	
Rua	
Freguesia	
Concelho/Distrito	
Tipo de elemento de tabique	
Descrição	
Largura, (L)	
Altura, (H)	
Espessura, (a)	
Tábuas verticais	
Largura, (c)	
Espessura, (a3)	
Espaçamento entre tábuas, (b)	
Tipo de madeira	
Fasquio	
Largura, (d)	
Espessura, (f)	
Espaçamento entre ripas, (e)	
Tipo de madeira	
Material de enchimento	
Tipo	
Espessuras, (a2 e a4)	
Material de acabamento	
Tipo	
Espessuras, (a1 e a5)	

Figura 3: Ficha técnica



I: Enchimento; II: Fasquio; III: Tábuas verticais; IV: Revestimento; V: Pregos

Figura 4: Esquema de elemento de tabique

A tarefa de recolha de amostras dos materiais constituintes de um elemento de tabique (peças de madeira, pedaços de material de enchimento, partes do material de acabamento e pregos) foi processada de forma a obter quantidades que fossem representativas em termos de amostragem.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A informação obtida através do trabalho de campo e relativa aos elementos construtivos de tabique identificados nas oito construções que serviram de amostragem, está resumida nas tabelas de 1 a 3. As variáveis que aparecem nestas tabelas estão identificadas na figura 4, algumas dessas variáveis não aparecem com valores nas referidas tabelas e devido a não ter sido possível obter o valor resultante de diversos factores tal como impossibilidade de acesso, deterioração, inexistência entre outros.

	Piso 0			Piso 1		
	c (cm)	a3 (cm)	b (cm)	c (cm)	a3 (cm)	b (cm)
Const. 1	21,0	6,0	-	-	-	-
Const. 2	-	-	-	21,0	6,0	-
Const. 3	-	-	-	-	-	-
Const. 4	-	-	-	15,0 a 20,0	2,5	3,5 a 6,0
Const. 5	-	-	-	20,0	3,0	1,5
Const. 6	-	-	-	20,0	3,0	2,5
Const. 7	-	-	-	21,0	2,5 a 3,5	2,5
Const. 8	20,0	3,5	1,5	-	-	-

Tabela 1: Tábuas verticais (III)

	Piso 0			Piso 1		
	d (cm)	f (cm)	e (cm)	d (cm)	f (cm)	e (cm)
Const. 1	6,0	1,5	5,0	-	-	-
Const. 2	-	-	-	6,0	1,5	5,0
Const. 3	-	-	-	-	-	-
Const. 4	-	-	-	3,0 a 4,0	1,0	5,0
Const. 5	-	-	-	2,5	1,2	5,0
Const. 6	-	-	-	3,0	1,5	5,0
Const. 7	-	-	-	3,0 a 5,0	1,5	5,0
Const. 8	3,0	1,5	5,0	-	-	-

Tabela 2: Fasquio (II)

	Piso 0	Piso 1
	a2 e a4 (cm)	a2 e a4 (cm)
Const. 1	-	-
Const. 2	-	1,5
Const. 3	-	2,0
Const. 4	-	-
Const. 5	-	2,0
Const. 6	-	-
Const. 7	-	2,5
Const. 8	-	-

Tabela 3: Enchimento (I)

Os dados apresentados nestas tabelas revelam que não parece existir uma uniformidade em termos de grandezas geométricas associadas aos elementos construtivos de tabique estudados.

As dimensões das tábuas verticais (III) e do fasquio (II) são muito dispersas variando respectivamente entre 15,0 cm e 21,0 cm e entre 2,5 cm e 6,0 cm no que respeita à largura e, entre 2,5 cm a 6,0 cm e entre 1,0 cm a 1,5 cm quando se trata da espessura.

O mesmo facto observa-se em relação ao afastamento entre as tábuas verticais estando estas afastadas entre si de valores compreendido entre 1,5 cm e 6,0 cm. O afastamento do fasquio apresentou valores uniformes de 5,0 cm.

A espessura do material de enchimento (I) apresentou valores compreendidos entre 1,5 cm e 2,5 cm.

Deste modo e, face a estes dados, parece precoce, nesta fase, definir um esquema padrão de construção de um elemento construtivo de tabique tipo parede. Contudo, estes dados revelam que o esquema de construção de uma parede de tabique é análogo, tal como mostra o esquema da figura 4.

Com base nas amostras de madeira recolhidas, foi possível identificar a espécie através de análises microscópicas realizadas no Departamento das Ciências Florestais da UTAD. Estas análises permitiram saber que a madeira de pinho *“pinus pinaster”* é a mais frequentemente usada na construção da estrutura de madeira do tabique embora a madeira de castanho *“castanea sativa”* também possa ser utilizada pontualmente. Estas duas espécies de madeira são as mais abundantes na região.

Relativamente ao material de terra crua usada no enchimento/revestimento dos elementos construtivos de tabique ainda não foi realizado o trabalho experimental de

identificação/caracterização nesta fase. Esse trabalho experimental incluirá análises Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) e de difração de raios-X, a realizar na Unidade de Microscopia de Varrimento da UTAD. Num trabalho já realizado [4] e no contexto do trabalho de investigação de estudo das construções de tabique existentes na região de Trás-os-Montes e Alto Douro verificou-se que geralmente o material de enchimento/revestimento é uma argila. Tal como foi referido anteriormente e, com base nas respostas dadas por algumas das pessoas inquiridas aquando da realização do trabalho de campo, este material foi recolhido quase sempre em zonas próximas do local de implantação da construção.

No que respeita à identificação do material metálico dos pregos também ainda não foi realizado o trabalho experimental. Pensa-se que este material seja do tipo liga metálica essencialmente composta por zinco e, de forma a evitar o desenvolvimento de um processo de oxidação, que a ocorrer, poderá instabilizar a camada de enchimento/revestimento e a criar pigmentação localizada na superfície de acabamento do elemento de tabique.

6. CONCLUSÕES

Nesta fase deste trabalho ainda não foram encontradas construções de tabique nos concelhos de Lamego, S. João da Pesqueira e Penedono.

Na Associação de Municípios do Vale do Douro Sul, os elementos construtivos de tabique identificados são basicamente do tipo paredes interiores embora e, muito importante, também existam paredes exteriores de tabique.

Muitas construções que apresentam elementos construtivos de tabique apresentam um avançado estado de degradação. O material de enchimento/revestimento de terra crua desempenha um papel muito importante de preservação da estrutura de madeira.

Os elementos construtivos de tabique analisados apresentam uma grande variabilidade de dimensões entre si. Nesta fase parece precoce apresentar uma solução de montagem construtiva padrão. Contudo, todos eles apresentam uma solução de montagem construtiva semelhante e de acordo com a solução esquemática representada na figura 4.

A estrutura de madeira dos elementos construtivos de tabique estudados na Associação de Municípios do Vale do Douro Sul é geralmente concebida com recurso a madeira de pinho “*pinus pinaster*”. Em casos pontuais também foi usada a madeira de castanho “*castanea sativa*”.

O material de enchimento/revestimento parece ser do tipo argila e geralmente é recolhido nas proximidades do local de implantação da construção.

7. BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (2005). Região do Vale do Sul!... [em linha]. Disponível em <http://www.beiradouro.pt/> . [Consultado em 13 de Dezembro de 2008]. [1]

Carvalho, R. (2008). Tabique na arquitectura de terra!... [em linha]. Disponível em <http://arquitecturadouro.blogspot.com/2008/01/tcnicas-de-construo-no-alto-douro-o.html>. [Consultado em 18 de Dezembro de 2008]. [2]

Joana Carvalho, Jorge Pinto, Humberto Varum, Abílio Jesus, José Lousada, José Morais. CONSTRUÇÕES EM TABIQUE NA REGIÃO DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO. CINPAR 2008 – 4th International Conference on Structural Defects and Repair. Civil Engineering Department – University of Aveiro. Portugal. 25-28 June 2008. Editors: Humberto Varum, Francisco Carvalho, Anibal Costa, Alexandre Bertini, Petr Štěpánek. ISBN: 978-989-95695-3-9. 2008. [3]

Joana Carvalho, Jorge Pinto, Humberto Varum, Abílio Jesus, José Lousada, José Morais. ESTUDO DO MATERIAL TERRA USADO NAS CONSTRUÇÕES EM TABIQUE NA REGIÃO DE TRÁS-OS-

MONTES E ALTO DOURO. TERRABRASIL 2008, VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra e II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. 3 a 8 de Novembro de 2008. Universidade Estadual do Maranhão, São Luiz, MA, Brasil. Livro de resumos. Editado por Anais. UEMAS/Proterra. ISBN 978-85-86036-41-5. Página 13. 2008. [4]

Região do turismo do Sul (2005). Concelhos!... [em linha]. Disponível em <http://www.douro-turismo.pt/>. [Consultado em 10 de Dezembro de 2008]. [5]

^a Aluno de Mestrado em Engenharia Civil da UTAD

^b Aluna de Mestrado em Engenharia Civil da UTAD

^c Aluno de Mestrado em Engenharia Civil da UTAD

^d Professor do Departamento Florestal, da UTAD

^e Professor do Departamento de Engenharias, da UTAD

^f Professor do Departamento de Engenharia Civil, da UA

^g Professor do Departamento de Química, da UTAD

^h Professor do Departamento de Engenharias, da UTAD

IGLESIA Y EXCONVENTO DE TIRIPETÍO, MÉXICO, ESTADO DE SUS MAMPOSTERÍAS.

J. A. Bedolla Arroyo¹; W. Martínez Molina²; E. M. Alonso Guzmán^{1, 2}; J. C. Rubio Avalos², F. A.; Velasco
Ávalos²; J. J. Mendoza Jiménez³; F. Méndez Flores¹; L. F. Guerrero Baca^{1, 4}

¹ Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura de la Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 58040

² Cuerpo Académico Consolidado CA-UMSNH-147, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 58040

³ Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima,
Colima, México, 28040

⁴ Facultad de Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D. F., México, 04960
Teléfonos (52) 443 3223500, ext 4325, 4328; Fax (52) 443 3273856,
c.e.: bedollaalberto@gmail.com y ealonso@zeus.umich.mx

Palabras clave: Mampostería, contrafuertes, maderos.

RESUMEN

Michoacán, México está ubicado en la Costa Pacífica de la República Mexicana, Tiripetío se localiza al Suroeste de Morelia, la capital del estado, a 24 km. El Ex Convento de Tiripetío fue la Primera Escuela de Altos Estudios de América de donde se conformó posteriormente la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Este conjunto religioso data del año 1525, época en la que llegaron los primeros franciscanos a este sitio. En ese tiempo se edificaron el templo y el convento. Convirtiéndose en el año de 1538 en sede del Obispado fundado en Michoacán, a cargo de Don Vasco de Quiroga.

Para finales del siglo XVI, el convento había cambiado su estructura, al ser reconstruido por Fray Pedro de Pila, ya de material sólido y de apariencia suntuosa. A pesar de estas características existen datos que señalan que desde entonces el convento presentaba deterioros en su estructura, tales como aberturas y hendiduras en las paredes, así como podredumbre de vigas y tejamanil de la cubierta.

El convento permaneció cumpliendo sus funciones hasta el año de 1780, quedando la parroquia bajo la administración del clero secular. Para el siglo XIX, solo quedaba en buenas condiciones el claustro principal, las demás áreas se encontraban en estado ruinoso, y fue difícil el lograr reconstruirlo debido a las constantes guerras civiles en la región.

En el año de 1944, se produjo un fuerte incendio que destruyó gran parte del conjunto, principalmente el área correspondiente al templo. Este perdió su cubierta por lo que fue sustituida por una cubierta de cinco bóvedas y lunetos, y una gran cúpula colocada en el tramo anterior al presbiterio.

En el caso particular del convento, el edificio estuvo en manos de la comunidad durante un largo tiempo. Es hasta el año de 1972, cuando se rescata y se comienzan a realizar trabajos de restauración en él. El encargado de esta primera etapa es Enrique Luft, su intervención abarca de 1971-1979.

1. INTRODUCCIÓN

La edificación de las iglesias durante el siglo XVI y XVII en México fue hecha bajo la dirección de los frailes evangelizadores, los cuales traían consigo los conocimientos de una gran variedad de tratados de construcción, de los cuales se asume de manera hipotética, que fueron utilizados para la edificación de estos edificios bajo tres aspectos: el uso de materiales y sistemas constructivos, la distribución espacial y los aspectos conceptuales y estilísticos de la arquitectura.

El presente trabajo aborda la problemática constructiva de un inmueble en particular: la actual Parroquia de San Juan Bautista ubicada en la localidad de Tiripetío Michoacán México en el cual se presentan fallas constructivas de la fábrica original en los elementos estructurales de los contrafuertes. Ante esta problemática, se plantearon de manera hipotética las posibles causas y efectos que dieran como resultado los deterioros presentes.

Con la finalidad de poder comprobar las hipótesis planteadas, la investigación tomó dos vertientes: La primera en la que se plantea una mala fábrica constructiva por desconocimiento constructivo durante la época de construcción del inmueble, y la segunda en la que se le atribuyen a esfuerzos accidentales tales como sismos, hundimientos diferenciales, cargas concentradas o la posible mala intervención del hombre en alguna etapa posterior.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL INMUEBLE.

En mayo de 1537, los religiosos agustinos decidieron iniciar la evangelización de la llamada "Tierra Caliente", situación que aprovechó el conquistador Juan de Alvarado para pedir por medio del Virrey Antonio de Mendoza que los misioneros agustinos pasaran a evangelizar los territorios de su encomienda de Tiripetío, pues llegaban cerca de la Tierra Caliente y él les ayudaría en la edificación de la iglesia y el convento. Para esta misión evangelizadora fueron nombrados los padres fray Juan de San Román y fray Diego de Chávez y Alvarado, éste último, sobrino del encomendero. De esta manera salieron los religiosos de México el 22 de mayo y arribaron al pueblo el 12 de junio de 1537.

Los padres San Román y Chávez comenzaron su labor evangelizadora trazando, construyendo y planeando el pueblo y la construcción de un convento que les sirviera de centro doctrinal. Su primera edificación fue una choza de adobe a manera de iglesia donde se guardaba el Santísimo Sacramento, y tras la construcción de esta obra, se dieron a la tarea de enseñar la doctrina a la vez que ellos aprendían el idioma de los grupos étnicos locales: los Purhépecha.

Igual que muchos de los pueblos fundados o reorganizados por frailes, la planeación del nuevo pueblo de Tiripetío corrió a cargo de los religiosos, pero como caso poco común, éstos fueron auxiliados por un grupo de oficiales españoles que residían en México y que habían sido traídos por el encomendero. Los oficiales llegaron al pueblo el mismo año de 1537 y adiestraron a los indígenas y los mismos frailes en los trabajos de cantería y herrería para las grandes construcciones que ahí se realizaban.

A partir del año 1543, el padre Diego de Chávez comenzó a edificar un nuevo convento más grande, cómodo y a su entero gusto, pues el primero lo había edificado el padre San Román. El convento representa una completa innovación en cuanto a la tradición constructiva de conventos se refiere, no sólo entre la orden Agustina, sino también en toda la Nueva España, pues el carecer de un patio central generaba un modelo arquitectónico completamente nuevo que no respetaba los patrones tradicionales. La construcción de este convento se terminó en una fecha posterior al año de 1553.

El templo de Tiripetío comenzó a edificarse a mediados de 1538, casi un año después de que los frailes llegaran al pueblo y se terminó hacia 1548. Este edificio fue construido con una planta sencilla, de una sola nave con el ábside en forma trapezoidal. Las crónicas mencionan que la fachada del templo era una de las más hermosas que se habían construido no sólo en el obispado de Michoacán, sino en la Nueva España entera. La techumbre, de media tijera, era a base de madera sobre la que descansaba una cubierta de teja a dos aguas. Un techo aparente constituía una elaborada y bien trabajada cubierta de madera, toda una forma de delicados y coloridos artesones, que hacían de este templo un caso único en la Nueva España. En el interior de la iglesia se levantan dos corredores de arcos torales que servían como división para los fieles tratando de dar una apariencia basilical, quizá con la idea de imitar las basílicas de los primeros siglos del cristianismo. Este

templo no sobrevivió al tiempo, pues en el año de 1640, cuando uno de los indios iba a llamar a maitines, la antorcha con que se iluminaba prendió la estructura de madera del coro, destruyéndose para siempre la referida grandeza; con este incendio, el fastuoso templo de Tiripetío perdió su decoración, su fachada y hasta sus dimensiones reedificándose con más austeridad, tal como lo vemos en la actualidad. Esta reconstrucción terminó hacia 1650.

En el mes de noviembre de 1540 se realizó el capítulo provincial de los agustinos en la ciudad de México, y dentro de las resoluciones tomadas allí, se decidió crear un centro de estudios mayores de Artes y Teología. Por esos años, Tiripetío tenía fama dentro de la orden por ser un modelo a seguir en lo que se refería a la fundación de un pueblo y la evangelización de los naturales, sin contar con lo rápido que había sido la edificación completa del convento. Como el pueblo y la comunidad de Tiripetío, resultaban un magnífico ejemplo de la labor que deberían desarrollar los frailes, se eligió como sede del primer centro de estudios agustinos en el Nuevo Mundo. Los estudios que se impartieron en Tiripetío a partir de 1540 -1541 poseían las características de la enseñanza que se impartía en las universidades españolas.

La labor de los frailes agustinos no se limitaba al aspecto meramente espiritual, pues apoyados por el encomendero, también se preocuparon por llevar a los indios de Tiripetío el conocimiento de técnicas artesanales para que trabajaran todos los materiales a la manera española e indígena.

Como se puede observar en esta reseña histórica del pueblo de Tiripetío, los conocimientos técnico-constructivos de la edificación europea fueron impartidos y divulgados en este centro de enseñanza, lo que nos indica que los contenidos sobre edificación incluidos en los antiguos tratados europeos estuvieron presentes durante la enseñanza y edificación de este edificio, razón por la cual el planteamiento hipotético de una mala fábrica podría tener pocas posibilidades de ser la causa de la falla estructural del sistema de contrafuertes existente en el inmueble.

2.1. EL CASO DE ESTUDIO

2.2. Descripción arquitectónica.

El templo de la Parroquia de San Juan Bautista de Tiripetío consta de una sola planta a manera de nave basilical con dimensiones de 53.50 m de longitud por 15.30 m de ancho en medidas exteriores, actualmente en su interior se encuentran 16 columnas de madera de 30 cm x 50 cm de sección por 10.50 m de altura, estas se encuentran apoyadas sobre bases de cantería labrada. Estos elementos son los apoyos centrales de la cubierta del edificio (Figura 1).

Los muros son de mampostería de piedra volcánica asentada con arcilla y morteros de cal, su espesor es de 1.54 m en promedio y 1.72 m incluyendo la pilastra con una altura de 10.50 m. La cubierta es a base de estructura de madera de media tijera y caballete y cubierta de teja de barro rojo recocido.

La fachada de estilo barroco está compuesta de un acceso central de arco de medio punto y en el cuerpo superior un óculo que sirve como iluminación al coro de la iglesia y a la nave propia. Sobre sus fachadas laterales se desplantan los elementos de los contrafuertes en cuestión, en la fachada sur tres de éstos y dos sobre la fachada norte, esto debido a que en el lugar del tercer contrafuerte de esta fachada se encuentra la casa cural, motivo por el cual no se hizo necesario en su construcción (Figura 2, Fotografía de A. Bedolla)

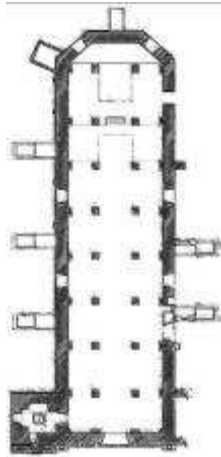


Figura 1 Planta Arquitectónica del Templo de Tiripetío Michoacán, México.



Figura 2. Fachada principal del templo de Tiripetío, Michoacán, México.

2.3. Alteraciones y deterioros

El inmueble presentaba en términos generales, alteraciones y deterioros comunes por la falta de mantenimiento y la poca conservación, deterioros como la disgregación de juntas, la exfoliación o descamación de la roca, suciedad o pátinas, manchas por escurrimiento y pérdidas de aplanados a causa de los agentes físico-naturales, son los daños que predominaban en todo el inmueble, deterioros comunes que se encuentran en la gran mayoría de nuestros inmuebles Patrimonio de la Humanidad, los cuales no tienen mayor complejidad en su restauración.

Sin embargo existía un deterioro preocupante en el momento de abordar la restauración de este templo; la fractura de los cinco contrafuertes en áreas críticas de su trabajo estructural, las aristas de los brazos superiores y los arranques del arco en el cuerpo inferior. El diseño de los contrafuertes se puede considerar como austero, están compuestos por dos cuerpos de fábrica sencilla, un cuerpo inferior compuesto de un macizo rectangular de secciones 2.15 m de ancho por 2.51 m de largo y una altura de 4.60 m, el cual se conecta con la estructura de los muros por medio de un arco rebajado de 2.75 m de longitud. El segundo cuerpo corresponde al brazo de secciones 1.60 m de ancho con un peralte de 1.20 m y un largo de 7.20 m medida superior, que se encuentra de manera diagonal apoyado sobre en macizo en la parte inferior y sobre el muro en la parte superior (Figura 3).

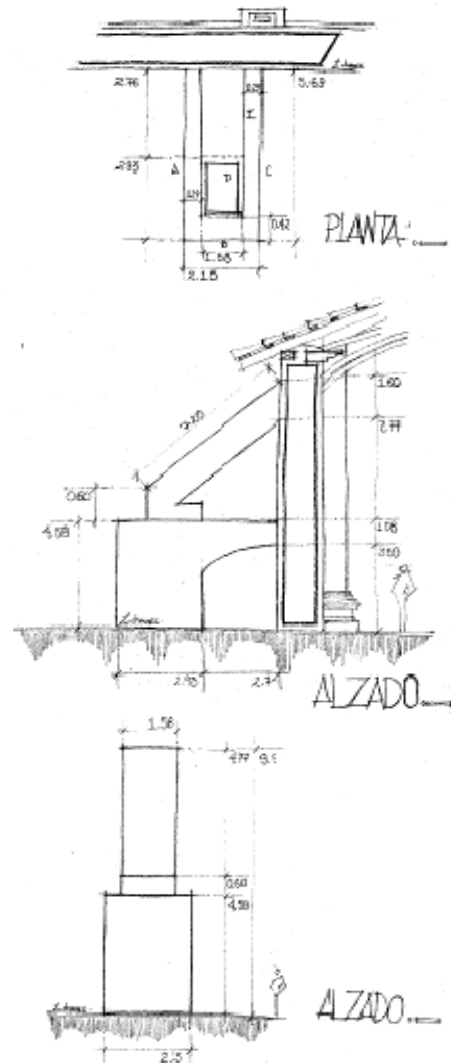


Fig. 3. Lev. Arq. del diseño actual de los contrafuertes de la estructura del templo.

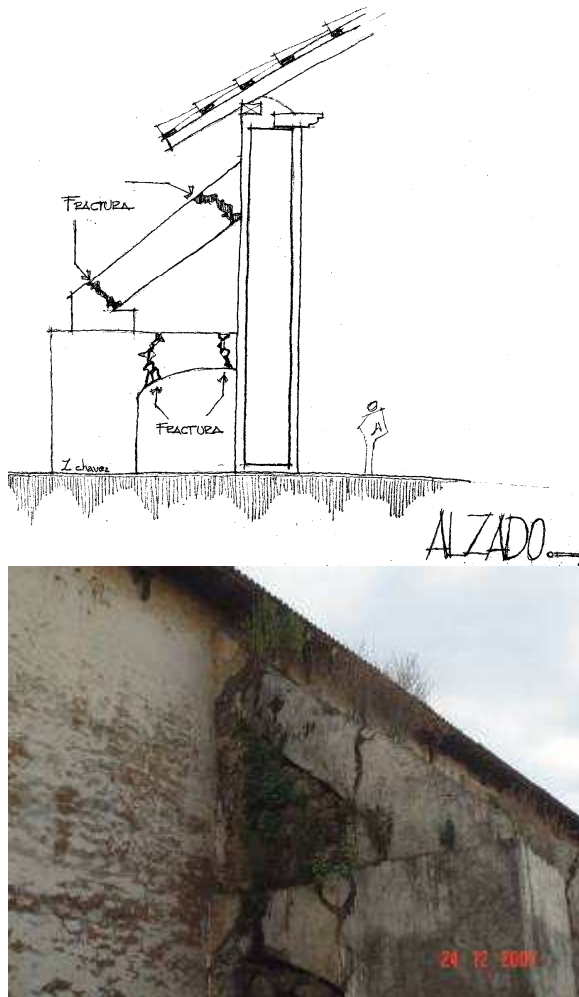


Figura 4. Levantamiento de daños y deterioros de los contrafuertes de la estructura del templo de Tiripetío, Michoacán México (Fotografía de A. Bedolla).

Los deterioros que se presentaban en estos cinco elementos consistían en fracturas en el área de cortante crítico de ambos elementos (ver Figura 4) todos en la misma posición, por lo que su intervención resultaba imperante en las acciones de intervención. No se conocen las causas ni fechas en las que se presentaron estos deterioros, la memoria de la comunidad no tiene referencias de en que tiempo se suscitó este deterioro.

Es común y de costumbre que en nuestras comunidades michoacanas el mantenimiento y la conservación de estos inmuebles estén a cargo de los denominados "semaneros": personas, grupos o comités de la propia comunidad que se encargan del templo por el lapso de tiempo de un año, tiempo en que este personal realiza las actividades de mantenimiento e intervenciones necesarias para su conservación. En este caso en particular, la comunidad implementó dos acciones que obligaron a tomar en cuenta; la primera, al observar las fracturas de los contrafuertes y por el temor de que estos colapsaran, rellenaron los vanos interiores con mampostería de piedra volcánica y la segunda acción fue realizada en la cubierta del templo en la cual, con la finalidad de economizar el tiempo, material y mano de obra en su mantenimiento, la estructura de madera original fue sustituida por un estructura metálica.

2.4. Revisión del problema.

Como se mencionó anteriormente, el problema se abordó con dos vertientes, la revisión estructural por cargas accidentales y la revisión tratadística por cuestiones de diseño, secciones y construcción, ambas vertientes con la finalidad de complementarse una con la otra y encontrar la causa de origen del problema.

En primera instancia, haciendo uso de los tratados de construcción relacionados con estos inmuebles se realizó la revisión constructiva espacial y conceptual arquitectónica con la finalidad de comprobar si lo establecido en los tratados se había aplicado en la construcción de este templo, ya que como se mencionó antes, éste es uno de los inmuebles más representativos en el ámbito académico durante el siglo XVI.

Aunque es difícil de comprobar la aplicación directa de los tratados en este tipo de edificaciones, está comprobado que los elementos estructurales como los muros, las columnas, las pilastras, los pilares, los contrafuertes, los arcos y las cubiertas, según se organicen estructuralmente, guardan un sistema de relaciones con características propias, que ha permitido que estas estructuras sean estables.

Todos estos elementos están establecidos en diseño y construcción en los tratados de la época. En el caso de los muros se manifiestan como uno de los elementos principales en las estructuras de las iglesias conventuales. Según algunos tratadistas, con respecto a este elemento constructivo, consideran su espesor como una parte proporcional de la luz de la nave; otros lo relacionan con la altura de la imposta o con elementos portantes como es la columna, así podemos citar a Vitruvio y otros que consideran que para determinar el grosor del muro se toma el grueso de la columna Toscana, determinada por la sexta parte de su altura¹ (Figura 5), Alberti notó que los antiguos determinaban el grosor del muro dividiendo el frente del templo en doce partes y donde se necesitaba más fuerza en nueve partes, dando una al grueso de la pared² (Figura 6). Simón García por su parte en el caso de las iglesias de una nave con capillas laterales, toma el ancho total del sitio, partiéndolo en cuatro partes, dando dos al ancho de la nave y dos a los dos lados de pilares y paredes, haciendo, entre pilar y pilar, capillas. Y si la iglesia no llevara capillas se dará de grueso a la pared y pilar la tercia parte del ancho de la nave. También considera el caso de las iglesias de tres naves en la cual se parte el ancho en ocho partes, dando dos a la nave mayor, dos a los dos pilares y dos y medio a las dos naves colaterales, y uno para las paredes y pilares de los lados en el caso de no llevar capillas laterales³. Gil de Hontañón considera el grosor del muro como $1/4$ del claro de la nave⁴. Fray Andrés de San Miguel, haciendo referencia a lo que consideran otros tratadistas, menciona que partiendo del ancho total propuesto para la iglesia, el grosor de los muros que no lleven estribos ocupará tanto como la mitad del área⁵. Lorenzo de San Nicolás, con respecto a las bóvedas de piedra, considera que los muros sin apoyo (sin contrafuertes) deben totalizar $1/3$ del espacio interior de la bóveda⁶.

Como se observa, las normas que se establecen son considerando edificios con cubiertas de bóveda, sin embargo, aplicando estas normas tratadistas en nuestro inmueble se observa como en términos generales el espesor del muro se acerca a lo establecido en el tratado de Alberti ya que una novena parte del claro corresponde a 1.69 m, mientras el espesor real es de 1.54 m obteniendo así una aproximación a la novena parte del claro de la nave, de la misma manera Vitruvio establece como debe de existir una proporción entre la altura del muro y su espesor, norma que en nuestro caso de estudio se cumple con una mínima diferencia (Figura 5).

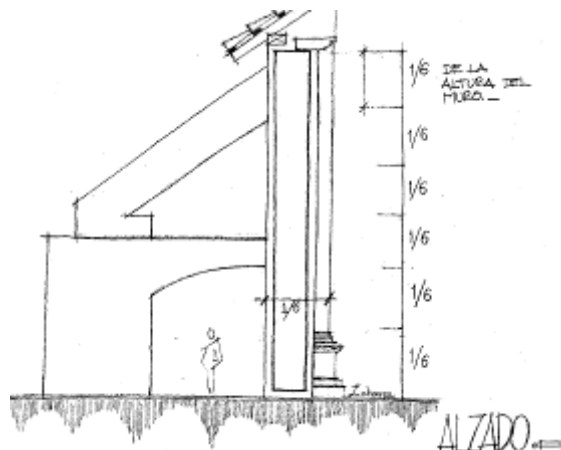


Figura 5. Proporcionamiento según tratado de Vitruvio para obtención del ancho de los muros

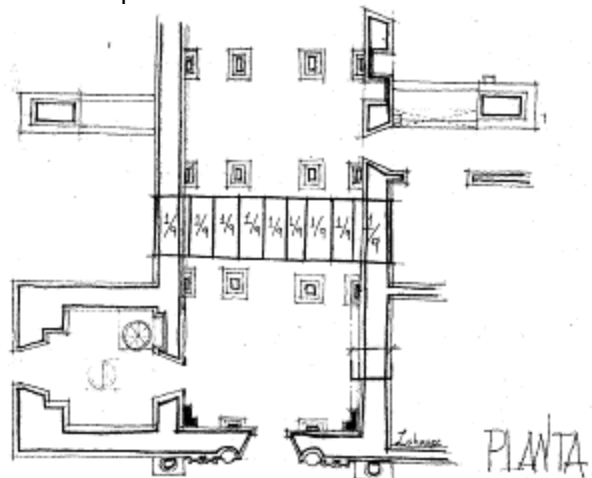


Figura 6. Proporcionamiento según tratado de Alberti para obtención del ancho de los muros

Los contrafuertes o estribos (que es como se mencionan en los tratados), son otro elemento importante para la estabilidad de las construcciones. Para su definición algunos tratadistas como Simón García relacionan el alto total de la nave, incluyendo el grosor de la bóveda y la altura de la imposta con respecto a la luz.

Tomado del folio 19v y 20r, explica el trazo a partir del radio de la bóveda de cañón corrido con arcos fajones de medio punto (Figura 5). También lo define considerando el espesor de la bóveda y la altura de la imposta, siendo importante la flecha de la bóveda con respecto a la luz. El folio 21r y 59r explica la definición de los estribos considerando la altura del templo incluyendo el espesor de la bóveda que se calcula de acuerdo al ancho del claro de la misma.

*"...lo define la intersección con la diagonal trazada desde el punto más alto del estrados hasta uno de los vértices que forma el muro con el suelo. El ancho definido en el interior del templo debe transportarse con el compás hasta el exterior por medio de un semicírculo que tiene como radio el ancho del estribo, y como centro, el punto de intersección entre el muro y el plano de arranque de la bóveda"*⁷

Otros tratadistas definen la profundidad del contrafuerte o estribo como una parte proporcional del ancho total del templo. Esta viene a ser una parte proporcional de la luz⁸ como dice Fray Andrés de San Miguel retomando a otros tratadistas al referirse al grosor de muros, estribos y pilastras, y establece que el ancho total de la iglesia se divida en once partes (Figura 7)¹, dando al grueso de la pared dos partes (incluye pilastra y estribo) y como segunda opción se puede considerar dividir ésta en cuatro o cinco partes, dando una parte al grueso de la pared, siempre y cuando lo demás se parta entre pilastra y estribo; en el caso de que el material de las mezclas sean pobres o por otra razón se le deba dar más grueso a las paredes, se debe exceder de una octava parte del grueso de la pared, y añadiendo a los bajos de la bóveda una sexta parte⁹.

Lorenzo de San Nicolás, con respecto a las naves que se construyan con estribos, establece que la longitud de éstos será de 1/6 de la luz, dando otro sexto al grosor del muro, haciendo un total de 1/3 de la luz¹⁰ y su grueso será de 2/3 del grueso de la pared. Así mismo la distancia que ha de haber entre uno y otro ha de ser la mitad del ancho de la iglesia, quitando de este espacio los gruesos de ellos mismos. En el caso de que la nave tuviera capillas laterales los estribos tendrán de longitud el fondo de esta.

Los pilares y las columnas de la iglesia están relacionados con las normas que se establecen para los templos que no tienen capillas laterales o las de tres naves. El orden usado para las columnas según observaciones, es el toscano. Para determinar su sección, Simón García los establece proporcionalmente a la medida total del templo lo que se relaciona directamente con la luz, como se mencionó anteriormente en la determinación del grosor de los muros para iglesias de tres naves. Vitruvio, para la altura de las columnas, dice que debe de ser de seis partes para el fuste y una séptima parte para la basa y el capitel.

¹ Simón García considera que de sus propuestas para definir el estribo en el corte de un templo en todos los casos "...el ancho del estribo queda marcado en la horizontal que representa al plano teórico de arranque de la bóveda, lo define la intersección con la diagonal trazada desde el punto más alto del estrados hasta uno de los vértices que forma el muro con el suelo. El ancho definido del interior del templo se transporta con el compás hasta el exterior por medio de un semicírculo que tiene como radio el ancho del estribo, y como centro, el punto de intersección entre muro y el plano de arranque de la bóveda." También propone que se puede calcular el estribo para una altura mayor de bóveda o de muro por regla de tres.

La sección de la misma es de $1/6$ de su altura, tratadista en el cual se basa Fray Lorenzo de San Nicolás, el cual también establece estas proporciones para columnas que se encuentren aisladas, pero si estas forman parte de un sistema estructural recomienda que estas tengan de altura una parte más¹¹. Con respecto a la altura de las pilastras, Fray Lorenzo de San Nicolás establece que éstas deben de tener las mismas proporciones que las columnas y su relieve, por regla general, ha de ser la doceava parte de su ancho. También menciona que si la pilastra estuviera acompañada con contrapilastra y traspilastra, podrá adelgazar más su espesor y aumentar en estos casos la altura de la columna de ocho a nueve o diez partes¹².

En este caso en particular encontramos que en general, la especificación de los estribos o contrafuertes está más relacionada con aquellos de los conventos tradicionales del siglo XVI, sin embargo, como se habló anteriormente, esta construcción sufrió muchas modificaciones en su esquema espacial y por ende en su sistema constructivo, lo que vemos reflejado en el dimensionamiento de la iglesia y contrafuertes donde seguramente se retomó lo dicho por Simón García dividiendo el ancho total del inmueble en 4 y dando dos partes a la nave y una a cada contrafuerte, ver Figuras 2 y 8.

Para el caso de la iglesia de Tiripetío se observa que el conocimiento de los tratados estaba presente en el conocimiento de sus constructores, sus proporciones están muy orientadas hacia una intención tratadística aunque es obvio que no se cumplen cabalmente dadas las condiciones temporales que se presentaban en el momento de su edificación, sin embargo se comprueba que existe la intención de la aplicación de las normas tratadísticas.

Para la otra vertiente para la revisión de este caso de estudio, haciendo uso de los métodos actuales de cálculo y las ciencias duras se realizó una revisión estructural del inmueble con base en el planteamiento de tres posibles hipótesis de la causa de la falla:

- **Hundimiento diferencial del inmueble.**

Esta hipótesis centraba la causa de origen de la falla en un posible asentamiento diferencial en el inmueble ya que además de los contrafuertes, las fachadas norte y sur presentaban fracturas en el núcleo de la mampostería por lo que la postura de un hundimiento diferencial daba respuesta a estos deterioros ya que ante los esfuerzos a tensión que pudieron haber tenido los elementos de mampostería se hubieran manifestado con fracturas en sus juntas, ante estos esfuerzos la mampostería es inoperante.

Para la comprobación o descarte de esta hipótesis se realizaron calas para determinar los niveles de desplante de la cimentación, de la misma manera se determinó el diseño y las

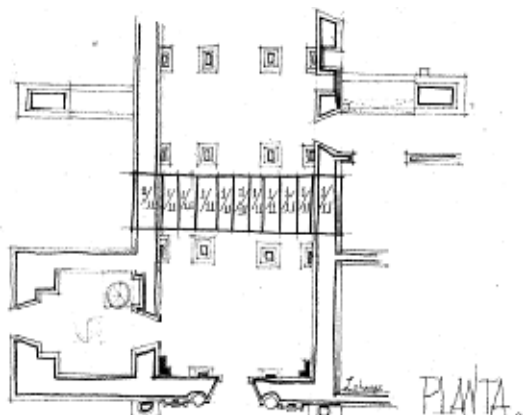


Figura 7. Proporcionamiento según tratado de Alberti para obtención del ancho de los muros

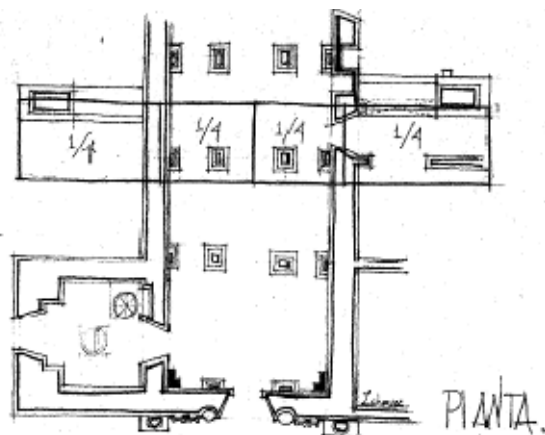


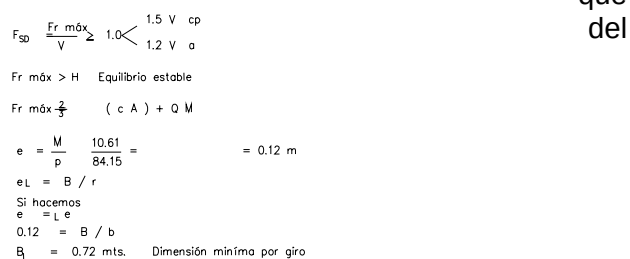
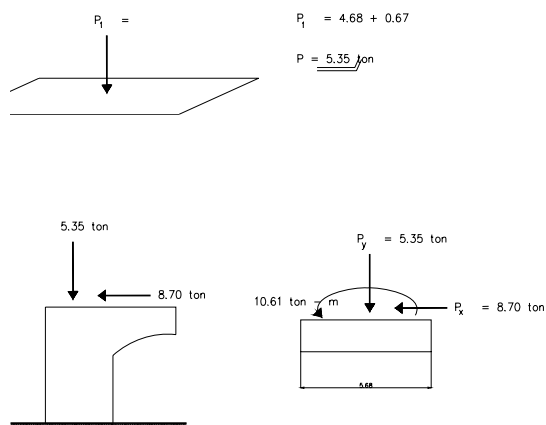
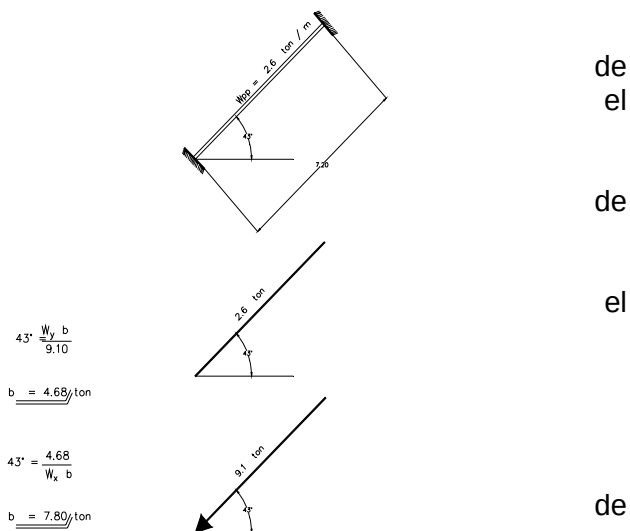
Figura 8. Proporción de los claros del Templo de San Juan Bautista de Tiripetío, Michoacán, México.

dimensiones de las secciones de los cimientos tanto de los muros como del elemento del contrafuerte. De manera paralela a esta actividad se realizaron estudios de mecánica de suelos para la obtención de la capacidad de carga del suelo del terreno.

Los resultados de estos estudios descartaron la hipótesis planteada en ambas vertientes, los niveles de cimentación se encontraban por encima de los 2.60 m de profundidad y la capacidad de carga del terreno fue de 5.6 ton/m² siendo que la carga de los muros transmitida por la cimentación al suelo, es 2.2 ton/m². Las calas y nivelaciones sobre terreno descartan esta hipótesis.

La revisión estructural de los contrafuertes la fachada norte del templo de San Juan Bautista en Tiripetío, se realizó bajo la consideración de que el núcleo que confina botarel o brazo y el elemento inferior de arco rebajado únicamente trabajará cuando haya una falla en el sistema constructivo por cortante.

En este método se partió de la apreciación una falla constructiva de origen donde a la mampostería que conforma el botarel o brazo se le somete a un esfuerzo de tensión en sus extremos, el cual es totalmente inoperante en este material y en conjunto en el sistema constructivo de mampostería. La mampostería presenta resistencia que puede considerarse casi nula bajo sollicitaciones de flexión, caso de parte superior del botarel, el cual por su disposición está sometido a este esfuerzo, decir se considera para efectos de análisis como una viga simplemente apoyada en ambos extremos, situación totalmente incongruente para el material con el cual está construida. Se observó que la falla se manifiesta en los extremos del elemento botarel, que a su vez funciona como platabanda, es en los puntos críticos de mayor cortante ante los esfuerzos que se ejercen en el, de la misma manera es en estos mismos puntos donde el núcleo central proporciona el apoyo requerido para impedir la falla total del elemento, además de que se considera que el esfuerzo interno de fricción en la falla del elemento ocasiona un equilibrio en su núcleo interno lo que le brinda la estabilidad estructural requerida.



Como parte de la revisión general en conjunto al inmueble, se revisó de manera particular el comportamiento estructural a diversos elementos del inmueble, como el caso de cubierta, muros, columnas, etc., y su trabajo en relación a los contrafuertes, se determinó que estos elementos reciben y contrarrestan los esfuerzos producidos por la estructura de la cubierta y los producidos en ésta.

Para el desarrollo de esta revisión se tomaron en cuenta dos aspectos o alteraciones que se le habían hecho al inmueble: la primera, el cambio de la estructura de madera por estructura metálica con la cual se contemplaba la posibilidad de que al dejar de tener articulaciones en cada elemento de madera que transmitía cargas a los muros, se rigidizaran y se concentraran por la estructura metálica, lo que ocasionaría empujes diferenciales sobre los muros. Y la segunda, el relleno de mampostería en los vanos del contrafuerte, el cual por su propio peso ejercía un esfuerzo en los muros hacia el interior de la iglesia, lo que ocasionaría un empuje en sentido opuesto al ejercido por la cubierta.

Para poder confirmar o desechar estas hipótesis se realizaron revisiones por torsión, interacción de la estructura / muros de apoyo, revisión por giro o desplazamientos y revisión por flexión del botarel o brazo, análisis que permitirían ver el comportamiento estructural del inmueble y contrafuertes y obtener los resultados necesarios que permitieran encontrar la causa de origen de estas fallas. De manera concreta para el mejor entendimiento del caso se presentan de manera breve los resultados obtenidos en estos análisis:

Revisión por torsión. En este caso se encontró en la revisión de centroides la relativa simetría en planta, donde la variación de C g a CT es del rango del 2% lo cual no incide para que el efecto de cargas dinámicas por torsión sean determinantes para afectar a los contrafuertes.

Interacción estructura /muros de apoyo. En este caso se encontró en la nave una marcada relación de esbeltez 3:1 presentando la singularidad de encontrarse al interior columnas de madera con una enmarcada esbeltez interactuando con la estructura de cubierta (9:1) donde se observa:

- Que el componente horizontal sobre el muro se acentúa por este factor (relación esbeltez que sobre la componente horizontal se presenta)

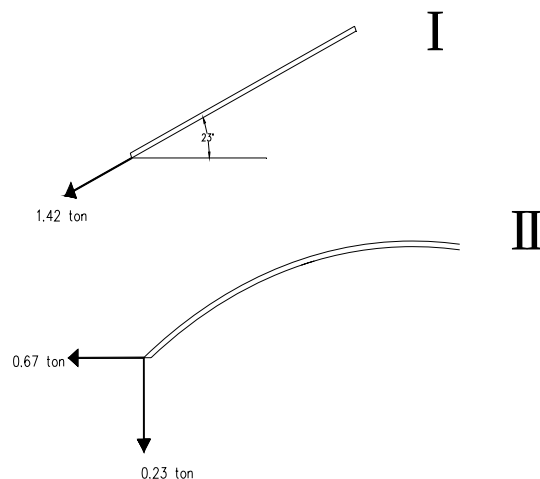
- La componente horizontal resultante de la bóveda de madera sobre el muro es mínima.

$$W_c = 384 \text{ kg/m}^2$$

Revisión por giro o torsión. En esta revisión los resultados dieron negativos, no existe deslizamiento, giro o torsión en el elemento por lo que se garantiza que la falla no es por esta causa.

En este resultado se observaron dos acciones:

- En la mampostería no existen esfuerzos a tensión.
- La falla presente se da por la presencia de una articulación por cambio de dirección con la hipótesis que no se presentan giros ni desplazamientos, es decir, es estable estructuralmente por lo que la falla observada obedece a una nula resistencia a la flexión y a la concentración de cargas en las juntas de mortero ante un soporte estable.



De I

$$\text{Sen } 23^\circ = \frac{W_{cy}}{1.42}$$

$$W_{cy} = 0.440 \text{ ton}$$

De donde :

$$W_{cx} = 1.35 \text{ ton}$$

La acción total sobre el botarel sera:

$$R_x \text{ I } + R_x \text{ II} = 2.02 \text{ ton}$$

$$R_y \text{ I } + R_y \text{ II} = 0.67 \text{ ton}$$

3. CONCLUSIONES

En términos generales la revisión estructural de los elementos que integran el contrafuerte arroja como resultado que la falla estructural existente en estos corresponde a dos aspectos:

A: Se presentan esfuerzos en el elemento que por la naturaleza y sistema constructivos de los materiales son totalmente inadecuados para resistir este esfuerzo, la mampostería por sus características es idónea para trabajar a compresión, pero no para los otros esfuerzos a los cuales está sometida, como cargas normales a su eje axial.

B: Las cargas coinciden en el centroide, no habiendo por este efecto esfuerzos que desestabilicen el sistema, es decir el partido estructural presente acusa por peso propio condiciones de estabilidad por giro y desplazamiento, condiciones de revisión que determinan que la falla del contrafuerte se debe a deficiencias constructivas y a una inadecuada concepción estructural de su trabajo dentro del conjunto presente, las características constructivas son de baja calidad.

Por otra parte, el material pétreo con el cual fue construido no contempla las características óptimas para ser utilizado como mampostería, ya que en un 60% este material se encuentra por debajo de los 30 cm de diámetro, es decir piezas muy pequeñas y por otro lado los cantos de este material son boleados lo que ocasiona cavidades en el núcleo del elemento y juntas muy anchas, debilitando el elemento al tener grandes proporciones de relleno de mortero como elemento de unión. Se considera que estos factores son de manera primordial los causantes de las fallas estructurales que se presentan de manera similar en cada uno de los contrafuertes.

Con los resultados de ambas vertientes de revisión, comprobamos como el inmueble obedece constructivamente a la intención de aplicación de las normas tratadísticas de la época de su construcción, por otro lado, la revisión estructural con métodos contemporáneos confirma la estabilidad estructural, los conocimientos constructivos de esta época eran aceptables y viables para su aplicación.

La conclusión para el caso de la falla por fractura en los puntos de cortante crítico de los contrafuertes no es debido ni a mal diseño ni a mala aplicación de los conocimientos constructivos, sino a la deficiencia de un criterio de selección en los materiales a utilizar en la construcción, debido seguramente a que muchas de las obras eran encargadas por los frailes pero construidas por el indígena por lo cual los criterios para la selección de los materiales a utilizar en un sistema constructivo nuevo para ellos.

La restauración de estos elementos se llevó a cabo únicamente empleando las actividades de re-mamposteo, sustituyendo la mampostería de pequeñas dimensiones por rocas de mayor dimensión y reduciendo los espesores de juntas.

BIBLIOGRAFÍA

Alberti, León Baptista. Los Diez Libros de Architectura de León Baptista Alberto. Traducidos del Latín en Romance, por Francisco Lozano, (Madrid: Casa de Alfonso Gómez, 1582). Ed. Facs. Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1975.

Báez Macías Eduardo, Obras de Fray Andrés de San Miguel, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, México, 1969.

Chanfón Olmos Carlos, Compendio de architectura y simetría de los templos: Conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demonstraciones de geometría, año de 1681: recogido de diversos autores, naturales y estrangeros, Colegio Oficial de Arquitectos, Mexico, 1991

García Simón, José Camón Aznar, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, Universidad de Salamanca, España, (1681facsimilar) 1941

Kubler George, Graciela de Garay, Miguel Ángel de Quevedo, Arquitectura Mexicana del Siglo XVI, Fondo de Cultura Económica, México. 1983

San Nicolás, Fr. Laurencio de. Arte y Uso de Architectura. Compuesto por Fr. Laurencio de S Nicolás, Agustino Descalço, Maestro de obras. S. I., s.f. [1639]. (Edición Facs. Valencia: Colección Juan de Herrera dirigida por Luis Cervera Vera, Albatros Ediciones, 1981)

Agradecimientos:

Los autores agradecen a los Proyectos: "Caracterización de los materiales y sus alteraciones del Ex Convento de Tiripetío. Aplicación a la Enseñanza Superior y a una posible rehabilitación", A/010109/07 y continuación en 2009 como A/016426/08, de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), entre España: Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Así como a la Coordinación de Investigación Científica de la UMSNH y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt CB 59999 por su soporte financiero.

¹ Andrés de San Miguel, Obras de Fray Andrés de San Miguel, p. 109

² Alberti, Libro 7, cap. 10

³ Simón García, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, f. 50, 50v

⁴ Kubler, Arquitectura Mexicana del siglo XVI, p. 184

⁵ Andrés de San Miguel, Obras de Fray Andrés de San Miguel, p. 109

⁶ Lorenzo de San Nicolás, Arte y Uso de Architectura, p. 46

⁷ Chanfón, op. cit., p. 54

⁸ Simón García, op. cit., f. 21r., p. 54

⁹ Andrés de San Miguel, op. cit., p. 109

¹⁰ Lorenzo de San Nicolás, op. cit., Cap. XX, p. 46

¹¹ Lorenzo de San Nicolás, ibídem, Libro I, Cap. XXXIV, p. 60

¹² Lorenzo de San Nicolás, ibídem, Libro I, Cap. XXIX, p. 85

J. A. Bedolla Arroyo: Arquitecto, Maestro en Arquitectura, Estudiante de Doctorado y Profesor e Investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, México. Restaurador y Conservador.

W. Martínez Molina: E. M. Alonso Guzmán, J. C. Rubio Avalos y F. A. Velasco Ávalos, Profesores e Investigadores de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, México y forman el Primer Cuerpo Académico Consolidado "Ciencias, Ingeniería y Tecnología de los Materiales para Construcción" de la misma.

J. A. Mendoza Jiménez: Arquitecto, Maestro y Doctor en Arquitectura, Profesor e Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima, Colima, México.

F. Méndez Flores: Ingeniero Civil, Maestro en Arquitectura, Estudiante de Doctorado en Arquitectura. Ejerce como Restaurador y ha realizado trabajos en el Estado de Michoacán, México.

Autores de Contacto: Juan Alberto Bedolla Arroyo y/o Elia Mercedes Alonso Guzmán, PIDA y Fac. Ing. Civil, Edificio F de Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México 58040, Teléfonos (52) 443 3223500, ext 4325, 4328; Fax (52) 443 3273856, Email: bedollaalberto@gmail.com y ealonso@zeus.umich.mx

REPARACIÓN DE CUATRO MONUMENTOS HISTÓRICOS CON VALOR PATRIMONIAL

Patricio Arias Cortés; Marcelo Cortés Álvarez

Surtierra Arquitectura Ltda
www.surtierrarquitectura.cl

Palabras clave: arquitectura contemporánea, tierra, patrimonio, tecnologías sistemas constructivos de estructura en tierra mixtos, adobe armado, técnicas de restauración en patrimonio de tierra cruda en zona sísmica. Ciudades faenas, campamentos mineros en Chile, asentamientos andinos.

RESUMEN

El trabajo de la oficina se encuentra, entre otras cosas, dedicado a la intervención del patrimonio arquitectónico de Monumentos Nacionales protegidos por la Ley chilena de Monumentos bajo el alero del Consejo de Monumentos Nacionales. Nos centraremos en el trabajo de dos áreas de intervención que han evidenciado en Chile una necesidad de restauración monumental a causa de terremotos; por un lado la reparación de cuatro monumentos nacionales en la ciudad salitrera de María Elena, y por otra parte, la recuperación y reconstrucción de iglesias de diversos poblados rurales del norte del país.

Chile es un país de diversos contextos geográficos que en general se ordenan de norte a sur, entendiéndose escenarios son por consiguiente diversos y extremos. De esta manera, las regiones de la zona norte se caracterizan por climas desérticos, de temperaturas extremas y pocas lluvias.

Tanto en las zonas áridas, como en el sur, es común encontrar construcciones en tierra que datan de los tiempos hispánicos y prehispánicos. El sistema de adobe y la mampostería en piedra son comunes, sobretodo en la zona norte de nuestro país por la mixtura indígena-europea.

El conjunto de los edificios patrimoniales de la comuna de María Elena que conforman el llamado barrio cívico de la ciudad, corresponden a una iglesia, una escuela, los ex-baños públicos y un Teatro. A primera vista se trata de edificios de adobe tradicionales, sin embargo, a raíz del terremoto del 14 de noviembre de 2007 y de los daños producidos en dichos monumentos se evidencia una situación diferente: la presencia de mallas (escalerillas de malla metálica cada tres hiladas) y otros elementos metálicos como pilares y cerchas (en estructuras de techumbre) muestran un sistema particular e inusual de construcción con tierra; una especie de "adobe armado".

Este reforzamiento demostró ser altamente eficiente en términos de la estabilidad sísmica de los edificios, los cuales a pesar de los daños, se encuentran todos en pie.

Por otra parte, las construcciones que conforman el conjunto de Iglesias del Norte Andino que están en estudio, son muestra de la más excepcional vida en este áspero territorio. Podría decirse que son el resultado de un complejo proceso de intercambios e influencias, acontecidas desde tiempos inmemoriales; convirtiéndose estas numerosas capillas e iglesias, en el reflejo más tangible del encuentro entre el mundo hispano y el de indígena, condición expresada en su arquitectura de "espacios evangelizadores".

Como restauradores, nos encontramos frente a la disyuntiva de cómo brindar seguridad desde el punto de vista estructural (estabilización antisísmica), preservando la condición histórica del edificio, respetando su materialidad y técnicas de sus culturas constructivas originales.

Por contrapartida el cobre y el bronce, se asociaban míticamente al “pueblo”, al “hombre común”. Como fuere, para los estudiosos del tema existe una estrecha vinculación e interrelación entre la tecnología, la economía, la organización social y la religión andinas. Hoy existe mucha información acerca de la concepción sobrenatural que los pueblos originarios asignaban a los minerales (incluidas la fundición, representaciones utilitarias y/o artísticas), y del modo en que esto influía en la organización de la producción.

2. DEL IMPERIO INKA AL SIGLO XX

Habida cuenta de la desintegración del imperio Inka, el nuevo escenario socioeconómico irrumpe con la aparición del europeo y su conquista de territorios hacia el centro y sur de Chile. La explotación de los lavaderos en el siglo XVI explica la conformación del capital original que otorgó los excedentes que hicieron emerger otras actividades económicas y que hizo posible la empresa de la Capitanía.

Durante los siglos XVII y XVIII nuestro país conformó una tendencia hacia el agro (la Hacienda representó buena parte de la identidad de aquel período), sin embargo a pesar de encontrarse en un segundo orden la minería (especialmente del oro, plata y cobre de alta ley) siguió representando una gran fuente de recursos que contribuyeron decisivamente en el armado de un creciente comercio interno y externo. El desapego a la actividad minera para el siglo XVIII fue descrito por Juan Egaña (1803) en su informe al Real Tribunal de Minas. Chile vivía preferentemente de sus exportaciones agrícolas.

El resurgimiento de la minería en Chile sólo se logra durante el siglo XIX, en momentos de la independencia de España y en un escenario marcado por la Revolución Industrial y las nuevas libertades de comercio mundiales.

La minería se torna clave en el desarrollo del país especialmente a partir de los ciclos de producción con los descubrimientos de Chañarcillo (plata); del carbón (Lota) y luego de la Guerra del Pacífico, al ciclo del salitre (1880 – 1930), proceso con el que Chile ingresó a un siglo XX, marcado por la explotación del cobre a gran escala (el mineral de El Teniente comienza su producción en 1905; en 1915 el de Chuquibambilla y en 1920 el mineral de Potrerillos).

3. EL CICLO DEL SALITRE

El Caliche, aquella materia prima de donde se extrae el salitre, está constituido por una masa compuesta de nitrato de sodio mezclado con otras sales como cloruros y sulfatos y otras sustancias terrosas. La palabra deriva del vocablo quechua, que inicialmente denominaba "cachi" a este mineral. En su lengua, significa sal. El término fue derivando en "calchi", hasta que llegó a "caliche", que es como se conoce hoy en día¹. Ciertamente los incas usaron el salitre como abono o fertilizante en su producción agrícola, pero es a partir del tiempo de la Colonia que cobra una vital importancia a nivel mundial².

El alemán Tadeo Haenke en 1809 inventa un procedimiento para extraer el salitre potásico desde el caliche y esto contribuye fuertemente desde 1830 a que el salitre tuviera un gran auge especialmente requerido desde Europa a condición de su impacto como abono y al empleo del vapor de agua para lixiviar. Entre los años 1872 – 1876 la explotación del Caliche se producía en un vasto territorio que derivó en la creación de más de 55 oficinas salitreras, en poder preferentemente de peruanos y chilenos, dueños del mayor depósito natural de yodo y nitrato del mundo. La situación mundial de entonces estaba condicionada por asuntos geo-políticos y geo-económicos que en el fragor de la aparición de estados nacionales (especialmente de Alemania e Italia), hacían posible escenarios de guerra, donde el nitrato era usado en la fabricación de explosivos, y dónde además se produjo un fuerte incremento de la población que requirió la búsqueda de nuevas formas para hacer rendir la producción agrícola. En ese contexto Chile sale victorioso de la Guerra del Pacífico y se transforma en el mayor productor de nitrato del mundo. Entre 1880 y 1930 las exportaciones salitreras constituyeron la principal área de la economía chilena.

Esta innovación realizada por el Estado chileno le permitió aumentar su participación en la economía. "Mientras en 1880 el gasto del Gobierno, como porcentaje del PIB, representaba una cifra del orden del 5% al 6%, para 1920 llegaba a un 14%, iniciando una fase de constante expansión que no se detendría hasta la década de los '80"³.

Alemania fue el principal comprador de salitre chileno en la primera etapa de expansión del negocio. Las condiciones cambiaron abruptamente durante las primeras décadas del siglo XX momento en el cual se produce la Gran Guerra de 1914. Chile con su neutralidad en el conflicto, colaboró en el bloqueo comercial impuesto a Alemania, incluyendo el salitre y la producción de explosivos, que llevó al país europeo a inventar el salitre sintético, Fue el

inicio de una debacle económica en nuestro país. Numerosas oficinas salitreras debieron cerrar y miles de trabajadores quedaron sin empleo. La obsolescencia del proceso Shanks⁴, junto con el agotamiento de las calicheras de alta ley, sumado a los altísimos costos de transporte del mineral terminaron por cerrar las oficinas antiguas. En 1924 "The Lautaro Nitrate Company Limited" cerraba las puertas de la oficina Chacabuco, la última gran oficina con tecnología Shanks. Se abría paso a una nueva estrategia en el sistema de elaboración del salitre mediante la compra que hace la familia Guggenheim (de origen norteamericano) de terrenos en Tocopilla, cantón de El Toco, en la ex oficina denominada Coya Norte y que posteriormente en 1927 cambia al nombre de María Elena, en homenaje a la esposa de Elías Anton Cappelen Smith, creador del sistema Guggenheim.

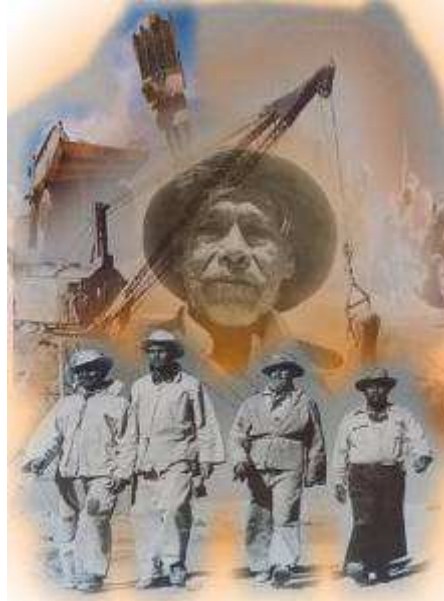


Figura 2 – Mineros del Salitre Fuente: Museo María Elena

Este sistema, -en términos generales-, es un sistema que se basa en la utilización de caliches de baja ley, de alrededor del 8%. Para hacerse una idea, el anterior sistema Shanks requería caliches con al menos un 15% de ley para ser explotados. Otras de sus principales ventajas radican en una lixiviación a menor temperatura (30°C), ahorro de energía y mayor mecanización del sistema.

4. EL NACIMIENTO DE MARÍA ELENA

El campamento minero de María Elena⁵, diseñado por ingenieros y arquitectos ingleses y construido por manos pampinas entre 1925 y 1927, respondía al concepto de "ciudad ideal" para albergar a una ingente cantidad de trabajadores venidos de diversos lugares de Chile (muy especialmente de la IV y V regiones actuales) y de países limítrofes que se integraban a este nuevo impulso de la minería del salitre, en franco retroceso productivo. Hubo que planificar este gran asentamiento humano y dotarlo de infraestructura acorde a los nuevos tiempos. Aparecía en escena por aquellos años la construcción de la "vivienda obrera" en Chile (Garcés, 1999) y María Elena no era ajena a esta tendencia. La finalidad de este nuevo concepto era posibilitar que los mineros se identificaran con los espacios institucionales que la empresa Anglo-Chilean Consolidates Nitrate Corporation (dueña e impulsora de este proyecto), para que se arraigaran en ese espacio geográfico adverso, el de la pampa en el desierto más árido del mundo. De algún modo eso se consiguió ya que María Elena es la última Oficina Salitrera en funcionamiento de las más de 200 que existieron entre los siglos XIX y XX en nuestro país.

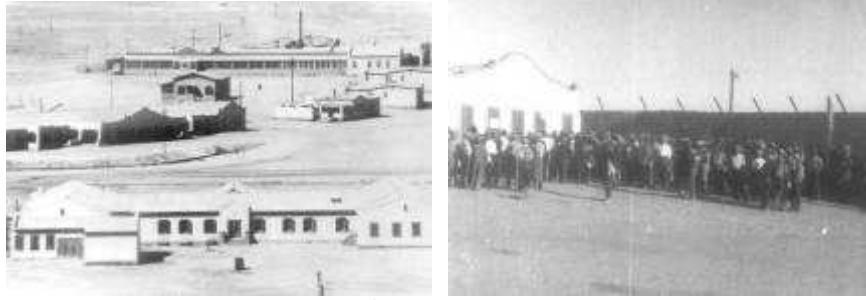


Figura 3 – Vistas del campamento de María Elena en sus inicios. Fechas desconocidas. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 4 – Vistas del campamento de María Elena en sus inicios, donde se aprecian las primeras construcciones tipo "chalets". Fechas desconocidas. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena

Al igual que todos los demás campamentos salitreros María Elena fue altamente estratificado y jerarquizado, donde la separación entre obreros y jefes se expresaba en barrios distintos. El "barrio americano" estaba constituido por 60 casas, y el resto de la población estuvo distribuida en unas 1500 viviendas y unas 350 habitaciones para solteros⁶. El trazado original de María Elena es octogonal, con cuatro lados mayores y cuatro lados menores, desde donde surgen dos diagonales respondiendo al tradicional "company town" que tienen convergencia en el barrio cívico y en la plaza dividida en 8 jardines, además dotada de Pimientos y Algarrobos que atenúan el calor pampino. Su diseño se asemeja a la bandera del Reino Unido.

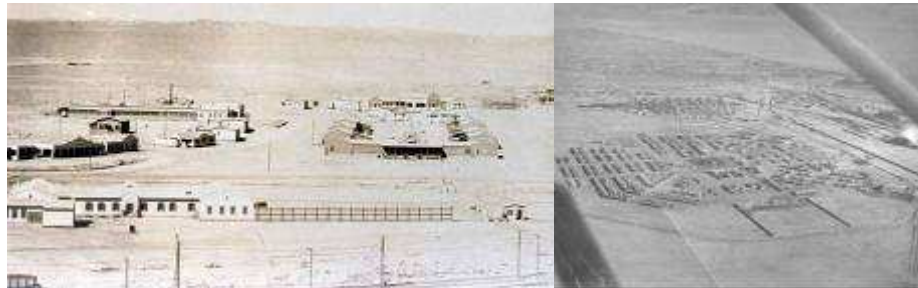


Figura 4 – Vistas del campamento de María Elena en sus inicios. En la foto superior se aprecia el particular diseño urbano de la comuna, en forma de "bandera inglesa". Fechas desconocidas. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena

La construcción de María Elena es distinta a la de las otras oficinas salitreras, partiendo por sus decorados que hablan de un estilo foráneo, probablemente mexicano. Estos ornamentos constructivos se presentan de manera extendida por las diferentes viviendas y edificios del barrio cívico que fueron declarados Monumento Histórico mediante el D.E. 400 del 22 de noviembre de 1999⁷. Dicha declaratoria se amplió recientemente a la de Zona Típica o pintoresca.

Desde un principio María Elena contó con un hospital, escuelas, iglesia, registro civil, correos y telégrafos, oficina bancaria, etc. Los barrios de obreros originalmente no contaron con servicios higiénicos ni agua potable, sino hasta la década de los 50 en que se implementaron servicios de alcantarillados adecuados⁸. Las viviendas de los obreros estuvo

constituida por hileras de 12 casas pareadas, con un pequeño patio trasero y que conformaba un callejón con las casas de enfrente. Allí se producía (y aún) un espacio de interacción social.



Figura 5 – Vistas de la casa del director del campamento. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 6 – Vista de la gerencia del campamento. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 7 – Vistas de la gerencia de María Elena en sus inicios. Fechas desconocidas. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena

La vida en la pampa se desenvuelve en un espacio muy definido llamado Campamento. En este lugar se recrean los más variados lazos de convivencia y relaciones de los pampinos que marcan una dinámica comunitaria muy difícil de eliminar. Hay una interacción socio-cultural donde se recrean por generaciones un habla particular que integra expresiones quechuas, españolas, inglesas o francesas⁹, donde también los pampinos establecen sólidas redes de cohesión social, en que a pesar de las diferencias étnicas y de clases todos se conocen y protegen.



Figura 8 - Vistas de la antigua estación de trenes, hoy en desuso. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 9 – Vistas de uno de los “buques” de María Elena. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 10 – Vistas de un conjunto de casas cercana a Avenida O'Higgins, hoy desaparecidas. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena



Figura 11 – Vistas de un conjunto de casas cercana a Avenida O'Higgins, hoy desaparecidas. Fecha desconocida. Fuente: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena

5 – SISTEMA CONSTRUCTIVO TIERRA-METAL-MADERA

El conjunto de los edificios patrimoniales de María Elena que conforman el barrio cívico están concebidos como construcciones de adobe. A primera vista se trata de edificios de adobe tradicionales. A raíz del terremoto del 14 de noviembre de 2007 y los daños en dichos monumentos se evidencia una realidad diferente, la presencia de mallas y otros elementos metálicos como pilares y cerchas (estructuras de techumbre) muestran un sistema particular e inusual en la manera de construir con tierra, las posteriores prospecciones del equipo de arquitectos de la oficina Sur tierra evidenciarán la presencia regular de mallas en todos los edificios de adobe y adicionalmente la presencia de estructuras metálicas o de madera al interior de los muros.

El conjunto de los edificios de adobe María Elena están conformados por muros de adobe reforzados con escalerillas de malla metálica cada tres hiladas. Este reforzamiento demostró ser altamente eficiente en la estabilidad sísmica de los edificios. Adicionalmente se

encontraron estructuras metálicas en la ex escuela consolidada y estructuras de madera en la Iglesia, ambas se encuentran sumergidas en los muros de adobe unidas a la estructura de techumbre descargando esta directamente al suelo.

EL SISTEMA CONSTRUCTIVO MIXTO DE LA EX ESCUELA CONSOLIDADA

La Ex Escuela consolidada, al igual que el resto de los edificios que conforman el Monumento Histórico del Barrio Cívico de la salitrera de María Elena, fue concebido con un sistema mixto tierra-metal-hormigón armado, muestra patente de la fusión entre un modelo extranjero –la arquitectura industrial de hierro- importado por los norteamericanos, y un modelo local: la construcción en adobe.



El edificio fue concebido como un gran galpón de estructura metálica, conformada por pilares y cerchas, todo remachado, salvando grandes luces en ambos sentidos, con una técnica y lenguaje propios de la arquitectura industrial que se usaba en Estados Unidos y Europa en los años '20. Dicho galpón luego, se encuentra recubierto o "ahogado" dentro de gruesos muros de adobe (ladrillos de tierra cruda), que confieren a los recintos la capacidad de apaciguar las grandes fluctuaciones de temperatura que afecta a la zona desértica de Atacama; este material además, es el único que se podía fabricar en la zona más árida del planeta, donde la tierra es lo único que existe a mano como recurso local. Existen además, escalerillas metálicas de malla desplegada, puestas cada tres hileras de adobe –una constante en todos los edificios del barrio cívico de María Elena- que actúa como un refuerzo al sistema, haciéndolo eficiente al momento de enfrentar los sismos.

Todo lo anterior se conjuga, logrando un resultado único, que nos hace cuestionarnos sobre la materialidad del edificio al observarlo desde fuera (su volumetría está lejos de parecerse a lo que normalmente se entiende como un edificio de adobe).

Dicho modelo mixto, se ha mantenido a lo largo del tiempo, sin presentar el edificio grandes variaciones, además de unos refuerzos conformados por perfiles de acero, puestos en su fachada principal.

Como conclusión entonces, se puede afirmar que el edificio de la ex Escuela Consolidada, posee no solo valores desde el punto de vista histórico, sino sobre todo desde el punto de vista constructivo, lo que lo hace mantenerse en pie –aunque severamente dañado en la actualidad- a pesar de los grandes sismos que ha debido enfrentar y de otros graves problemas como el asentamiento de terreno que ha ido debilitando sistemáticamente el inmueble.



Modelo general estructura ex Escuela Consolidada

Por la complejidad del sistema, la ex Escuela Consolidada es un modelo a estudiar en profundidad, que se debe rescatar no solo para su intervención, sino que puede también constituir un ejemplo de eficiencia estructural a aplicar en otras restauraciones de inmuebles contruidos en tierra cruda

HISTORIA CONSTRUCTIVA IGLESIA SAN RAFAEL ARCÁNGEL

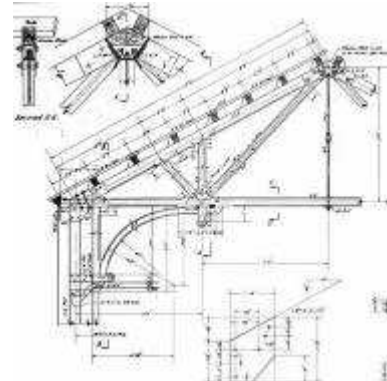
La iglesia San Rafael Arcángel, al igual que el resto de los edificios que conforman el barrio cívico de María Elena, posee un sistema constructivo mixto, conformado por muros de ladrillos de tierra cruda (adobe), y estructura de madera -en pilares ahogados en muros y cerchas- y escalerillas de malla metálica desplegada, cada 3 hiladas de adobe. Se podría decir que nos encontramos frente a un "adobe armado".

Esta historia constructiva, es reflejo del momento y contexto histórico en el cual fue construido el edificio: en un campamento minero de propiedad extranjera (norteamericana), donde se seguían lo patrones arquitectónicos de la arquitectura industrial (uso de materiales prefabricados, estandarización, incorporación del acero, etc.) donde todo era proyectado e incluso en algunos casos fabricado, en el extranjero; así lo evidencian los primeros planos de la iglesia que datan de 1926, donde todo está especificado en inglés y escrito en pulgadas.

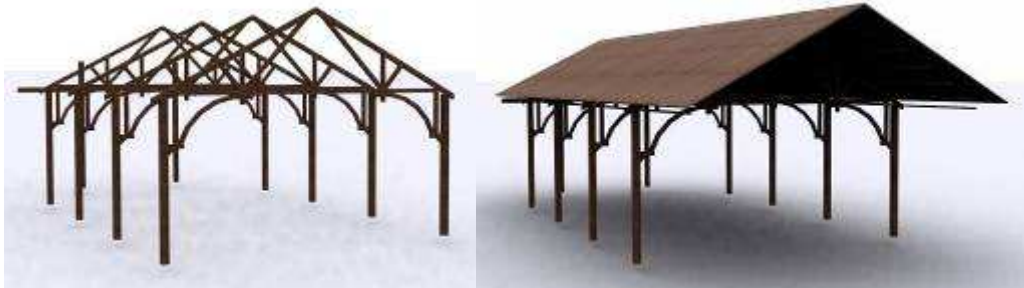


En aquellos planos, se aprecian los detalles constructivos que evidencian que el edificio fue pensado como un todo estructural, enfrentando la obra de adobe a una realidad sísmica; esto es prueba una vez más, de la fusión de dos culturas: la foránea presente en la estructura industrial del "galpón" que conforma la nave, y la local, presente en la construcción de resto de los recintos en adobes y con un lenguaje que responde más a la arquitectura tradicional de casa patronal chilena, y que utiliza la tierra por ser el único material presente en un lugar tan árido como el desierto de Atacama, logrando un conjunto eficaz al momento de enfrentar los sismos, y de apaciguar la gran oscilación térmica de la zona.

La iglesia conforma un conjunto con la casa del párroco y otras construcciones que se han ido anexando a lo largo del tiempo, las cuales han ido conformando un conjunto armónico, hasta mediados 1970, según lo evidencian los planos encontrados; sin embargo, en las últimas dos décadas se han ido anexando al conjunto, algunas construcciones de material ligero y escaso valor arquitectónico que menoscaban el valor total.



de





La iglesia, a pesar del paso del tiempo y de los sismos que ha sufrido, se ha mantenido constructivamente en buen estado a lo largo de las décadas –sólo presenta daños puntuales- lo que deja de manifiesto la gran eficiencia del sistema.



Podríamos decir como conclusión entonces, que la iglesia al igual que el resto de los edificios del barrio cívico, poseen grandes valores constructivos, donde a través de la comprensión de cómo fueron hechas las obras, se puede entender un momento de la historia de María Elena, la última ciudad salitrera con una población activa del país.

HISTORIA CONSTRUCTIVA INCHINOR

El edificio Inchinor (Instituto Chileno Norteamericano), ex Baños Públicos de María Elena, al igual que el resto de los edificios que conforman el barrio cívico de la comuna, posee un sistema constructivo mixto, conformado por muros de ladrillos de tierra cruda (adobe), y

escalerillas de malla metálica desplegada, cada 3 hiladas de adobe, es decir, estamos hablando de "adobe armado". El edificio posee también elementos de madera en ciertos puntos, como en la solera superior, aunque por sus pequeñas dimensiones, no alcanza a generar un real amarre del edificio.



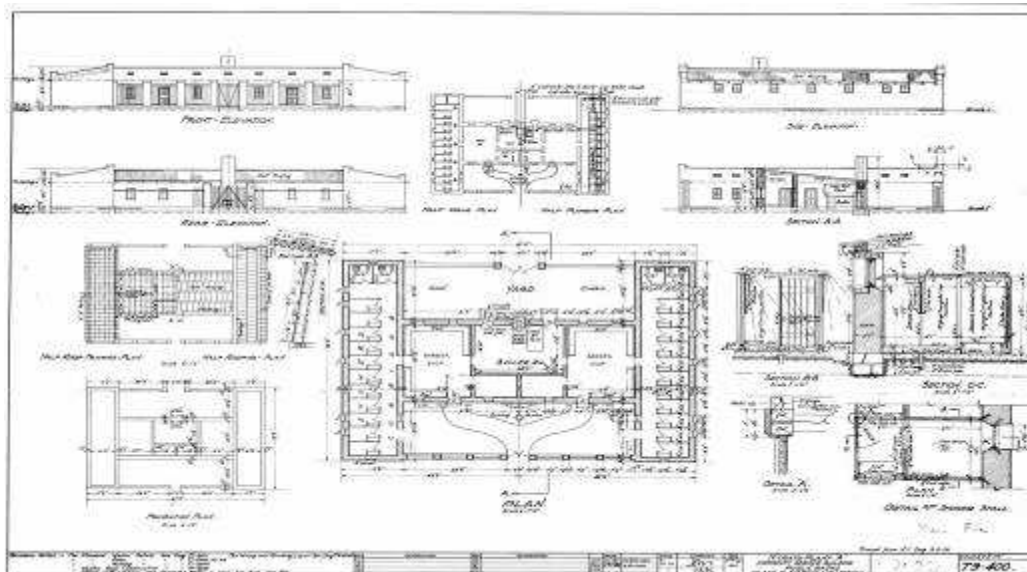


Vista del ala sur-poniente del edificio Inchinor en etapa de construcción



La historia constructiva de este edificio, al igual que los otros del centro cívico, es reflejo del momento y contexto histórico en el cual fue construido el edificio: en un campamento minero de propiedad extranjera (norteamericana), donde se seguían los patrones arquitectónicos de la arquitectura industrial (uso de materiales prefabricados, estandarización, incorporación del acero, etc.) donde todo era proyectado e incluso en algunos casos fabricado, en el extranjero; así lo evidencian los primeros planos de 1925 de Inchinor, donde está especificado en inglés y escrito en pulgadas. También el programa tan particular con el que fue proyectado el edificio (baños públicos en la plaza principal de la ciudad), tiene que ver con la idea de estar en una ciudad industrial con servicios comunes, al estilo Falansterio de Fourier.

Fuente fotografías: archivo personal Nelson Aranda León, habitante de María Elena

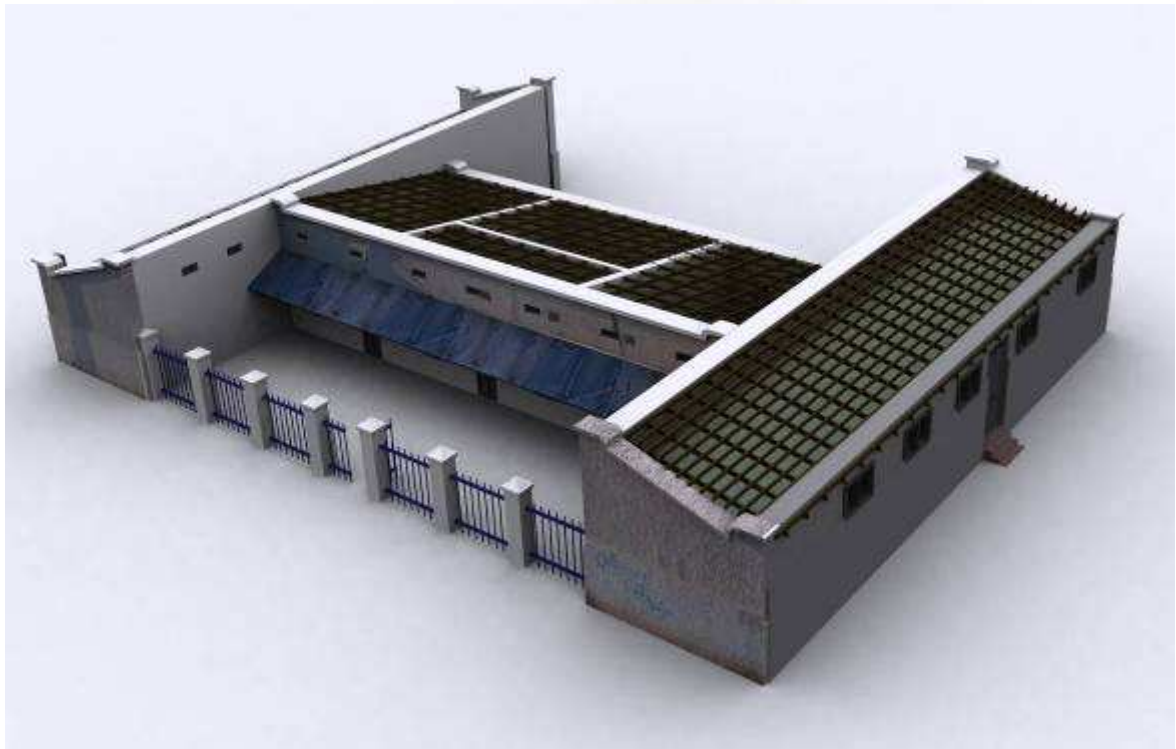


Fecha planimetría: 1925

Propietario plano original: probablemente compañía salitrera Coya Norte

Fuente: Empresa SQM

En los planos de Inchinor, se aprecian los detalles constructivos que evidencian que el edificio fue pensado como un todo estructural, enfrentando la obra de adobe a una realidad sísmica, siendo una prueba más, de la fusión de dos culturas: la foránea presente en las piezas industrializadas, y la local, presente en la construcción en adobes, el único material posible en un lugar tan árido como el desierto de Atacama, logrando un conjunto eficaz al momento de enfrentar los sismos, y de apaciguar la gran oscilación térmica de la zona. De entre los edificios que conforman el encargo, es éste sin duda el que ha sufrido mayor cantidad de modificaciones, tanto en su uso, como en su arquitectura, sobre todo en lo referente a la apertura de vanos, lo que sin duda ha ido debilitando la calidad constructiva del edificio. Actualmente, cabe destacar, la presencia de un gran volumen adosado en la parte posterior del edificio, el cual está construido de material ligero (pies derechos planchas de alaminas) y escaso valor arquitectónico que menoscaban el valor total.



Pese a lo anterior, Podríamos decir como conclusión entonces, que INCHINOR al igual que el resto de los edificios del barrio cívico, poseen grandes valores constructivos, donde a través de la comprensión de cómo fueron hechas las obras, se puede entender un momento de la historia de María Elena, la última ciudad salitrera con una población activa del país.

5 - IGLESIAS ANDINAS



0. A lo largo de toda la costa chilena se encuentra ubicada la placa de Nazca, este elemento tectónico es la causa de la gran actividad sísmica que se origina en todo el país. Debido a este motivo es común que en la zona norte de Chile, y el sur del Perú exista una gran cantidad de eventos sísmicos de gran relevancia, es decir con una magnitud igual o superior a 7.0 grados Richter.

En la zona de Tarapacá el último sismo de magnitudes de terremoto ocurrió el 13 de junio del 2005 a las 18:44hrs. Aproximadamente con 7.9 grados en la escala de Richter, causado por el roce de las capas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Perteneciente al grupo de terremotos interplacas de profundidad intermedia. El epicentro se ubico a 111 km. De profundidad, a 55 km. Al sureste del poblado de Chiapa y a 120km. Al noreste de la ciudad de Iquique.



Este evento afectó a gran parte de la zona norte del país, con secuelas relevantes en los pueblos que se ubican en este sector. La sucesión en el tiempo de estos eventos telúricos han puesto en serio peligro la herencia arquitectónica de los poblados indígenas que habitan este sector nortino, las que presentan una arquitectura religiosa única, que mezcla la cultura original indígena de los pueblos, con expresiones de la cultura hispánica colonizadora. El resultado de esta fusión es el denominado "barroco andino".

1. Las iglesias en intervención, forman parte del conjunto de las iglesias del norte andino chileno, siendo parte de una arquitectura espontánea, de origen popular, que representa una síntesis entre el mundo hispano y la compleja realidad étnica de la zona (quechua, tiwanaku, inca, aymara¹).

¹ Información extraída de la "Guías de Diseño Arquitectónico Aymará". Ver bibliografía



2. Desde el punto de vista arquitectónico, las iglesias altiplánicas representan la adaptación de un modelo europeo (la iglesia como lugar cerrado de reunión de los fieles) a un medio ambiente particular (con la subsecuente utilización de los recursos naturales locales) y a la tecnología constructiva indígena, consistente en la acumulación de materiales (tierra-piedra), asemejando la figura estática del cerro, la *Pachamama*. Así, estos pequeños templos de diseños similares a las viviendas existentes en la zona, fueron construidos obedeciendo a los requerimientos del clima y ubicación geográfica, a la disponibilidad de los recursos naturales existentes, y a la cultura y organización social de sus habitantes, en un estilo conocido como "Mestizo o Barroco Andino". Además de dicho estilo, se puede también hablar, de la existencia de una tipología determinada, es decir, de un modelo arquitectónico-constructivo y estructural, donde existen sólo pequeñas variantes dependiendo la localidad.

3. Así, las iglesias del altiplano, cuentan siempre con una sola nave (a excepción de San Lorenzo de Tarapacá, construido en fases consecutivas), y con contrafuertes y capillas laterales, además de un campanil normalmente exento, y a veces, de un atrio utilizado para las festividades, delimitado por una pirca. Como elementos ornamentales, existen columnas y otros elementos típicos del barroco (volutas, flores), siempre construidos en piedra, y concentrados en el exterior de las portadas.



4. Dentro de este modelo, Mocha, constituye un ejemplo arquitectónico de naturaleza compleja, al poseer una gran nave de espacialidad extremada, con muros de altura entre 4,5 m. y 6,5m en frontones y tímpanos y longitudes que superan los 30 metros, interrumpidas sólo por elementos externos: dos capillas laterales, dos especies de grandes contrafuertes, y un campanil de madera, ubicado sobre un contrafuerte adosado al norte de la fachada. Destaca el portal de acceso de piedra policromada, muestra patente del Barroco Andino. En sí, la iglesia constituye un "encargo" complejo desde el punto de vista constructivo y estructural.



Luego entonces Limaxiña posee una nave, hoy en ruinas, con muros de más menos altura entre 4,5 m. y 6,5m en frontones y tímpanos y longitudes que superan los 30 metros, interrumpidas sólo por elementos externos y salas anexas: dos capillas laterales, dos grandes contrafuertes con sus respectivos campaniles de madera hoy en el suelo. Destaca el portal de acceso de piedra policromada, muestra patente del Barroco Andino. En sí, la iglesia constituye un "encargo" complejo desde el punto de vista constructivo y estructural ya que se encuentra prácticamente en el suelo y la techumbre es inexistente.

Análisis del sistema constructivo-estructural

5. Como todas las iglesias del altiplano, estas iglesias presenta un sistema constructivo mixto que comprende la utilización de los recursos locales como materiales: tierra (barro), piedra, y madera en menor proporción; estos materiales son utilizados de diversas maneras, con una concepción en origen, común a otras iglesias de la zona. Se presentan así, muros de adobe simple estucados con cal al interior, elementos de piedra en porciones de muro, portales, dinteles, cadenas y zócalos, y elementos de madera, en los campaniles adosados a las fachadas, y en los tijerales que conforman la techumbre. Inicialmente, las iglesias presentaban cubiertas conformadas por techumbres de paja brava y una aislación de una capa de barro con paja, lo que lamentablemente en la actualidad, ha sido reemplazado por planchas de zinc, rompiendo toda relación del inmueble con el medio ambiente -en tanto dicho material está fuera de los recursos naturales locales-, y alterando las cualidades de confort térmico pasivo original.



6. Desde el punto de vista estructural, siguen la tradición constructiva del altiplano, con un trabajo de mampostería basado en la estabilidad estática y gravitacional, producto de su geometría, de la relación ancho-alto que tiende a un ángulo natural de reposo, por tanto a una figura estática estable, y del adosamiento de elementos estructurales complementarios que trabajan apoyando los muros largos: contrafuertes, sacristías, campanarios, terrazas, taludes, enterramientos; cabiendo destacar que todos los elementos constructivos que forman los distintos muros y recintos (adobes y piedras), trabajan sólo a la compresión. Desde el punto de vista dinámico sin embargo, el comportamiento de la iglesia es discreto, careciendo casi por completo de elementos complementarios de estabilización, como las llaves y otros elementos de amarre horizontales que ayuden a contrarrestar los empujes laterales sísmicos (elementos que sí existen en otras zonas del país en construcciones de características similares²). Frente a esta carencia dinámica, y a la ausencia de elementos de "amarre" entre los distintos ejes del edificio, es que las iglesias, desarrollaron un modelo basado en el engrosamiento de los elementos (muros de hasta 2 metros) y en la incorporación de terrazas o contrafuertes para detener o contrarrestar los empujes horizontales sísmicos, es decir, un refuerzo del modelo estructural estático-gravitacional.



7. Estos distintos elementos "acumulados" (sea desde el punto de vista arquitectónico o constructivo-estructural), funcionan en mayor o menor medida, más bien con una lógica de elementos adosados-yuxtapuestos, que mixtos, en tanto que frente a las sollicitaciones, no se comportan óptimamente como un todo, sino más bien como partes sueltas no colaborantes, que están en pie sólo gracias a su peso propio -respondiendo al mencionado sistema estático gravitacional- y no contienen un componente de módulo elástico capaz de aportar "estabilidad" a los sistemas por separado o al conjunto.

8. Esta síntesis de diversos modelos, configura una especie de sistema "bastardo", especialmente frágil, ante la falta de mantención y la pérdida del "saber constructivo" a lo largo del tiempo, transformándose, el simple modelo inicial, en un modelo complejo, difícil de conservar y replicar, lo que ha hecho que a lo largo de los siglos, se hayan efectuado "intervenciones erróneas" que han ido debilitando aún más el sistema inicial. Nos encontramos así, frente a la degradación que sufren las réplicas de estos modelos originales, en la distancia de su aplicación.

Descripción de los elementos constructivos y descripción general de daños

9. Luego del sismo de Junio del 2005, las iglesias presentan graves daños estructurales, teniendo fallas típicas de una construcción con mamposterías mixtas en adobe simple y piedra, esto es, vaciamientos, pérdida de trabazón en las esquinas, desaplomes y grietas de cortes en torno a vanos.

10. A continuación, se describirá brevemente cada uno de los sistemas constructivos que conforman las iglesias, y su estado de conservación luego del sismo:

- Los elementos de piedra, donde nos encontramos frente, al menos, a tres modelos genéricos: a) el trabajo de la piedra canteada, en los portales, esquinas y otros elementos

² En las construcciones de adobe de la zona central de Chile, existen las llamadas "llaves", especies de escalerillas horizontales de madera, ubicadas cada 5 hiladas de adobe aproximadamente, disminuyendo así, la altura del muro sujeto a trabajo frente a un empuje.

ornamentales o principales; b) el trabajo de la piedra pegada con barro que se encuentra presente generalmente junto a las primeras y hace el "puente" hacia la construcción con adobe; esta piedra se encuentra presente en el muro de la fachada principal, los cabezales de los muros laterales, a modo de zócalo y "coronación" de todos los muros y en todos los contrafuertes; c) por último encontramos un sistema de "amontonamiento" de piedras y tierra presente en algunos contrafuertes y en el interior, a modo de relleno, de algunos muros de piedra juntada con tierra.



- Los elementos de tierra aporte de la tradición hispánica (adobes y morteros): presentes en los muros longitudinales, en las zonas medias de los mismos (dispuestos entre un zócalo de piedra y barro y un coronamiento del mismo material compuesto) con espesores promedio de 1.2 metro, en varias hiladas en muros longitudinales, y en un espesor de 1,5 metros en la zona posterior del altar. Además de ello, cabe destacar que todas las esquinas han perdido trabazón y por ende, presentan una grieta vertical de piso a cielo que atraviesa el espesor del muro.
- El trabajo de la madera: a) en las techumbres conformadas por tijerales y costaneras, las cuales, por su diseño y escasa sección, no logran constituir un amarre superior al edificio; b) en las torres del campanil, conformada por simples tabiquerías y cerramientos de tablas de 4".
- A nivel de terminaciones, cabe destacar que se han perdido la totalidad de los estucos exteriores, lo que deja los muros en pie desprotegidos.

CONCLUSIONES

11. En síntesis, el modelo constructivo-estructural de las iglesias del sistema andino, se presenta como un sistema estático-gravitacional en base a diferentes mamposterías simples de adobe o piedra. Nos encontramos frente a una "ingeniería vernácula", sintetizada en la configuración de una especie de reinterpretación de un "cerro" arquitecturizado, es decir, la máxima expresión formal de la veneración andina, lo cual como principio, constituye una sencilla estrategia antisísmica que trata de detener los volcamientos producto de los constantes sismos de la zona, con una figura geométrica que responde a algo parecido al ángulo de reposo del material libremente dispuesto.

Es evidente sin embargo, que producto del paso del tiempo, de las intervenciones, y de la pérdida del saber constructivo, este sistema estático inicial, hoy no es suficiente, y que la intensidad de los sismos y los diferentes niveles de abandono han causado enormes estragos.



Así, se establece como gran criterio de consolidación del inmueble, el estabilizar la estructura en base a una lógica complementaria que reconoce y fortalece las cualidades gravitacionales del modelo "huésped", mejorando su comportamiento conjunto en base a elementos de amarre horizontales que sean capaces de "interpretar" y potenciar las fortalezas de este modelo gravitacional, seccionando los esfuerzos y mejorando el desempeño local de la estructura, de manera a evitar los colapsos locales mejorando de esta manera la integridad del total.

6 - COMENTARIOS FINALES

El desarrollo y la comprensión de los sistemas constructivos de estos edificios, así como la correcta implementación de sistemas de estabilización y consolidación estructural se presentan como una oportunidad de indagar en nuevas maneras de entender la construcción con tierra contemporánea en un contexto de zona sísmica, abriendo el camino a un universo de experimentación y comprensión del trabajo con sistemas constructivos de tierra con estructuras mixtas.



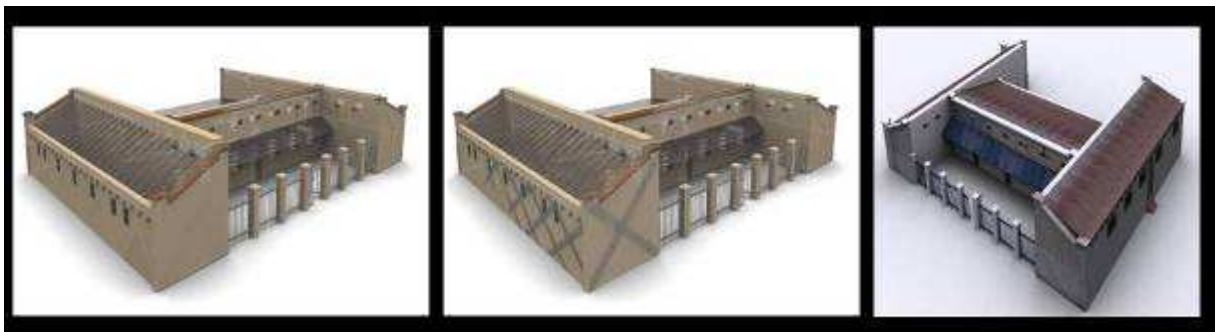
Anteproyecto de consolidación ex Escuela Consolidada



Anteproyecto de consolidación Iglesia San Rafael Arcángel

Los edificios patrimoniales del centro cívico de María Elena entregan una nueva lectura sobre la arquitectura patrimonial contemporánea y sus posibilidades de intervención en sistemas más apropiados y menos invasivos.

Esto significa sistemas que sean más compatibles con los trabajos estructurales propios de la estructura de tierra (adobes en este caso) que sean capaces de "acompañar" su movimiento sin reemplazarlo ni despreciarlo como sucede muchas veces con las intervenciones de reforzamiento que intentan "despreciar" el aporte estructural del adobe, reemplazándolo por elementos estructurales más resistentes que finalmente producen el efecto inverso de ser un agente de deterioro al momento del sismo.



Anteproyecto de consolidación INCHINOR

Finalmente resulta muy interesante poder indagar en edificios declarados Monumento Histórico por valores muy distintos a los constructivos siendo que es, en esta misma característica donde probablemente se abren los mas amplios horizontes en la perspectiva del trabajo con y la investigación sobre la conservación y la restauración del patrimonio arquitectónico en zona sísmica.

BIBLIOGRAFIA

- BURGOS, G. Fotografía del Salitre. Provincia de Antofagasta y Departamento de Tocopilla.
BUTLER, Williams.
CAMUS, Mauricio.
EGAÑA, Juan (1803).
GARCÉS, E. (1999). Las ciudades del salitre. Santiago: Editorial Orígenes.
SALAZAR, D. et al. "Minería y Metalúrgica: del cosmos a la tierra, de la tierra al Inka". Pág. 60-63.

NOTAS

- 1 – www.sqm.com
- 2 - Los primeros embarques de salitre a Europa se realizan hacia el puerto de Liverpool en el año 1820.
- 3 – www.minmineria.cl
- 4 - El sistema Shanks requería de abundante mano de obra.
- 5 – María Elena esta ubicada a 22° 20' latitud sur y 69° 39' 00" longitud norte a 1240 metros sobre el nivel del mar.
- 6 – Burgos, p.14.
- 7 – Incluye el Teatro metro, la ex Pulpería, el Mercado, la Iglesia San Rafael Arcángel, la Plaza, la ex Escuela Consolidada de Experimentación y la Sede de la Asociación Social y Deportiva.
- 8 – Las casas del "barrio americano" disponían de avances tecnológicos modernos que incluían agua potable para el baño y de agua salada diferenciada para los excusados.
- 9 – Un ejemplo es el uso masificado de la palabra chalet, muy usada aún hoy en María Elena para referirse a aquellas viviendas unifamiliares usadas por los extranjeros de principios del siglo XX.
- 10 – Oriundo de María Elena fue el destacado boxeador "Cachetón" Ávalos.
- 11 – Forma coloquial de tratamiento entre los mineros.

Patricio Arias Cortés;

- 1993 - 1999 Educación Universitaria Facultad de Arquitectura Universidad de Chile.
1999 - 2001 Trabajo independiente en construcción de vivienda y restauraciones patrimoniales.
2001 - 2009 Creación y trabajo en la Oficina de Arquitectura Surtierra Arquitectura.

Marcelo Cortés Álvarez:

- 1975 - 1982 Educación Universitaria Facultad de Arquitectura Universidad de Chile.
1986 Creación Empresa Constructora.
1991 Comienza el trabajo en Tecno Barro.
2001 - 2009 Creación y trabajo en la Oficina de Arquitectura Surtierra Arquitectura.

V.

Normalización: *Estado de la cuestión. Normas y recomendaciones técnicas. Alcances y ámbitos de aplicación*

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE ARGILA SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE ADOBES E PROPOSTA DE ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE

Obede Borges Faria; Victor José Tavares Leite Stanzione; Vitor Pinho Miller

Faculdade de Engenharia de Bauru / UNESP – Universidade Estadual Paulista
obede@feb.unesp.br; obede.faria@gmail.com Tel: +55 14 3103 6112

Palavras chave: materiais de construção, adobe, caracterização física e mecânica, módulo de elasticidade

RESUMO

O presente trabalho pretende contribuir com a proposta iberoamericana de padronização de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes (blocos de terra, secos ao sol), denominada “Programa Interlaboratorial PROTERRA”. Os solos utilizados, provenientes de Americana-SP (52% argila, 21% silte, 27% areia) e de Bauru-SP (20% argila, 4% silte, 76% areia) e já caracterizados anteriormente, foram mesclados em várias proporções, de modo a obter misturas com 5 diferentes teores de argila, variando entre 20% e 52%. Com estas misturas foram produzidos adobes, de acordo com a metodologia aprovada no TerraBrasil2008 (VII Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra e II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil), e os mesmos caracterizados fisicamente, pela sua *massa específica aparente*, *retração linear*, *teor de umidade higroscópica* e *absorção de água* e, mecanicamente, por sua *resistência à compressão*, *módulo de ruptura na flexão* e *módulo de elasticidade*. Estes dois últimos parâmetros não constam da metodologia do PROTERRA, sendo uma contribuição do presente trabalho para as futuras propostas de ensaios interlaboratoriais. O módulo de ruptura na flexão já vem sendo determinado nos trabalhos mais recentes dos autores e, no presente trabalho, a principal contribuição é uma proposta de metodologia para determinação do módulo de elasticidade (*ou módulo de deformação tangente inicial*), parâmetro indispensável ao estudo de paredes pelo método dos elementos finitos, uma das próximas abordagens pretendidas pelos autores. O trabalho apresenta os resultados e discussões da influência do teor de argila sobre todos os parâmetros estudados, ou seja, características físicas e mecânicas dos adobes.

1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

As vantagens e desvantagens do uso da terra como material de construção, assim como as dificuldades de produção e aceitação deste material na atualidade, já foram amplamente estudadas, discutidas e apresentadas nos mais variados eventos técnico-científicos que antecederam o “VIII SIACOT – II SAACT”. O conhecimento produzido pode ser facilmente acessado, consultando-se os registros destes eventos (actas, anais e memórias), assim como o farto material já publicado pelo projeto PROTERRA/CYTED, ao longo de seus quatro anos de execução.

Os autores do presente trabalho têm focado suas pesquisas científicas, ao longo dos últimos anos, sobre o adobe, justificados pelo fato desta técnica de construção com terra ser de aspecto e uso muito parecidos com os dos tijolos cerâmicos convencionais, considerando-se sua região de atuação (interior do Estado de São Paulo, Brasil). Isto facilitaria a aceitação por parte do usuário, além de permitir a autoconstrução, em função do custo praticamente nulo e da facilidade de transferência da tecnologia.

Para a terra ser aceita como material de construção pelos órgãos governamentais, principalmente os responsáveis pelo financiamento de habitações de interesse social, é necessário que se tenha amplo conhecimento técnico-científico sobre ela. Embora em algumas universidades a terra esteja sendo pesquisada, sente-se a necessidade de um maior número de ensaios experimentais, para melhor embasar as possíveis normas técnicas sobre o material.

No Brasil, a investigação científica sobre os adobes, assim como a sistematização e metodologia de ensaios para sua caracterização física e mecânica iniciou-se, praticamente,

com a divulgação do trabalho de Faria (2002), baseado em trabalhos anteriores do mesmo autor, iniciados em 1997. No âmbito dos países ibero-americanos, existe uma norma peruana, *Norma técnica de edificación E.080 Adobe* (RNC, 2000), que estabelece o ensaio de adobes em corpos-de-prova com forma de cubo, cujo lado é igual à menor dimensão do adobe (o qual deve ser recortado).

Na literatura são encontrados outros trabalhos científicos, nos quais apresentam-se resultados de resistência à compressão de adobes, porém, as referências à metodologia de ensaio adotada são escassas ou, simplesmente, inexistentes. Dessa forma, não é possível a comparação entre os resultados obtidos pelos diversos pesquisadores, já que não é adotada uma metodologia única para sua determinação. Também, em grande parte dos textos publicados se faz referência à granulometria ideal do solo, para uso nas mais variadas técnicas de construção com terra sem, contudo, apresentarem-se resultados de estudos científicos que comprovem a relação entre este parâmetro e a qualidade do material produzido. Gomes e Gimeno (1997) encontraram resultados de máxima *resistência à compressão* em adobes para teor de argila de cerca de 30%. No entanto, estes resultados são muito questionáveis, já que a metodologia foi muito diferente da atual, inclusive a máquina de ensaios utilizada era muito precária, e os autores consideram o trabalho como uma “investigação preliminar”. Por estas razões, no presente trabalho é avaliada a influência do teor de argila sobre características físicas e mecânicas de adobes, obtidas de acordo com a metodologia de ensaios adotadas atualmente pela Rede Ibero-Americana PROTERRA.

Com a realização do presente trabalho, espera-se contribuir com o preenchimento desta lacuna, em conjunto com outros centros de pesquisa, dando continuidade e validando a proposta de padronização elaborada pela Eng^a Célia Maria Martins Neves (pesquisadora do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia e coordenadora da Rede Ibero-Americana PROTERRA) juntamente com Obede Borges Faria (FEB/UNESP-Bauru), e apresentada à Rede PROTERRA, em julho de 2007. Tal proposta, denominada “Ensaio Interlaboratoriais”, consistiu na realização de ensaios com adobes, utilizando vários tipos de corpos-de-prova, em laboratórios de diversos países ibero-americanos, para comparação e avaliação dos resultados, na busca de uma metodologia única de caracterização física e mecânica do material, no âmbito destes países. Os resultados foram apresentados, com aprovação da metodologia, no TerraBrasil2008 (VII Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra e II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil), ocorrido em novembro de 2008, na cidade de São Luiz, Estado do Maranhão, no Brasil.

A caracterização mecânica dos adobes é complementada pelo *módulo de ruptura na flexão* e *módulo de elasticidade*. Estes parâmetros não constam da metodologia de PROTERRA, sendo uma contribuição do presente trabalho para futuras propostas de ensaios interlaboratoriais. O módulo de ruptura na flexão já vem sendo determinado nos trabalhos mais recentes dos autores. No presente trabalho, a principal contribuição é uma proposta de metodologia para determinação do módulo de elasticidade (*ou módulo de deformação tangente inicial*), parâmetro indispensável ao estudo de paredes pelo método dos elementos finitos, uma das próximas abordagens pretendidas pelos autores, possivelmente em cooperação com pesquisadores da Universidade de Aveiro (Portugal).

2. METODOLOGIA

Foi adotada a metodologia de produção dos adobes e de ensaios para sua caracterização física (*massa específica aparente, teor de umidade higroscópica e retração volumétrica*), assim como para determinação da *resistência à compressão*, aprovada por PROTERRA em 2008 e detalhadamente apresentada por Faria et al. (2008) e Neves e Faria (2008).

Foram adotados os resultados de caracterização física dos solos obtidos por Oliveira e Tahira (2007), utilizando-se um solo arenoso, proveniente de Bauru – SP (com 76% de areia), e um solo argiloso, de Americana – SP (com 52% de argila), os quais foram mesclados de forma a obter solos com 5 diferentes teores de argila, variando entre 20 % e 52 % (tabela 1).

Foram produzidos 8 adobes com o barro obtido de cada traço, num total de 40 unidades. Os

ensaios de caracterização física foram realizados com todos os adobes, já que são ensaios não destrutivos.

A seguir, de cada traço foram retirados, aleatoriamente, 3 adobes para obtenção dos 5 prismas (7,5 cm x 7,5 cm x 15,0 cm), para o ensaio de determinação do módulo de elasticidade, e os 10 cubos (7,5 cm de lado), para o ensaio de determinação da resistência à compressão. De cada traço, também foram retirados 5 adobes, para o ensaio de determinação do módulo de ruptura na flexão, realizado de acordo com metodologia proposta por McHenry Jr. (1989), já adotada anteriormente pelos autores.

Assim como para produção dos corpos-de-prova dos ensaios de determinação da resistência à compressão, os adobes foram cortados em cubos de 7,5 cm de lado, os corpos-de-prova para o ensaio de determinação do módulo de elasticidade foram obtidos cortando-se os adobes em prismas com seção de 7,5 cm de lado e altura de 15 cm. Os topos foram regularizados com a mesma argamassa de cimento e areia, utilizada nos cubos. Após a regularização dos topos dos corpos-de-prova, os mesmos foram devidamente identificados, pelo traço e por uma numeração seqüencial.

Como não existem normas brasileiras também para a determinação do *módulo de elasticidade* (ou *módulo de deformação tangente inicial* - E_{ci}) de adobes, nem de tijolos cerâmicos ou argamassas, foi adotada uma adaptação da norma brasileira para concreto, ou seja, a *NBR 8522 – Concreto: Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva de tensão-deformação* (ABNT, 2003).

De acordo com a NBR 8522 (ABNT, 2003), quando se trabalha com o material no regime elástico, o módulo de elasticidade pode ser considerado como um módulo de deformação, no caso, o tangente inicial (E_{ci} , na figura 1), considerando-se que também existe o módulo de deformação secante (E_{cs}).

Como os adobes têm resistência à compressão muito inferior à do concreto, o limite de tensão inferior (0,5MPa recomendado pela NBR 8522) foi adaptado para $0,1 f_{c,est}$, sendo $f_{c,est}$ (resistência à compressão estimada) determinado em função do valor médio de resistência à compressão, obtido dos ensaios de determinação deste parâmetro, com os cubos de 7,5 cm. Na figura 2 é apresentado um esquema do plano de carga para o ensaio de determinação de E_{ci} , tendo sido adotada a mesma taxa de incremento de carga do ensaio de resistência à compressão.

Para medição das deformações específicas nos corpos-de-prova, foi utilizado um par de extensômetros eletrônicos EMIC, com comprimento base de 50 mm e um sensor de deformação em cada um de duas faces opostas dos CPs, como mostrado na figura 3, na qual também podem ser observados outros aspectos do ensaio. Ao ser atingido $0,7 f_{c,est}$, os extensômetros foram retirados e o CP levado à ruptura.

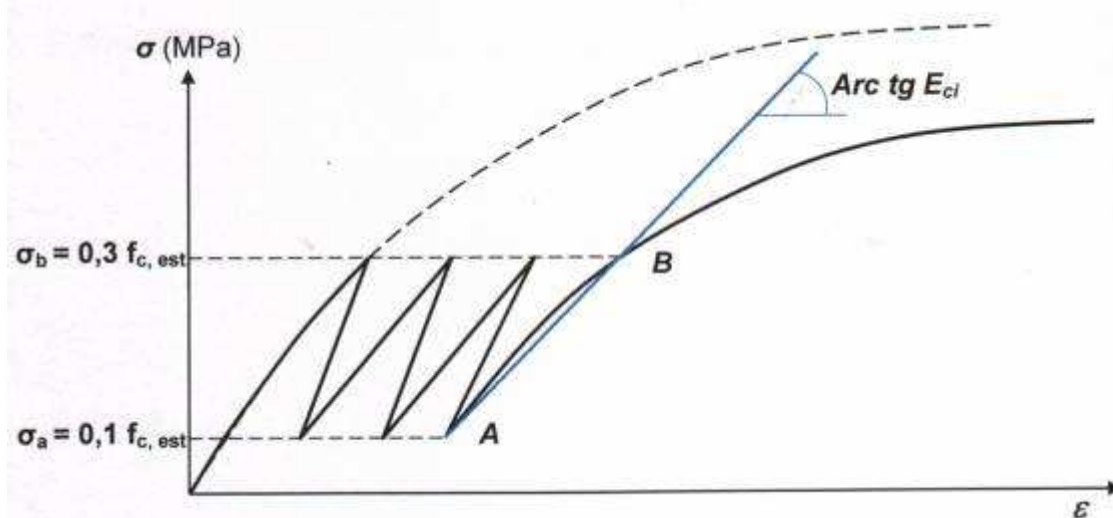


Figura 1. Representação esquemática do módulo de elasticidade, ou módulo de deformação tangente inicial (ABNT, 2003).

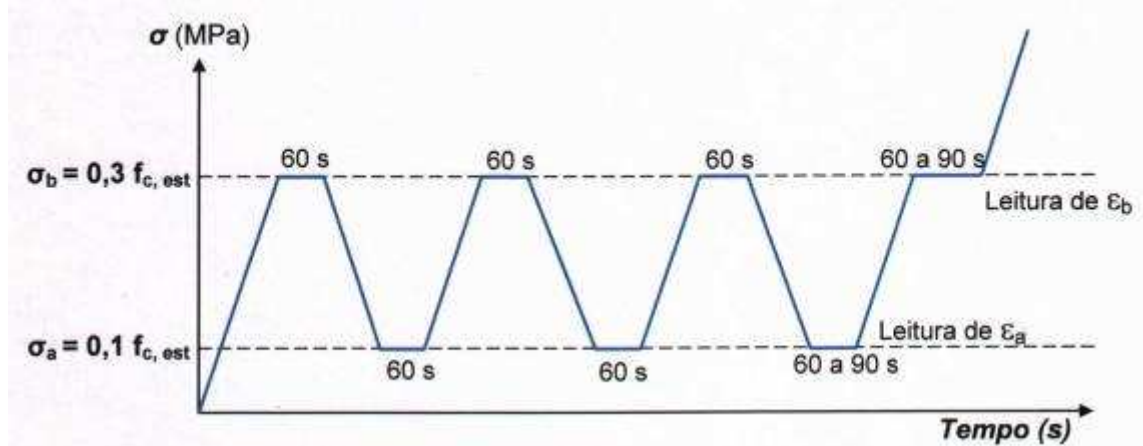


Figura 2. Representação esquemática do carregamento para a determinação do módulo de elasticidade (de ABNT, 2003).

Cabe lembrar que com a realização deste ensaio também foi determinada a resistência à compressão dos prismas de 7,5 cm x 15 cm. O módulo de elasticidade (E_{ci}) foi calculado pela equação 1.

$$E_{ci} = \frac{(\sigma_b - \sigma_a)}{(\varepsilon_b - \varepsilon_a)} \quad (1)$$

onde:

E_{ci} : módulo de elasticidade (MPa)

σ_b : tensão maior ($\sigma_b = 0,3 f_{c, est}$) (MPa)

σ_a : tensão básica ($\sigma_a = 0,1 f_{c, est}$) (MPa)

ε_b : deformação específica, para a tensão maior

ε_a : deformação específica, para a tensão básica



Figura 3. Alguns aspectos dos ensaios de determinação do módulo de elasticidade, notando-se o dispositivo de medição de deformações (extensômetros eletrônicos EMIC) e o padrão de ruptura dos CPs.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentadas breve descrição das atividades desenvolvidas, assim como resumo dos principais resultados obtidos e sua discussão.

3.1. Caracterização física dos adobes

As curvas de distribuição granulométrica dos solos mostram a distribuição das partículas, quanto às suas dimensões. Pelo critério da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) foi possível concluir que os solos ensaiados possuem as seguintes composições:

- Americana (**A**): 52% de argila ($\phi < 0,002$ mm), 21% de silte ($0,002\text{mm} < \phi < 0,06$ mm) e 27% de areia ($0,06$ mm $< \phi < 2$ mm).
- Bauru (**B**): 20% de argila, 4% de silte e 76% de areia.

Como se desejava avaliar a influência do teor de argila sobre características dos adobes, os dois solos foram mesclados, de acordo com a metodologia proposta por PROTERRA, de forma a obter mesclas (traços) com 5 diferentes teores de argila, como mostrado na tabela 1, na qual também são apresentados os resultados médios de massa específica aparente (ρ_{ap}), teor de umidade higroscópica (U_{EA}) e retração volumétrica (R_V).

n° dos traços	partes de cada solo		granulometria (%)			ρ_{ap} (g/cm ³)	U_{EA} %	R_V %
	A	B	argila	silte	areia			
1	0	1	20,0	4,0	76,0	1,85	1,21	9,4
2	1	4	26,7	7,5	65,8	1,88	1,98	12,7
3	1	1	36,4	12,7	50,9	1,98	3,16	24,9
4	3	1	44,3	16,9	38,8	1,93	3,69	17,9
5	1	0	52,0	21,0	27,0	1,84	4,44	21,7
<i>Faria et al. (2008)</i>	2	5	29,5	9,0	61,5	1,86	2,15	19,5

Tabela 1. Proporção dos solos em cada traço, composição granulométrica obtida e características físicas dos adobes (massa específica aparente, umidade higroscópica e retração volumétrica).

Observando-se os resultados apresentados na tabela 1, nota-se que houve um acréscimo de cerca de 7 % na massa específica aparente, para aumento do teor de argila de 20 % para 36,4 %. Para o mesmo intervalo de variação do teor de argila, houve um acréscimo de cerca de 165 % na retração volumétrica, fato que confirma a relação entre altos teores de argila no solo e retrações excessivas dos adobes, causando fissuras prejudiciais a seu desempenho. Quanto ao teor de umidade higroscópica, nota-se que houve uma variação sempre crescente, atingindo um acréscimo de 267 %, com o aumento do teor de argila de 20 % para 52 %. Esse fato também comprova a necessidade de cuidados especiais quanto à presença de umidade nas construções com terra, principalmente quando realizadas com solos mais argilosos.

3.2. Determinação da resistência à compressão

Na tabela 2 são apresentados os resultados dos ensaios de determinação da *resistência à compressão*, dados pelo valor médio (f_c) e característicos (f_{ck}) superior e inferior, relacionando-os ao teor de argila de cada traço. Também são apresentados os resultados obtidos por Faria *et al.* (2008). Estes resultados, acrescidos dos encontrados por Gomes e Gimeno (1997), são apresentados graficamente na figura 4.

Traços	Argila (%)	f_c (MPa)		f_{ck} (MPa)	
		média	sd	inf.	sup.
1	20,0	0,93	0,07	0,81	1,05
2	26,7	1,26	0,12	1,06	1,46
3	36,4	2,00	0,14	1,77	2,23
4	44,3	2,31	0,23	1,93	2,69
5	52,0	3,31	0,30	2,82	3,80
<i>Faria et al. (2008)</i>	29,5	1,24	0,10	1,08	1,40

Tabela 2. Resultados médios de resistência à compressão dos cubos de 7,5cm de lado.

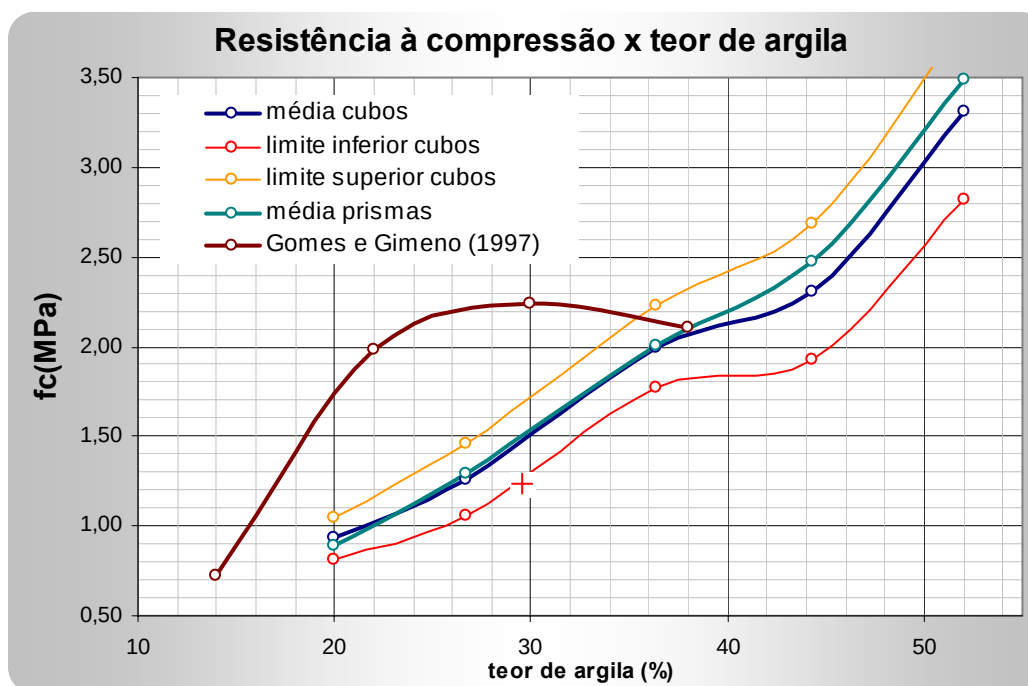


Figura 4. Resistência à compressão, com valores médios e característicos, em função do traço, obtidos com os corpos-de-prova cúbicos (7,5 cm de lado) e prismáticos (7,5 cm x 7,5 cm x 15 cm); acrescido dos resultados de Faria et al. (2008) e Gomes e Gimeno (1997).

Observando-se as curvas da figura 4, pode-se notar uma tendência bem definida de acréscimo da resistência à compressão com o acréscimo do teor de argila, tanto nos cubos quanto nos prismas. Observa-se, também, uma leve diferença entre os resultados encontrados por Faria et al. (2008), para a mesma mistura de solos e a mesma metodologia. Este fato, de alguma forma, comprova o fato já conhecido de que as características dos adobes são influenciadas também por fatores mais subjetivos, como a interferência do operador (o “adobeiro”), aquele que produz os adobes. Esta tendência de acréscimo, praticamente linear, da resistência com o aumento do teor de argila, contraria uma regra empírica dos velhos mestres adobeiros de que o teor de argila ideal no solo para produção de adobes é de cerca de 30%.

Esta regra tem sido aceita pelos pesquisadores, como um indicativo de teor de argila ideal, para a obtenção de máxima resistência sem, contudo, terem sido encontradas referências na bibliografia sobre estudos científicos sobre o tema. Nos únicos trabalhos encontrados, orientados pelo mesmo pesquisador do presente trabalho (FARIA, 1997; GOMES e GIMENO, 1997), a regra é aparentemente confirmada. Os autores encontraram resultados de máxima resistência à compressão para teor de argila de cerca de 30%. No entanto estes resultados são muito questionáveis, já que a metodologia foi muito diferente da atual, inclusive a máquina de ensaios utilizada na época era muito precária, e os autores consideram o trabalho como uma “investigação preliminar”.

Na realidade, pode-se supor que o teor de argila de 30% seja o máximo aceitável para a produção de adobes, em termos de trabalhabilidade do barro e facilidade de condução do processo de secagem. No presente trabalho notou-se que com teores de argila superiores a este o amassamento do barro e a moldagem dos adobes eram muito mais difíceis. Além disso, a secagem dos adobes se deu em condições especiais, ou seja, lentamente e sempre à sombra, até o final do processo, situação esta bem diferente da prática dos adobeiros que, muitas vezes, põem os adobes a secar ao sol, logo após a desmoldagem. Com teores de argila mais elevados, esta prática é inviável, porque a retração expressiva provoca excesso de fissuras e conseqüente perda de qualidade e resistência.

3.3. Determinação do módulo de ruptura na flexão e do módulo de elasticidade

Na tabela 3 são apresentados os resultados dos ensaios de determinação do módulo de ruptura na flexão (**MOR**) e do módulo de elasticidade (**E_{ci}**), relacionando-os ao teor de argila de cada traço. Estes resultados são apresentados graficamente nas figuras 5 e 6, respectivamente.

traços	Argila (%)	F _{rup cubo} (kgf)	Ensaio de módulo de elasticidade				MOR (MPa)	
			F _{rup est} ⁽¹⁾ (kgf)	F _{rup efetiva} (kgf)	f _{c efetiva} (MPa)			E _{ci} (MPa)
					média	sd		
1	20,0	490,6	426,8	451,8	0,89	0,06	1.074	0,14
2	26,7	632,5	550,3	673,9	1,29	0,08	1.767	0,36
3	36,4	957,4	832,9	960,0	2,01	0,08	2.261	0,83
4	44,3	1.081,0	940,5	1.246,0	2,47	0,23	2.772	0,66
5	52,0	1.561,0	1.358,1	1.653,0	3,49	0,20	2.840	0,47

⁽¹⁾ De acordo com Faria et al. (2008), $f_{c7,5 \times 15} = 0,87 f_{c \text{ cubo } 7,5}$

Tabela 3. Resultados médios dos ensaios de determinação do módulo de elasticidade dos prismas e do módulo de ruptura na flexão dos adobes.

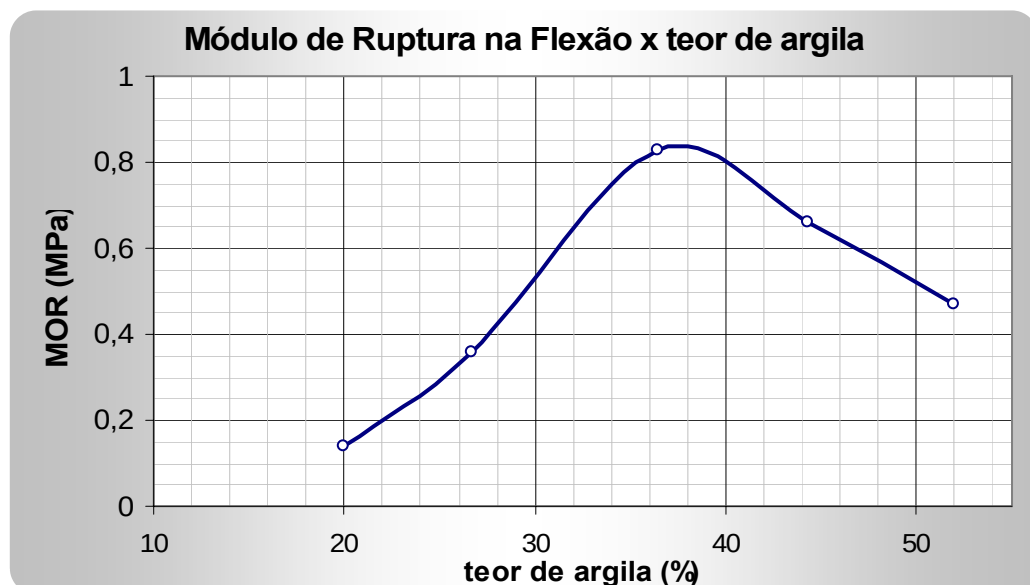


Figura 5. Gráfico da variação do módulo de ruptura na flexão com o teor de argila.

Observando-se a curva da figura 5, pode-se notar uma tendência de acréscimo de **MOR** com o acréscimo do teor de argila, até cerca de 38%, quando tende a decrescer, semelhante ao apontado por Garcia e Falavigna (2006). Entretanto, diferentemente do presente trabalho, estes autores acrescentaram fibras vegetais aos adobes, o que justifica satisfatoriamente este comportamento do material. Para uma avaliação mais científica e responsável destes resultados, seria necessário que outros laboratórios também fizessem esta análise, para verificação de um possível padrão de comportamento mais “universal”.

Deve-se salientar que este ensaio não foi previsto na metodologia de PROTERRA, já citada, e que o presente trabalho pode vir a ser mais uma contribuição às futuras propostas do Programa Interlaboratorial PROTERRA.

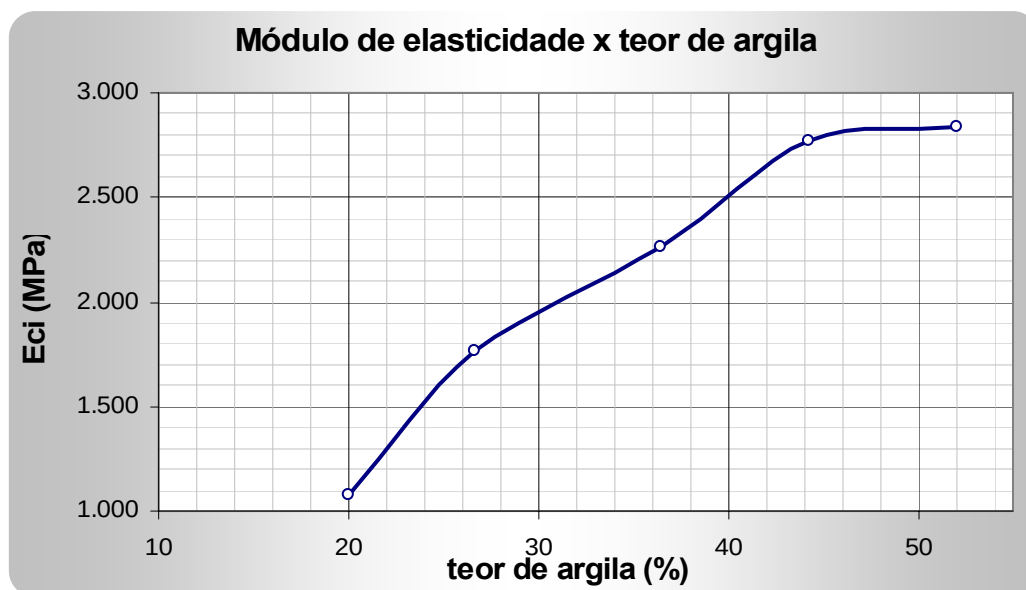


Figura 6. Gráfico da variação do módulo de elasticidade com o teor de argila.

Observando-se a curva da figura 6, pode-se notar uma tendência de acréscimo do módulo de elasticidade, tal como observado para a resistência à compressão, com o acréscimo do teor de argila. Assim como para ensaios anteriores, este ensaio é inédito (até onde se tem notícia, pela bibliografia consultada) e não é prudente elaborar conclusões precipitadas. Neste caso também seria necessário comparar o comportamento dos resultados com os obtidos por outros laboratórios, adotando-se a mesma metodologia.

Todavia, há que registrar a importância da determinação do módulo de elasticidade, com sólidas bases metodológicas, para que se possa trabalhar com modelagem matemática no estudo de paredes de adobe como, por exemplo, utilizando-se as ferramentas do método dos elementos finitos (MEF).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados aqui apresentados pode-se notar a dificuldade de repetição dos resultados, a grande influência do operador, a dificuldade de controle das variáveis intrínsecas dos solos (características físicas, mecânicas, químicas, etc...); fatos que explicam, em parte, a grande dificuldade de normalização, controle de qualidade e especificações técnicas dos materiais de construção produzidos com terra. Por exemplo, na figura 4, comparando-se as curvas de resistência à compressão dos cubos com a dos prismas, nota-se que os valores de resistência dos prismas são superiores aos dos cubos, para praticamente todos os teores de argila. Esse fato contraria a teoria da resistência dos materiais, segundo a qual o valor de resistência à compressão simples deveria decrescer com o acréscimo do índice de esbeltez (BEER e JOHNSTON JR, 1989). Já no trabalho de Faria et al. (2008), esta tendência se confirmou.

Estas constatações reforçam a necessidade do envolvimento de mais laboratórios da Rede Proterra em atividades de investigação científica experimental, baseadas em consistente estratégia metodológica.

Concluindo, pode-se afirmar que os objetivos propostos inicialmente foram plenamente atingidos, ou seja, o presente trabalho apresenta uma considerável contribuição à consolidação de metodologia de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes, proposta e adotada pela Rede Iberoamericana Proterra, assim como aponta perspectiva para novos “ensaios interlaboratoriais”.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522 Concreto** – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva de tensão-deformação. Rio de Janeiro-RJ (Brasil): ABNT, 2003, 9p.
- BEER, F. P.; JOHNSTON JR., E. R. (trad. Paulo Prestes Castilho). (1989) **Resistência dos materiais**. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill. 653p.
- FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. São Carlos-SP (Brasil): EESC-USP, 2002. 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FARIA, O. B.; OLIVEIRA, B. M.; TAHIRA, M.; BATTISTELLE, R. A. G. Realização dos ensaios interlaboratoriais Proterra em Bauru-SP (Brasil). In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 7. e CONGRESSO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 2., 2008, São Luiz – MA (Brasil). **Anais...** São Luiz-MA (Brasil): UEMA/Proterra, 2008. 1 CD-ROM.
- GARCIA, A. R.; FALAVIGNA, J. P. T. (2006). **Caracterização física e mecânica de adobe produzido com sedimento e macrófitas aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. Bauru. 179p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Câmpus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, sob orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).
- GOMES, R. L. B. de P.; GIMENO, R. M. **Caracterização de solos para produção de tijolos de adobe**. Bauru-SP (Brasil): FE-UNESP, 1997. 46p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Câmpus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, sob orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).
- McHENRY JR., P. G. **Adobe and rammed earth buildings: design and construction**. Tucson (USA): The University of Arizona Press, 1989. reimpr. (publicação original: New York: Wiley, [1984]). 217 p., il.
- NEVES, C.; FARIA, O. B. Programa interlaboratorial Proterra: ensaios de adobe. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 7. e CONGRESSO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 2., 2008, São Luiz-MA (Brasil). **Anais...** São Luiz – MA: UEMA/Proterra, 2008. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, B. M.; TAHIRA, M. **Estudo preliminar para proposta de ensaios de caracterização física e mecânica de adobes**. Bauru-SP (Brasil): FEB-UNESP, 2007. 71p. (Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP, Câmpus de Bauru, para obtenção do título de Engenheiro Civil, sob orientação do Prof. Dr. Obede Borges Faria).
- REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES. **Norma técnica de edificación NTE E.80 Adobe**. Lima (Peru): 2000. 18p.

AGRADECIMENTOS

À **UNESP**, pelo oferecimento das condições necessárias à realização da pesquisa e pela autorização do afastamento da Instituição, para participação no evento. À **FUNDUNESP** (Fundação para o Desenvolvimento da UNESP), pela concessão de auxílio para apresentação do trabalho.

Obede Borges Faria: Engenheiro Civil (1981); Mestre em Arquitetura e Urbanismo (Tecnologia do Ambiente Construído) (1993); Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental (2002); Professor e Chefe do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, da UNESP-Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Bauru; Membro da Rede Ibero-Americana Proterra (membro Projeto PROTERRA/CYTED, de 2003 ao final).

Vitor Pinho Miller: Engenheiro Civil; graduado pela Faculdade de Engenharia (UNESP-Bauru), em dezembro de 2008; orientado de Trabalho de Conclusão de Curso pelo Prof. Obede B. Faria.

Victor José Tavares Leite Stanzione: Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Civil; pela Faculdade de Engenharia (UNESP-Bauru); orientado de Trabalho de Conclusão de Curso pelo Prof. Obede B. Faria.

MANUAL DE TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN PARA LA ARQUITECTURA DE TIERRA DEL DEPARTAMENTO IGLESIA, SAN JUAN

Pereyra Arturo ; Plana María Rosa

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat. IRPHA. FAUD / UNSJ

Palabras clave: manual, restauración ,patrimonio

RESUMEN

La conservación y restauración de los bienes con valor patrimonial implican criterios específicos para mantener la autenticidad e integridad de la obra. Si bien cada edificio presenta problemáticas particulares, definidas en relación a su historia, a su significado en el entorno, a las intervenciones que ha sufrido, a los componentes materiales y las patologías diversas que los afectan, existen criterios generales que tutelan la actividad a nivel internacional.

Estos criterios, expresados en las llamadas "Cartas de Restauero", tienen el propósito de normalizar los trabajos de conservación y restauración del patrimonio histórico y la advertencia de mantener la integridad de la obra, la necesidad de emplear materiales compatibles, y de realizar intervenciones que afecten lo menos posible la originalidad de los edificios patrimoniales.

En la provincia de San Juan , en el departamento Iglesia situado al norte de esta provincia, hace más de un siglo las edificaciones más importantes se realizaban con técnicas de construcción con tierra que significaba casi la única posibilidad dados los escasos recursos alternativos que se encontraban en esta región.

Actualmente, estos edificios históricos presentan deterioros producidos por fenómenos higrotérmicos, por acción del clima y del hombre, la utilización inadecuada de los materiales, o la aplicación de tecnologías no acordes a este deterioro producto también del escaso mantenimiento, que se ve acentuado por las malas intervenciones de restauración, donde no se han respetado las formas originales de construcción.

El adobe, resulta ser un material que se adapta muy bien a las condiciones climáticas de esta zona de escasa humedad ambiente y pocas precipitaciones pero muy vulnerable a la humedad que asciende desde el suelo por lo que las patologías mas frecuentes en los edificios del departamento Iglesia,son las producidas por el ascenso de humedad del suelo a través de los cimientos a los muros, la falta de una buena cimentación produce hundimientos y como consecuencia agrietamiento o desprendimientos en los muros.

Se propone la confección de un manual de técnicas de restauración para los edificios patrimoniales construidos en tierra en el departamento Iglesia, elaborando la documentación técnica neesaria que permita encarar las reparaciones y reemplazo de los elementos constructivos deteriorados por las diferentes patologías .

Este manual incluye planos y dibujos a escala, gráficos y fotos de los edificios, las patologías, sus causas, y las soluciones posibles con especificaciones de los preparados de mezcla, morteros con los dosajes necesarios, los componentes de los mismos y una lista de herramientas necesarias para realizar los diferentes trabajos.

Se seleccionan los edificios con mayor valor patrimonial del departamento, se analizan las patologías, se evalua el grado de deterioro que presentan y se proponen soluciones constructivas con materiales y tecnologías acordes.

Se trata de utilizar técnicas centenarias, buscando una imagen similar a la original, que garantice su durabilidad y también se establecen pautas (desde la adecuación del diseño estructural-tecnológico), que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones ambientales locales, durante su etapa de servicio y recomendaciones de diseño para un entorno construido más sustentable.

INTRODUCCIÓN

El trabajo consiste en la confección de un manual de técnicas constructivas para realizar las tareas de restauración de los edificios patrimoniales construidos en tierra, del departamento Iglesia en la provincia de San Juan, Argentina.

El departamento Iglesia se encuentra ubicado en el sector noroccidental de la provincia de San Juan a 170km de la ciudad capital de la provincia. Tiene una superficie de 20.527km². Los límites departamentales, son al norte la provincia de La Rioja, al sur el departamento de Calingasta, al este La Rioja y los departamentos de Jáchal y Ullum y al oeste la República de Chile, materializado este por la Cordillera de los Andes.

Está ubicado entre los paralelos de 28°22'y 30°40' de latitud Sur y los meridianos de 69°10' y 70° de longitud Oeste.

Se distinguen dos formas dominantes de relieve: las montañas y el valle. El grupo montañoso está constituido por Cordillera Frontal y Precordillera, entre ambas una unidad deprimida, el valle longitudinal. La Cordillera Frontal esta situada al Oeste y fue originada por la orogenia andina del terciario. La Precordillera se sitúa al este de la Cordillera Frontal y es una unidad morfoestructural paleozoico cuya fisonomía actual es producto de la orogenia andina.

El clima pertenece a la región árida del país con características de zonas desérticas o semidesérticas y rasgos de continentalidad marcados. Temperatura media anual oscila alrededor de los 20°C, siendo la máxima media mensual de 32°C en enero y la mínima media mensual de 1°C en julio.

La vegetación natural responde a la variedad de relieve, clima y suelo. En las zonas elevadas encontramos como formación predominante, las estepas gramíneas arbustivas generalmente achaparradas, vega en lugares donde se acumula el agua y en las orillas de los arroyos y semidesiertos de líquenes.

En las zonas deprimidas se encuentran extensos pastizales de color amarillento, o estepas de cachiyuyo en las zonas más áridas y praderas de gramíneas muy apetecidos por las ovejas. La fauna está constituida principalmente por aguiluchos, avestruz americano, cóndores, guanacos, lagartijas, liebres, perdices, etc.

La actividad económica principal es la agricultura predominando el cultivo de álamos, manzanares, lechuga y porotos para la producción de semillas, forrajeras, especialmente la alfalfa, las características del suelo y clima, favorecen el desarrollo de alamedas.



Fig 1



Fig 2

PATRIMONIO CULTURAL

El patrimonio construido de Iglesia es numeroso, variado, y muy valioso ya que caracteriza al paisaje e identifica a los poblados rurales. Interactuar con los bienes patrimoniales identificados y valorados permite conocer como se vivía, como se producía, y da lugar a una reflexión sobre las consecuencias económicas, sociales y culturales del devenir histórico de Iglesia y ello posibilita proponer acciones de preservación para dicho patrimonio.

Desde el aspecto urbano ambiental lo que identifica al departamento Iglesia es la sucesión de pequeños poblados con características generales similares, que se extienden a lo largo del valle comprendido entre la Cordillera Frontal y la Precordillera.

Conservan rasgos del siglo XIX en edificios que no sufrieron los efectos destructores del terremoto de 1944, que se han conservado debido a la escasa renovación urbana y edilicia, limitada por el estancamiento económico y el aislamiento de otras regiones.

Edificios no monumentales de carácter modestos perduran significativamente en la tradición iglesiana local, poseen nivel de autenticidad alto, características arquitectónicas propias, integración en el conjunto, representativos de las actividades económicas y productivas del pasado.

La arquitectura vernácula que caracteriza a esta zona rural se adapta y da respuesta al medio a través de su morfología, relaciones constructivas y la utilización de materiales autóctonos.



Fig 3



Fig 4

Si bien los poblados presentan características urbanas similares cada una de ellos tiene un atractivo distinto que la hace diferente a las demás, se pueden distinguir algunos aspectos que los diferencian: Cada localidad tiene características distintas en cuanto a costumbres, tradiciones y modos de vida de la población.

Se destaca la presencia de edificios de gran valor patrimonial reconocidos como la Capilla de Achango, los Molinos Harineros y la arquitectura vernácula de sus casonas características, construidas en tierra cruda.

Por su importancia se agregan las ruinas arqueológicas de los asentamientos indígenas de Angualasto y Camino del Inca.

Desde el punto de vista tecnológico se identifica una arquitectura en tierra con características regionales puestas de manifiesto tanto en el uso de los materiales locales como el adobe, el álamo y la caña; como su adaptación espontánea al clima, árido seco y muy frío. Culturalmente responde a los modos de vida y costumbres del siglo pasado de familias prominentes.

Los sistemas constructivos que se destacan para la construcción de muros son mampuestos de adobe y los tapias que aún perduran en edificaciones antiguas. En los techos el sistema más utilizado es del rollizo de álamo tanto en techos planos como a dos aguas, como es el caso de las capillas, también se observan en los dinteles.

Hace más de un siglo estas edificaciones se realizaban con técnicas de construcción con tierra, que significaba casi la única posibilidad dados los escasos recursos alternativos que se encontraban en esta región. La alternativa era hacer uso de la tierra como estaba en el lugar, traer mejor tierra de otro lugar o mejorar la del sitio.

Esta propuesta forma parte y surge del proyecto de investigación "PLANIFICACION DE PROYECTOS se realiza en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la FAUD y tiene por objetivo Formular un Plan Estratégico para la Puesta en Valor del Patrimonio del Departamento Iglesia a través del diseño de Proyectos Culturales asociados al turismo y a la educación.

FUNDAMENTOS

Todo patrimonio físico se deteriora desde el momento mismo que es materializado. La acción del tiempo, las catástrofes naturales, la acción de agentes degradantes, el uso intensivo e incorrecto por parte del hombre, hacen que el patrimonio envejezca y se degrade.

La conservación y restauración de los bienes inmuebles de valor patrimonial implican una serie de criterios específicos que apuntan a mantener la autenticidad e integridad de la obra. Si bien cada edificio o monumento presenta problemáticas particulares, definidas en relación a su historia, a su significado en el entorno, a las intervenciones que ha sufrido, a los componentes materiales y las patologías diversas que los afectan, existen criterios generales que tutelan la actividad a nivel internacional. Estos criterios, expresados en las llamadas "Cartas de Restauro", tienen el propósito de normalizar los trabajos de conservación y restauración del patrimonio histórico y la advertencia de mantener la integridad de la obra, la necesidad de emplear materiales compatibles, y de realizar intervenciones que afecten lo menos posible la originalidad de los edificios patrimoniales.

En el departamento Iglesia, hace más de un siglo las edificaciones más importantes se realizaban con técnicas de construcción con tierra que significaba casi la única posibilidad dados los escasos recursos alternativos que se encontraban en esta región. La alternativa era hacer uso de la tierra como estaba en el lugar, traer mejor tierra de otro lugar o mejorar la del sitio.

PATOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES

Actualmente, estos edificios históricos presentan deterioros producidos por fenómenos higrotérmicos, por acción del clima y del hombre, la utilización inadecuada de los materiales, o la aplicación de tecnologías no acordes a este deterioro, producto también del escaso mantenimiento, que se ve acentuado por las malas intervenciones de restauración, donde no se han respetado las formas originales de construcción.

Las patologías mas frecuentes en los edificios del departamento Iglesia, son las producidas por ascenso de humedad del suelo a través de los cimientos a los muros.

Los cimientos en general sobrepasan el terreno natural para evitar que la humedad siga ascendiendo hacia el muro, este problema solo se ve en los terrenos más bajos.

La falta de una buena cimentación se hace evidente en aquellas construcciones que han sufrido hundimientos y como consecuencia agrietamiento en los muros.



Fig. 5



Fig 6

En las paredes los problemas mas frecuentes son consecuencia de la humedad que sobrepasa el cimientto y llega al muro provocando desprendimiento de material tanto en los muros de adobe como en los de tapia. Esta ultima por ser una masa compacta, mezcla de tierra y ripio apisonada resulta muy vulnerable a este fenómeno.

El adobe, realizado con una mezcla de tierra amasada y mezclada con paja cortada o estiércol, resulta ser un material que se adapta muy bien a las condiciones climáticas de esta zona de escasa humedad ambiente y pocas precipitaciones pero muy vulnerable a la humedad que asciende desde el suelo.

PROPUESTA

Confeccionar un manual de técnicas de restauración para los edificios patrimoniales construidos en tierra en el departamento Iglesia.

Elaborar la documentación técnica que permita encarar las reparaciones y reemplazo de los elementos constructivos deteriorados por las diferentes patologías sufridas a través del tiempo.

Este manual incluirá la siguiente documentación : planos y dibujos a escala, gráficos de las diferentes parte afectadas de los edificios, las patologías, sus causas, y las soluciones posibles ,con especificaciones de los preparados de mezcla, morteros con los dosajes necesarios, los componentes de los mismos y una lista de herramientas necesarias para realizar los diferentes trabajos.

Este trabajo comienza con el reconocimiento de los edificios con mayor valor patrimonial del departamento Iglesia

Primera etapa: Selección de los edificios y análisis de las patologías, para evaluar el grado de deterioro que presentan el edificio.

Segunda etapa: Se proponen soluciones constructivas con materiales y tecnologías que contemplen las normas de preservación de patrimonio edilicio.

Confección de un manual de asesoramiento para la realización de las tareas de restauración
Capacitación de los operarios que realicen las obras de restauración.
Difusión y entrega de manuales a los operarios.

Se cumple con las recomendaciones generales fijadas por los organismos internacionales y nacionales para la restauración conservativa, la puesta en valor del patrimonio arquitectónico y la teoría de la preservación monumental contemporánea .

La tarea de restauración en la mayoría de los edificios es la de reparar o de reemplazar las piezas o partes mas deterioradas, y de consolidar los revoques y los revestimientos originales. Cuando no sea posible preservar el material original, por su estado de conservación, se hará reintegraciones, en vez de realizar remiendos o parches aislados dentro de un paño.

De esta forma, se considera que se resuelve apropiadamente el difícil equilibrio entre autenticidad de la intervención y preservación de los valores expresivos de las fachadas, contemplándose las exigencias de la conservación y la restauración.

Los tratamientos de rehabilitación en edificios requieren de técnicas y exigencias muy específicas.

Se trata de utilizar técnicas centenarias para lograr la textura de los viejos revoques, buscando una imagen de fachada con un revestimiento similar al original, que además, garantice su durabilidad, así como establecer pautas (desde la adecuación del diseño estructural-tecnológico), que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones ambientales locales, durante su etapa de servicio y recomendaciones de diseño y un entorno construido más sustentable.

La mano de obra de estos trabajos requiere de operarios instruidos para las tareas de restauración con conocimiento de técnicas constructivas apropiadas para realizar un correcto trabajo.

Arturo Peryra: Arquitecto, Docente e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. C.e.: arturoar@yahoo.com.ar

María Rosa Plana: Master en Conservación, Reabilitación, Recicleje, Mantenimiento y Restauración del Patrimonio Edificado. Arquitecta. Docente e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Delegada de la comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares históricos por la Provincia de San Juan.
C.e.: planamariarosa@gmail.com.ar

UM PASSEIO PELAS NORMAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA NOS PAÍSES IBERO-AMERICANOS

Célia Neves⁽¹⁾; Ana Cristina Villaça Coelho⁽²⁾; Romildo Dias Toledo Filho⁽³⁾; Marcos Silvos⁽³⁾

(1) Rede Ibero-americana PROTERRA. Rede TerraBrasil. Lauro de Freitas, BA, Brasil.

Tel.: (55 71) 3379 3506 cneves@superig.com.br

(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro; COPPE/PEC; Rede Ibero-americana PROTERRA; Rede TerraBrasil.
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Tel/Fax: (55 21) 9146-6874 anavillaca@coc.ufrj.br/anavillaca@gmail.com

(3) Professor do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ

Tel/Fax: (55 21) 2562-8484 toledo@coc.ufrj.br/silvos@coc.ufrj.br

Palavras-chave: normas técnicas, conformidade, qualidade

RESUMO

Em que pese o uso milenar da terra como material de construção, a regulamentação através de normas técnicas do uso da Terra na Arquitetura e Construção nos países Ibero-americanos somente teve início no final da década de 70. Este artigo comenta as normas técnicas de construção com terra vigentes nesses países ibero-americanos e chama a atenção do leitor para a importância das normas na cadeia produtiva da construção, especialmente de habitações. Além disso, discute o processo para elaboração normas técnicas no Brasil. As normas de terra publicadas nos países ibero-americanos e que serão analisadas no presente estudo são: (a) a norma peruana de adobe, publicada em 1977, com revisão em 2000; (b) as normas brasileiras publicadas entre 1984 a 1996; (c) a norma colombiana de 2004 e (d) a recente norma espanhola de dezembro de 2008. Por fim, será feito um relato histórico das contribuições da Rede Ibero-americana PROTERRA e de instituições que fomentam a elaboração das normas e a publicação de recomendações técnicas dedicadas à Arquitetura e Construção com Terra em Ibero-américa.

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade registra que o homem, sempre que necessário, produziu sua habitação com as próprias mãos, e com base no conhecimento que é passado através de gerações pela história oral. Esta arquitetura, denominada arquitetura vernacular, representa o ideal construtivo de cada cultura, baseado em suas necessidades, clima e materiais disponíveis. As construções assim concebidas são consideradas as que mais se aproximam de um ideal de sustentabilidade para o ambiente construído, pois estavam limitadas pelos recursos, por diretrizes ambientais, culturais e econômicas de cada povo. Esta arquitetura permanece no tempo até que uma nova necessidade surja e que uma nova tecnologia seja incorporada e assimilada pela cultura local para atendê-la. Ela pode permanecer imutável até que outra inovação tecnológica modifique o modo de produção da construção. A cada nova necessidade, novos conceitos vão se somando àqueles já consagrados e novos modos de habitar e de construir surgem (Oliver, 1997).

Na história, a construção da habitação é reflexo direto da tecnologia disponível, dos recursos (materiais construtivos) e do modo de vida de cada povo, tudo com grande influência das características climáticas. Durante o período nômade, o homem habitava em cavernas, em abrigos escavados no solo, ou em abrigos montados com galhos, folhas ou peles de caça. As habitações precisavam ser práticas, de rápida conclusão e no caso dos abrigos montados, seu material deveria ser reaproveitado nos sucessivos deslocamentos. A agricultura proporcionou o sedentarismo, e o acúmulo de excedentes modificou as necessidades do homem em relação ao modo de morar e de produzir sua habitação. Os povos já não necessitavam mais se deslocar à procura de alimento, pois este podia ser plantado, e a habitação não precisava mais ser “transportável”, assim poderia ser mais robusta e durável.

O aumento da concentração populacional em núcleos urbanos, fez emergir a questão da produção habitacional enquanto problema a ser resolvido. O advento do cimento industrializado, em 1824, conferiu maior liberdade aos sistemas construtivos, pois possibilitou o vencimento de maiores vãos, com menor quantidade de material consumido,

além de proporcionar construções mais resistentes, com alvenarias mais delgadas, que não exigiam tanto espaço como os sistemas construtivos de abóbadas e aros de técnicas anteriores. Neste cenário de grande demanda, surgem as normas técnicas para a construção civil com o objetivo de regular e normatizar a produção de construções.

Neste cenário surgem as recomendações e normas técnicas, documentos resultantes de discussões, avanços da tecnologia e concordâncias entre os agentes envolvidos com o tema específico. Os requisitos, critérios e procedimentos estabelecidos nestes documentos orientam a tomada de decisão de projetistas e executores, além de assegurar o desempenho e a qualidade dos serviços e produtos. Editais e convites emitidos pelos setores, público e privado, em geral fundamentam as exigências de execução e parâmetros de controle em instrumentos normativos.

No Brasil, o Código de Defesa do Consumidor (CDC), lei 8.078/90, entrou em vigor em 11 de março de 1991, e estabelece que as normas técnicas, publicadas pela ABNT deixaram de ser apenas diretrizes e passaram a ser obrigatórias (Königsberger, 2003). Apesar deste avanço, o debate sobre técnicas inovadoras, que geralmente são empregadas no setor produtivo antes de serem devidamente regulamentadas ainda é incipiente e precisa ser estimulado. A cadeia produtiva da construção civil, cujo produto final são construções (imóveis), são bens duráveis e estão sujeitos à aplicação das normas de padrão de qualidade, como o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQPH), que visa implantar programas setoriais de qualificação de materiais, sistemas e componentes construtivos.

As atuais e crescentes necessidades que surgem diante da questão da sustentabilidade, remetem às considerações iniciais de Sachs (1986), que há pouco mais de trinta anos esboçou as primeiras idéias para a noção de desenvolvimento sustentável e seus cinco aspectos: ecológico, econômico, social, ambiental e territorial, inaugurando um novo paradigma para o desenvolvimento. Neste período, um novo movimento busca a promoção de um modelo de desenvolvimento que seja menos agressivo aos recursos naturais. Este movimento só tem seus efeitos percebidos na cadeia de produção da construção civil anos mais tarde. A princípio, surgiram as modificações nos sistemas construtivos, com a tendência da industrialização da construção e sua montagem no canteiro de obras, eliminando os aspectos “artesaniais”, que geravam em média 30% de desperdício de material, para o caso do Brasil. Mais recentemente, a racionalização, não somente do desenho da construção e seu sistema construtivo, mas também, do material, visa a redução de consumo de desnecessário de matéria-prima. Desta forma, cada material deve atender exatamente às especificações a que se destinam. A partir dos anos de 1970, as tecnologias não-convencionais começaram a ganhar força, ao mesmo tempo em que a terra, como material de construção, é uma aplicação estimulada, principalmente por pesquisas acadêmicas. Desta forma, vários setores da sociedade se mobilizaram na busca de inovações tecnológicas na construção que atendam às atuais necessidades.

As normas de construção com terra, vigentes nos países ibero-americanos, ainda que em pequeno número, elas têm um papel fundamental no “status” tecnológico de seus países e são referências fundamentais para os países que ainda estão iniciando esta importante atividade para a consolidação da arquitetura e construção com terra em Ibero-américa.

2. O QUE SÃO NORMAS?

Normas são documentos oficiais que estabelecem terminologia, procedimentos de medidas, de execução, e de especificações que devem atender um produto, ou serviço, definindo padrões de qualidade e garantindo sua durabilidade. Em geral, as normas são produzidas por um órgão oficialmente acreditado para tal, que estabelece as diretrizes e restrições acerca de um material, produto, processo ou serviço, e define os requisitos que aferem a qualidade destes produtos ou serviços, além de uniformizar o vocabulário que orienta as relações/os acordos entre produtor/fornecedor e usuário/consumidor. Cada país tem seu próprio processo para normalização, desenvolvido por grupos de estudo, comitês, instituições (públicas e privadas), dentre outros setores da sociedade. Um nível de normatização mais complexo, abrange as normas regionais adotadas em um conjunto de

países, tal como as Normas Mercosul, ou ainda as internacionais, como as normas ISO (*International Organization for Standardization*).

No Brasil, as normas técnicas são produzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), uma instituição de direito privado, sem fins lucrativos, fundada em 1940, com objetivos, dentre outros, de promover a elaboração de normas técnicas e fomentar seu uso nos campos científico, técnico, industrial, comercial, de serviços e correlatos, mantendo-as atualizadas, apoiando-se na melhor experiência técnica e em trabalhos de laboratório. Grupos de trabalho, de diferentes Comitês Técnicos elaboram propostas de normas que são postas em consulta nacional através da internet. Cada grupo de trabalho é composto por três distintas classes: produtora, consumidora e neutra, esta última representada por profissionais oriundos de universidades ou centros de pesquisa. Após o período estabelecido para votação, a proposta é aprovada e publicada (Königsberger, 2003).

Um dos grandes obstáculos à implantação da Arquitetura e Construção com Terra tem sido a escassez de normas que forneçam diretrizes de projeto e orientação à execução de técnicas, que ofereçam respaldo técnico a empreendimentos, de natureza pública ou privada. Muitas vezes, o uso de técnicas apropriadas de construção, inclusive as de terra, não é contemplado devido à falta de instrumentos normativos de especificação, medição, e controle. Uma solução adequada relativa à carência de normas nesta área poderia ser, por exemplo, ao invés das normas específicas para cada material e técnica, a publicação de normas de desempenho as quais se fundamentam nas respostas que os produtos ou os serviços geram, independentemente de seus materiais e/ou do processo de produção empregados. No Brasil, por exemplo, a norma técnica NBR 15575 (maio/2008), entrará em vigor a partir de maio de 2010, trata do desempenho de edificações com até cinco pavimentos. Independente dos materiais utilizados e das técnicas construtivas adotadas, a norma permite avaliar as características estruturais, os sistemas de pisos internos, as vedações verticais externas e internas, a cobertura e as instalações hidrossanitárias, além do desempenho térmico, acústico, lumínico, de funcionalidade e acessibilidade, durabilidade e manutenibilidade, e de adequação ambiental.

Um valioso trabalho efetuado por Jiménez Delgado e Cañas Guerrero (2005) estudou a abrangência internacional de documentos normativos sobre as técnicas de adobe, taipa e BTC (bloco de terra comprimida). Os autores identificaram 125 documentos, e os agruparam em três categoriais: (a) normas e regulamentos emitidos por autoridades oficiais (80); (b) regras e procedimentos internacionalmente reconhecidos, porém sem a validação de organismos normativos (29); e (c) outros documentos técnicos considerados úteis para o ordenamento da atividade de construção com terra (16). Na primeira categoria, selecionaram 35 e classificaram em onze situações, considerando o país de origem e a técnica construtiva. Nestas onze situações, foram quesitos: seleção e estabilização dos solos, fabricação e requisitos do produto, ensaios, projeto e execução do sistema construtivo. Após a análise, os autores sugeriram a atuação de um organismo internacional centralizador, localizador e difusor de documentos, além da necessidade de atualização de alguns documentos em função dos avanços tecnológicos alcançados. Os autores concluíram, ainda, que a arquitetura e construção com terra não está devidamente normatizada para atender ao retorno do uso da terra na maioria dos países, inclusive na Espanha. As normas neozelandesas, segundo esta análise, são as que contemplam maior abrangência quanto aos procedimentos de execução e exigências, e constataram a maior incidência de normas relativas ao BTC em relação às outras técnicas construtivas.

3. NORMAS VIGENTES EM IBERO-AMÉRICA

As atividades voltadas à normatização da arquitetura e construção com terra em iberoamérica iniciaram-se, efetivamente, na década de 1970, no Peru. Após intenso trabalho de pesquisa sobre o comportamento das construções em adobe frente às solicitações provenientes de abalos sísmicos, realizado pela *Pontificia Universidad Católica del Perú*, o *Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda* que incorporou, em 1977, o uso do adobe na regulamentação de construções como parte das Normas de Projeto Sismoresistente; em 1985, o *Ministerio de Vivienda y Construcción* aprovou e publicou a

norma ADOBE, incorporando-a às Normas Técnicas de Edificações, cuja publicação, revisada em 2000, é uma referência para os especialistas que atuam nesta área (NTE E.80, 2000). Atualmente esta norma está em sua segunda revisão e ampliação, e incorpora outras técnicas construtivas, de acordo com os avanços das pesquisas realizadas desde sua última revisão.

No Brasil, vários centros de pesquisas dedicaram-se ao uso de solo-estabilizado, sendo as primeiras recomendações técnicas do início da década de 1980. Já em 1986, foram publicadas duas normas para BTC estabilizado com cimento (ou tijolo maciço de solo-cimento¹) – especificação e métodos de ensaios (NBR 8491; NBR 8492). Em 1989 foram publicadas: duas sobre o procedimento de fabricação de BTC com prensa manual e prensa hidráulica (NBR 10832; NBR 10833) e mais três, que tratavam de especificação, padronização e métodos de ensaios de blocos vazados de solo-cimento² (NBR 10834; NBR 10835; NBR 10836), estas últimas foram revisadas em 1994. Em 1990, foram publicadas três normas sobre métodos de ensaios para solo-cimento (NBR 12023; NBR 12024; NBR 12025) e, em 1996, outras três normas: uma sobre especificação de materiais para taipa com cimento (NBR 13553) e duas sobre métodos de ensaios (NBR 13554; NBR 13555).

Em 2005, a Colômbia publicou a norma para BTC estabilizado com cimento (NTC 5324, 2005), que é a tradução declarada da norma francesa AFNOR XP P 13-901:2001 *Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons. Définitions, spécifications méthodes d'essai, conditions de réception*. Ao final de 2008, a Espanha publicou também sua norma de BTC (UNE 41410, 2008).

Além destas normas, a norma colombiana de sismo resistência NRS 98 incorporou requisitos mínimos para projeto e construção de edificações de 1 ou 2 pavimentos com *bahareque encementado de madera y guadua*³. Em 2000, difundiu-se o *bahareque encementado* através do Manual de construcción sismo resistente e, em 2001, a AIS – *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica* divulgou ensaios de laboratório e recomendações de uso em seu Boletín Técnico nº 56. Ainda que a norma indique o uso de argamassa com cimento para o enchimento das paredes, entende-se também ser possível o uso da argamassa de solo-cimento ou de solo-cal, ou ainda, acompanhando o conhecimento tradicional, adiciona-se fibras vegetais que favorecem a aderência ao entramado de *guadua*, resultando em um *bahareque mejorado* (Garzón, 2008).

3.1 O que dizem as normas ibero-americanas

A norma peruana NTE E.80 (2000) compreende, de forma completa, orientações para construção de casas de 1 e 2 pavimentos com alvenaria de adobe para regiões sísmicas. Como usual, a norma estabelece seu objetivo, os requisitos gerais para seu uso e definições de termos técnicos. Ao tratar do adobe como unidade da alvenaria estabelece:

- tipo de solo: 50% a 70% de areia, 15% a 25% de silte e 10% a 20% de argila;
- forma paralelepipedal, dimensões com relação 1:2:4 (altura: largura: comprimento), recomendando altura superior a 8 cm;
- recomendação para sua fabricação: dimensão dos grãos menores que 5 mm, manter solo úmido em repouso por 24 horas e secar à sombra;
- resistência mínima à compressão de 1,2 MPa em pelo menos 6 corpos-de-prova (cubo de adobe recortado).

A norma trata também do comportamento sísmico das construções de adobe, recomenda a execução de paredes portantes, planta simétrica e preferência por vãos de pequenas dimensões; inclui orientações para execução das fundações, de paredes com reforços horizontais e verticais e contrafortes e da cobertura. De modo muito simples, a norma define, em função da sua esbelteza, o tipo de reforço recomendável para a parede em que se pode usar, por exemplo, peças de bambu ou de outro vegetal lenhoso com comportamento semelhante.

A princípio, as normas brasileiras eram elaboradas com finalidades específicas: especificação, procedimento, método de ensaio, e outros. Atualmente, tal como se verifica com as normas colombiana e espanhola, a tendência é a publicação de um único documento abrangendo todas as suas finalidades.

Sobre as normas de construção com terra, foram selecionadas, para esta comparação, sete normas brasileiras (NBR 8491, NBR 8492, NBR 10832, NBR 10833, NBR 10834, NBR 10835 e NBR10836), a norma colombiana NTC 5324, e a espanhola UNE 41410, que tratam de BTC e serão analisadas quanto aos requisitos e critérios, e seu resultado é demonstrado na tabela 1. Enquanto que as normas brasileiras e a colombiana tratam de BTC estabilizado com cimento, a norma espanhola admite outros aglomerantes, inclusive produtos de origem vegetal e animal tais como azeites naturais e gema de ovo, desde que a adição destes materiais como estabilizante químico seja previamente avaliada em laboratório. Isto porque são poucas as investigações científicas sobre materiais aglomerantes, à exceção do cimento Portland. Somente as normas brasileiras tratam do processo de fabricação do BTC e de dosagem de cimento; a norma espanhola não apresenta um procedimento de dosagem, mas estabelece o máximo de 15% de estabilizante em relação à massa seca do solo.

Em relação à qualificação do produto, todas as normas contêm requisitos relativos à resistência à compressão e ao comportamento quanto à ação da água, apesar de parâmetros diferenciados. Além disso, as normas, colombiana e espanhola, estabelecem requisitos relativos à condição de abrasão e a norma espanhola, indica outros parâmetros em função da aplicação do BTC. A comparação entre os valores estabelecidos como limites de resistência à compressão nas normas não foi possível, pois os métodos de ensaio para sua determinação são bastante diferentes. Pela norma colombiana, o bloco é repartido ao meio e suas partes unidas; igualmente indica a norma brasileira, porém para blocos maciços com altura de 5 cm; para blocos com dimensões acima desta, usa-se o bloco inteiro, assim como indica a norma espanhola. Por outro lado, as normas brasileiras indicam o ensaio com o corpo-de-prova úmido, enquanto que a norma espanhola utiliza o corpo-de-prova seco, e a colombiana indica os ensaios em ambas as condições, mas sempre usa a condição seca como referência.

Métodos de ensaios diferentes requerem cuidados na interpretação de resultados, por isso, informações sobre valores de resistência à compressão devem sempre informar o método de ensaio utilizado, do contrário, corre-se o risco de se aprovar produtos não-conformes.

Norma	brasileira		colombiana				espanhola			
parâmetro	valor	condições	valor		condições		valor		condições	
dimensões (L x E x h) (cm)	20 x 9,5 x 5 23 x 11 x 5 (bloco maciço)	um sentido de compactação	29,5 x 14 x 9,5 22 x 22 x 9,5 (bloco maciço)		não informa sobre a compactação		fabricante informa		não informa sobre a compactação	
	39 x 9 x 14 39 x 14 x 14 39 x 19 x 14 (bloco com furos)	sentido duplo de compactação								
terra	100% ≤ 5 mm 10% a 50% ≤ 0,075 mm LL ≤ 45% IP ≤ 18%		apresenta diagrama de granulometria e limites (LL e IP)				apresenta diagrama de granulometria e limites (LL e IP) argila ≥ 10% mat. org. ≤ 2% saís solúveis ≤ 2%			
estabilizante	cimento		cimento				cimento, cal, gesso e outros			
resistência à compressão mínima (MPa)	2,0	úmida	BSC20	BSC40	BSC60	seca	BTC1	BTC2	BTC3	seca
			2,0	4,0	6,0					
			1,0	2,0	3,0		úmda			
	h≤ 7 cm – bloco recortado e unido h> 7 cm – bloco inteiro		bloco recortado e unido as partes				bloco inteiro			
resistência a abrasão mínima (cm²/g)	não cita		2	5	7	exposto à abrasão	não cita			
capilaridad máx (g/cm²xmin ^{1/2})	não cita		débil	pouco		parede externa	fabricante informa		parede externa	
			20	40						
absorção de água máx (%)	20%	obrigatório	não cita				não cita			
molhagem e secagem	não cita		não cita				sem fissuras sem fragmentação		condições severas	
erosão	não cita		não cita				0≤ D ≤10			
gelo e degelo	não cita		não cita				fabricante informa			
esforço cortante	não cita		não cita				ensaio		uso estrutural	

Tabela 1 – Requisitos e critérios das normas de BTC

4. A CONTRIBUIÇÃO DE PROTERRA

Em 1991, o *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo* -CYTED, dentro do *subprograma Tecnología para Vivienda de Interés Social*, identificado como HABYTED, implantou a Rede HABITERRA com o objetivo de sistematizar o uso da terra na produção de habitações de interesse social através da sistematização da tecnologia já existente, catalogação das técnicas construtivas, normalização e difusão destes conhecimentos. Em continuidade às atividades da Rede HABITERRA, foi criado em 2001 o Projeto de Investigação PROTERRA com o objetivo principal de promover o uso da terra como material de construção, através da transferência de tecnologia para os setores produtivos e as políticas sociais nos países ibero-americanos.

Ao finalizar o Projeto de Investigação Proterra em fevereiro de 2006, foi criada a Rede Ibero-americana PROTERRA (www.redproterra.org) por profissionais de diversos países e áreas de atuação, interessados em manter o intercâmbio de conhecimentos e experiências vivenciados até então. Entre seus objetivos, destacam-se o fortalecimento do potencial científico e tecnológico da arquitetura e construção com terra, em Ibero-américa, divulgação e transferência de conhecimento e experiências acumulados.

O apoio técnico às instituições promotoras de programas de construção. Neste sentido, é essencial a identificação dos requisitos e critérios necessários para o projeto, a produção e o controle das construções, que correspondem às recomendações para a elaboração de especificações e normas técnicas. Ao longo do desenvolvimento da Rede Habitterra, do Projeto de Investigação Proterra e da atual Rede Ibero-americana PROTERRA diversas ações foram realizadas para fomentar a elaboração de normas técnicas voltadas à construção com terra.

Em agosto de 1995, a Rede HABITERRA publicou *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento* (HABITERRA, 1995). Faltava, porém, estabelecer os requisitos e critérios para as construções em que a terra se associa com materiais fibrosos³. Assim, em dezembro de 2003, o Projeto de Investigação Proterra publicou *Técnicas Mixtas em Construcción con Tierra* (PROTERRA, 2003), uma coletânea de artigos de diversos especialistas, que trata de recomendações para a elaboração de normas técnicas de edificação com técnicas mistas de construção com terra. Em maio de 2005, Proterra divulgou a edição digital “Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo” (Neves et al, 2005) em que reuniu e sistematizou os testes expeditos para seleção da terra relacionando-os e recomendando as técnicas construtivas mais adequadas.

Em fevereiro de 2005, Proterra apoiou o 1º *Congreso-Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura y Construcción con Tierra* (2005) organizado pela *Universidad Autónoma de Tamaulipas*, em México, cujas palestras comprovaram o empenho de profissionais, de diversos países ibero-americanos, em oficializar e regulamentar o uso da terra através de recomendações e normas técnicas.

Em maio de 2005, Proterra apoiou o *SismoAdobe2005: Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas* (2005) cujo objetivo foi o de discutir a importância dos códigos de projeto e execução de construção com terra, especialmente as de adobe, e a participação das instituições governamentais na construção de edificações de terra em áreas sísmicas.

Paralelo a estes eventos, Proterra iniciou, com a coordenação da Escola Superior Gallaecia (ESG) e a participação de representantes de 18 países ibero-americanos, a elaboração do Glossário Internacional sobre Terminologia em Técnicas de Construção de Terra (disponível em www.redproterra.org), com o objetivo de uniformizar os termos regionais e nacionais referentes à Arquitetura e Construção com Terra nos idiomas castelhano e português. Num trabalho a longo prazo, o organismo coordenador desta atividade pretende incluir outros verbetes e ampliar a abrangência aos idiomas inglês, alemão, francês, italiano e, provavelmente, o árabe. Notadamente idiomas de lugares onde há a cultura de construção com terra.

Além disso, membros de PROTERRA participam e coordenam o processo de elaboração de normas técnicas em Equador, Peru, Nicarágua e Espanha. No Brasil, a Universidade

Federal da Paraíba desenvolve um projeto de pesquisa que estuda a resistência de paredes de terra no sentido de criar as bases para o cálculo estrutural de paredes em regiões não sujeitas aos abalos sísmicos. Em dezembro de 2008 a AENOR – *Asociación Española de Normalización y Certificación* publica a UNE 41410 (2008) que contém os requisitos e critérios e outras exigências que devem cumprir o BTC.

Ao final de 2007, estimulado pela bibliografia, que comprova a miscelânea de procedimentos de ensaios adotados, a Rede PROTERRA iniciou um inédito programa interlaboratorial para avaliar parâmetros de referência e de controle. A primeira atividade foi a definição de um procedimento de ensaio para determinar a resistência à compressão do adobe e os parâmetros para sua qualificação. Cinco laboratórios realizaram o programa proposto. Os resultados obtidos foram significativos: solos com composição granulométrica semelhantes apresentaram diferentes resultados de ensaios; os valores de resistência à compressão do adobe recortado em cubo de 7,5 cm de lado variaram de 0,45 MPa a 6,41 MPa. Apesar dos resultados não serem conclusivos, os analistas do programa consideraram como mais conveniente e recomendaram o ensaio em corpo-de-prova cúbico recortado para a determinação da resistência à compressão, e, ressaltam a importância da velocidade de carregamento no ensaio de resistência à compressão. Eles sugeriram, ainda, manter o incremento de carga de 0,29 MPa por minuto, o que significa a velocidade de carregamento de 163 kgf/min para o cubo com 7,5 cm de lado. Atualmente, programa-se a continuidade do programa interlaboratorial com a confirmação do corpo-de-prova recortado com 7,5 cm de lado e a incorporação do ensaio de resistência à flexão. Em outra fase, programa-se a uniformização do procedimento de ensaio para determinar a resistência à compressão em BTC estabilizado com cimento e identificar ensaios para determinação do comportamento do BTC sob a ação da água (Neves; Faria, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de construção com terra vêm sendo resgatadas desde os meados do século XX por iniciativa de centros acadêmicos em todo o mundo. Com o desenvolvimento e a popularização dos meios de telecomunicação, e com especial destaque para a Internet, pesquisadores de todo o mundo têm se beneficiado das facilidades de comunicação e estabelecem um grande fluxo de informações e experiências profissionais desde as mais diversas regiões do planeta. Em função desta integração, estabeleceram-se em redes de grande abrangência geográfica, além de redes de caráter local, que se fortalecem mutuamente, e que ainda contemplam os problemas globais, sem perder o foco dos problemas locais, os quais passam, necessariamente, pelo quadro normativo vigente em cada país.

Desta forma, os pesquisadores contribuem entre si em diferentes níveis, e legitimam a atuação da Rede Proterra, através de realização de workshops, eventos acadêmicos, publicações, atividades de transferência de tecnologia, dentre outras ações, como o programa interlaboratorial. Assim, a articulação dos profissionais envolvidos com a pesquisa, e difusão da cultura da construção com terra, a despeito das políticas adotadas, ou não, pelos governos de seus países, tem o grande mérito quanto aos progressos no reconhecimento das técnicas construtivas com terra, como válidas ainda na atualidade.

No âmbito das normas, diretrizes e recomendações técnicas, que envolvam atividades dos profissionais de construção, independente da técnica construtiva adotada, deve-se considerar a capacidade e habilitação técnica do profissional, o que implica na responsabilidade civil do construtor perante suas obras. Esta matéria não foi objeto deste artigo, mas cabe a nota, pois recentemente tem sido comum a banalização da atividade construtiva, em especial nas construções não-convencionais, onde a autoconstrução, conduzida por pessoas não-habilitadas põe em risco, não só a qualidade e durabilidade das construções, mas principalmente a segurança de quem as utiliza.

O estudo de materiais e técnicas inovadoras, e a sua normatização deve ser estimulado, para que a sociedade tenha profissionais capazes de oferecer técnicas eficazes, materiais de qualidade, e construções duradouras. Este artigo procurou contribuir para o debate sobre a produção das normas de construção com terra nos países ibero-americanos, e sem esgotar o assunto, abrir caminho para que o tema se faça constante neste e em futuros encontros de especialistas da área.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação*. ABNT; Brasil, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento*. ABNT; Brasil, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento*. ABNT; Brasil, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação*. ABNT; Brasil, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: forma e dimensões. Padronização*. ABNT; Brasil, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10836 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12023 – Solo-cimento – ensaio de compactação. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12024 – Solo-cimento: moldagem e cura dos corpos-de-prova cilíndricos. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12025 – Solo-cimento – ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13553 – Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural. Especificação*. ABNT; Brasil, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13554 – Solo-cimento – ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13555 – Solo-cimento – determinação da absorção d'água. Método de ensaio*. ABNT; Brasil, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575-1 – Desempenho – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – parte 1: requisitos gerais*. ABNT; Brasil, 2008.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *UNE 41410 – Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*. AENOR; España, 2008.
- CONGRESO-TALLER Internacional para la normalización de la arquitectura y construcción con tierra, 1°. *Memorias ...* Universidad Autónoma de Tlaxcala; México, 2005. 1 CD-ROM
- GARZÓN, Lucía E. Un barrio eco-sostenible – diseño modular de construcción mixta con tierra (sistema bahareque pre-fabricado). Proyecto experimental biotécnico. In: *TerraBrasil 2008. II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra*. Universidade Estadual do Maranhão; Brasil, 2008. 1 CD-ROM
- HABITERRA. *Recomendaciones para la elaboración de normas técnica de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos e bloques de suelo-cemento*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED; Perú, 1995.
- INSTITUTO Colombiano de Normas Técnicas. *NTC 5324. Bloques de Suelo Cemento para Muros y Divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. Condiciones de Entrega*. ICONTEC; Bogotá, 2005.
- JIMÉNEZ DELGADO, C.; CAÑAS GUERRERO, I. Investigación internacional de normativa para construcción con tierra. In: *1º Congreso-Taller Internacional para la normalización de la arquitectura de tierra. Memorias*, p. 85-105. Universidad Autónoma de Tlaxcala; México, 2005. 1 CD-ROM
- KÖNIGSBERGER, Jorge. *O arquiteto e as leis: manual jurídico para arquitetos*. Pini; Brasil, 2003.
- NEVES, C. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P.; HOFFMANN, M. *Seleção de solos e métodos de controle – práticas de campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA, Brasil, 2005.

Disponível em www.redproterra.org.

NEVES, C. M.; FARIA, O. B. Programa interlaboratorial PROTERRA. Ensaio de adobe. In: *TerraBrasil 2008. II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. VII Seminário Iberoamericano de Construção com Terra*. Universidade Estadual do Maranhão; Brasil, 2008. 1 CD-ROM
NTE E.80 – Norma técnica de edificación. Perú, 2000

OLIVER, Paul. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge University Press; Inglaterra, 1997.

PROTERRA. *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. CYTED/HABYTED/PROTERA; Brasil: 2003.

SACHS, Ignacy. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. Vértice; Brasil. 1986.

SEMINARIO Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas. *SismoAdobe 2005*. Pontificia Universidad Católica del Perú: Perú, 2005. 1 CD-ROM

Notas

- 1 – Tijolo maciço de solo-cimento corresponde ao BTC com altura de 5 cm, largura de 9,5 cm e 11 cm e comprimento de 20 cm e 23 cm, cujo volume não é inferior a 85% do seu volume total aparente.
- 2 – Bloco vazado de solo-cimento corresponde ao BTC com altura de 14 cm, largura de 9 cm, 14 cm e 19 cm, e comprimento de 39 cm cuja seção transversal útil é 40% a 80% da seção transversal total.
- 3 – Corresponde à técnica que utiliza um material portante, em geral madeira, e vedação em terra. Proterra adotou a denominação **técnica mista** para este sistema construtivo que reúne grande variedade de materiais e técnicas de execução e que é conhecido como taipa-de-sopapo ou simplesmente taipa, no Brasil, denominado como *quincha* na Argentina, *bahareque* em outros países e *entramado* no meio técnico.

Ana Cristina Villaça Coelho: arquiteta e urbanista, mestre em Urbanismo, doutoranda no Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, membro da Rede Ibero-americana Proterra e da Rede TerraBrasil.

Célia Maria Martins Neves: engenheira civil, mestre em Engenharia Ambiental Urbana, pesquisadora, responsável pelo Laboratório de Engenharia Civil e pelo Centro Tecnológico da Argamassa, este em parceria com a Universidade Federal da Bahia até 2008; consultora na área de execução de fachadas; ex-coordenadora do Projeto de Investigação Proterra/CYTED e da Rede Ibero-americana Proterra; coordenadora da Rede TerraBrasil.

Romildo Dias Toledo Filho: Doutor em Engenharia Civil, Professor associado da UFRJ, Coordenador do Laboratório de Estruturas e Materiais – Labest/COPPE.

Marcos Silvos: Doutor em Engenharia Civil, Pesquisador Associado do Laboratório de Estruturas e Matérias - Labest/COPPE.

VI.

Proyectos ejemplares: *Diseño, construcción y mantenimiento. Vivienda social, individual. Prototipos y transferencia*

PROYECTO MUSEO DE LEIMEBAMBA EN EL NORORIENTE DEL PERU

Rosana Correa Álamo

C.e.: correaalamo@yahoo.es 5112210453

RESUMEN

En el año 1,999 se inicia el proyecto del Museo de Leimebamba con la coparticipación del arquitecto Jorge Burga Bartra, a partir de la gestión del Centro de Investigación Arqueológica "Mallqui" liderado por la Dra. Sonia Guillén y el pueblo de Leimebamba y se concibe para albergar un hallazgo de 250 cuerpos momificados encontrados en pequeños recintos funerarios a manera de un pequeño barrio enclavado en la montaña de la Laguna de Los Cóndores. Así mismo, se contó con la gestión del pueblo de Leimebamba para que este patrimonio no ocupara las vitrinas de los museos de la capital del país.

Características del proyecto

Es; a partir de *"la existencia de un pueblo con un patrimonio que quiere ser protegido por él"*, que iniciamos el proyecto con talleres de diseño participativo donde se debía cumplir con algunas expectativas y requerimientos de esta comunidad; como que el museo formalmente debía ser un hito regional y copiar la arquitectura prehispánica, debía contemplar ambientes de uso comunal fuera de las áreas de exposición e investigación y que la técnica de construcción sería la utilizada para construir sus viviendas y edificios tradicionales. Con esas premisas se elabora el proyecto y se somete a evaluación del equipo de investigación y la asamblea de comuneros; enfatizando que el producto arquitectónico se inspiraría en las formas prehispánicas, sin tener que recurrir a la copia.

La obra se ubica en el departamento Amazonas al NorOeste del Perú a 2,800 m.s.n.m. sobre un terreno de mediana pendiente con un entorno paisajístico de monte húmedo, ocupando un área construida de 2,500 m². El museo cuenta con el área expositiva para y área de trabajo y hospedaje para la investigación y conservación.

El área expositiva es una sucesión de salas ubicadas en diferentes niveles y complementadas con las salas de uso comunal, cafetería, depósitos, patio de orquídeas, patios recreados con reproducciones en escala natural del lugar de los hallazgos, que alivian y entretienen el recorrido y el hermoso huerto con especies nativas.

Lenguaje y tecnología

Se recoge elementos tectónicos propios de la expresión rural vernacular de la zona, en la combinación particular de patrones andinos y amazónicos, a la vez que incorpora iconografías reelaboradas de la cultura Chachapoyas. Fue sumamente interesante el uso de la tecnología constructiva tradicional, contando con grandes aportes de los constructores de la comunidad. Se utilizó la técnica del tapial con estructura de madera y piedra, carpintería de madera, acabados en piedra, ladrillo de arcilla, teja y otros materiales de la zona; dicha tecnología tuvo que ser evaluada y compatibilizada con los requerimientos técnicos de conservación de los cuerpos momificados y objetos arqueológicos encontrados en los ajueres funerarios.

1. INTRODUCCION

El presente artículo describe un trabajo de investigación aplicada que culminó en el proyecto arquitectónico del Museo Rural de Leymebamba. Para ello se realizó una investigación en tecnologías y materiales de construcción utilizados por el poblador rural actual así como las evidencias arqueológicas dejadas por el hombre prehispánico. Se trabajó en los pueblos Leimebamba, La Jalca y en el complejo arqueológico Kuelap

En 1999, en La Laguna de los Cóndores ubicada en el departamento de San Martín al Nororiente del Perú; se anuncia un hallazgo de 250 cuerpos momificados a 2,800 m.s.n.m., por un equipo de expertos del "The Bioanthropology Foundation Perú" del Centro Mallqui, bajo la dirección de la Dra. Sonia Guillén Oneglio y apoyo del gobierno de Austria. Dichos cuerpos enfardados se encontraban dentro de los mausoleos enclavados en un gran farallón pétreo a manera de pequeñas casas de piedra y barro de tres metros de altura,

pintadas y decoradas con frisos en zigzag, aprovechando una perforación natural para protegerse de la lluvia y el viento sobre la laguna arriba mencionada.

En las investigaciones posteriores de la Dra. Guillén, se informa de la procedencia y origen de este importante hallazgo, referido a la cultura Chachapoyas que se afincó en los departamentos de Amazonas y San Martín entre los 500 d.C y 1,400 d.C para luego ser conquistados por la cultura Inca y posteriormente por los españoles.

El pueblo gestiona su museo

La ciudad más cercana a este hallazgo es Leimebamba, donde sus habitantes decidieron que las 250 momias permanecerían en dicha ciudad y no en el Museo de la Nación ubicado en Lima, la capital del Perú; dicha petición fue cuestionada por el Instituto Nacional de Cultura, por no existir un centro con las condiciones técnicas requeridas para la seguridad, conservación e investigación de dichas momias en Leimebamba u otra ciudad cercana.

Ante los hechos, se inicia todo un proceso de autogestión comunal, con la participación directa de los colegios locales, asociaciones civiles, del Centro de Investigación MALLQUI que laboraba en Leimebamba, el Gobierno Regional, la Municipalidad Provincial; para conseguir el financiamiento de un Museo y Centro de Investigación Arqueológica. Y es así como se obtiene un primer financiamiento del gobierno de Austria con las gestiones del Centro Mallqui, luego la cooperación de muchos profesionales de la investigación para hacer los estudios y plantear las necesidades técnicas y logísticas de ese futuro museo que luego tendría que ser recogido por los arquitectos e ingenieros involucrados en la concepción y construcción del proyecto; quienes trabajarían con una comunidad convencida de proteger su patrimonio cultural, encontrando los canales indicados que aseguraran su conservación y permanencia en el lugar y su incondicional disposición para otorgar a sus antepasados un recinto digno.

2. ANTECEDENTES PARA EL PROYECTO

Fortaleza Kuelap; Arquitectura Prehispánica en el entorno del Museo

La cultura Chachapoyas que ubicó a sus muertos de jerarquía en los mausoleos de la Laguna de Los Cóndores; también construye grandes complejos arquitectónicos sobre las cimas de montañas a manera de observatorios de cuencas y valles. Así tenemos un ejemplo representativo por su monumentalidad y singularidad constructiva como es la Fortaleza de Kuelap; construida a 3,000 m.s.n.m. en la cuenca del Alto Utcubamba del departamento de Amazonas aproximadamente a partir de los 500 d.C; según lo que indican los últimos estudios realizados por el arqueólogo Alfredo Narváez y su equipo.

Características constructivas

- La Fortaleza se construye, con el acondicionamiento previo de la montaña con plataformas escalonadas contenidas por murallas ondulantes de piedra que alcanzan alturas de 11.00 a 20.00 mt; sobre una planta elíptica de 584.00 m de largo por 110.00 m de ancho; que sostiene 450 edificaciones circulares de piedra para uso residencial, administrativo y ritual.
- Tiene tres accesos orientados hacia el este y oeste, que se definen como corredores de tres metros de ancho que se reduce, a medida que se asciende a lo largo de 50 metros, en ascenso hacia las plataformas construidas sobre las grandes murallas de piedra. Estos corredores en algunos casos tuvieron tramos cubiertos con una falsa bóveda de piedra.
- Sobre las plataformas, se ubican los conjuntos de edificaciones circulares que se agrupan formando unidades arquitectónicas que rodean en algunos casos a edificios

ceremoniales que a manera de torreones sobresalen sobre las otras edificaciones circulares, son los casos del Torreón Norte y el Torreón Sur (llamado Tintero). Es interesante ver el manejo espacial en varios niveles que se define por el uso constante de plataformas de varias alturas, con lo cual se simulaba una menor densidad constructiva; lo cual obligó a un manejo hidráulico de las aguas de lluvia a través de esta arquitectura escalonada con ductos verticales que seguían dicho escalonamiento.



Vistas del complejo arqueológico Kuelap, donde se aprecia la muralla principal de 20.00 m. de alto y al interior un grupo de viviendas circulares en proceso de investigación y conservación.

- Dada la pobreza del suelo y las constantes lluvias; al igual que en las áreas selváticas, se tuvo la precaución de sobre elevar cada uno de los recintos, con el acondicionamiento de un relleno confinado y muro de piedra, finamente decorado con frisos romboidales y protegido con aleros de piedra.
- Existen también algunas edificaciones de forma rectangular, que se ubican en la segunda plataforma a once metros de la primera, las cuales tuvieron un uso ceremonial y residencial de jerarquía.
- Los techos; de acuerdo a las evidencias históricas encontradas por Langlois y Wiener en la Jalca; pueden haber sido una estructura cónica de madera y caña cubierta con una cobertura tejida en paja, similares a los existentes en el pueblo La Jalca de hoy. Otra evidencia de suma importancia es la encontrada, a principios del siglo XVI por Vasquez de Espinoza en Luya, pueblo Kacta; donde se habla de un posible techo con falsa bóveda en piedra, lo cual es conveniente para techar algunas edificaciones circulares con diámetros relativamente cortos.
- Ornamentación de los muros de piedra con frisos hundidos y con aplicación de lajas de piedra, formando rombos concéntricos.
- La construcción de pequeñas fosas subterráneas, dentro de los recintos circulares, de aproximadamente metro y medio de profundidad donde posiblemente almacenaron alimentos deshidratados y en la fase final del Complejo Arqueológico se utilizó como lugar de enterramiento.

Arquitectura tradicional de los habitantes de hoy

La Jalca

El pueblo La Jalca nos remite a las crónicas escritas y dibujadas sobre la tradición constructiva prehispánica, donde se combinan las casas construidas con gruesos maderos entrecruzados y las hechas en piedra o en tapial que muchas veces tienen un bordado con lajas de piedra en forma de rombos y zigzag al estilo de la arquitectura “Chachapoya” en Kuelap y otros lugares.

El pueblo se dibuja con estrechas calles que terminan al borde de los acantilados siguiendo la línea de cumbres y otras que se convierten en caminos esparcidos sobre las faldas de los cerros.

Sus características urbanas se pueden sintetizar así:

- Gran control del Valle del Utcubamba desde “La Jalca”.
- Por su ubicación en una cima angosta, los ejes viales que lo comunican con otros poblados son de una sola calle, desmembrándose la traza urbana en varios ramales aislados uno del otro, siendo el único elemento comunicante, la Plaza central.

Lo característico en esta tipología de edificaciones que heredan patrones antiguos de construcción; son los grandes e inclinados techos cubiertos en paja sobre una gran estructura de madera y caña amarrada con cuero de animal, haciéndonos recordar los dibujos de Garcilaso de la Vega, Squier y Langlois, remitiéndonos a las construcciones selváticas o nórdicas.

La fuerte inclinación de estos techos, dan la posibilidad de tener un terrado sobre la casa, para guardar la producción de la cosecha reciente y por otro lado a tener una ramada sombreada delante de la casa, con una columnata de madera apoyada sobre pedestales de piedra.

Un interesante ejemplo de arquitectura rural es el edificio de la iglesia que ocupa todo un frente de la Plaza Central con sus muros laterales, porque curiosamente la fachada principal no da hacia la Plaza, sino a una de las calles transversales que colinda con la torre del campanario, desmembrada del edificio principal. Esta iglesia fue construida en la época colonial, junto con la plaza en la fundación de Alvarado y su cobertura se hizo con techo de paja luego reemplazado por uno de teja.

Sus muros son de piedra granito, con contrafuertes que sobresalen del muro como grandes columnas y la huella prehispánica la vemos en la ornamentación superior e inferior del edificio con motivos zigzagueantes calados en la piedra, tal como los frisos de las construcciones funerarias.

3. CONCEPCION DEL PROYECTO

Es a partir de *“la existencia de un pueblo con un patrimonio que quiere ser protegido por él”*, que se adquiere un terreno de 6,000 hectáreas en el área rural de Leimebamba con un entorno paisajístico privilegiado, aumentando la efervescencia y expectativa de la población y técnicos involucrados en esta gestión. Luego se invita al equipo de arquitectos e ingenieros para la concepción del proyecto, quienes deben desarrollar un proceso de Planificación Participativa.

Diseño Participativo en la concepción y elaboración del Proyecto

Se inicia el proyecto, con talleres de diseño participativo donde se debía evaluar y consensuar algunas expectativas y requerimientos de la población y profesionales involucrados, con respecto al nuevo Museo y Centro de Investigación, como:

- Ser un hito regional a nivel institucional, haciendo hincapié en que requería tener presencia y monumentalidad física.
- Copiar o inspirarse en las edificaciones de Los Chachapoyas que difieren en gran medida de la arquitectura Inca, Wari o Tiahuanaco; por el uso de las formas circulares y romboidales; teniendo como ejemplos representativos a la Fortaleza de Kuelap (departamento Amazonas) y Gran Pajatén (departamento San Martín)
- Contar con varias salas expositivas, ambientes de uso comunal, áreas de investigación y conservación de los hallazgos con todas las condiciones exigidas por los expertos, dadas las características geográficas y climatológicas de la zona; áreas de recepción a los visitantes locales y foráneos; áreas de hospedaje para los investigadores y personal técnico; áreas de hospedaje para la policía y guardiana.
- Utilizar las técnicas y materiales de construcción tradicionales de la zona en la concepción del proyecto; las que ellos dominaban desde épocas ancestrales, con lo que facilitaba mucho su participación en la obra.
- Integrarse formalmente a la monumentalidad del paisaje y así mismo tratar de contar con áreas forestadas y de jardinería nativa.

Estas solicitudes eran fáciles de cumplir a excepción de la que pedía que se copiara la arquitectura Chachapoya en el nuevo proyecto; lo que consideramos interesante para conversarlo en un nuevo taller con la propuesta tangible. Primero había que cumplir con las enormes expectativas y luego ir sustentando nuestro partido de diseño en el camino.

Consideraciones para el diseño del proyecto

La privilegiada ubicación del terreno, tenía que ser potenciada en la propuesta de diseño; ésta se enmarcaba entre grandes montañas que acogerían al futuro museo como abrigándolo de los vientos y así mismo éste sería visualizado desde la carretera que recorre estas montañas por los visitantes que llegan desde el departamento de Cajamarca.

Con lo cual consideramos que la nueva arquitectura se debía integrar a esta monumentalidad del paisaje, a través de una propuesta definida en su volumetría que acogía los patrones propios de la arquitectura de la zona y es así que nos valemos de los aportes de la arquitectura prehispánica y actual, observada en los pueblos tradicionales de Amazonas y San Martín con

- El acondicionamiento de las edificaciones a las pendientes del terreno con el uso de aterrazamientos y plataformas.
- El uso de los grandes techos inclinados sostenidos en estructuras de tapial y piedra entre otros aportes importantes.
- Uso de la iconografía Chachapoya observada en los complejos prehispánicos como Kuelap y también en la arquitectura tradicional de pueblos tradicionales como La Jalca.

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Contexto e imagen

El museo tiene una ubicación importante sobre la vía de acceso a Leymebamba, con 6,000 m² de los que la edificación utiliza menos de la tercera parte. Se extiende sobre una pendiente que, comenzando al borde de la carretera, baja unos cuatro metros hasta llegar al límite inferior enmarcado por un camino de herradura. Esta pendiente permite contar con una vista plena del valle desde cualquier punto de esta superficie, lo que marca una adecuación plena del edificio a esta cambiante topografía que sólo se rompe por las pendientes de los techos a distintos niveles en las diferentes partes de la edificación.



Planta general del nuevo Museo

Materiales y tecnología

El proyecto se adapta a la topografía del terreno a través de cuatro plataformas escalonadas donde se construyen las cimentaciones y sobrecimentaciones en piedra, que definen dichas plataformas en distintos niveles, sobre la que se levantan los muros de tapial, con mochetas en piedra cada cuatro metros para estructurar los grandes ambientes de 10.00 x 10.00 metros, sin una columna al centro.

Se utiliza en la estructura de la cobertura, las vigas collarines en madera y sobre ellas descansan los grandes tijerales de madera Alfaro e Ishpingo ensamblados a través de las placas de metal de 1/4" con pernos de acero. Estos tijerales elevan la altura de las salas a 8.00 metros; dándole una cierta monumentalidad al interior expositivo.

En la cobertura se utiliza sobre las estructuras de madera la teja andina debido a su ligereza, en función a las grandes luces a cubrir .

Accesos y organización espacial

Todo el conjunto, se define por las áreas expositivas y las áreas de investigación las primeras se definen a través de salas, pequeños patios, áreas de servicios y luego a través de un corredor interno la conexión hacia el área de trabajo de los investigadores. Estos recorridos están siempre recreados entre los jardines trabajados con la flora nativa de la zona.

Se utiliza una modulación básica de 3,50 x 3,50 metros, adecuada a los espacios menores y a los corredores. El siguiente nivel espacial está constituido por los patios de esculturas que tienen dos módulos por lado (7 x 7). Luego están las salas con tres módulos por lado (10,50 x 10,50) y finalmente el espacio mayor de cuatro módulos (14 x 14) correspondiente al gran patio.



Vista exterior del museo, donde se aprecian los perfiles de las salas de exposición con los grandes techos y la recepción del museo en la edificación semicircular con cobertura de paja



Detalle al interior del primer patio de una de las salas integrada a uno de los dos corredores

- **Área de exposición**

Se define el ingreso al edificio mismo a través de un gran corredor techado y sinuosamente curvado que visualiza en su recorrido el gran patio principal de ingreso y el paisaje de entorno, luego nos encontramos con el ambiente semicircular que nos remite a las grandes edificaciones de Kuelap con una gráfica que se inspira en los complejos prehispánicos.

Luego paulatinamente se va ingresando a las salas expositivas que se intercalan por pequeños patios abiertos para recrear la exposición y dar un cierto alivio en el recorrido a los visitantes. La secuencia se inicia en la sala 1 con una Introducción, con un patio de esculturas inmediato, continúa con la Sala 2 donde se expone Chachapoyas; luego, en la Sala 3, Chachapoyas Inka se puede apreciar a través de una puerta de vidrio un taller inmediato donde se realizan las labores de conservación.

Adyacente a esta misma sala se ubica un patio de esculturas donde se propone un diorama en escala natural de los mausoleos de la laguna de Los Cóndores. Finalmente el recorrido culmina con la Sala 4 donde se realiza la Exposición etnográfica.

Estas salas tienen el apoyo de la sala de audiovisuales y taller, interconectada con la sala anterior a través del patio de esculturas. En este taller se desarrolla el concepto del museo

vivo, donde la población del propio lugar participa en los eventos de conservación y defensa del patrimonio.

Terminado el circuito, en el que se desciende a través de rampas tres niveles de 80 centímetros cada uno, se llega subiendo nuevamente, a los servicios de cafetería y baños, así como a las oficinas. La cafetería también sirve como sala de usos múltiples para la comunidad. Todo este circuito se da rodeando el patio mayor en dos niveles, lugar de esparcimiento y descanso que articula los distintos ambientes del museo.

La disposición de los ambientes proporciona autonomía a las diferentes funciones que se dan en el museo como es la visita propiamente al museo o la que la comunidad que debe asistir a los talleres de capacitación y entrenamiento constante.



Vista de uno de los patios internos entre sala y sala, donde se han hecho algunas recreaciones del hallazgo arqueológico.

- **Área de Investigación**

Tal como se menciona; el Museo debe contar con áreas expositivas y de investigación, ésta última se desarrolla con autonomía de la primera a través de un corredor techado que las divide y luego a través de un patio al estilo de las casas coloniales de Leimebamba se integran los ambientes de trabajo de gabinete en un primer piso y las áreas de descanso y vivienda en el segundo nivel.

Conectado por una galería techada, pero independientes se encuentran el Centro Mallqui y la vivienda del guardián, los que también tienen un acceso independiente vehicular y peatonal desde una ruta lateral, que parte de la misma carretera. El centro está dedicado a la investigación y a la preparación del material de exposición, así como a la vivienda de los especialistas permanentes y visitantes. Su tipología es la de patio central, mientras que en la vivienda del guardián se ensaya una propuesta más compacta con un alar lateral con horno que separa la sala comedor del jardín exterior.

Iluminación y ventilación

Se ha utilizado la iluminación y ventilación cenital en las salas; para lograr una iluminación uniforme hacia las vitrinas, maquetas, etc. Esta luz es controlada a través de paneles translúcidos para evitar el deterioro de las piezas arqueológicas en exposición como textiles, ceramios, objetos de madera y piedra.

La gran altura de las salas permiten una ventilación fácil y aireada; los corredores y la cafetería son techados pero no cerrados, lo que permite una ventilación y así mismo la integración visual con el paisaje. En el caso de la sala de depósito de las momias; que además es de sumo interés para el visitante y el experto conservador se acondicionó el ambiente con un sobrepiso de piedra y membrana aislante de la humedad y así mismo a la cobertura con paneles aislantes de fibra; con lo que se logró una temperatura ideal para la conservación de las 250 cuerpos momificados.

Todas estas características se ubican en la perspectiva de resolver los problemas tecnológicos con los medios y materiales que se encuentran al alcance, potenciando su rendimiento y utilizando al máximo energías y recursos naturales renovables, de modo tal que lejos de entenderse esta entrada como el extremo del "high-tech", debe aceptarse como la tecnología más adecuada.

5. CONSTRUCCION DEL MUSEO

Después de la aprobación se inicia la construcción y es cuando el proyecto recién se enfrenta a la evaluación real y sufre las intervenciones de otros que inicialmente no habían participado: un párroco que iba a administrar la obra y que también tenía cierta vocación de diseñador y el miedo de algunos ingenieros que no confiaban en las construcciones de tierra. Pero esto enriqueció la experiencia al afianzar el aprendizaje de todos nosotros.

Para la construcción de los muros se trabajó con la técnica del tapial, mientras que las columnas y mochetas de amarre fueron hechas en piedra; fue un alivio contar con una extraordinaria mano de obra acostumbrada a trabajar con estos materiales como el barro, la piedra y la madera. El trabajo de la madera fue una de las tareas más delicadas, porque ellos nunca habían manejado luces o distancias tan grandes para techar, aprendiendo luego a utilizar algunos aditamentos como planchas de metal para reforzar los encuentros de vigas con columnas.

6. CONCLUSIONES

Esta investigación aplicada se ha convertido en el punto de partida de un trabajo de consolidación y mejoramiento de formas y tecnologías tradicionales, así como de la participación de la población rural en la planificación y ordenamiento de su territorio. Todo ello no ha sido fácil ya que la brecha entre el trabajo del arquitecto y el trabajo del constructor vernacular requiere acortarse con mucha coordinación y capacitación por ambos lados.

Constantemente, en el medio profesional, se cuestiona cuando un proyecto tiene como elementos de referencia o inspiración la arquitectura de la zona y muchas veces se tildan a estos proyectos de "folklóricos", "étnicos", etc.; lo cual está muy lejos de la verdad. No pretendemos, ingenuamente, que la arquitectura nueva que vayamos a construir sea el motivo o elemento de identidad nacional, pero si consideramos que una arquitectura que sea construida por el poblador de la zona con sus materiales y tecnología que puede y debe ser mejorada, es "una arquitectura inteligente". Definitivamente la experiencia de diseñar y construir con la gente de la zona y sus técnicas, a pesar de todos los problemas de incomunicación que a veces se presentan, es aleccionadora y creemos que es la única manera para reivindicar esta arquitectura rural que no sólo debe ser de valía estética sino necesaria en el medio.

En los tiempos modernos hay una preocupación por encontrar el hilo de continuidad entre el hombre contemporáneo y los vestigios de su pasado, planteándose la necesidad de museos vivos e interactivos que partan de iniciativas de los pueblos, garantizando su permanencia y continuidad.

La construcción del edificio ha sido un hecho interesante para los que hemos estado involucrados en esta obra, dado que el diseño arquitectónico ha utilizado un sistema constructivo que, por un lado es cotidiano para el constructor rural de la zona en sus materiales y técnicas.

Gracias a ello se contó con una mano de obra justa y calificada para este tipo de edificación. Así podíamos ver picapedreros que como "Los Chachapoya", superaban su tarea, dejando en las piedras un alto relieve que los perennizaría. Posteriormente, como visitantes y guías, recorrerían en compañía de sus familiares y amigos, el museo construido por ellos.

7. BIBLIOGRAFIA

NARVAEZ VARGAS, ALFREDO

La Fortaleza de Kuelap, Artículos de la Revista ARKINKA N° 12 Y 13 . 1996. pag. 94 al 108 y pag.90 al 98 , respectivamente

VON HAGEN, ADRIANA

Nueva Iconografía Chachapoya, En: Revista Peruana de Conservación, arte y arqueología ICONOS N° 4 - 2000, pag. 8 al 17.

Rosana Correa Álamo: Arquitecta. Directora de Desarrollo de Producto Turístico en Ministerio de Comercio Exterior y Turismo 2002- 2008. Ex Docente en la Universidad Ricardo Palma, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Proyectista del Museo Arqueológico de Huarmey (Ancash), en adobe. Proyectista del Parador Turístico en el complejo arqueológico de Caral (Lima) en adobe. Investigación "Caminos de la arquitectura rural en el Nororiente Peruano". Trabajos de planificación rural. Mención Honrosa IX Bienal de Arquitectura (2000), con el proyecto Museo de Leimebamba. Primer premio (Exágono de Oro) en la X Bienal de Arquitectura del Perú (2002), con Proyecto Hotel Los Horcones de Túcume, en adobe

TRES PROYECTOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Rosario Etchebarne; Gabriela Piñeiro; Federico Chapuis

Departamento Regional Norte Arquitectura – Facultad Arquitectura - Universidad de la República.
ruetche@yahoo.com , 59873 34816 – 59873 22154

Palabras clave: diseño, capacitación, transferencia

RESUMEN

Los tres proyectos, fueron elaborados por los arquitectos docentes, integrantes del Departamento Regional Norte de Arquitectura, de la Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Los dos primeros se realizan como consecuencia de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico, cuyo objetivo fue mejorar los actuales procesos de gestión, diseño y construcción con tierra en el Uruguay.

Ambos proyectos tienen en común:

- el diseño y la construcción empleando técnicas constructivas con tierra
- la capacitación y transferencia de tecnologías de bajo impacto ambiental
- la construcción en acuerdo de trabajo con las intendencias departamentales
- la participación de la comunidad local

El tercer proyecto se realiza con la Dirección General de Arquitectura (DGA) de la Universidad de la República para la Facultad de Agronomía, en un predio rural.

1. Prototipo de vivienda, Artigas - 2007

Este prototipo se construye con BTC y Fajina en Cerro del Ejido, ciudad de Artigas.

El barrio donde se implanta era un asentamiento informal, objeto de una regularización, donde predominan construcciones modestas, muchas de ellas de carácter precario.

Se realizan jornadas de capacitación, transferencia y experimentación, con la población interesada.

Se comprobó que se trata de una técnica fácilmente apropiable por los usuarios; se apreciaron las ventajas del BTC en cuanto a su fabricación, ya que insume menos tiempo, mano de obra, insumos y requiere menos cuidados que el ladrillo.

El manejo de la prensa CINVA-RAM no requiere personal calificado y con la práctica se mejora notablemente la eficiencia en la producción de BTC.

Se diseña una vivienda de dos dormitorios (50 m²), térmicamente confortable.

Los cerramientos verticales exteriores son de mampuesto portante de BTC de 30 cm de espesor. Los muros interiores son de fajina de 12 cm. El cerramiento superior está constituido por cielorraso de tablas, losetas de barro alivianado de 5 cm. de espesor como aislación térmica, cámara de aire y cubierta de chapas.

2. Salón Comunal Barrio P3, Paysandú 2008

Apuntando a iniciar planes pilotos para minimizar los problemas habitacionales del departamento, la Intendencia de Paysandú en el marco del Presupuesto Participativo plantea la ejecución del proyecto votado por lo vecinos: un salón comunal en el barrio P3.

Solicita suscribir un convenio con el Departamento de Arquitectura, quien propone que este salón se construya continuando con los objetivos del PDT referidos a las estrategias de diseño, construcción y conservación que contemplen el uso de energía pasiva, materiales naturales y de la región.

La propuesta del DeFarq consiste en el diseño, dirección de la obra y la capacitación y transferencia a través de talleres.

El proyecto cuenta con un salón de usos múltiples construido en BTC, área de servicios (baños, cocina, oficina) construida en adobes y un parrillero.

3. Aulario San Antonio, Salto - 2009

Este Proyecto "Aulario San Antonio" implica un modelo de gestión interinstitucional donde participa el equipo técnico de la DGA Udelar en la gestión y directivas del emprendimiento y el equipo académico del Área Tecnológica de Facultad de Arquitectura Regional Norte, en el diseño, capacitación y transferencia tecnológica.

El Proyecto consiste en 2 aulas de 60 m² c/u. Se inicia la construcción el 9 de febrero 2009.

Los muros exteriores son de adobe de 40cm de espesor; el muro sur estará revestido con madera; el muro interior es de fajina. El muro curvo del acceso es en BTC.

1. INTRODUCCIÓN

El Departamento Regional Norte de Arquitectura con sede en Salto, desarrolla programas de enseñanza, investigación y extensión en la región norte del País.

El Área Tecnológica de este Departamento, desde el año 1994 enfoca su investigación en el hábitat sostenible a través del estudio de las tecnologías constructivas en tierra y el uso de energías renovables.

Dentro de este programa desarrollamos:

- Investigación especializada en componentes y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental en su proceso de producción y montaje (MADERA, ADOBE, FAJINA, BTC, TERRÓN, TAPIAL, TECHOS VERDES, HORNOS EFICIENTES).
- Investigación en modalidades de transferencia y capacitación a la comunidad en Uruguay:
 - o transferencia a la comunidad urbana y rural (Talleres de capacitación y Acuerdos de Trabajo efectuados con 5 Intendencias Departamentales. En total más de 1000 participantes directos en todo el período)
 - o transferencia a los responsables de las políticas sociales vinculadas al hábitat. (Cursos UEP¹. En total más de 400 participantes)
 - o transferencia a los técnicos (Cursos UEP. En total más de 400 participantes)
- Investigación en modalidades de transferencia y capacitación en otros Países.
 - o Argentina
 - o Brasil
 - o Chile
 - o España
 - o México
- Extensión como modalidad de enseñanza directa a los estudiantes universitarios, aplicando los resultados de las investigaciones.
 - o Asesoramiento directo a Comisiones Vecinales
 - o Capacitación y transferencia tecnológica con difusión de material didáctico
 - o Preparación y dictado de cursos-taller
 - o Elaboración de publicaciones

Estas técnicas exploradas por el área tecnológica han tenido un desarrollo muy sostenido y una avidez en las posibilidades de uso, lo que dio origen y simultáneamente fue causa de otorgamiento de financiación por parte del MEC² de la Ejecución de un proyecto específico de desarrollo tecnológico PDT³. Simultáneamente ha llevado a encauzar muchas actividades solicitadas por instituciones públicas, que se concretan en Acuerdos de trabajo con Intendencias.

2. PROYECTOS

Los tres proyectos, fueron elaborados por los arquitectos docentes, integrantes del Departamento Regional Norte de Arquitectura, de la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Muestran el resultado de las Investigaciones en Innovación Tecnológica.

Los dos primeros se realizan como consecuencia de un Programa de Desarrollo Tecnológico PDT, cuyo objetivo fue mejorar los actuales procesos de gestión, diseño y construcción con tierra en el Uruguay. La financiación es de la Udelar⁴, DICYT (Dirección de innovación, ciencia y tecnología).

Ambos proyectos tienen en común:

- el diseño y la construcción empleando componentes constructivos de bajo impacto ambiental en su proceso de producción y montaje
- la capacitación y transferencia de tecnologías de bioconstrucción en base a tierra y madera

- el diseño y la construcción en acuerdo de trabajo con las intendencias departamentales
- la participación organizada de la comunidad local

El tercer proyecto se realiza con la Dirección General de Arquitectura (DGA) de la Universidad de la República (Udelar) para la Facultad de Agronomía, en un predio rural.

2.1. Prototipo de vivienda, artigas – 2007

Este prototipo se construye empleando las técnicas de bioconstrucción BTC y Fajina. Está ubicado en Cerro del Ejido, ciudad de Artigas⁵ - Uruguay.

BTC: mampuesto de tierra comprimida en estado seco con prensa manual.

Fajina: panel con estructura de madera, entramado de listones, cañas o ramas y relleno de barro en estado plástico proyectado manualmente.

El barrio donde se implanta es un asentamiento informal, donde predominan las construcciones modestas, muchas de ellas de carácter precario.

Diseño:

Las condicionantes de diseño:

1. modalidad de producción:

AYUDA MUTUA – EQUIPO TÉCNICO DE TRANSFERENCIA – CAPATAZ



La Mano de Obra fue por Ayuda Mutua o sea los operarios son los futuros propietarios de las viviendas, modalidad que en el Uruguay tiene una larga tradición utilizada en el cooperativismo.

Esta modalidad de construcción tiene ciertos requisitos previos que el equipo técnico toma en cuenta a la hora de proyectar la vivienda. En este prototipo estas previsiones apuntan a dos objetivos:

a) generar elementos constructivos que no requieran mano de obra especializada.

b) replicar el prototipo con la participación de todo el núcleo familiar.

2. comportamiento bioclimático

El prototipo presenta planta cuadrada, compacta, exponiendo poca superficie al exterior en relación al volumen que encierra. Los ambientes tienen aberturas hacia el Sureste y Noroeste permitiendo buen asoleamiento.

En todo su perímetro presenta un alero de 60 cm. de longitud respondiendo al recorrido del sol en verano e invierno y como protección (sombrero) del mampuesto de tierra comprimida.

La Norma UNIT 1026:99 sobre "Aislamiento Térmico de Edificios – Zonificación Climática", establece una clasificación climática del territorio nacional e indica una serie de recomendaciones generales sobre el diseño para cada zona del país⁶.

En esta zona, la estación crítica es el verano, con valores de temperatura media superiores a los 24° C y temperaturas máximas superiores a 30° C. Las mayores amplitudes térmicas se dan en esta época del año con valores que no superan los 16° C. Las presiones parciales

de vapor de agua más altas se dan también en el período de verano, con valores medios inferiores a los 2135 Pa.

El mayor aprovechamiento desde el punto de vista de la eficiencia térmica, se logra a través de la implantación de viviendas apareadas. Sin embargo en este prototipo se prioriza la implantación aislada en el predio, a los efectos de posibilitar la colecta de aguas pluviales; a su vez responde al modo de vida de los ocupantes generando espacios abiertos para carros, y caballos.

Con respecto a los espacios exteriores y a vegetación esta es una zona muy elevada (un cerro) con valiosas visuales de su entorno, siendo este valor paisajístico una de las grandes virtudes del emplazamiento.

La vegetación es muy discreta, producto más de las preocupaciones de los habitantes que de una planificación bien pensada. El predio no posee árboles, por lo que se proyecta plantar árboles caducifolios en el frente que permitan sombrear la fachada principal durante el verano, disminuyendo la temperatura de los cerramientos opacos y por tanto la ganancia de calor a través de ellos.

Construcción y mantenimiento:

Los cerramientos verticales exteriores son de mampuesto portante de BTC de 30 cm. de espesor. Los muros interiores son de paneles fajina de 12 cm., sistema constructivo de bajo peso y de fácil aprendizaje, técnica que a su vez permite alojar las instalaciones eléctricas y sanitarias previos al embarrado.

El cerramiento superior está constituido por cielorraso de tablas de pino nacional, polietileno, losetas de barro alivianado de 5 cm. de espesor como aislación térmica, cámara de aire y cubierta de chapas.

Basados en el principio del desarrollo sostenible y las culturas constructivas, se utiliza la tierra colorada del lugar para la confección de los mampuestos. A través de talleres de capacitación y posteriores ensayos de laboratorio se inicia un emprendimiento productivo apropiado para grupos de mujeres como forma de inclusión social.

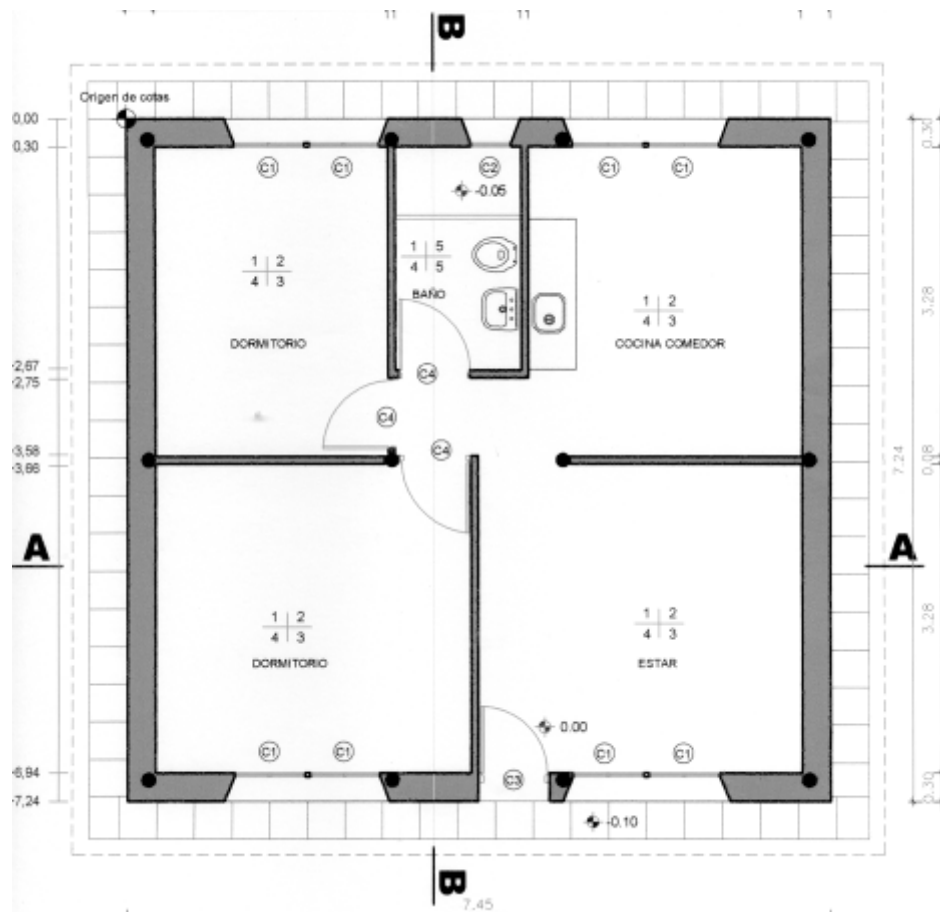
Para los mampuestos utilizamos la prensa CINVA-RAM, la que no requiere personal calificado. Los bloques fabricados resultan piezas con superficies homogéneas, sin oquedades, lisas, con aristas vivas, bien definidas. El valor de resistencia a la compresión es de 40 kg/cm², lo que es considerado aceptable según la normativa regional.

Durante el ciclo de vida del edificio, el mantenimiento está asegurado por las características del modo de producción al incluir al usuario en todo el proceso.

Valorando tres componentes:

- o El costo total de los materiales para este prototipo es de U\$S 4000.
- o El acceso inmediato y sin costo al material tierra, materia prima principal del BTC.
- o La apropiación que el usuario hace de la técnica.

Estimamos un mantenimiento de bajo costo económico y alto valor en el proceso de construcción social del hábitat.



PLANTA Y FACHADA



Capacitación y transferencia tecnológica:

El equipo técnico capacita al personal de obra integrado por: un encargado (ladrillero con gran experiencia en el manejo del barro como material de construcción), financiado por la Intersectorial⁷, dos peones con asistencia discontinua, financiados por la Intendencia Municipal de Artigas, tres carpinteros financiados por la IMA durante la etapa de montaje del techo, dos personas permanentes por parte de la familia beneficiaria.

Esta capacitación se realiza a través de talleres periódicos con los integrantes del equipo y la población interesada, generando una instancia de difusión, sensibilización frente a esta tecnología, análisis, intercambio y construcción de conocimientos, conceptos y experiencia sobre los procesos de construcción con tierra.

2.2. Salón comunal barrio p3, paysandú – 2008

En el inicio de planes pilotos con el objetivo de minimizar los problemas habitacionales y programar acciones de inclusión social en el departamento, la Intendencia de Paysandú⁸ en el marco del Presupuesto Participativo plantea la ejecución del proyecto votado por los vecinos: un salón comunal en el barrio P3.

Solicita suscribir un convenio con el Departamento de Arquitectura, quien propone que este salón se construya continuando con los objetivos del PDT referidos a las estrategias de diseño, construcción y conservación, que contemplen el uso de energía pasiva, materiales naturales y de la región.

Diseño:

Dado el fin de la construcción, un salón comunal para un barrio tradicionalmente postergado con muchas carencias sociales, la premisa de partida consiste en el logro de un edificio donde se potencien las posibilidades plásticas de las técnicas en tierra apuntando a dos objetivos:

- o Generar un espacio reunitivo y apropiable para los vecinos del barrio.
- o Mostrar al colectivo una imagen de construcción con tierra diferente al imaginario.

Es así que se proyecta un salón de usos múltiples construido en BTC, área de servicios (baños, cocina, oficina) construida en adobes y un espacio techado abierto con parrillero.

Si bien la participación de los vecinos es una de las premisas, a diferencia del proyecto anterior, la intendencia de Paysandú aporta los materiales y parte de la mano de obra semi especializada.

El diseño de este edificio toma libertades proyectuales por:

- o Posibilidades plásticas
- o Obra singular (no es un prototipo)
- o Personal capacitado

Construcción y mantenimiento:

La estructura del salón está conformada por muros portantes de adobe y pilares de madera de eucalipto tratado. Estos rolos están solidarizados en su parte superior por rolos horizontales de eucalipto, que son el soporte de la cubierta.

Se construyen distintos tipos de cubierta:

- de chapas acanaladas (chanel) sobre tirantería de madera:
 - o Con cielorraso de madera sobre oficina, cocina y baños.
 - o Sin cielorraso sobre barbacoa.
- techo verde sobre salón principal.

Los muros correspondientes a SSHH, cocina y oficina se levantan con adobes, el muro curvo correspondiente al salón se levanta con BTC (2 paredes a soga).

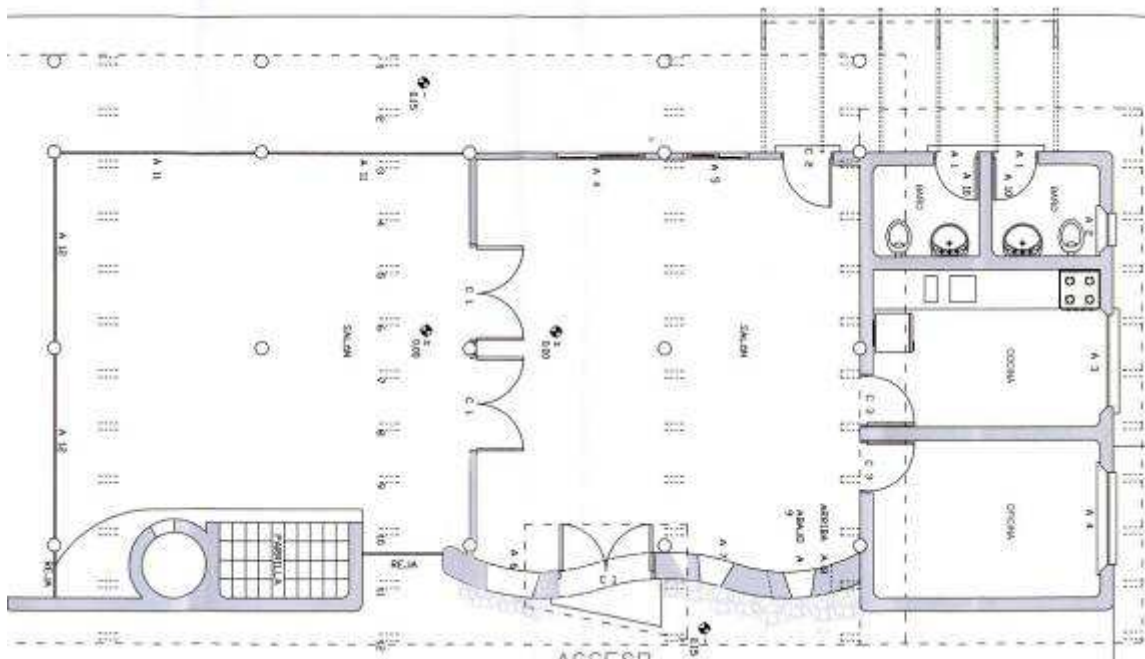
Al exterior, sobre malla metálica clavada al muro, se realiza una azotada de arena y cemento (4 x 1) con hidrófugo y se termina con revoque grueso de tierra, cal y arena.

Al interior se bolsean los muros con el mismo mortero de tierra que se toman los adobes, en SS.HH se revoca hasta 1,60m con mortero de cemento y arena.

Los paneles de fajina constituyen la estructura de dos de los cerramientos verticales del salón. El bastidor de los paneles se arma con escuadrias de 2 x 3 pulgadas, al que se clavan listones. Se coloca la mezcla de tierra y paja en estado plástico sobre la estructura, recubriéndola por ambas caras, alojando las instalaciones en su interior.

La elección de la tecnología se apoya en:

- o la intencionalidad de un Municipio por recorrer el camino de la bioconstrucción modificando el imaginario colectivo de la imagen del rancho
- o el recurso de la participación en talleres como pertinencia barrial



PLANTA E IMÁGENES DE FACHADA PRINCIPAL





Capacitación y transferencia:

Este acuerdo aspira a capacitar y transferir las técnicas BTC, fajina y adobe a los vecinos de la zona. Por este motivo se realizan durante la pre-obra talleres de capacitación y transferencia con la participación del Intendente Municipal.

Existe el interés de generar un centro de aprendizaje, donde el vecino que necesita mejorar o agrandar su casa, pueda realizar sus bloques de tierra y a través de la autoconstrucción asistida, realizar la obra.

Se busca transferir conocimiento e instrumentos para la aplicación de estas técnicas concretas, acciones de duración y profundidad adecuadas a las características de los destinatarios y al objetivo perseguido.

2.3. AULARIO SAN ANTONIO, SALTO - 2009

Este Proyecto "Aulario San Antonio", ubicado en área rural⁹, implica un modelo de gestión interinstitucional donde participa el equipo técnico de la DGA¹⁰ Udelar en la gestión en dirección de obra general y directivas del emprendimiento y el equipo académico del Área Tecnológica de Facultad de Arquitectura Regional Norte, en el diseño, confección de recaudos gráficos, capacitación y modelo de transferencia tecnológica.

Diseño:

La modalidad de producción:

- o empresa constructora designada mediante licitación pública, aporta mano de obra y gestión de compra y producción de materiales
- o dirección de obra tradicional externa al equipo de investigación (DGA)

A partir de esta modalidad de producción se opta por:

- o reducido números de componentes constructivos
- o racionalización en el proceso

Implantación

Se toma en cuenta que se implanta en una estación experimental de Facultad de Agronomía, con edificios y un trazado existentes, en un parque natural, rico en vegetación.

Por tratarse de dos aulas el proyecto tiene condicionantes de partida, ubicación y tamaño de las aberturas apuntando a una buena iluminación y ventilación.



Construcción y mantenimiento:

El criterio para la envolvente surge de la implantación en el predio a partir directivas bioclimáticas, realizando muros macizos de elevada inercia térmica de adobe de 40cm de espesor:

- o la orientación sur – revestido de madera, tajo vidriado, ventilación cruzada.
- o la orientación norte – mayor área vidriada, muro curvo de acceso en BTC sin revoque, adobe revocado.

El cerramiento divisorio de las aulas es en paneles de fajina con la incorporación de aislante acústico y alojamiento de instalaciones.

A diferencia de los casos anteriores existe un riesgo en el mantenimiento del edificio durante su vida útil dada la modalidad de producción y el carácter temporal de los usuarios (alumnos).

Capacitación y Transferencia:

El equipo CTT prevé la realización de talleres dirigidos a operarios de la empresa constructora, y autoconstructores de la zona en 5 etapas, durante la ejecución de la obra:

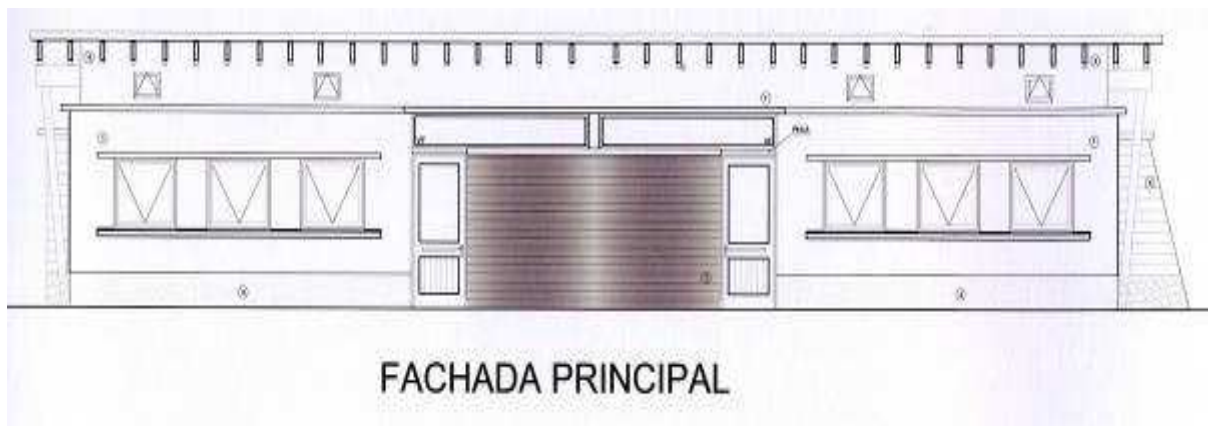
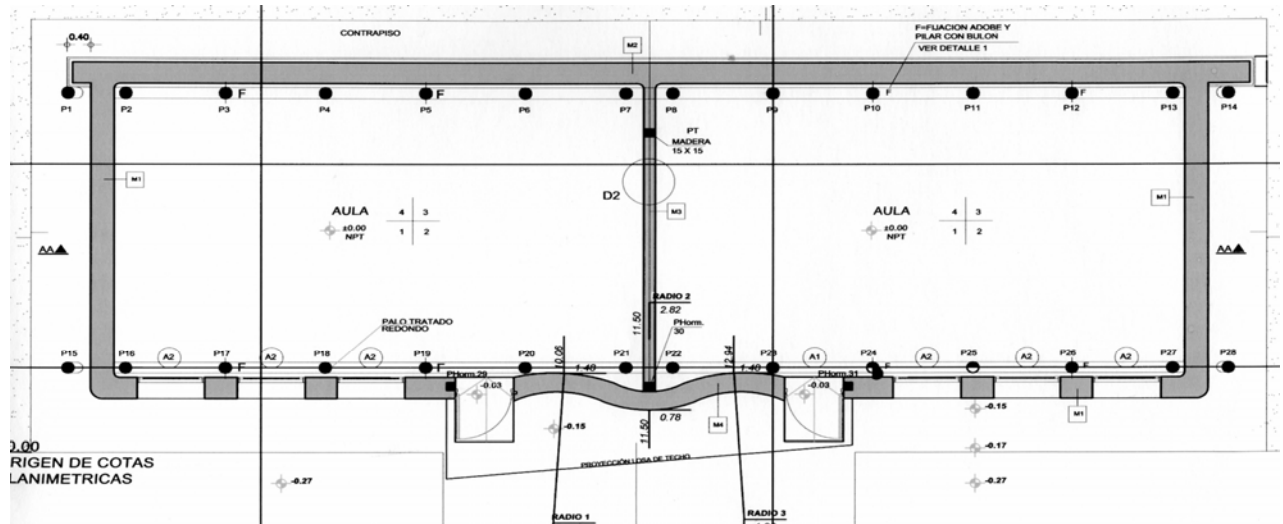
Noviembre 2008 – preparación de insumos (tierras), ensayos de campo y explicación de ensayos en laboratorio, preparado de la mezcla de tierra + cemento, elaboración de bloques con máquina, acopio y curado. Se utilizan 2 máquinas.

Enero 2009 – preparación de pisadero, mezcla y corte de adobes, continuación de elaboración de BTC.

Febrero 2009 – confección de adobes y de BTC.

Marzo 2009 – armado y montaje de panel de fajina = estructura de madera, entramado de madera y relleno de mezcla de barro y paja. A la semana se realiza la segunda capa de revoque de barro. En marzo también se realiza el taller de techo verde, realizando explicaciones teóricas, presentando variantes y realizando práctica.

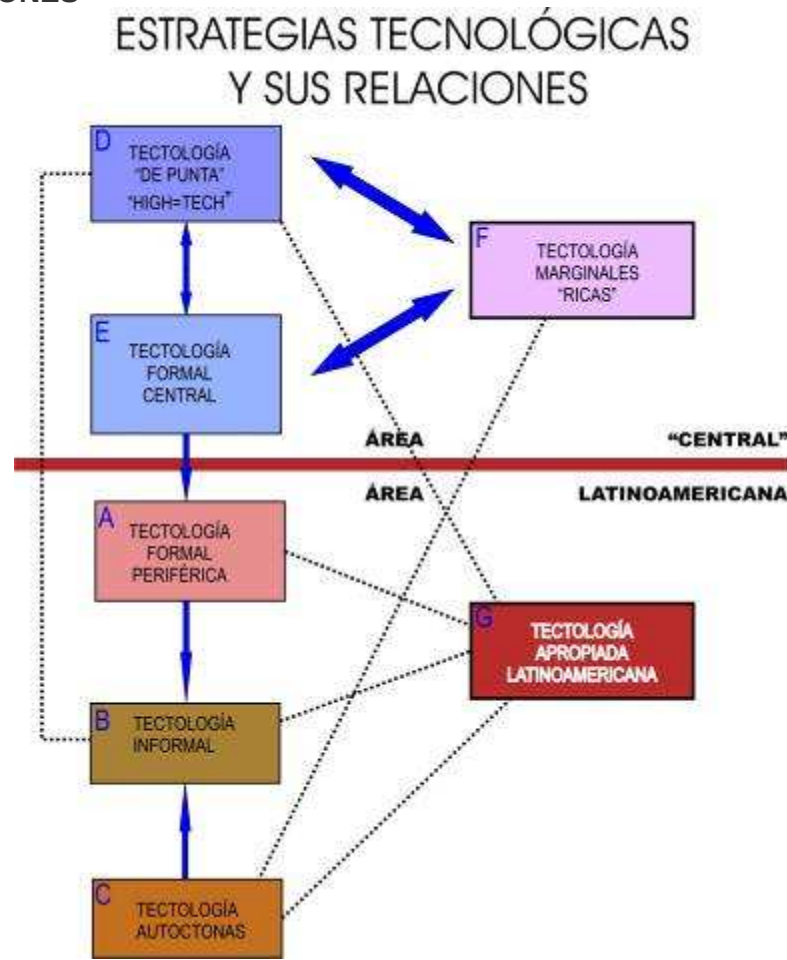
Mayo 2009 – revoques de tierra, revoques de arena, cemento y cal.



IMÁGENES: ESTRUCTURA DE MADERA, MUROS DE ADOBE



3. CONCLUSIONES



"El desarrollo de innovaciones en tecnologías participativas en procesos de Producción Social del Hábitat, no pueden producirse en forma individual, ni en estudios alejados de la práctica. Es inherente a su naturaleza su desarrollo colectivo (interdisciplinario e intersectorial) en casos concretos".

El equipo de docentes del Departamento Regional Norte de Arquitectura en los tres proyectos presentados aplica un modelo de transferencia que se ubica en el espacio G, Tecnología Apropriada Latinoamericana.

Se comprueba que se trata de técnicas fácilmente apropiable por los usuarios.

Se aprecian las ventajas del BTC en cuanto a su fabricación, ya que insume menos tiempo, mano de obra, insumos y requiere menos cuidados que el ladrillo.

Se muestra con estos tres ejemplos tres modelos de producción diferentes, desde el primer caso donde la gestión y producción es netamente artesanal y donde el equipo técnico está involucrado en todos los pormenores hasta el tercer caso donde la empresa constructora asume todos los roles de la construcción tradicional.

Cada caso presenta oportunidades diferentes en relación a:

- o participación y apropiación del usuario de técnicas y objeto construido
- o mantenimiento
- o posibilidades plásticas
- o repetitividad
- o incorporación de las técnicas por parte de las empresas constructoras
- o autoconstrucción y ayuda mutua

BIBLIOGRAFÍA

ENET, Mariana, *Herramientas para pensar y crear en colectivo*. Cytel Habyted – Red XIV – f. Nbr 8491 y 8492 – 1984. Tijolo Maciço de solo cemento.
Nbr 10835. Pb 1391 – 1994. Bloco vazado solo cemento.
NTE – E 080 – Adobe Perú.
PELLI, Víctor Saúl. *Habitar, Participar, Pertenecer*. Editorial Nobuko. 2007.
PFENNIGER y SOLUGEREN. *Autoconstrucción con madera y barro*. Cetel. 1987

¹ Unidad de Educación Permanente

² Ministerio de Educación y Cultura

³ Programa de Desarrollo Tecnológico

⁴ Universidad de la República

⁵ Departamento ubicado en la zona norte del país

⁶ Latitud 30° 06' – Longitud 57° 04'

⁷ Intersectorial “Juntos por Artigas” es un conjunto de instituciones reunidas para paliar consecuencias de la crisis económica que sufrió el país en el año 2002.

⁸ Departamento ubicado en el litoral noroeste del Uruguay

⁹ El Plan Director del Departamento de Salto identifica tres áreas: urbana, suburbana y rural. San Antonio se encuentra a 20 km. del área urbana.

¹⁰ Dirección General de Arquitectura de la Universidad de la República

Rosario Etchebarne : Arquitecta. Experta en bioconstrucción

Gabriela Piñeiro: Arquitecta. Experta en bioconstrucción

Federico Chapuis: Arquitecto. Experto en bioconstrucción

**PROJETO DE UNIDADE HABITACIONAL CONSTRUÍDA EM ALVENARIA
DE SOLO-CIMENTO PARA O ASSENTAMENTO RURAL MUTIRÃO
DE CAMPO ALEGRE, NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.**

Gerônimo Leitão; Fabiano Ravaglia

Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro – Brasil

Te: 5502126295749 (FAX)

Palavras-chave: alvenaria de solo-cimento, habitação de interesse social, assentamentos rurais

RESUMO

O trabalho que pretendemos apresentar no VIII SIACOT – SAACT tem por objetivo desenvolver uma solução habitacional para as cerca de 400 famílias de trabalhadores rurais que vivem no Mutirão de Campo Alegre, assentamento rural implantado pelo governo do estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Nova Iguaçu e de Queimados, no estado do Rio de Janeiro, em meados da década de 1980.

O projeto de unidade habitacional que elaboramos adota o sistema construtivo dos tijolos maciços de solo-cimento, produzidos no próprio local, em prensas manuais. A escolha dessa solução tecnológica se deve ao fato de existir no assentamento uma jazida cujo solo revelou, em ensaios laboratoriais realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, uma granulometria apropriada, viabilizando, assim, um traço de solo/cimento econômico, o que possibilitou uma redução substancial nos custos da produção da moradia. Pretende-se, através da implementação deste projeto de unidade habitacional, contribuir para a difusão, junto aos trabalhadores rurais de Campo Alegre, de uma tecnologia adequada no que diz respeito aos aspectos econômico, social e de sustentabilidade do ambiente natural. A redução dos custos de construção e a melhoria das condições da habitabilidade das moradias construídas no assentamento, por meio de um projeto arquitetônico que incorpora soluções vernaculares – são, também, objetivos desta proposta habitacional.

Por último, a introdução do sistema construtivo de tijolos maciços de solo-cimento no Mutirão de Campo Alegre pretende estimular a geração de renda na comunidade, através da comercialização dos componentes produzidos na Central de Produção, cuja implantação, em convênio com as Associações de Moradores locais, é um possível desdobramento desta proposta de transferência tecnológica.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o homem tem utilizado a terra como elemento básico na produção do ambiente construído.

Ainda nos dias de hoje, existem exemplos significativos de edificações construídas há séculos, por povos de diferentes culturas, que resistiram à ação dos agentes agressivos do meio ambiente – um dos melhores desses exemplos é a Muralha da China, construída no século III A.C..

O uso pioneiro de blocos de terra secos ao sol – conhecidos como adobe – na construção de alvenarias, arcos e domos, ocorreu desde a Antiguidade, nas civilizações que se estabeleceram nas margens do Rio Nilo, estendendo-se, posteriormente, pelo norte da África.

Essa técnica construtiva seria difundida ao longo do Império Romano, por várias regiões da Europa, como o sul da França e da Grã-Bretanha, o sudoeste da Alemanha e parte da Península Ibérica.

A terra foi, também, amplamente utilizada como material construtivo pelos povos pré-colombianos, sobretudo naqueles locais onde o clima quente e seco favorecia o seu uso. Foram, no entanto, os colonizadores espanhóis que introduziram no chamado Novo Continente, o adobe, utilizando tanto na construção de moradias quanto na de edificações de maior porte, como igrejas e palácios governamentais.

No Brasil, durante o período colonial, observa-se uma diferenciação no que se refere aos métodos construtivos adotados na América Hispânica: em lugar do adobe, eram comuns, principalmente em São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso, as construções de taipa de pilão – processo construtivo através do qual uma mistura umedecida de solo é compactada entre formas previamente fixadas –, sendo somente a partir do início do Século XVIII que seriam utilizados tijolos em edificações.

Nesse mesmo período, nas regiões Norte e Nordeste do país, o chamado pau-a-pique – processo construtivo em que uma trama reticulada de madeira é recoberta por massa plástica de solo – foi (e ainda é, pela população mais pobre das áreas rurais) largamente empregada.

O abandono dessas técnicas construtivas pode ser, dentre outros fatores, atribuído à melhoria das condições de transporte e ao desenvolvimento de novos materiais, decorrente do processo de industrialização que ocorre no Brasil a partir da década de 1930.

Do mesmo modo, o fim do trabalho escravo e o surgimento de novos padrões estéticos, no final do século XIX, cumpriram papel relevante para que o uso do adobe e da taipa na construção de edificações urbanas se tornasse cada vez mais raro.

Embora tenham sido realizadas iniciativas pioneiras nas décadas de 1940 e 1950, com o apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), é a partir dos anos 1970 que órgãos de pesquisa vinculados ao extinto Banco Nacional de Habitação (BNH), atuando na produção de moradias de interesse social, promovem o resgate do uso da terra como elemento construtivo básico.

Através do desenvolvimento de pesquisas e da implementação de projetos habitacionais de caráter experimental, estes órgãos procuraram criar soluções tecnológicas alternativas e de baixo custo, adequadas à diversidade regional e cultural das populações de baixa renda, cuja implementação foi bastante comprometida com a extinção do BNH.

Apresentamos neste trabalho uma proposta alternativa de habitação para os assentamentos rurais implementados pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, desenvolvendo um projeto piloto para o Mutirão de Campo Alegre – localizado nos municípios de Nova Iguaçu e Queimado – em que são utilizados os tijolos maciços de solo-cimento.

2. ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO.

Neste projeto, que emprega tijolos maciços, procuramos orientar, de acordo com as indicações existentes no projeto, o correto assentamento das fiadas – imprescindível para que haja a adequada amarração da alvenaria.

A ampliação da unidade habitacional foi, também, planejada, uma vez que, devido às características do processo construtivo utilizado, é necessário orientar a execução de futuros acréscimos, de modo a evitar problemas que comprometam a durabilidade e resistência das alvenarias.

As instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias serão executadas do mesmo modo que nas construções convencionais, porém, recomenda-se que sejam aparentes, fixadas por braçadeiras e buchas, a fim de facilitar a realização das obras, reduzindo os gastos com materiais e mão-de-obra – embora, seja necessário reconhecer que esta solução encontre resistências, no que diz respeito à sua aceitação pela clientela alvo do projeto, devido a fatores culturais.

A cobertura adotada foi a de telhas cerâmicas, com o madeiramento apoiado sobre as paredes. O beiral acentuado, por sua vez, tem por objetivo dificultar que a água das chuvas atinja as paredes da unidade habitacional, comprometendo, assim, a sua durabilidade. Pela mesma razão, deve ser executado um passeio de largura menor que o comprimento do beiral, para proteger a parede da umidade.

Através da construção desse protótipo de unidade habitacional, que adota a tecnologia do solo-cimento, acreditamos que será possível, não apenas promover a difusão das soluções construtivas alternativas junto às comunidades que vivem e trabalham em assentamentos

rurais, a partir de um projeto piloto no Mutirão de Campo Alegre, como, também, viabilizar a implementação de um programa de geração de renda, através da criação de uma Central de Produção de Tijolos de Solo-Cimento, cuja produção poderia atender às demandas não só deste assentamento, como da população que vive no seu entorno.

Experiências anteriores bem sucedidas no uso dessa tecnologia na construção de moradias populares nas áreas rurais, em diversas localidades do país;

- a adequação do solo existente em determinados sítios do assentamento Mutirão de Campo Alegre, comprovada por ensaios realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais de Construção da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – nestes ensaios, contamos com a valiosa contribuição do arquiteto Jéferson Salazar.

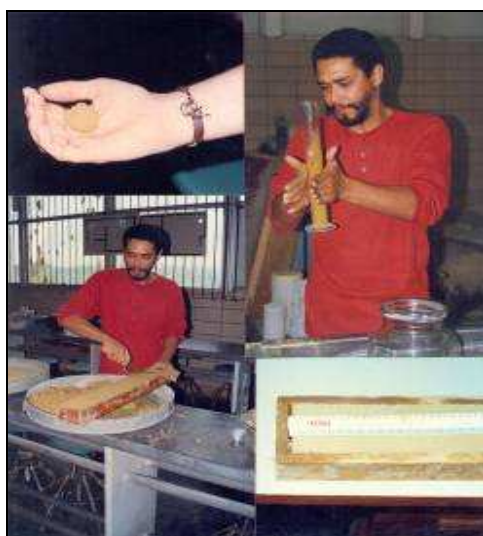


Figura 1 – O arquiteto Jeferson Salazar realizando os ensaios laboratoriais realizados com material coletado no assentamento rural Mutirão de Campo Alegre

O solo coletado na comunidade rural de Campo Alegre é constituído de areia grossa, média, silte e argila, bem graduado granulometricamente, com baixa retração (método da caixa).

Apresenta características peculiares de um solo recomendado para a execução de paredes monolíticas de solo-cimento, comprovado pelo seu desempenho nos ensaios iniciais realizados, especialmente nos de resistência à compressão e de retração na caixa. Pelos resultados obtidos, foi possível obter um traço bem mais econômico que o traço preliminarmente utilizado (1:10 em volume), uma vez que novos ensaios apontaram 1:12 como o traço definido para a execução de uma parede monolítica para testes – possibilitando, assim, resistência satisfatória e menor consumo de cimento.

Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados são os seguintes:

- capacitação a distintos níveis técnicos e profissionais;
- retração na caixa de 60 cm de comprimento: 1,6 cm (Norma ABCP: 2cm);
- limite de liquidez: 35,2% (Norma ABCP: 45%);
- índice de plasticidade: 15,01% (Norma ABCP: 18%);
- percentual que passa pela peneira 0,075: 20,4% (Norma ABCP: 10% - 50%);
- resistência à compressão média (traço 1:10 em volume): 4,3 Mpa (Norma ABCP: 1,7 Mpa).

O solo apresenta, ainda, uma massa específica aparente seca (compactada) de 1,83 g/cm³, na peneira 4,8 mm de 97,3%, umidade ótima de 14,8%, com uma massa específica aparente de 2,017 g/cm³.

Devido às particularidades do sistema construtivo adotado, procurou-se, de modo a facilitar a execução dos trabalhos no canteiro de obras, desenvolver um projeto modulado, de acordo com as dimensões das formas utilizadas na compactação da mistura de solo-cimento – comprimento total da forma: 220 cm / comprimento útil do painel: 214 cm. Nesse sentido, foi adotado na composição do projeto arquitetônico o módulo máximo de 214 cm o maior número possível de vezes, a fim de permitir o aproveitamento total da forma.

A cobertura empregada foi a de telhas cerâmicas, com o madeiramento apoiado parcialmente sobre as paredes compactadas. De modo a assegurar maior conforto térmico aos usuários desse equipamento público, além da utilização de forro composto por placas de fibra vegetal prensada, nos consultórios, na farmácia e na sala de atendimento, a solução arquitetônica proposta possibilita a ventilação cruzada no interior da edificação, assim como a saída de ar quente através de aberturas existentes entre os dois telhados e sob o reservatório elevado de água, com base no princípio do efeito termo-sifão.

O beiral acentuado tem, por sua vez, a função de impedir que a água das chuvas atinja as paredes monolíticas, comprometendo, assim, sua resistência e durabilidade; pela mesma razão, é previsto um passeio, de largura menor do que o comprimento do beiral e uma faixa de proteção contra a umidade, na base dos painéis de solo-cimento.

O custo estimado para a construção desta unidade de atendimento médico – considerando a tecnologia proposta e a execução das obras em regime de mutirão – é de, aproximadamente US \$ 15.000.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 1994, apesar de todos os acordos firmados previamente, a construção de uma unidade de saúde – Programa Médico de Família – no assentamento rural Mutirão de Campo Alegre não pode ser concretizada, uma vez que mudanças na direção da Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura de Nova Iguaçu determinaram uma reorientação dos planos deste órgão e o cancelamento do projeto. Contudo, além do desenvolvimento do projeto arquitetônico propriamente dito – que recebeu uma Menção Honrosa na Premiação Anual do Instituto de Arquitetos do Brasil (Seção Rio de Janeiro), naquele ano –, há que se destacar a experiência de transferência de uma tecnologia não convencional para os trabalhadores de Campo Alegre.

A perspectiva original do projeto que desenvolvemos era a de promover o acesso da população local à técnica construtiva do solo-cimento. Com a construção de um equipamento comunitário – no caso, uma pequena edificação de atendimento médico –, pretendia-se familiarizar as famílias assentadas em Campo Alegre com essa técnica construtiva, uma vez que era prevista a utilização da mão-de-obra local durante a obra, em regime de mutirão. A unidade de saúde construída poderia, desse modo, comprovar as qualidades da tecnologia do solo-cimento, não apenas para aqueles que a construíram mas, também, para os usuários desse equipamento, estimulando-os a utilizarem essa tecnologia em construções de futuras moradias.

Um conjunto de informações técnicas, apresentadas de forma simplificada, e projetos arquitetônicos modulados de tipologias habitacionais, adotando o sistema construtivo das paredes monolíticas de solo-cimento seriam disponibilizados para as associações de trabalhadores que integram o Mutirão de Campo Alegre. Cursos breves, realizados semestralmente, também eram previstos nessa perspectiva de transferência de uma tecnologia construtiva apropriada. Ainda que esta proposta tenha sido inviabilizada por injunções políticas

outras, fica, por último, a lembrança da adesão entusiasmada das lideranças comunitárias de Campo Alegre à esta solução tecnológica – resultado de diversas discussões, em que foram apresentados projetos realizados em outras comunidades e debatidas amplamente os ensaios realizados com o material coletado na região –, após uma enorme desconfiança inicial quanto ao que parecia ser, na visão de muitos, uma proposta de “*construção pra pobre*”.

Fabiano Ravaglia: aluno do curso de graduação da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense

Gerônimo Leitão: Arquiteto (FAU-UFRJ, 1982), Urbanista (FAU-UFRJ, 1989), Mestre em Geografia (IGEO-UFRJ, 1990), Mestre em Arquitetura (PROARQ-UFRJ, 1994), Doutor em Geografia (IGEO-UFRJ, 2004), Professor da Escola de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense, Diretor da EAU-UFF (2007/2011).

Ariston Rocha: é arquiteto (FAU-UFRJ, 1982) e atua como profissional na cidade de Niterói, Rio de Janeiro.

DESENVOLVIMENTO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE COMPONENTES E CONSTRUÇÃO DE UNIDADES HABITACIONAIS COM PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA EM PERNAMBUCO-BRASIL

Carlos Welligton de Azevedo Pires Sobrinho, MSc Eng° Civil

ITEP- Instituto de Tecnologia de Pernambuco

POLI/UPE- Dpto Eng° Civil- Universidade de Pernambuco

carlos@itep.br, 55 81 32724201 55 81 32724390

Palavras chave: alternativas tecnológicas, habitação sustentável, transferência tecnológica, produção de componentes

RESUMO

Este artigo apresenta uma estratégia de ações, enfocando seus condicionantes principais e necessários ao desenvolvimento e implantação de um programa de difusão e transferência de tecnologia focada na produção de componentes e construção de habitações nas cidades do interior do estado de Pernambuco-Brasil.

O foco central da tecnologia tem por base a utilização de insumos locais (solo, areia e pedra) e cimento industrializado para produção dos principais componentes utilizados na construção de edificações (tijolos em solo-cimento ou argamassa de cimento; vasos, sistemas sanitários, balcões, pias e telhas em argamassa de cimento).

Outro foco do programa tem como base a difusão de tecnologias alternativas e na capacitação de pessoas, muitas destas apenas com experiência da agricultura, na produção de componentes e nas atividades de construção civil.

O programa também prevê a implantação de unidades de produção comunitária de componentes destinados á habitação, como alternativa para uma nova atividade econômica nas regiões menos favorecidas e muitas destas vinculadas a mono-cultura da cana de açúcar. Estes produtos poderão ser utilizado para melhoria das habitações das famílias que moram em casa construídas em taipa ou de outro sistema/material de pouca segurança e salubridade (chapas de zinco, taboas de madeira, papelão, etc), muito comum nos municípios interioranos do Estado e da Região Nordeste do País.

Neste artigo também são apresentados resultados de experiências exitosas realizadas em 7 municípios do interior estado de Pernambuco, bem como em comunidades da capital do Estado, resultando na implantação de 4 unidades comunitárias de produção de componentes habitacionais e na construção e melhoria de mais de 479 unidades habitacionais.

1.0 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta os resultados obtidos nos diversos projetos de desenvolvimento e difusão de tecnologias para produção de componentes e construção de habitações e saneamento, que teve seu início em 1986, através de projeto PEDITEC/CNPq, e continuidade através de outros projetos.

O Objetivo geral desse programa consiste em envolver a população na de componentes e na construção de suas própria casas, utilizando tecnologias(materiais, processos) adequadas a realidade local e contando com as diversas formas de parcerias(financeiras ou não), tendo por base a redução dos custos de produção e a construção de habitações seguras e salubres.

A estruturação de cooperativas de produção para produção de componentes se constitui como alternativa para continuidade do Projeto e possível fonte de emprego e renda nas comunidades. Três são os elementos básicos dão estruturação ao Projeto:

- O primeiro consiste na identificação, conscientização e mobilização do público alvo, que atuará como força de trabalho comunitário, em regime de ajuda mútua na produção dos componentes necessários a construção das unidades;
- O segundo consiste na utilização de uma tecnologia apropriada às características locais e a realidade sócio cultural da população alvo;
- O terceiro consiste na participação de parcerias que venham subsidiar direta ou indiretamente a realização deste programa.

1.1 Identificações, conscientização e mobilização do público alvo:

O público alvo é geralmente formado por grupo de famílias que moram em habitações rústicas(insalubres e de baixa durabilidade) e/ou desprovidos de moradia que apresentam quantidade de pessoas(adultos, idosos e adolescentes) ociosas ou com tempo disponíveis e que a partir do conhecimento das diretrizes gerais do projeto se interessem em participar do mesmo.

A conscientização e mobilização das famílias se dará através da participação no processo de produção, apoiadas tecnicamente pela realização de cursos de capacitação técnica e organizacional.

A metodologia empregada nesses cursos prevê a utilização das técnicas de exposição dialogada, onde as famílias participantes conhecem sobre o funcionamento do projeto e interagem na concepção do produto final. Com a técnica de prática acompanhada os participantes aprendem a produzir os componentes a serem utilizados na construção de sua futura habitação e com a técnica de exposição de roteiros conseguem erguer sua nova casa utilizando a racionalidade do processo construtivo inerente à tecnologia adotada.

1.2 Tecnologias adequada as características locais.

A tecnologia a ser adotada na estruturação dos projetos leva em consideração a avaliação dos seguintes condicionantes locais:

- ❖ Condicionantes técnico-econômico: prática e produção de componentes regionais, potencialidades de utilização de insumos locais; custos de materiais e produtos; custos de transporte e da mão de obra específica.
- ❖ Condicionantes sócio-culturais: caracterização das famílias (nível econômico, quantidade de pessoas e faixa etária, tipo de ocupação, disponibilidade de tempo, etc); domínio da tecnologia/participação de processo cooperativo.
- ❖ Condicionantes de projeto: caracterização da habitação (existência, tipologia, estado físico/habitabilidade, etc); características do terreno e condições sanitárias; Existência/aproveitamento de local para instalação de unidades de produção.

Para isso existem experiências bem sucedidas em outras localidades que podem servir de referência, tanto como processo, quanto como os produtos finais já realizados.

1.3 Participação de parcerias para viabilização do projeto

A viabilização de projetos de habitação/saneamento destinados a população carente de recursos(famílias com ganhos mensais inferiores à 2 Salários Mínimos), necessitam de algumas formas de subsídios, que não necessariamente são investimento diretos.

Os municípios(Prefeituras) potencialmente podem disponibilizar: a cessão de algum equipamento urbano existente para montagem da unidade de produção; a legalização da posse da terra, geralmente já ocupada pela família participante; apoio logístico para o pessoal técnico envolvido; transporte para materiais, exploração de jazidas de materiais do município, liberações das taxas referente à construção etc.

Outras formas de parceria com o poder público podem exigir investimento direto, porém podem ter um tratamento diferenciado são por exemplo: aquisição de equipamentos e ferramental necessários à implantação das unidades produtivas, serviços de terraplanagem e de urbanização da área .

Outros investimentos podem vir de projetos governamentais a fundo perdido, como o de saneamento da Fundação Nacional de Saúde, de cursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador, recursos do Orçamento Geral da União(ementa complementar), verbas para assentamento do INCRA, etc. Outra possibilidade é a participação de organismos não governamentais (BIRD, UNIDO, MORADIA e CIDADANIA).

2.0 METODOLOGIA

A sistemática de atuação inicia pelo contato entre a municipalidade e a instituição, onde serão apresentada as linhas gerais do Projeto e os condicionantes norteadores para sua implementação.

A seguir uma visita técnica é imprescindível para avaliação dos potenciais existentes, promover um levantamento preliminar sobre as características da localidade do público alvo, do processo construtivo tradicionalmente utilizado, das reservas e insumos disponíveis, equipamentos urbanos e da logística de apoio possível.

Com base nas informações levantadas procede-se uma avaliação para definição de uma estratégia e o desenvolvimento de um projeto de indução. Nesta fase levanta-se todos os custos necessários a implementação deste projeto.

A mobilização da população, previamente selecionada e contatada, é chamada para participar da implementação desse projeto de indução. Este inicia pela discussão dos eixos centrais do projeto, construção/reforma da Unidade de Produção e de apoio aos cursos de formação. Seguindo a formação das primeiras turmas dos cursos de produção de componentes.

A construção das primeiras unidades possibilita avaliar o desempenho (técnico-econômico e social) do processo, permitindo avaliar a projeção em escala, finalizando desta forma a fase de difusão tecnológica.

A fase de fixação dos conhecimentos, como seqüência da anterior, permite além da continuidade do processo de fabricação de componentes e construção de casas a estruturação de programas cooperativos que serão responsáveis pela manutenção do projeto sem a interferência do Estado.

A fase final do projeto consiste na transferência do controle de gestão para a Cooperativa/Associação, gerada dentro do processo, e que assumiu a continuidade do programa, podendo o ITEP manter o apoio tecnológico necessário.

Após a conclusão das primeiras unidades é possível avaliar o nível de aceitação da família participante e iniciar o processo de avaliação pós-ocupacional da habitação, tanto sob o ponto de vista físico de desempenho a unidade construída, quanto da melhoria da condição de vida e cidadania da família assistida.

3.0 RESULTADOS OBTIDOS

Durante os anos de 1998 a 2002, período auge do programa, 10 comunidades, distribuídas em 8 diferentes municípios do Estado, participaram dos projetos de indução, cada um apresentaram características distintas, o que veio a enriquecer ainda mais a amplitude do programa. Ao todo foram financiadas 10 projetos, contemplando 479 famílias.

Destas 10 comunidades, 06 foram financiadas com recursos internacionais (BIRD associado ao Governo Estadual), 03 foram financiadas com recursos municipais, e 01 foi financiada com recursos do Sistema Financeiro Nacional (Caixa Econômica Federal).

Das 10 comunidades contempladas apenas 06 mantiveram as Unidades de Produção e destas apenas 03 mantêm a produção de componentes e construção de casas movimentando a comunidade, 02 destas sob coordenação do Município e 01 da própria Comunidade organizada em cooperativa.

As tabelas 1A e 1B apresentam resumo das ações e resultados gerados em cada localidade bem como informações sobre as tecnologias utilizadas e as parcerias participantes em cada projetam.

Tabela 1A- Resumo dos projetos desenvolvidos nas comunidades do interior de Pernambuco

Localidade	Nº Famílias	Produtos e tecnologia	Formas de parcerias
Chã de Alegria-centro	23	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (projeto de indução)	SECTMA-mat. e equip ¹ ; PEDITEC/CNPq-Bolsistas; Prefeitura-apoio logístico
Chã de Alegria - Centro/periferia 1	25	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (Capacitação da UPCH)	Prorural/BIRD-Mat e equip ² ; PEDITAC/CNPq-Bolsistas; Prefeitura-Apoio logístico
Chã de Alegria - Centro/periferia 3	+ 200 ⁽³⁾	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (autonomia/continuidade)	Prefeitura-Materiais/apoio Associação-Mat/produção e comercialização
Pombos Centro/periferia 1	13	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (projeto de indução)	SECTMA-mat. e equip ¹ ; PEDITEC/CNPq-Bolsistas; Prefeitura-apoio logístico
Pombos Centro/periferia 1	25	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (Capacitação da UPCH)	Prorural/BIRD-Mat e equip ² ; PEDITAC/CNPq-Bolsistas; Prefeitura-Apoio logístico
Bonito/Bem-ti-vi 1	8	Tijolos em solo-cimento (projeto de indução)	SECTMA-mat. e equip ¹ ; PEDITEC/CNPq-Bolsistas; Associação-apoio logístico
Bonito/Bem-ti-vi 2	28	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (Capacitação da UPCH)	Prorural/BIRD-Mat e equip ¹ ; PEDITAC/CNPq-Bolsistas; Associação-Apoio logístico

Tabela1B- Resumo dos projetos desenvolvidos nas comunidades do interior de Pernambuco

Localidade	Nº Famílias	Produtos e tecnologia	Formas de parcerias
Bonito/Rodeadouro 1	3	Tijolos em solo-cimento (projeto de indução)	SECTMA-mat. e equip ¹ ; PEDITEC/CNPq-Bolsistas; Associação-apoio logístico
Bonito/Rodeadouro 2	22	Tijolos em solo-cimento (Capacitação da UPCH)	Prorural/BIRD-Mat e equip ² ; PEDITAC/CNPq-Bolsistas; Associação-Apoio logístico
Bonito/Rodeadouro 3	+ 12 ⁽³⁾	Tijolos em solo-cimento autonomia/continuidade)	Associação-Mat/produção e comercialização
Recife/Dois Unidos	04	Tijolos em solo-cimento	FAT-Materiais ITEP- equip ¹
Recife/DETRAN	Centro comunit.	Tijolos em solo-cimento Aduelas em argamassa	FAT-Materiais ITEP- equip ¹
Jaboatão/Prazeres	4	Blocos em argamassa Vasos em argamassa	Prefeitura-Materiais/manut Comunidade local-Produção
Moreno/Bonanza	4	Tijolos em solo-cimento	SECTMA- equip ¹ ; Prefeitura-Materiais/manut Comunidade local-Produção
Camaragibe/Santa Tereza 1	12	Tijolos em solo-cimento Vasos em argamassa (Projeto de indução)	SECTMA-mat. e equip ¹ ; PEDITEC/CNPq-Bolsistas; Prefeitura-apoio logístico
Camaragibe/Santa Tereza 2	+ 50 ⁽³⁾	Tijolos em solo-cimento (autonomia/continuidade)	Prefeitura-Materiais/manut Comunidade local-Produção
Petrolina- periferia	45	Tijolos em solo-cimento (projeto financiado)	M&C-CAIXA-mat. e equip ¹ ; ONG-Fundação MAIS

1-Conjunto de equipamentos emprestados pelo ITEP para operação da Unidade de Produção;

2-Conjunto de equipamentos adquiridos para capacitar e operar a Unidade de Produção;

3-Quantidade de unidades habitacionais contabilizadas até julho/03

4.0 ASPÉCTOS DE PRODUÇÃO

As fotos de 01 á 08 ilustram algumas ações e tecnologias utilizadas nesses projetos.



Foto 01- UPCH de chá de Alegria



Foto 02- UPCH de Jaboatão dos Guararapes



Fotos 03-Produção de telhas e vasos em argamassa de cimento



Foto 04- Produção de tijolos solo-cimento

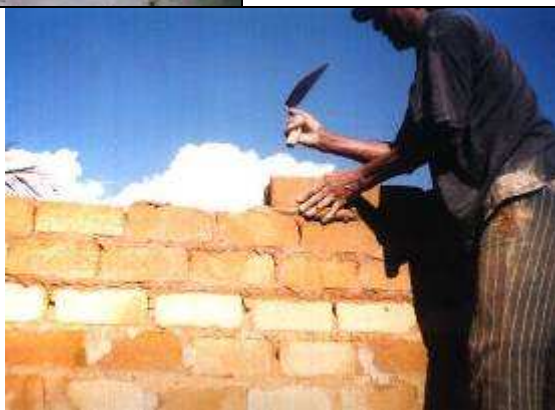


Foto 05- Processo construção de casas p/ população



Foto 06- Casa em tijolos intertravados



Foto 07- Protótipo em 2 pavimentos Campus ITEP



Foto 08-Casa em bloco de argamassa

5.0 ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES

Os resultados mostram que as opções tecnológicas influenciam de forma significativa nos custos finais, tanto em relação aos materiais e componentes utilizados, quanto à participação da mão de obra.

A escolha da opção tecnológica está intimamente associada aos fatores característicos locais, dentre esses a disponibilidade e características dos insumos, disponibilidade da mão de obra local (ociosidade), acesso/conhecimento de novas tecnologias e principalmente a determinação do poder público local.

As diversas formas de participação e atuação de entidades governamentais e não governamentais é de fundamental importância, atuando na forma de parcerias, estas conseguem reduzir substancialmente os custos sem necessariamente elevar os custos diretos e indiretos da construção, além de facilitarem de forma decisiva a participação da população nos projetos.

A participação da população carente na produção de componentes e na construção de sua própria casa eleva de sobre-maneira a dignidade da família e eleva a consciência cidadã da população envolvida com o processo comunitário.

A difusão de tecnologias acessíveis e que apresentem custo/benefício evidente, permite a geração de trabalho e renda nas Unidades de Produção mantendo a continuidade dos projetos, muitas vezes, sem o apoio governamental.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA HABITACIONAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO - COHAB-PE- **Construção de unidades habitacionais de baixo custo**-Projeto Vila das Aeromoças. nov. 1987

SEHDUR-DIPLAN-**Habitação popular no interior de Pernambuco- Referencial para uma atuação voltada a realidade local**- 1990

ITEP- **Projeto CNPq-RHAE-PEDITEC de difusão de tecnologias para habitação**-Relatório Técnico 1998

ITEP-**Convênio ONG Moradia e Cidadania / Fundação MAIS / ITEP**- Relatório Técnico Final Nº182.462/02

PIRES SOBRINHO, C. W. A **-Production of lower cost housing based on the manufacturing of components using local labor and raw materials**, NOCMAT/3- Vietnam International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies, Hanoi 1999

PIRES SOBRINHO, C. W. A **-Effects of technology, materials and workman ship in the cost of enveronmental impact of construction**. Anales of International Conference Suatailable Construction into the Next Millennium Environmentally, Friendly and Innovative Cement Based Materials. João Pessoa , Brazil 2-5 nov 2000

Carlos Welligton de Azevedo Pires Sobrinho: MSc Engº Civil. ITEP- Instituto de Tecnologia de Pernambuco. POLI/UPE- Dpto Engª Civil- Universidade de Pernambuco

EL EMPLEO DE LA TIERRA CRUDA EN AREAS URBANAS POBRES

Propuestas para mejorar la vivienda autoproducida en barrios de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina

Rodolfo Rotondaro; Fernando Cacopardo; Juan Carlos Patrone; Guillermo Rolón

Instituto de arte americano e investigaciones estéticas "Mario J. Buschiazzo",

FADU – UBA –, FAUD- UNMdP - CONICET

C.e.: rotondarq@telecentro.com.ar ; fcacopar@mdp.edu.ar Tel/Fax: (+54-11) 4789-6270

Palabras clave: tierra cruda, tecnología, vivienda urbana, pobreza

RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados de una línea de investigación enfocada en la producción de aportes de gestión participativa y de tecnología constructiva con empleo de tierras seleccionadas estabilizadas. Los objetivos están orientados al desarrollo de nuevos materiales, elementos y sistemas constructivos con empleo de tierra cruda, posibles en el contexto de la autoproducción de la vivienda popular, en barrios del periurbano de Buenos Aires y Mar del Plata, con la participación de pobladores locales, universidades, Conicet, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. En el marco de esta estrategia, se avanzó en el diseño, construcción y evaluación de prototipos de materiales, componentes básicos y elementos para pisos, paredes, y revoques, con empleo de suelos seleccionados y estabilizados.

Se aportan resultados en relación a los siguientes aspectos:

I. técnico-constructivos. Características dimensionales y formales; ensayos físico-mecánicos normalizados de resistencias a flexión, choque y abrasión, y absorción de humedad; y sobre técnicas empleadas.

II. de transferencia. Niveles y características de la participación de grupos e instituciones intermedias involucradas según situación de cada espacio de trabajo.

III. de aceptación. Evaluación de la tecnología y las innovaciones en curso analizando cuestiones socioculturales que intervienen en el caso específico de la tierra cruda como material constructivo, y su potencial para estos contextos de intervención.

La metodología empleada tuvo en cuenta la recopilación y análisis de información bibliográfica de fuentes primarias y secundarias; el diseño y evaluación de prototipos experimentales con base simultánea en laboratorio y terreno; la co-gestión de alternativas de mejoramiento con pobladores beneficiarios directos; la observación directa y la entrevista a pobladores locales; la selección de indicadores y criterios de comparabilidad basados en indicadores normalizados de resistencias físico-mecánicas; y el intercambio de conocimientos científicos con conocimientos empíricos populares de autoconstrucción. Se presentan conclusiones preliminares en torno a la eficiencia de los prototipos en cuanto a resistencia mecánica, trabajabilidad, aceptabilidad social y potencial para la transferencia a distintas escalas.

La investigación se realiza con el apoyo material y financiero del CONICET, la FADU-UBA, la FAUD UNMdP, la colaboración fundamental de pobladores y organizaciones sociales de los sectores barriales donde se trabaja, y la colaboración de empresas privadas y dos municipios (Mar del Plata y Florencio Varela) en tareas de gestión y en la provisión de materiales de construcción.

1. INTRODUCCIÓN.

Los resultados que aquí se presentan forman parte de una línea de investigación científico-tecnológica que ha obtenido resultados enfocados en la generación de tecnología de tierra cruda destinada a sectores poblacionales urbanos en situación de pobreza (Rotondaro et al, 2007, 2008; Cacopardo et al, 2007, 2008). El ámbito de trabajo incluyó durante los primeros años a dos barrios del Gran Buenos Aires, Bancalari y Florencio Varela. En el año 2008 se amplía el equipo de investigación con el grupo dirigido por uno de los autores (Cacopardo) y se suman como ámbitos de trabajo barrial y de transferencia los barrios Monte Terrabusi y Alto Camet, de la periferia de Mar del Plata.

Los beneficiarios directos destinatarios de los resultados de la investigación forman parte de las franjas de población cuya situación de pobreza está caracterizada, entre otras cosas, por la imposibilidad de acceso a la vivienda propia, a créditos oficiales o privados, y por vivir en casas cuya calidad material e inmaterial es deficitaria. En general, las condiciones de

habitabilidad de la vivienda autoproducida en estos barrios presenta una diversidad de cuadros de carencia en cuanto a durabilidad, salubridad y confort ambiental. En particular, la calidad de los materiales y las técnicas constructivas en pisos, paredes, terminaciones, y techos es habitualmente regular o mala, y en algunos casos el elemento está ausente (como es el caso de pisos, revoques y aislaciones hidrófugas, acústicas y térmicas).

A partir de diagnósticos previos se formularon hipótesis y se establecieron los objetivos para ordenar ejes de investigación-acción, y orientar los diseños tecnológicos teniendo en cuenta el potencial de la tierra cruda como posible aporte a la pobreza urbana, en cuanto a materiales, componentes básicos, elementos constructivos, técnicas y recursos de organización apropiados para estos lugares.

Los objetivos principales apuntan a la discusión de tipo interdisciplinaria y participativa sobre modelos de gestión de tecnologías sociales posibles, con base territorial, para los contextos mencionados. Se busca generar nuevas soluciones tecnológicas en la resolución de pisos, paredes, revoques y elementos aislantes con un empleo racional y adecuado de la tecnología de la tierra cruda, mediante modos de gestión participativa a construir en cada barrio, y cuya complejidad técnico-constructiva, costos y exigencia organizacional sean posibles para estos ámbitos de autoproducción de hábitat.

La comparación de los desarrollos y avances que se logren en los barrios del Gran Buenos Aires y Mar del Plata será interesante en cuanto a las características de cada intervención y a los modelos de gestión que se construyan con la participación popular e intersectorial en cada caso. En base a la experiencia acumulada en los cuatro barrios, se intenta aportar a la discusión de modelos y estrategias que impliquen generación de "tecnologías posibles" (Berretta, 2007) en cada territorio.

Este trabajo permitirá observar y analizar problemas en distintos contextos de gestión y actuación, desde aquellos con alto grado de fragmentación y poca intervención institucional, hasta otros que cuentan con mejor grado de articulación social.

La investigación recibe el apoyo material y financiero de las siguientes organizaciones: CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas); Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata; Asociación Civil El Nuevo Progreso, Bancalari; Municipalidad de Florencio Varela; Municipalidad de General Pueyrredón; y varias empresas y organismos en el caso de Mar del Plata (Empresa Glaciar Pesquera SA, Obras Sanitarias, Planeamiento y Desarrollo Social, la ONG Centro de estudios de Acción Social, Yacimiento Minera, Canteras Yaráví SA, EDEA, Empresa de Electricidad Atlántica, empresa IMEPO).

2. PROTOTIPOS.

2.1-Criterios de diseño. Materiales. Prototipos.

En los últimos tres años se han diseñado y construido en laboratorio y en campo, varias series de prototipos de componentes básicos y elementos constructivos, con empleo de tierras toscas estabilizadas con cemento, cal y fibra (estiércol animal).

Se probaron distintas mezclas, diferentes formas de aplicación, prefabricación en el caso de los pisos, espesores, y técnica de aplicación en el caso de la terminación de la pared (revoques y lechadas). (ver figuras 1, 2 y 3).



Figura 1: Prototipo de piso con baldosas
(vereda Bancalari)



Figura 2: Prototipos de revoque de suelo-cemento
y suelo-cemento+estiércol (Florencio Varela)



Figura 3: Prototipo de revoque de suelo-cemento-cal
(Florencio Varela)

En el caso de las paredes, se comenzaron a comparar los resultados obtenidos por los prototipos de revoques sobre sustratos de tierra cruda estabilizada (BTC CINVA-RAM con mortero cementicio y tapial estabilizado con cemento, con cal y con estiércol de caballo) con los obtenidos sobre sustratos de muros tradicionales de ladrillo cerámico hueco y de ladrillo cocido común, con junta cementicia. Se realizaron sucesivas selecciones de materiales, mezclas y prototipos a partir de los resultados y análisis, con datos de laboratorio y de campo, incluyendo los prototipos de pisos y revoques transferidos en Bancalari.

2.2-Técnicas constructivas.

Se emplearon hasta el momento técnicas tradicionales de construcción de revoques (ver Figura 4) y contrapisos, y técnicas nuevas en el caso de la fabricación de las baldosas.



Figura 4: Revoque grueso con fratacho (Bancalari)

La mano de obra que se emplea está compuesta por albañiles autoconstructores (que habitan el barrio en el caso de Bancalari), de tal modo que puedan evaluarse aspectos vinculados a la complejidad de las innovaciones que están en curso, buscando la participación real de personal autoconstructor en situación de pobreza.

Se evalúan con especial atención las técnicas que implican estos tipos de componentes y elementos, y las posibilidades de aplicación en un hábitat que es autoproducido con materiales y elementos urbano-industrializados y de descarte, y con técnicas constructivas que no son las específicas de la construcción con tierra.

Las técnicas empleadas en la fabricación de contrapisos y carpetas de terminación con material colado, con la cantidad de agua adecuada para su materialización, está dentro de los hábitos de la autoconstrucción tradicional en estas áreas urbanas. En el caso de los revoques, su aplicación también es sencilla dado que se trata de la misma técnica por capas de diferente espesor, con mezclas preparadas de tal modo que permitan su ejecución con el clásico arrojado con cuchara de albañil, el regleado sobre guías, el fratachado para el "revoque grueso" (primera capa), y el llaneado con llana metálica para el revoque de terminación o "fino", con capas de menor espesor y mayor gradiente de humedad.

En el caso de las baldosas, su fabricación exige un aprendizaje nuevo para el autoconstructor barrial, ya que en el caso de los pisos éstos son contruidos habitualmente o bien con una carpeta cementicia colada y alisada, o bien con el componente básico "baldosa" o "ladrillo común", que es adquirido en corralón o por trueque en algunos casos.

2.3- Ensayos normalizados de carpetas, baldosas y revoques.

En 2008 se realizaron ensayos normalizados en base a normas IRAM N° 1522 (1971) y 1871 (2004), con probetas preparadas en base a los prototipos seleccionados de carpetas de terminación de pisos, baldosas y revoques. Las baldosas se ensayaron a la rotura por flexión, absorción de agua, resistencia al choque y desgaste por abrasión (con máquina Dorry); los paños de carpeta a resistencia al choque, absorción de agua y desgaste por abrasión; y de las probetas de revoques se ensayó la capacidad de absorción de humedad.

En las siguientes tablas 1 a 8 se resumen los principales resultados de estos ensayos.

Serie	Cantidad ensayada	Fecha ensayo	f' f (Mpa) prom.
K	5	11.03.08	1,64
L	5	11.03.08	1,58
M	5	11.03.08	2,52
N	5	11.03.08	2,08

Tabla 1: Ensayo de rotura por flexión (f'f = Mpa) de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Los mejores valores obtenidos fueron: de la serie K, 1,9 Mpa; de la serie L, 2,0 Mpa; de la serie M, 3,1 Mpa; y de la serie N, 2,5 Mpa.

Serie	Ab. (%)
K	16,6
L	18,5
M	17,8
N	18,2

Tabla 2: Ensayo de absorción de agua (Ab.) de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Serie	Cantidad ensayada	H (cm) prom.
K	5	72
L	5	61
M	5	67
N	5	72

Tabla 3: Altura de caída máxima (H) en ensayo de choque de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Los mejores valores obtenidos en este ensayo corresponden a dos ejemplares de la serie K (80 cm) y uno de la serie N (80 cm).

Serie	N° probeta	Desgaste (mm)
K	K1	0,3
	K2	0,1
	K3	0,2
	K4	0,2
	K5	0,2
L	L1	0,1
	L2	0,1
	L3	0,1
	L4	0,1
	L5	0,1
M	L	0,4
	L2	0,1
	L3	0,2
	L4	0,2
	L5	0,3
N	N1	0,1
	N2	0,1
	N3	0,1
	N4	0,1
	N5	0,1

Tabla 4: Ensayo de desgaste por abrasión (baldosas)

En los ensayos de desgaste por abrasión, éstos fueron realizados aplicando una sobrecarga de 0,250 kg/cm² y un recorrido de 300 m. (procedimiento con la máquina Dorry, IRAM N° 1522).

prototipo	Ab. (%)
002	24,0
103	13,0

Tabla 5: Ensayo de absorción de agua (Ab.) de paños de carpetas de 40x40x4 cm

prototipo	N° probeta	H (cm) prom.
002	1	>100
	2	>100
	3	>100
	4	>100
	5	>100
103	1	>100
	2	80
	3	100
	4	95
	5	>100

Tabla 6: Altura de caída máxima (H) en ensayo de choque de paños de carpetas de 40x40x4 cm

prototipo	N° probeta	desgaste (mm)
002	6	0,4
	7	0,5
	8	0,3
	9	0,4
	10	0,4
103	6	0,6
	7	0,3
	8	0,4
	9	0,5
	10	0,4

Tabla 7: Ensayo de desgaste por abrasión (pañes de carpetas)

Para el ensayo de las probetas de material para revoques se empleó el método que especifica la Norma IRAM 1871/04, con el fin de analizar comparativamente el comportamiento de las diferentes mezclas de los prototipos.

prototipo	Capacidad de succión (g/m ²)	H (cm) prom.
101	14383,57	Se observaron manchas de humedad en la superficie luego de 30 minutos del inicio del ensayo
216	9665,03	Se observaron manchas de humedad en la superficie transcurridas 24 hs de iniciado el ensayo

Tabla 8: Capacidad de succión (probetas de 10x20 cm)

Los ensayos normalizados obtuvieron excelentes resultados en el caso del desgaste por abrasión con máquina Dorry para los cuatro tipos de baldosa, superando a la exigencia de la norma en relación casi uno a tres, y resultados aceptables en cuanto a la resistencia a rotura por flexión. Este último dato no es un dato menor ya que si bien la resistencia a rotura por flexión es importante, con los materiales y forma de construcción empleados, se obtuvieron valores muy cercanos a los exigidos por la Norma, a lo cual se suman los resultados del comportamiento satisfactorio de la vereda de Bancalari luego de 18 meses a la intemperie y en la peor orientación.

En cuanto a la absorción de humedad en baldosas y en revoques los resultados son dispares según el material, con valores que no cumplen los requeridos por norma pero que tampoco son despreciables.

3. GESTIÓN Y TRANSFERENCIA. DISCUSIÓN: POTENCIALES DE LA TIERRA CRUDA PARA EL HÁBITAT POPULAR.

La investigación emplea un modo de gestión de tecnología que puede inscribirse dentro de los conceptos de las "tecnologías apropiadas y apropiables" y más precisamente, en esta etapa actual, dentro de lo que Víctor Pelli describe como formas de "gestión participativa" y "co-gestión" (Pelli, 2007). En este sentido, en el Gran Buenos Aires se avanzó con la participación local en dos aspectos: tener un lugar de experimentación continua y con una organización barrial significativa (el centro vecinal de Bancalari), y un compromiso de trabajo conjunto mediante la firma de acuerdos de transferencia con vecinos para el empleo de soluciones ya evaluadas por la investigación, con el aporte de mano de obra familiar.

Hasta el momento se han desarrollado etapas iniciales de transferencia buscando generar y ajustar un modelo de gestión participativa a nivel barrial, para estos componentes y elementos. El mayor avance se realizó en Bancalari con la vereda del centro vecinal y con la familia Benavídez, con quién se estableció un acuerdo para construir el piso y revoques de uno de los dormitorios de su casa con los prototipos producidos por esta investigación (ver figura 5).



Figura 5: Transferencia piloto en el barrio Bancalari (piso y revoques en dormitorio existente).

En el caso del centro vecinal (Asociación Civil El Nuevo Progreso) se viene trabajando desde el año 2004 mediante acuerdos formales aprobados por su Comisión Directiva, y se han logrado tareas de participación comunitaria, apoyo logístico del municipio de pertenencia (Tigre) y de ONGs de Buenos Aires (SEDECA y terrabaires) en el desarrollo de soluciones alternativas con uso de tierras estabilizadas para mejorar la vivienda deficitaria del barrio.

En los barrios de la periferia de Mar del Plata se realizaron tareas de evaluación con el fin de orientar y diseñar una gestión adecuada para nuevas soluciones constructivas, con empleo de suelos estabilizados, a partir de los antecedentes de generación de tecnología del grupo de investigación local y del modelo de gestión en curso (Cacopardo et al,2008).

La investigación ha realizado dos avances importantes. El componente básico "baldosa" presenta una complejidad tecnológica que en apariencia puede ser rápidamente apropiada por la autoconstrucción, parece factible de ser producido y utilizado en estos sectores, en los cuales la calidad físico-sanitaria de la vivienda demanda cuestiones tan básicas como tener un piso firme y limpiable, con durabilidad aceptable. Si bien las resistencias de rotura a flexión obtenidas son altas pero no alcanzan la exigencia de la norma IRAM, algunos ejemplares la superan; y la resistencia al desgaste por abrasión es totalmente satisfactoria. Los prototipos de revoques sobre muros tradicionales de ladrillo cerámico y ladrillo cocido, con 6 meses de edad, presentan un comportamiento satisfactorio en cuanto a fisuración, cohesión interna y adherencia al sustrato. Los costos relativos comparativos para el caso del piso de baldosas, obtuvo resultados alentadores en sus valores relativos comparados con los del mercado formal de la construcción en el área de trabajo.

Se evaluaron la metodología y las técnicas de gestión, la factibilidad técnica-económica y social para un desarrollo local de las innovaciones en estudio, la participación potencial de beneficiarios barriales, la posibilidad de realizar transferencia a escala masiva, y la posibilidad de mejorar los prototipos. La metodología empleada en la transferencia inicial (Bancalari), si bien es de reducida escala al momento, ha brindado información importante desde el punto de vista de poder evaluar qué aceptación social tienen estas innovaciones, y ha permitido una evaluación cualitativa continua de cerca de tres años de duración.

El modelo de gestión y los mecanismos de diseño y transferencia a continuar presentan desafíos esperables en contextos en situación de pobreza, en cuanto a los aspectos organizativos (grupos beneficiarios-grupo de investigación-organizaciones y empresas asociadas participantes), que serán diferentes en los distintos barrios del área de estudio; y en cuanto a los resultados del comportamiento físico-mecánico y durabilidades de cada tipo de componente y elemento constructivo que se transfiera; su experimentación necesita de tiempos diferentes según cada contexto local, que podrá ser más extenso en algunos, y que podrá estar acompañado o no de ensayos normalizados.

Desde la óptica de la complejidad de las técnicas constructivas a emplear, los resultados obtenidos permiten observar que podrán ser apropiadas y mejoradas por los beneficiarios potenciales, dado que los cambios, si bien en algunos casos son importantes, no se alejan demasiado de las prácticas de la autoconstrucción presente en estos barrios. Para la mayoría de los componentes y elementos se está trabajando deliberadamente a partir de cada universo tecnológico local, precisamente para hacer posible (y útil) la generación de innovaciones en los modos populares de autoproducción de componentes y elementos para mejorar la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

BERRETA,Horacio. Charla en el II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular, AVE-CEVE CONICET, Córdoba, Argentina. 19/21 setiembre 2007.

CACOPARDO,Fernando;ONDARTZ,Ariel;GARCIA PALACIOS,Rodolfo;MAÑÁ,Carlos; PUGLIA, Luján. "Materiales y Tecnologías sociales alternativas para hábitat y vivienda sobre trabajo de base territorial y cogestión interinstitucional: Prueba piloto Alto Camet y Monte Terrabusi, Mar del Plata, 2005-07." En: *CD II Sem. Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular*. AVE-CEVE CONICET, FAUD-UNC, FAU /UCC. Córdoba, Argentina. 19, 20 y 21 Setiembre 2007.

CACOPARDO, Fernando; ROTONDARO, Rodolfo; PALACIOS, Rodolfo; MAÑÁ, Carlos; ONDARTZ, Ariel; PUGLIA, Luján; GARCÍA CEIN, Emma; AMÉNDOLA, Verónica; PATRONE, Juan Carlos; ROLÓN, Guillermo. “Tecnologías sociales posibles con base territorial: gestión y transferencia, asimilación social de prácticas y producción de conocimiento. Barrios del periurbano de Mar del Plata y Buenos Aires, Argentina”. En: *CD III Sem. Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular*. AVE-CEVE CONICET, FAUD-UNC, FAU /UCC. Córdoba, Argentina. 5, 6 y 7 Noviembre 2008.

IRAM-INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE LOS MATERIALES. Norma N° 1522 “Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana”. IRAM, Ciudad de Buenos Aires. 1971.

IRAM-INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE LOS MATERIALES Norma N° 1781 “Hormigón. Método para la determinación de la capacidad y velocidad de succión capilar de agua para hormigón endurecido”. (norma en estudio). IRAM, Ciudad de Buenos Aires. 2004.

PELLI, Víctor Saúl. “Habitar, participar, pertenecer”. Ed. Nobuko. Ciudad de Buenos Aires. 2007.

ROTONDARO, Rodolfo.; PATRONE, Juan Carlos. “Tecnología de tierra y vivienda social en el Gran Buenos Aires”. En: *CD del VI SIACOT (Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra)-II SIIDS (Seminario Internacional de Investigación del Diseño Sustentable)*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. 19-22 Setiembre 2007, Tampico, México.

ROTONDARO, Rodolfo; PATRONE, Juan Carlos; SCHICHT, Alex “Innovación tecnológica y vivienda en el Gran Buenos Aires. Pisos y revoques para sectores en situación de pobreza”. Cuaderno Urbano-7:115-144. Edit. Nobuko, Ciudad de Buenos Aires. 2008. ISBN: 1666-6186000007

Rodolfo Rotondaro. Arquitecto, Máster CRATerre/UPAG (Francia). Investigador del CONICET. Profesor Adjunto y Director del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Codirector del centro Terrabaires. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Fernando Cacopardo. Arquitecto, Master en Historia, Investigador del CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Director del Programa Interdisciplinario en Urgencias del Hábitat y de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, UNMdP-MGP.

Juan Carlos Patrone. Arquitecto. Investigador del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA. Codirector del centro Terrabaires.

Guillermo Rolón. Arquitecto. Becario Doctoral CONICET. Investigador del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

VII.

Educación, Formación y Capacitación:
*Recursos humanos, profesionales, técnicos y
artesanales*

OBRAS ESCUELA Y COOPERATIVAS DE TRABAJO: DOS MODALIDADES DE CAPACITACION

**María Julia Cavallero; Rosario Etchebarne; Alejandro Ferreiro; Helena Gallardo;
Ariel González; Giuseppe Mingolla; Mariano Pautasso**

www.fronterra.org - proyectofronterra@gmail.com
www.cooperativateko.tk - cooperativateko@gmail.com

Palabras clave: capacitación, sensibilización, región

RESUMEN

La presente ponencia se centra en dos experiencias de educación, formación y capacitación en Uruguay y en Argentina. Estas experiencias buscan cada una, la formación de usuarios, insumos y recursos humanos. Se toman las premisas del proyecto bilateral "Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción" en el que participaron los autores de esta ponencia, respecto a la promoción de capacitación en los procesos de diseño, ejecución y uso. La capacitación del usuario como punto de partida y llegada de un proceso de construcción y la mano de obra capacitada capaz de ejecutar un proyecto aparecen como fundamentales. La experiencia desde Uruguay se basa en la implementación de obras escuela generando talleres de transferencia de construcción con tierra en obras privadas. Esta modalidad está orientada a un público amplio que participe de una construcción real, que no será un prototipo ni una construcción experimental: la difusión a nivel general de las características de la construcción con tierra contribuirá a eliminar preconcepciones y a estimular la construcción de nuevas viviendas con esta tecnología. Por su parte, desde Argentina la cooperativa de trabajo Teko promueve el desarrollo sostenible de las comunidades y el hábitat en donde se desarrollen, respetando los ecosistemas y fortaleciendo identidades culturales. La cooperativa posee una vinculación directa con el CECOV (Centro de Investigación y Transferencia para la Construcción y la Vivienda) de la UTN Regional Santa Fe, donde integrantes de Teko trabajan en proyectos de investigación y transferencia vinculados a la construcción con materiales naturales, gestión del riesgo, gestión social del hábitat, hábitat rural, hábitat aborígen y otros temas relacionados.

1. ANTECEDENTES

El equipo de esta ponencia está integrado por profesionales de Argentina y Uruguay que ya han realizado experiencias de capacitación y transferencia de tecnología en forma conjunta. Los distintos seminarios de construcción con tierra que se han realizado, el proyecto Proterra, la posterior Red Proterra, los vínculos universitarios y las inquietudes personales han servido de nexo para la conformación de este equipo. Durante el periodo 2007 – 2008 se realizaron encuentros bilaterales¹ sobre construcción con tierra que incluyeron la sensibilización de niños hasta cursos específicos para albañiles y personal de obra tanto en distintas ciudades de ambos países².

Con la experiencia individual de cada uno de sus integrantes y la coordinación de actividades conjuntas, el equipo se conforma como asesores en capacitación y transferencia de tecnologías de arquitectura con tierra con instituciones públicas u organizaciones sociales pero también desde el ámbito privado generando nuevos espacios de gestión y participación donde se valore como objetivo la capacitación de mano de obra y de usuarios como punto de partida y destino de un proceso de construcción.

2. OBRAS ESCUELA

La experiencia se centra en la implementación de obras escuela generando talleres de transferencia de construcción con tierra en obras privadas. Esta modalidad implica varios desafíos: establecer los contenidos del taller, contar con el aval del propietario de la obra quien posibilita la intervención en su vivienda y coordinar junto con el personal fijo de obra las tareas a realizar durante el taller que no afecten luego el normal desarrollo de la obra. Si bien existen modalidades similares de transferencia de este tipo de tecnologías en la región,

éstas se dan básicamente desde ámbitos universitarios. Esta modalidad está orientada a un público amplio que participe de una construcción real, que no será un prototipo ni una construcción experimental: la difusión a nivel general de las características de la construcción con tierra contribuirá a eliminar preconcepciones y a estimular la construcción de nuevas viviendas con esta tecnología. Este tipo de actividad también se enmarca dentro de la modalidad de encuentros Celebratierra³ iniciados en Santa Fe en el año 2008.

La primera experiencia de este tipo de talleres se desarrolló en el departamento de Maldonado en Uruguay los días 27 y 28 de febrero de 2009⁴ en una vivienda de 60 m² próxima a la costa. El taller tuvo una carga horaria total de 15 horas con actividades prácticas de identificación, ensayo y estabilización de suelos y construcción con adobe, bloques de tierra comprimida y tierra alivianada según se muestra en las figuras 1 y 2.

Durante la actividad teórica se realizó la exposición "Construcciones y tecnologías con tierra como alternativa regional" donde se explicitó el desarrollo de la construcción con tierra en la historia, la tierra como material de construcción, ensayos, sistemas monolíticos, de mampostería y mixtos y sistemas de cubiertas. El equipo de trabajo estuvo conformado por arquitectos y constructores uruguayos con el apoyo y colaboración de ingenieros, arquitectos y constructores argentinos. La evaluación del taller por parte de los participantes y organizadores fue satisfactoria y dentro de la sistematización que se pretende hacer luego de este tipo de actividades se presentan cinco puntos principales a ser replicados en futuros eventos dentro de esta modalidad



Figuras 1 y 2: imágenes de las actividades prácticas realizadas durante el taller

2.1 Aval del propietario

A diferencia de otras actividades similares en ámbitos académico, en este tipo de casos se debe contar con el aval del propietario de la obra quien posibilita la intervención en su vivienda. Estos talleres tienen como objetivo la capacitación de usuarios de modo que la participación activa del propietario de la obra durante la jornada tiene un papel muy importante ya que se constituye en un referente inmediato y un interlocutor válido para evacuar dudas concretas de las características y ventajas de una construcción con tierra. Se considera al usuario como el sujeto que motiva y condiciona el diseño y aquel que finalmente evaluará el comportamiento de la construcción.

La evacuación de dudas consultando al propietario, con el apoyo técnico del equipo docente contribuirá a cambiar ciertos preconcepciones y a estimular la construcción de nuevas viviendas con esta tecnología. A su vez, el trabajo en un espacio físico real permite la visita posterior de los participantes luego que el propietario se encuentre habitando la vivienda y, en el mejor de los casos dependiendo del propietario, convertirla en un espacio de referencia y consulta sobre sus características.

2.2 Conocimiento del perfil de los participantes

El público objetivo al que se pretende llegar es heterogéneo, fuera del ámbito académico y sin conocimientos previos sobre construcción con tierra. La convocatoria para el taller de febrero en Maldonado se realizó a través de distintos medios del ámbito local del balneario de Piriápolis, próximo al lugar de realización del taller, apoyado por información en un sitio web⁵ con cronogramas de actividades y curriculums del equipo docente. El mecanismo de registro fue a través de correo electrónico y pago de inscripción a través de depósito en redes de cobranza a nivel nacional. El registro implicaba, además de datos personales, un cuestionario con tres preguntas básicas necesarias para conocer el perfil de los participantes previo a la realización del taller. El cuestionario incluía las siguientes preguntas: ¿ha participado de alguna actividad anterior sobre construcción con tierra?, ¿qué información anterior posee sobre construcción con tierra? y ¿qué lo motiva a participar de este curso?. La convocatoria abierta genera un público variado donde los conocimientos sobre construcción o arquitectura son dispares, por lo que conocer el perfil de los participantes previo al taller facilitó la preparación y adecuación de los contenidos.

Sobre un total de 39 personas, la participación de hombres fue de un 64% y un 36% de mujeres y el promedio de edad fue de 38 años. Ver tablas 1 y 2.

Arquitectos	28%
Empleados de la construccion	13%
Otros empleados	13%
Educacion fisica	10%
Estudiantes	10%
Otros profesionales	10%
Otras actividades	16%

Con conocimiento previo	22%
Sin conocimiento previo	78%

Tablas 1 y 2: distribución por ocupación y distribución por conocimiento previo

2.3 Coordinación con personal de obra

La coordinación de esta actividad junto con el personal fijo de obra obliga a planificar las tareas de manera que los participantes cuenten con un panorama claro de los procesos constructivos, y muchas veces modificar el cronograma de una obra convencional. Esto significa, por ejemplo, tener un sector de cimentación desnuda para comenzar la ejecución de un muro desde las primeras hiladas y contar con las primeras hiladas de otro sector de muro ya ejecutado. La premisa es ejemplificar el funcionamiento y ejecución conjunta, ya que "...no se trata de cada técnica individualmente, sino de un concepto de cómo construir un hábitat (...), lo que se construye en una obra íntegra, un espacio físico perdurable..."⁶. La coordinación conjunta con el personal de obra implica también la previsión de los materiales, herramientas y aspectos de seguridad de obra necesarios para las actividades prácticas.

2.4 Material de apoyo, contenidos y actividades

El material de apoyo consistió en la confección de un "cuaderno del participante" que incluyó el cronograma de actividades, indicaciones de cómo llegar a distintos lugares, formulario para la elaboración de preguntas, formulario para la evaluación del evento, material gráfico y escrito sobre las actividades prácticas que se realizarían en cada base de trabajo, bibliografía recomendada y espacio en blanco para notas y apuntes personales. Se considera que el formato de este cuaderno, a modo de libreta de pequeñas dimensiones facilita su uso durante las actividades. Como material de apoyo también se elaboró un disco

con el material presentado en la ponencia teórica, una versión extendida del material compilado en el cuaderno del participante y otros materiales escritos y gráficos de difusión general sobre construcción con tierra.

Los contenidos del taller dependerán de la obra – escuela en la que se desarrollará, qué condicionantes de diseño y ejecución están implicados y cuales son las técnicas utilizadas. Se consideran dos momentos como los más adecuados para la realización de estas actividades: las etapas de rústico que permiten la participación de gran cantidad de personas en actividades simultaneas (ensayos, elevación de muros, fabricación de componentes, etc.) y las etapas de terminaciones donde la cantidad de participantes debería ser más restringida para tener mayor control de los trabajos realizados (ensayos, revoques, mochetas, pinturas naturales, etc.).

En ambos casos la modalidad clásica para las actividades prácticas es la de bases de trabajo rotativas, de modo que todos los participantes puedan integrarse y evaluar cada técnica. Además de contar con uno o dos docentes capacitados responsables de los contenidos en cada base, se deberá contar con el apoyo de asistentes para coordinar aspectos administrativos (recepción de participantes, verificación de inscripciones, entrega de materiales e identificaciones, etc), aspectos de logística e infraestructura (provisión de materiales o herramientas faltantes, control de tiempos de cada actividad, etc) y aspectos de registro de actividades (filmación, fotografía, registro de audio, etc). El contar con un equipo de organización que proviene de profesiones, regiones, edades y ámbitos diferentes favorece y enriquece notablemente el intercambio entre participantes y docentes.



Figura 3: imágenes de las actividad teórica realizada durante el taller

2.5 Evaluación final

La evaluación final debe ser realizada por los participantes y por el equipo de organización y puede contener alguno de los siguientes tópicos:

- evaluación de los contenidos: actividades teóricas y prácticas, conocimiento de los capacitadores sobre los temas desarrollados, opinión sobre los conceptos explicitados, etc.
- evaluación de la organización del evento: localización de la obra, correspondencia de los tiempos respecto al cronograma original, disponibilidad de materiales y herramientas para las actividades, etc.

En el caso del taller realizado en Maldonado, la evaluación permitió conocer de parte de los participantes que el 100% consideró que las actividades prácticas fueron buenas y que la actividad teórica fue considerada buena por el 82% de los participantes. La organización del evento, los conocimientos de los docentes y los conceptos explicitados fueron evaluados

como satisfactorios por más del 90% de los participantes. Del mismo modo, un 87% consideró que el curso cumplió con sus expectativas.

3. COOPERATIVA TEKÓ

3.1 El formato cooperativo como propuesta sustentable de organización.

La Cooperativa de Trabajo TEKÓ es la concreción de un proyecto que desde hace varios años se viene gestando. Tiene entre sus principales objetivos promover el desarrollo sostenible de las comunidades, y el hábitat en donde estas se desarrollan, respetando los ecosistemas y fortaleciendo las identidades culturales que persiguen estas premisas.

Su nombre de origen Guaraní, propone más que un conjunto de acciones, tareas o servicios; intenta sostener y comunicar en la acción una forma de vida en armonía con la naturaleza y con las comunidades regionales, promoviendo así la participación, el intercambio y el fortalecimiento de los grupos y sujetos que la constituyen.

La cooperativa, conformada en su inicio por constructores, arquitectos y profesionales de ciencias económicas persigue los principios de economía social tanto en la organización y las formas de decisión y trabajo internas, como así también en las actividades que se desarrollan para personas, familias, grupos y comunidades, vinculándose de manera solidaria con pequeños y medianos emprendimientos, ong's, instituciones educativas y organizaciones gubernamentales.

Ofrece como aporte principal, herramientas y técnicas para un desarrollo integral del hábitat, tomando a la vivienda como elemento generador de las diferentes escalas de intervención. Este hecho constructivo se constituye como potenciador de interrelaciones de trabajo justas que permitan el fortalecimiento de los emprendimientos productivos regionales, favoreciendo su autonomía económica y sosteniendo su identidad cultural.

También pone al servicio de las comunidades, soluciones específicas. Para ello es menester establecer ciertas técnicas, de gestión, sociales, constructivas y económicas, estrechamente ligadas que aportaran a la producción y al desarrollo del hábitat.

En su objeto social la cooperativa se propone abarcar diferentes tareas aplicando las técnicas y los criterios anteriormente expresados procurando alcanzar una sustentable y armónica gestión y promoción del hábitat. Entre ellas podemos mencionar:

Difusión, promoción y ejecución de técnicas y tecnologías aplicadas a la construcción de espacios arquitectónicos respetuosos de la naturaleza, los modos y formas de vida regionales.

Generación de emprendimientos productivos relacionados con la fabricación de elementos y materiales ecológicamente sustentables para utilizar en la construcción.

Producción, fabricación y venta de materiales de elementos y componentes constructivos sustentables. Reciclaje de materiales y elementos para la elaboración de nuevos componentes constructivos.

Vinculación para intercambio de capacitación y transferencia tecnológica con instituciones escolares, instituciones universitarias, organizaciones populares y organismos gubernamentales y no gubernamentales.

Identificación y generación de redes de intercambio con otros emprendimientos regionales, preferentemente cooperativas, relacionados con la construcción.

3.2 Difusión y capacitación en obra.

Tomando como premisa la difusión de la tierra como material de construcción y teniendo en cuenta que en la región existen muy pocas experiencias de construcción en el ámbito formal con este material, la cooperativa de trabajo propuso un espacio de experiencia práctica para difundir el material. Del 12 al 15 de Enero se realizaron estas jornadas de capacitación en la que participaron 8 constructores de la zona interesados en conocer la tecnología de muros de bloques de tierra comprimida.

Los objetivos de estas experiencias eran capacitar a mano de obra local en técnicas constructivas que utilizaran la tierra como material de construcción y por otro lado integrar a la comuna en el conocimiento de estas alternativas constructiva que no están presentes en los códigos de edificaciones oficiales.

Hasta el momento se ha efectuado un taller para constructores de mampostería de bloques de tierra comprimida con cemento y esta previsto un taller de techo verde para principio de septiembre.



Figuras 4 y 5: Taller de mampostería de bloques de tierra comprimida para constructores locales.

3.3 Interrelaciones Institucionales

Siendo uno de los objetivos principales del emprendimiento el fortalecimiento de interrelaciones de trabajo justas que permitan el fortalecimiento de los emprendimientos productivos regionales y reconociendo que para intentar alcanzar esta meta es necesaria la participación de los actores locales y las instituciones que en la región vienen trabajando en este sentido, Teko se vincula institucionalmente con el CECОВI (Centro de investigación y transferencia para la construcción y la vivienda) dependiente de la UTN- Regional Santa Fe.

El CECОВI, referente en investigación con tecnologías que utilizan a la tierra cruda como material en la región y uno de los principales difusores en la región de esta alternativa constructiva, tiene en sus instalaciones laboratorios que permiten la certificación de aptitud técnica de los elementos constructivos con los que trabaja la cooperativa, por otro lado esta generando investigaciones que estudien la respuesta que brindan viviendas ejecutadas con esta tecnología con el fin de monitorear su comportamiento y verificar la durabilidad y necesidad de mantenimiento de las mismas.

De esta manera se comienza a entretelar entre los diferentes actores una red local que promueve la difusión, promoción, capacitación, investigación y ejecución de construcciones con materiales que incorporan ala tierra cruda como material de construcción. Universidad, Gobiernos Locales y Emprendimientos Regionales vinculados a la construcción del hábitat.

Para la generación de talleres a auto constructores o profesionales interesados en este tipo de tecnologías potencia su capacidad en el grupo FRONTERA, desde el cual se generan

estrategias novedosas e integrales de difusión y transferencia de construcción con materiales de bajo impacto ambiental. En este sentido se está planificando para el mes de septiembre un taller Fronterra, a modo de obra escuela en la sede de la cooperativa en la localidad de Arroyo Leyes.

4. CONCLUSIONES

A manera de conclusión nos atrevemos a decir que la difusión de la tierra como material de construcción, la promoción tecnologías devenidas de este material, la generación de recursos humanos comprometidos con estas técnicas y la aceptación regional de esta alternativa sustentada a partir de la optimización de recursos y del rescate cultural de formas locales de construcción; requieren también de una renovación integral de los espacios, las maneras de comunicar estas experiencias, y las estrategias para brindar respuestas constructivas de gran calidad. Y que para alcanzar esta meta será necesario sostener y acrecentar la vinculación interinstitucional y la generación de redes locales que con su accionar manifiesten que otra forma de habitar y construir el hábitat es posible. A manera de conclusión afirmamos que la difusión de la tierra como material de construcción, la promoción tecnologías devenidas de este material, la generación de recursos humanos comprometidos con estas técnicas y la aceptación regional de esta alternativa sustentada a partir de la optimización de recursos y del rescate cultural de formas locales de construcción; requieren también de una renovación integral de los espacios generados para la participación e intercambio de los diferentes actores interesados.

La sistematización, registro, evaluación y difusión de resultados de cada una de las experiencias permitirá renovar también las maneras de comunicar en función de un público específico y la elaboración de estrategias para brindar respuestas constructivas de calidad. Para alcanzar esta meta será necesario sostener y acrecentar la vinculación interinstitucional y la generación de redes locales que con su accionar manifiesten que otra forma de habitar y construir el hábitat es posible.

5. BIBLIOGRAFÍA

PELLI, Víctor Saúl. *Habitar, Participar, Pertenecer*. Editorial Nobuko. 2007.

ENET, Mariana, *Herramientas para pensar y crear en colectivo*. Cyted Habyted – Red XIV – f.

6. NOTAS

1 Proyecto FPR/F/BI/64/19 - "Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción" financiado por el Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) perteneciente a la Dirección de Innovación Ciencia y Tecnología (DICYT) dentro del marco del Memorando de Entendimiento de Cooperación Científica y Tecnológica entre el Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECYT) de Argentina. Ver ponencia "Fronterra: Talleres de capacitación // Uruguay_Argentina" en el VII Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, Sao Luiz, Brasil; 2008.

2 Reconquista (AR) Agosto 2007; Las Piedras (UY) Agosto 2007; Solymar (UY) Setiembre 2007; Santa Fe (AR) Octubre, 2007; Los Ceballos (UY) Noviembre 2007; Progreso (UY) Noviembre 2007; Isla La Fuente (AR) Diciembre 2007.

3 <http://celebratierra.blogspot.com>

4 La participación en talleres y jornadas de construcción con tierra es cada vez más frecuente y cuenta con mayor demanda en distintos países y regiones. En el caso del taller en Playa Hermosa coincidió en el tiempo con otros talleres similares en Argentina (curso-taller de construcción alternativa en tierra; febrero 2009; San Carlos de Bariloche, Río Negro), Brasil (curso de Introducción a la arquitectura en tierra; febrero 2009; Santo Antônio do Pinhal, São Paulo) y México (taller de revoques en tierra; marzo 2009; San Miguel de Allende, Guanajuato) - Fuente: <http://construtierra.org>

5 <http://www.fronterra.org>

6 "Instructivo para la organización de un encuentro "Celebratierra"

Maria Julia Cavallero: Arquitecta desde 2004, egresada de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral, Argentina. Integrante de la Cooperativa de Trabajo Teko.

Rosario Etchebarne: Arquitecta desde 1982, egresada de la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay. Experta en diseño, construcción y capacitación de tecnologías con tierra y materiales naturales. Investigadora titular de la Universidad de la República en tecnologías constructivas de bajo impacto ambiental y responsable científica de proyectos de extensión universitaria. Integrante de Proterra.

Alejandro Ferreiro: Arquitecto desde 2005, egresado de la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay. Docente G2 de la Cátedra de Arquitectura y Tecnología. Ha trabajado en diversas experiencias de construcción con tierra especialmente desde el ámbito universitario. Integrante de Proterra.

Helena Gallardo: Arquitecta desde 1994, egresada de la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay. Docente G3 de Anteproyecto III. Arquitecta integrante del equipo multidisciplinario en el Proyecto de diseño e implementación de proyectos piloto de promoción del desarrollo en el territorio del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Integrante de Proterra.

Ariel González: Ingeniero en construcciones, Magíster Scientiae en Metodología de la Investigación. Docente investigador del CECOV, UNT. Integrante de equipos interdisciplinarios sobre hábitat urbano y rural. Responsable de proyectos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías para viviendas de bajo costo. Integrante de Proterra.

Giuseppe Mingolla: Restaurador Arquitectónico desde 2004, egresado del I.P.A.R., Botticino, BS, Italia. Geómetra desde 2000, I.T.G. Tartaglia, Brescia, Italia. Integrante de la Cooperativa de Trabajo Teko.

Mariano Pautasso: Arquitecto desde 2003, egresado de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral, Argentina. Docente de la Cátedra de Hábitat Popular, UTN/UNL/ESS. Integrante de CECOV – UTN. Integrante de Proterra.

RECONOCIENDO LAS FORMAS LOCALES DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. LA EXPERIENCIA PUNA Y ARQUITECTURA 2005-2009

Jorge Tomasi⁽¹⁾; M. Carolina Rivet⁽²⁾; Ramón Ferrer⁽³⁾

⁽¹⁾ CONICET – Instituto Interdisciplinario Tilcara, Universidad de Buenos Aires
jorgetomasi@hotmail.com – 011-15-6682-1399

⁽²⁾ CONICET – Instituto Superior de Estudios Sociales – Instituto de Arqueología y Museo, Universidad Nacional de Tucumán
carolinarivet@hotmail.com – 0381-15-6204022

⁽³⁾ Proyecto Puna y Arquitectura – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de Buenos Aires
C.e. rferrer_143@hotmail.com – 011-15-31595997

Palabras clave: puna, formación, trabajo comunitario

RESUMEN

Realmente no hay ninguna novedad en sostener que el vasto universo de la construcción con tierra está escasamente considerado dentro de la formación de las facultades de arquitectura, por lo menos en Argentina. El sesgo que todavía existe sobre la temática lleva a que en muchos casos no exista referencia alguna dentro de las currículas de algunas facultades nacionales y en otras se la incorpore como una opción. Sin embargo son muchos los investigadores y equipos que han volcado su esfuerzo para revertir esta situación, tomando diferentes caminos. En particular desde la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, hemos comenzado junto a docentes y estudiantes un proyecto que busca el aprendizaje de la construcción con tierra desde los saberes locales de algunas comunidades de la Puna.

El proyecto Puna y Arquitectura comenzó a desarrollarse en el año 2005 y se sostiene hasta el presente con un trabajo continuo en las localidades de Susques y Rinconada en la Puna jujeña. Nuestra intención ha sido vincular la formación académica con la riqueza y amplitud de saberes que poseen aquellos constructores que en muchos poblados de la Puna trabajan cotidianamente con tierra. Se trata de poner en comunicación los saberes académicos con los saberes locales, no sólo desde una mirada teórica, sino también desde la práctica concreta de la construcción. Durante dos semanas se realizan trabajos en casas de diferentes familias seleccionadas por las organizaciones comunitarias. Los proyectos a realizar, sean nuevas casas o reparaciones en las existentes, son propuestos por las familias y las tareas las dirigen, en un diálogo constante con el equipo del proyecto, los constructores locales. Son ellos los que actúan como maestros de los participantes mientras se hacen los trabajos. Uno de los objetivos de esta experiencia es favorecer el reconocimiento de los saberes locales sobre la construcción con tierra, entre otros temas, e incorporarlos de alguna manera a la formación académica.

En esta ponencia esperamos recorrer las características metodológicas de la experiencia, el cómo se favorece el aprendizaje conjunto entre estudiantes y pobladores. Por otra parte intentaremos dar cuenta de los cuatro años de trabajo en las localidades de Susques y Rinconada, planteando tanto los objetivos alcanzados como aquellos puntos que requieren pensar nuevos caminos de trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

La ausencia de las temáticas alrededor de la construcción con tierra es prácticamente total en muchas, sino en todas, las Facultades de Arquitectura. En algunos casos su presencia se limita a seminarios o materiales electivos pero no existe en los programas obligatorios. Esto es por lo menos extraño considerando que al menos en nuestros países estas técnicas constructivas tienen una notable presencia y persistencia tal como lo ha relevado Graciela Viñuales (1994). Por otra parte, estos saberes constructivos no pertenecen sólo al universo de lo meramente técnico, es decir del cómo levantar materialmente un muro o una cubierta. En realidad, al menos en la Puna que es nuestro espacio de trabajo, forman parte de un cuerpo de conocimientos más amplio que involucra aspectos sociales y simbólicos desde los procesos históricos involucrados (Tomasi 2008). Pensar en las técnicas constructivas, en este caso con tierra, requiere involucrarse en aspectos como las reciprocidades entre las personas, los sentidos asociados al espacio, las historias y conflictos, y las necesidades y

expectativas de esas personas. La cuestión que nos interesa en este trabajo es cómo desde un espacio académico podría lograrse un acercamiento a estos aspectos, cómo pensar en lo constructivo desde las personas que realizan esos trabajos y no desde construcciones meramente externas y cómo trabajar en conjunto con esas personas desde sus propias necesidades.

En sintonía con estas búsquedas desde el año 2005 hemos intentado llevar adelante el proyecto "Puna y Arquitectura", una experiencia pedagógica y de extensión universitaria en Susques y Rinconada, dos poblados puneños de la provincia de Jujuy (Ver figura 1). Esta experiencia se basa en un intercambio entre estudiantes y pobladores en el que, al tiempo que se aprende mutuamente, se realizan trabajos de construcción y mejoras en las casas respetando los sentidos de la arquitectura local. El proyecto surgió inicialmente desde la cátedra Ramos, actualmente Aboy, de Historia de la Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, aunque también han participado estudiantes y docentes de otras cátedras e incluso de otras facultades y universidades. Como plantearemos, en el proyecto se ha buscado interrelacionar espacios de formación, trabajo de campo y reflexión con una intención interdisciplinaria.

En este proyecto hemos buscado, sin que sea el único camino, tener un enfoque orientado hacia el trabajo de campo. En este trabajo de campo todos los participantes conviven con las familias, compartiendo con los pobladores, reconociendo vivencialmente su realidad y sus valores. Se esperaba así facilitar un espacio en que se reconocieran otras formas de pensar y hacer arquitectura vinculándose con las técnicas, uso de los materiales y, fundamentalmente, formas de habitar locales, considerando los procesos históricos involucrados. Los trabajos se han realizado desde los vínculos con las familias pero fundamentalmente respetando el rol de las organizaciones locales. En este sentido, hemos trabajado con los Centros Vecinales, Comunidades Aborígenes y Comisiones Municipales en ambas localidades¹ buscando integrar sus diferentes miradas. Nos interesa tratar las problemáticas habitacionales, pero con el foco puesto en pensar esas problemáticas junto con las comunidades y desde su propio universo de soluciones posibles.

Si bien son sólo cifras, en los cuatro años de actividad llevados adelante se han realizado siete campañas de trabajo y se realizaron intervenciones en 22 casas tanto en espacios urbanos como rurales. Cada una de estas campañas tuvo una duración de dos semanas y las tareas fueron desde la reparación de techos con torta de barro o *guaya* hasta la construcción de habitaciones completas con adobe y piedra. Todos los proyectos surgieron de propuestas de las familias y las organizaciones locales y se fueron modelando con todo el grupo a medida que el trabajo iba avanzando. En total han participado más de 100 estudiantes de diferentes carreras y se han sumado alrededor de 130 personas de las mismas comunidades.

El objetivo de esta presentación es dar cuenta del enfoque desde el que hemos pensado esta experiencia, fundamentalmente en lo que se refiere al trabajo de campo. En un primer punto nos ocuparemos de los contextos, tanto de la Puna como de las facultades, que funcionan como la base problemática desde donde partimos. Luego recorreremos el modo en que este proyecto se ha organizado. Finalmente trataremos el rol del trabajo de campo en el proceso de formación.

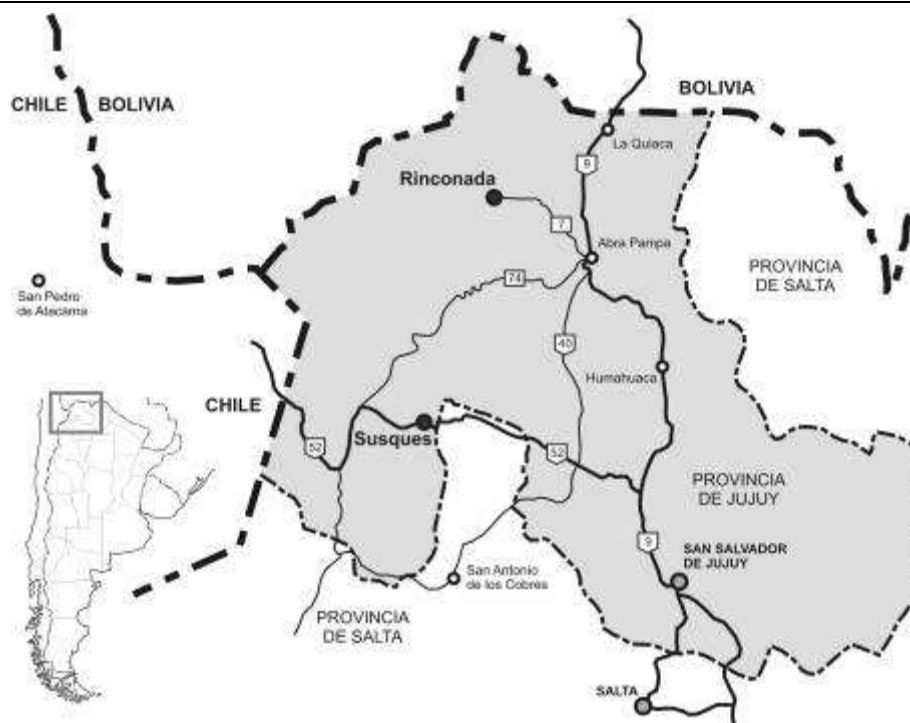


Figura 1. Ubicación de Susques y Rinconada en la provincia de Jujuy (Elaboración propia)

2. CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

Antes de desarrollar las características específicas de la experiencia de trabajo en la Puna como una instancia pedagógica, creemos necesario plantear una serie de párrafos introductorios. Por un lado esbozaremos algunas características del espacio social de la Puna desde una perspectiva histórica. Por el otro, nos interesa reflexionar brevemente sobre el tipo de formación que se brinda en el espacio académico. Muchas veces los proyectos con una inclinación de tipo "social" son pensados simplemente como una "solución" para ciertas comunidades "necesitadas". Entendemos que en este caso es necesario partir de una situación de doble problemática y sobre ambas hemos buscado que se asiente este proyecto.

2.1 El espacio puneño

En lo que se refiere al primero de los puntos, la realidad de la Puna, puede decirse que en las últimas décadas se han experimentando procesos acelerados de cambio en muchas comunidades puneñas². Estos cambios se ven reflejados, entre otros aspectos, en crecientes problemáticas respecto a la casa, y una tensión entre los valores que podríamos llamar "tradicionales" y los que llegan por diferentes vías. Esto incluye cambios en las formas comunitarias de construcción, técnicas, materialidades y usos de los espacios. Lejos de las habituales homogenizaciones que se construyen sobre el espacio social puneño, es de considerar que históricamente las realidades sociopolíticas, económicas y ambientales de los poblados donde se trabaja son diferentes. Esta cuestión está presente en el desarrollo de la experiencia. Desde las relaciones que se establecen con las organizaciones locales hasta ciertas técnicas constructivas utilizadas tienen sus particularidades en cada uno de los casos.

Para muchos de los pobladores puneños el pastoreo extensivo de llamas, cabras y ovejas constituye el sistema productivo básico y de acuerdo al trabajo de diversos investigadores lo ha sido también históricamente (Yacobaccio 1998; Gobel 2002; entre otros). Actualmente este sistema productivo convive con otras actividades como empleos en el Estado, comercio y minería. En este sentido, la vida cotidiana de muchas familias transcurre entre las casas en el campo y en el pueblo. Esto le da una característica particular al habitar, en tanto que cada grupo familiar tiene múltiples residencias: el sistema de asentamientos en el campo

relacionados con la movilidad del pastoreo, compuesto por *domicilios y puestos*, y la casa en el pueblo (Gobel 2002). Este es un punto importante puesto que las políticas de vivienda se orientan casi de manera excluyente al espacio urbano. Hemos intentado en este proyecto reconocer la importancia del trabajo con la *hacienda* para las familias y sus necesidades espaciales. Los trabajos constructivos se han desarrollado tanto en casas urbanas como rurales, incluso en *puestos de pastoreo* de acuerdo a las necesidades planteadas por los grupos familiares.

La tensión entre modelos muchas veces contrapuestos a la que nos referíamos anteriormente se observa en diferentes aspectos de la vida social de las comunidades. Cabe pensar en como se expresa esto en la práctica arquitectónica y específicamente en la problemática del espacio doméstico. Tanto en Susques como en Rinconada los planes de vivienda social responden a los esquemas “oficiales” que incluyen determinadas formas de habitar que se pretenden universalizar. Con el uso de determinados materiales ocurren situaciones parecidas, el adobe o las cubiertas con torta de barro son asociados con la precariedad y la pobreza de recursos de los pobladores. El uso de materiales alternativos, como la chapa o los bloques cerámicos, pareciera ser impulsado con el objetivo de lograr una “mejor calidad de vida”.

Siempre existe el riesgo de caer en simplificaciones extremas donde se construyen estos modelos como antagónicos y se observa una simple imposición desde ciertos actores, como el Estado, sobre los pobladores observados como meros receptores pasivos. No es este el punto donde nos paramos para el desarrollo de la experiencia. Más bien observamos una realidad de imposiciones, negociaciones y resistencias donde la población local tiene un rol activo y construye formas “subrepticias”, en el sentido de de Certeau (2000), modos de hacer alternativos al “oficial” en los que se expresan las tensiones y las resistencias al modelo, desde los valores locales. Por otra parte, un segundo riesgo es plantear un “congelamiento” de las comunidades al pensar el cambio simplemente en términos de pérdida. Tal como plantea Martín-Barbero, es el pensar el patrimonio desde la “inmovilización del tiempo” (1999:13) olvidando la dinámica de las prácticas culturales de las comunidades.

Hasta aquí el planteo que realizamos pareciera mostrar una realidad de imposición *sobre* las comunidades aunque una observación más detenida permite dar cuenta de las prácticas locales que se construyen en el marco de relaciones de poder asimétricas. Las mismas casas que se entregan en los planes de vivienda muchas veces son transformadas y apropiadas para adaptarlas a las formas de habitar locales. El “modo de emplear” los materiales industrializados responde a lógicas constructivas locales y muchas formas asociativas de construcción siguen estando presentes. Al mismo tiempo los materiales “tradicionales” se siguen utilizando y muchas casas se siguen construyendo respondiendo al esquema local de la casa en torno a un patio. De ninguna manera se trata de negar la existencia de prácticas oficiales que pretenden imponerse, ni tampoco que muchas políticas favorecen a la comunidad, sino de poner el foco en los numerosos espacios donde los pobladores constituyen sus propios fines. Es específicamente en esos “fines propios” donde se insertan los objetivos de este proyecto.

2.2 La realidad académica

Veamos ahora desde donde nos paramos en el espacio académico. Generalmente la formación que se brinda en las facultades de arquitectura, al igual que en otras carreras, se encuentra encerrada en los claustros universitarios. Escasamente los estudiantes tienen la posibilidad de enriquecerse con otras formas de conocimiento y de vincularse con las problemáticas de las comunidades. Esto implica un sesgo en la educación y un distanciamiento de la universidad con la sociedad. Se observa, al mismo tiempo, que la formación tiene un carácter esencialmente urbano y se centra mayoritariamente, en nuestro caso, en cuestiones de la Ciudad de Buenos Aires. Escasamente la problemática de la casa

rural y de su población está contenida en los programas de estudio o en las discusiones en las cátedras, dejando fuera de la formación una porción considerable del campo de trabajo de un profesional. Este recorte temático se observa en las distintas asignaturas de la carrera, tanto en los programas propuestos en diseño como en las otras materias.

Las técnicas tradicionales de construcción que se utilizan en una porción importante del país desde hace mucho tiempo, como la construcción con tierra, son escasamente mencionadas en los cursos de grado, observándose una clara inclinación hacia los "materiales de tipo industrializado". De esta manera las universidades terminan funcionando como espacios de reproducción de los esquemas dominantes y no como espacios de búsquedas alternativas. Es decir, en este caso se reproduce el sesgo sobre la construcción con tierra. En este contexto no debería sorprender que muchos profesionales, surgidos de estas mismas facultades, sigan mirando con extrañeza cuando se les habla de la pertinencia del adobe o de la conveniencia de una cubierta con torta de barro. Esta situación es aún más profunda cuando se trata de saberes populares ya que estos conocimientos están casi absolutamente ausentes de la universidad. De esta manera se deja de lado un enorme cuerpo de saberes y se minimiza el rol de todo aquello que no surge desde los espacios académicos. Esto se observa en muchas actividades de extensión en las que los pobladores son sólo sujetos de recepción de conocimiento y nunca de producción y transmisión, en un camino de enseñanza que sólo tiene una dirección posible.

De todas maneras no debe pensarse que el proyecto "Puna y Arquitectura" lo hemos pensado como una negación de la formación académica, sino que se planteó como un complemento, una búsqueda de sumar diferentes aspectos que hacen a la formación de los futuros profesionales. Hemos creído que el trasladar el lugar de aprendizaje a un poblado, convivir diariamente con las familias y generar una construcción conjunta del conocimiento facilita un espacio que nos ayuda a pensar no sólo en la "arquitectura" sino también en el rol de los profesionales. Esta forma de pensar el conocimiento como una construcción conjunta de diferentes actores es el tema que nos proponemos desarrollar en los siguientes puntos.



Figura 2. Trabajos en los cimientos en un *puesto* de pastoreo en Susques

3. EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Las dos situaciones planteadas en el punto anterior están relacionadas entre si y constituyen la base sobre la que nos apoyamos para el desarrollo del proyecto. La importancia de, por un lado, reconocer los modos de hacer locales y, por el otro, complementar la actividad académica. En el encuentro de ambas necesidades el proyecto se propone como un espacio *facilitador*³ de una construcción alternativa.

La experiencia se podría analizar como conformada por tres espacios de acción que están profundamente interrelacionados y superpuestos: formación, trabajo de campo e investigación. No se trata de momentos autónomos sino más bien de formas de aproximación de los estudiantes, docentes e investigadores que forman el proyecto, a la misma problemática. Esta dinámica de trabajo se ha ido transformando en estos cuatro años a medida que se reflexionaba sobre las acciones y se discutían nuestros presupuestos.

Los espacios de formación se dan en diferentes niveles en distintos momentos. Por un lado hemos puesto énfasis en la formación académica con una fuerte especialización en temáticas relacionadas con la problemática puneña. Todos los estudiantes que participarán en el trabajo de campo deben cursar un seminario intensivo dictado por una serie de investigadores que tienen o han tenido a la Puna como espacio de trabajo. De esta manera, reciben un panorama teórico desde distintas disciplinas como antropología, arqueología, geografía, música, arquitectura y patrimonio. La actividad, que cuenta con acreditación académica, busca que tengan una aproximación teórica a aquello que luego trabajaran desde la práctica. El trabajo de campo es un espacio de formación en sí mismo aunque bajo lógicas diferentes.

Durante las dos semanas que dura cada campaña los participantes, estudiantes y docentes, trabajan junto con las familias que fueron elegidas por las organizaciones locales de acuerdo a sus necesidades. El rol de maestro lo asumen aquí las familias y los constructores locales que se suman al trabajo.

Desde la práctica concreta de las técnicas constructivas los participantes aprenden las formas locales del hacer arquitectónico desde lo que transmiten los mismos pobladores. La participación de distintos constructores permite romper las miradas que suponen que las formas de construir en la Puna son homogéneas. Cada constructor tiene sus propias formas de llevar a cabo cada técnica y brinda en el trabajo su propia perspectiva construida desde su trayectoria personal y experiencia. A partir de esto es posible observar la considerable diversidad que existe en cada una de las comunidades.

Nuestro objetivo ha sido que los trabajos se realizarán siguiendo y reconociendo las técnicas del lugar, y respetado las expectativas que cada familia tiene sobre su casa. El objetivo del proyecto no se ha limitado a realizar intervenciones en una cierta cantidad de casas, sino que hemos pretendido que los participantes pudieran, al menos, observar que existen múltiples formas de pensar la arquitectura y que cualquier intervención como profesionales requiere el reconocimiento de éstas.

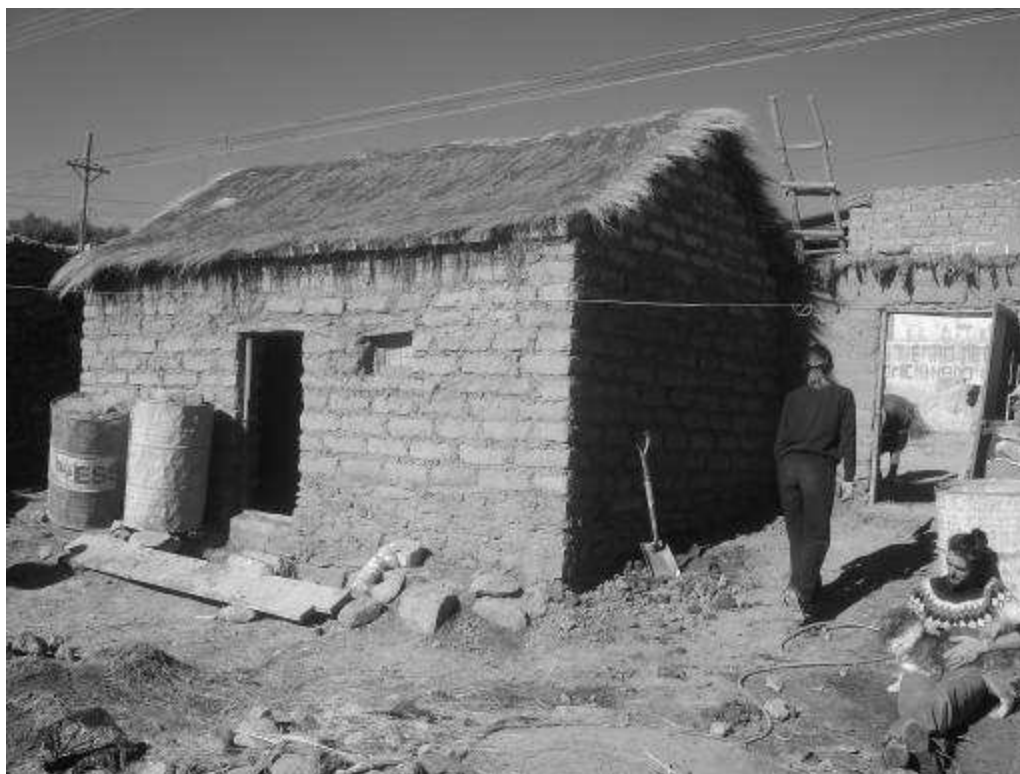


Figura 3. Una de las casas construidas en Rinconada en el contexto del proyecto

En el contexto de las tareas constructivas, cada equipo ha realizado un relevamiento detallado de las casas donde se realizaron los trabajos. Por un lado se han observado y registrado el patrimonio tangible e intangible existente, y por el otro las tareas constructivas que se fueron realizando durante la experiencia. El material recogido se procesó y sistematizó, para luego entregarlos a las comunidades participantes que lo han revisado y corregido. En tanto se busca que participen estudiantes de otras carreras, como antropología o sociología, los relevamientos se enriquecen con las distintas miradas disciplinares. En estos trabajos se ha recopilado un enorme cuerpo de información sobre técnicas constructivas con tierra en una región en la que no han abundado las investigaciones y menos sobre estas temáticas.

Estos relevamientos se han encarado con la expectativa de que actuaran como un primer paso en la introducción de los estudiantes en temáticas de investigación científica. Se espera que los estudiantes, con la colaboración de investigadores invitados, desarrollen trabajos de investigación relacionados con la temática y de acuerdo a sus propios intereses. Sin embargo en estos cuatro años de trabajo en el proyecto se ha presentado como uno de los temas más complejos para llevar adelante. Nuestra facultad no tiene una tradición en la formación de los estudiantes en investigación en la carrera de grado con lo cual muchas veces no cuentan con las bases necesarias. De todas maneras en base al material construido desde el trabajo de campo se han encarado investigaciones sobre las diferentes etapas de la construcción y los primeros avances son presentados en este mismo seminario.

4. REFLEXIONES FINALES: RECONOCIENDO LAS PARTICULARIDADES

Nos interesa reflexionar especialmente en el trabajo de campo como un espacio que nos permite pensar la construcción del conocimiento, no como un camino unidireccional sino como una construcción dialéctica. Pensar los roles de maestro y alumno como posiciones dinámicas que todos los participantes de la experiencia podemos asumir alternativamente durante el trabajo. Se trata de no delimitar taxativamente quién es "el que sabe" y quién "el que debe aprender", sino que, como lo plantean Rabey y Kalinsky para el trabajo de campo antropológico, "se trata, por el contrario, de una relación vincular que se establece entre dos

sujetos, ambos productores de conocimiento (...)” (1993). Tanto como es válida la producción académica del conocimiento que se da en la universidad, lo es la de las comunidades con las que trabajamos en la Puna. No partimos de una posición ingenua respecto a esto, somos plenamente conscientes que en lo cotidiano muchas veces el conocimiento de un poblador puneño es subvalorado. En este sentido, considerar en el proceso de aprendizaje las dos formas de conocimiento implica asumir una determinada posición.

Como hemos tratado de mostrar en este trabajo, en el contexto de la experiencia en la Puna el pensar la tarea en forma dialéctica se da en diversos niveles. Un primer punto importante, es el considerar a las organizaciones locales como interlocutores válidos y esenciales para el desarrollo de la actividad. En este sentido se pretende un respeto hacia la organización interna de cada comunidad. En ambas localidades han participado las Comisiones Municipales, Centros Vecinales y Comunidades Aborígenes incorporando así las múltiples miradas locales sobre el problema de la casa. Es así como, tanto las casas elegidas como los trabajos que se van a realizar en ellas surgen de permanentes negociaciones y aportes de todas las partes, y no como una respuesta genérica construida a priori. En otro plano, en las relaciones que se construyen entre quienes participamos en la experiencia desde la universidad y quienes lo hacen desde las comunidades se producen múltiples situaciones de interacción cotidianas. Las decisiones respecto al qué y al cómo se realizan los trabajos surgen de esa interacción. Los pobladores ponen en juego sus conocimientos, sus diferentes modos de pensar y hacer arquitectura, y los estudiantes también ponen los suyos, partiendo de la base del respeto hacia las intenciones de quienes van a vivir ese espacio. El intercambio se ha dado en el trabajo en múltiples sentidos puesto en algunos casos han sido los pobladores que han recordado técnicas constructivas viendo a sus pares utilizarlas y en otros, la participación de estudiantes y profesionales de distintas disciplinas favorecieron el diálogo entre ellos.

Un punto importante para lograr este tipo de vínculos es la experiencia, tomada como concepto de la antropología, del “extrañamiento”⁴, constituyéndose en un punto central de la propuesta. Esta experiencia del “extrañamiento” se presenta como una forma de aprehender lo distinto, buscando relativizar las categorías previamente construidas respecto a qué es una casa, sus usos y el rol de un profesional en su definición. En este sentido, el trasladar el espacio del aprendizaje fuera de las aulas, el encuentro con un “otro”, con una realidad diferente favorece una reflexión sobre estas categorías, las individuales y las que surgen de una pertenencia a un grupo y a un lugar. En palabras de Esteban Krotz:

“la situación del contacto entre culturas puede volverse, de esta manera, el lugar donde se puede ampliar y profundizar el conocimiento *de sí mismo*, y de su lugar de origen, para ser más exactos, de sí mismo *como parte de su lugar de origen* y de su lugar de origen *como el resultado de los actos humanos, es decir, de sus propios actos*.” (2002, resaltado en el original)

Bajando estos conceptos a la praxis específica del proyecto se busca *facilitar* las condiciones que favorezcan no sólo la reflexión sobre la problemática de la casa en la Puna sino también, y especialmente, el pensar sobre la propia actividad como personas, miembros de un grupo y participantes de un campo disciplinar.

Las técnicas constructivas basadas en el uso de la tierra tienen una presencia constante en los trabajos realizados a lo largo del proyecto. En la totalidad de las obras construidas en las 22 casas en las que se hicieron intervenciones tanto en Susques como en Rinconada se emplearon las técnicas locales enseñadas por los constructores del lugar. Técnicas que casi en su totalidad se basan en el uso de la tierra cruda. Es así como se levantaron cimientos y muros en piedra usando morteros de barro, cuando no fueron realizados en piedra los muros se elevaron con bloques de adobe realizados por las familias o por otros miembros

de la comunidad, y para las cubiertas en la mayoría de los casos se recurrió al *guayado*, es decir paja con barro, o directamente al torteado de barro⁵.

En este contexto decenas de estudiantes se han formado en las características de la construcción con tierra tanto desde una aproximación teórica como desde la práctica concreta bajo la dirección de quienes las usan en forma cotidiana. Pero fundamentalmente nos ha interesado reconocer cómo esas técnicas constructivas adquieren sentidos y formas particulares en estos lugares. Cómo los constructores las usan, las han aprendido y las transmiten. Las lógicas de estas técnicas y sus formas locales de uso forman parte del universo particular de las prácticas de las comunidades. Entendemos que el reconocimiento de los modos en que se expresan localmente las técnicas constructivas, en este caso las basadas en la tierra cruda, es de importancia para cualquier tipo de trabajo de intervención o extensión en cualquier comunidad.

En este sentido, creemos en, tal como plantea Jesús Martín-Barbero, “(...) la necesidad ineludible de que en las decisiones sobre lo que se considera patrimonio cuenten, tanto o más que los expertos y arqueólogos, las comunidades concernidas, único modo de que lo que se tiene por patrimonio responda no sólo al criterio de autenticidad sino sobre todo al de reconocimiento: que se trate de algo en lo que una colectividad concreta se reconoce como parte de su historia y su vida cultural” (1999:14).

5. BIBLIOGRAFÍA

BENEDETTI, Alejandro (comp.). *Puna de Atacama: sociedad, economía y frontera*. Editorial Alción. Córdoba. Argentina. 2003.

BENEDETTI, Alejandro. *Un territorio andino para un país pampeano. Geografía histórica del Territorio de Los Andes (1900-1943)*. Tesis doctoral. Universidad Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras. Argentina. 2005. Inédito.

DE CERTEAU, Michel. *La invención de lo cotidiano. 1 Artes del hacer*, Universidad Iberoamericana. México. 2000.

FREIRE, Paulo. *Pedagogía de la esperanza. Un reencuentro con la Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI. Argentina. 1993.

GOBEL, Bárbara. “La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)”. En: *Estudios Atacameños*, N° 23. Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo “R.P. Gustavo Le Paige SJ”, Universidad Católica del Norte, San Pedro de Atacama. Chile. 2002. pp. 53-76.

KROTZ, Esteban. *La otredad cultural entre utopía y ciencia. Un estudio sobre el origen, el desarrollo y la reorientación de la antropología*. Casa Abierta al Tiempo-FCE. México. 2002.

MARTÍN-BARBERO, Jesús. “Patrimonio: el futuro que habita la memoria”. En: *Somos patrimonio*. Convenio Andrés Bello. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 1999. pp. 13-14.

RABEY, Mario y Beatriz KALINSKY. “El contrato cognoscitivo. (Los antropólogos también son seres humanos)”. En: *Epistemología de las Ciencias Sociales*, Cuadernillo 1. Departamento de Ciencias Antropológicas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Argentina. 1993.

TOMASI, Jorge. “Arquitectura oficial y arquitectura popular. Una relación conflictiva”, En: *V Seminario Iberoamericano de construcción con tierra*. INCIHUSA. Mendoza. Argentina. 2006.

VIÑUALES, Graciela (Comp.) *Arquitectura de Tierra en Iberoamerica*, Editorial Habiterrra. 1994.

YACOBACCIO, Hugo y otros. *Etnoarqueología de pastores surandinos*. Grupo de zooarqueología de camélidos. Buenos Aires. 1998.

6. NOTAS

¹ Las organizaciones involucradas son: Comunidad Aborigen “Pórtico de los Andes” de Susques, Comunidad Aborigen de Rinconada, Centro Vecinal de Susques, Centro Vecinal de Rinconada, Comisión Municipal de Susques y la Comisión Municipal de Rinconada. En conjunto con estas organizaciones locales hemos incorporado también a la Prelatura de Humahuaca y sus parroquias en Susques y Rinconada.

² No es el objetivo de esta presentación dar un panorama exhaustivo de la situación de las comunidades puneñas sino presentar un contexto que facilite la comprensión del proyecto. Para más información sobre esta temática remitirse a: Benedetti (2003, 2005), Gobel (2002), Tomasi (2006), Yacobaccio (1998), entre otros.

³ Usamos el término *facilitar* en el sentido en que lo utiliza Freire (1993), siendo el acto de crear las condiciones que favorezcan el aprendizaje personal y grupal de los estudiantes, más que la entrega directa del conocimiento.

⁴ Krotz (2002) se refiere a la extrañeza como una experiencia dada por “la confrontación con las particularidades hasta entonces desconocidas de otros seres humanos”.

⁵ En esta ponencia no vamos a explayarnos en las características de estas técnicas constructivas. En este mismo seminario se están presentando avances de investigaciones realizadas por miembros de este proyecto en base a las observaciones realizadas en el campo. Sobre muros de piedra ver el trabajo de Schilman y Reisner: “EL TRABAJO EN PIEDRA EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN LOS POBLADOS DE SUSQUES Y RINCONADA (JUJUY, ARGENTINA)”; sobre el uso del adobe en estas localidades el texto de Barada y Tommei: “LOS USOS LOCALES DEL ADOBE. UNA APROXIMACIÓN DESDE EL ESTUDIO DE CASOS EN SUSQUES Y RINCONADA (PROVINCIA DE JUJUY)”; sobre estructuras de techos el trabajo de Corrales et al: “LA VARIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS TECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y PIEDRA. FORMAS Y SISTEMAS DE RESOLUCIÓN POSIBLES A PARTIR DEL ESTUDIO DE CASOS EN SUSQUES Y RINCONADA (JUJUY, ARGENTINA)”; sobre la técnica del *guayado*, el texto de Daich: “EL TECHADO CON TIERRA, ESTUDIO SOBRE LA TÉCNICA DEL GUAYADO EN SUSQUES Y RINCONADA (PROVINCIA DE JUJUY)”.

Jorge Tomasi: Arquitecto recibido en la Universidad de Buenos Aires, actualmente con sede en el Instituto Interdisciplinario Tilcara. Desde el año 2006 investiga sobre las características del espacio doméstico en Susques con una beca doctoral del Conicet, tema sobre el que ha realizado presentaciones en congresos y artículos. A partir del año 2005 coordina el proyecto “Puna y Arquitectura” desde la FADU-UBA.

Carolina Rivet: Arqueóloga egresada de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente desarrolla su investigación sobre organización territorial y relaciones interétnicas en la Puna de Atacama desde una aproximación arqueológica e histórica, con una beca doctoral del Conicet. A partir del año 2005 coordina el proyecto “Puna y Arquitectura” desde la FADU-UBA.

Ramón Ferrer: Es estudiante de Licenciatura en Economía en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. Desde hace ya tiempo forma parte del equipo del Proyecto Puna y Arquitectura en el que se desempeña como uno de los responsables.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. Transferencia en distintos ambientes y escalas de Argentina

Juan Carlos Patrone, Rodolfo Rotondaro, Liliana Alvarez

Instituto de Arte Americano, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, IAA FADU UBA Argentina argpa@yahoo.es; rotondarq@telecentro.com.ar
011-4253-1651 – 4574-0398 / Asociación Proteger-GEA Argentina

Palabras clave: enseñanza, construcción con tierra, argentina

RESUMEN

La tierra cruda es uno de los primeros materiales que fueron utilizados para la construcción en casi todos los territorios del mundo. Sin embargo, con la revolución industrial y los intereses económicos de los fabricantes y distribuidores de materiales, fue quedando en muchos países sólo como el recurso a utilizar por la población bajo la línea de pobreza que mantiene su legado cultural desnaturalizado, como es el caso del nuestro. Hoy, ante la visión de un mundo que parece complacido en su autodestrucción, la construcción con tierra surge, entre otras, como una de las tecnologías posibles para el logro de una arquitectura sustentable y un ambiente menos contaminado. En este trabajo se presentan resultados sobre la enseñanza de la construcción con tierra realizada en una diversidad de lugares de Argentina, tales como universidades, barrios, zonas rurales, a personas y grupos tales como estudiantes, autoconstructores, docentes, empleados municipales y profesionales de la construcción.

A través de cursos teórico-prácticos, clases teóricas y talleres de práctica específica, el tipo de enseñanza contempla la formación de alumnos de grado de arquitectura e ingeniería, charlas informativas generales en universidades públicas y privadas, Colegios Profesionales, ONG y organizaciones barriales y con prácticas específicas en talleres de identificación de suelos y sistemas constructivos. Se desarrollaron cursos en Tamandú (selva Misionera); con estudiantes extranjeros en La Primavera- comunidad Toba- provincia de Formosa; de diseño de viviendas en tierra cruda- comunidad Toba- y la Facultad de Karlstuhe de Alemania, Marcos Paz, Buenos Aires; en la ciudad de San Carlos de Bariloche (precordillera); talleres de fabricación de adobes y conocimiento de suelos en Santiago del Estero (monte), pasantías de grado y formación de investigadores en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, en seminarios para formación de investigadores; dirección científica de becarios CONICET; un curso teórico-práctico en La Rioja (zona árida Oeste); y clases teóricas y prácticas en el encuentro Celebratierra en Santa Fe-Paraná (pampa húmeda). A través de la experiencia realizada se obtuvo la difusión del tema en distintos ámbitos y escalas, la formación sistemática de pasantes, alumnos y becarios. Se logró un impacto favorable en cuanto a información y a formación de recursos humanos de distintas edades, ocupaciones y ámbitos geográficos. Se obtuvo la aceptación de Colegios Profesionales y de organismos No Gubernamentales y estatales, y la posibilidad de la reformulación del diseño pedagógico de la enseñanza del tema en función de las distintas realidades y necesidades registradas en cada ámbito de capacitación.

1. INTRODUCCIÓN.

La tierra junto a la madera y la piedra fueron los materiales mas usados en la antigüedad en la construcción del hábitat, posteriormente se incorpora el ladrillo cocido, que paulatinamente fue desplazando al adobe dada su mayor resistencia y durabilidad en climas húmedos y lluviosos, así fue quedando relegado como material para viviendas o construcciones rurales y a partir de la revolución industrial con la producción intensiva de maquinaria y herramientas que permitieron la producción de materiales con incorporación de mejoras tecnológicas, reducción de costos de mano de obra y fletes, que permitió la utilización de materiales y tecnologías de otras regiones y la posibilidad de controlar y normalizar los procesos constructivos, fueron confinando las tecnologías de la construcción con tierra cruda a regiones subdesarrolladas donde casi la totalidad de la producción de viviendas es auto construida o a poblaciones de zonas semidesérticas con fuerte arraigo cultural en estas tecnologías.

Otro condicionante importante en este desprestigio fue la cultura del modernismo privilegiando lo industrializado sobre lo artesanal que con la incorporación del conocimiento científico tecnológico, el perfeccionamiento de la maquinaria y el transporte, permitió elaborar

productos de mayor calidad y menor costo que los artesanales, quedando las artesanías poco elaboradas para el consumo de los pueblos subdesarrollados que no tuvieron acceso a la industrialización.

La transferencia de estos procesos artesanales que tradicionalmente se realizaba en forma oral y empírica fue quedando en el olvido perdiéndose la mano de obra idónea en estas tecnologías.

Hoy nos encontramos ante la visión de zonas devastadas por explotaciones intensivas, ciudades degradadas por la industrialización descontrolada y regiones contaminadas, el sueño del progresismo modernista ha sido puesto en duda por una realidad inocultable.

En este contexto resurge la construcción con tierra como una tecnología apropiada para un mundo sustentable, tornándose imprescindible la transferencia de estas tecnologías en todos los ámbitos relacionados con la construcción.

2. OBJETIVOS .

Los objetivos principales de estas actividades son los siguientes:

Generales:

- Difundir la enseñanza de los principales aspectos de la construcción con tierra en distintos niveles y ámbitos, con especial énfasis orientado a resolver problemas en el campo de la Producción Social del Hábitat.
- Informar al más amplio nivel sobre las características de la tecnología de la construcción con tierra cruda, sus ventajas comparativas y sus limitaciones, y sus posibilidades en las distintas regiones.

Específicos:

- Introducir a los participantes en los conocimientos generales sobre la construcción con tierra.
- Mostrar los avances y el estado del arte en este campo temático.
- Difundir el conocimiento de tecnologías sencillas y de bajo costo y sus posibilidades de aplicación.
- Realizar en talleres, prácticas de capacitación sobre las tecnologías de tierra, elaboración de elementos constructivos e identificación de suelos aptos para construir.

3. LA FORMACIÓN EN DISTINTOS ÁMBITOS Y GEOGRAFÍAS DE ARGENTINA.

3.1 Las experiencias en diversos ámbitos académicos,

La modalidad de la transferencia es variada, una de las posibilidades es a través de charlas o conferencias informativas en Universidades públicas y privadas como por ejemplo la realizada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Torcuato DiTella para alumnos de grado de la carrera de arquitectura, en la cual se trataron temas sobre un panorama global de la arquitectura de tierra sus ventajas, limitaciones, características, alcance y posibilidades a futuro; y como la de la Universidad Fasto de San Carlos de Bariloche, conferencia que versó sobre la arquitectura de tierra en general haciendo hincapié en sismo resistencia, características del material y panorama global de la construcción con tierra cruda, en marzo de 2009.

3.2 Curso-taller en la selva misionera

Curso-Taller "Bloques de tierra comprimida. Fabricación y empleo en la construcción", realizado en la localidad selvática de Tamandú, Misiones, 18 al 20 de Mayo de 2005, organizado por la

comunidad Mbya Guaraní local, el Municipio de 25 de Mayo y la Asociación Proteger. Fue coordinado por uno de nosotros (Alvarez) y dictado por otro (Rotondaro).

Las actividades se desarrollaron en tres lugares:

- en un aula de la escuela primaria local, para la clase inicial y algunos ensayos simples de tierras locales;
- en un sector semicubierto en la zona central de Tamandúá, donde se realizó la preparación de materiales, la fabricación de bloques y su acopio; y
- en la habitación de una casa de madera contigua, en construcción, donde se realizaron la clase final y se aclararon dudas de los alumnos.

Se realizaron clases prácticas con apoyo teórico, durante tres jornadas; reuniones con representantes comunitarios, personal técnico del municipio y educadoras locales; y tareas de planificación de actividades futuras (Rotondaro, Alvarez 2005).

El Curso-Taller contó con la participación de un grupo de jóvenes pertenecientes a la Comunidad de Tamandúá y de comunidades de zonas vecinas; y de un grupo de albañiles de la Municipalidad de 25 de Mayo. Participaron también, en forma parcial, las dos educadoras a cargo de la escuela (Figura 1).



Figura 1 – Taller en Tamandúá

Los organizadores lograron convocar e interesar a pobladores de Tamandúá y de otras Comunidades vecinas, y a personal técnico del municipio de influencia, 25 de Mayo y de la escuela primaria local. Se logró el interés expreso de la Municipalidad de 25 de Mayo para apoyar las actividades del Curso-Taller y también para vincularse con el proyecto marco de la Asociación Proteger. La modalidad de realizar la capacitación sobre todo con prácticas, con apoyo teórico continuo, fue la adecuada para el contexto local. Hubo un avance satisfactorio en el sentido de que los alumnos comprendieron la importancia de la ubicación y selección de tierras, tanto como de los controles de calidad durante la fabricación y secado de los bloques. Hubo interés manifiesto de los alumnos en la idea de aprovechar tierras locales para transformarlas en materiales constructivos, cuidando de no generar impactos perjudiciales a la naturaleza circundante.

3.3 Curso-taller en San Carlos de Bariloche.

Cursos-Taller “Construcción en tierra”, San Carlos de Bariloche 19 al 21 de Febrero y 13 al 15 de Marzo de 2009. Los cursos fueron organizados y difundido por el Grupo Construcción

Natural Bariloche. La coordinación general estuvo a cargo de Sandra Peitsch, Marianela Romero, Carlos Fernández y el Arq. Alvaro del Villar. Colaboraron las escuelas Fundación Gente Nueva y Cailén (instalaciones, materiales, herramientas, equipo de proyección) y el INTA de Ing. Jacobacci con el transporte de la bloquera CINVA-RAM. Se contó con el apoyo financiero de la Municipalidad de San Carlos de Bariloche, quién además declaró de interés municipal el Curso-Taller (Declaración N° 1387- CM-09 de fecha 5 de Marzo de 2009). El grupo docente estuvo integrado por los autores.



Figura 2 – Taller en Fundación Gente Nueva



Figura 3 –Cortando adobes

Las actividades se desarrollaron en dependencias cubiertas y abiertas de las escuelas Fundación Gente Nueva y Cailén. Como parte de las actividades de extensión del Curso-Taller se realizó además una charla informativa (Rotondario) en la Universidad FASTA de San Carlos de Bariloche, sobre el tema “Construcciones de tierra en zonas sísmicas. Nociones introductorias al tema”. El Curso-Taller contó con la participación de entusiastas, autoconstructores, ceramistas, estudiantes universitarios, maestros rurales, arquitectos e ingenieros residentes en San Carlos de Bariloche y zonas rurales próximas (Figuras 2 y 3). Participaron también grupos de alumnos de 6° y 7° grado de la Escuela Cailén en la preparación de tierras y pastones de barro con fibras para fabricar adobes. La modalidad de realizar la capacitación con énfasis en las prácticas constructivas pero con apoyo teórico sustentado por conocimiento científico-técnico fue la adecuada para tratar el tema, en particular por la situación de Bariloche en cuanto a su localización en zonas con riesgo sísmico 2. Hubo una comprensión de la importancia de la ubicación y selección de tierras, tanto como de los controles de calidad durante la fabricación y secado de los mampuestos así como también de la quincha rústica elaborada.

Hubo mucho interés manifiesto por parte de los alumnos de continuar trabajando de manera organizada en la ciudad, para apoyo de la autoconstrucción, así como también de mejorar la capacitación de técnicos y profesionales de los organismos públicos competentes en el campo de la vivienda y la construcción.

3.4 Talleres de capacitación en el monte santiagueño

Durante 2008 y 2009 se realizan talleres de capacitación a pobladores rurales campesinos en el paraje San Jorge, Departamento Figueroa, en la provincia de Santiago del Estero. La actividad forma parte del proyecto de la Fundación Pilotos Solidarios titulado “Sistema de captación y almacenaje de agua de lluvia en zonas áridas”, dentro del cual se contemplan tareas de información y capacitación para formar autoconstructores locales y permitir la construcción de un prototipo del sistema en una vivienda existente, con participación de beneficiarios directos. La capacitación se concentró hasta el momento en el estudio de recursos materiales y humanos locales, la identificación de las tierras y mezclas, y la fabricación de adobes tradicionales con tierras arcillosas y fibras (“pasto” y estiércol de caballo) (Figura 4).



Figura 4 – Producción de adobes

En las capacitaciones participan dos familias, una de ellas beneficiaria directa, integradas por niños de 8 a 13 años, mujeres y varones jóvenes y adultos, y una organización social de tejedoras de la zona, las Warmis Yamcadoras (Asociación Civil). Las prácticas incluyen la formación necesaria para que la gente pueda reconocer las diferencias de las distintas tierras locales, mezclas de tierras y tierras con fibras en distintos porcentajes en volumen, y la fabricación de adobes tradicionales con pisadero dejando reposar el barro dos días y empleo de moldes manuales simples de madera dura.

3.5 Formación de grado y postgrado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA).

Como parte de los objetivos del programa de investigación ARCONTI, Arquitectura y Construcción con Tierra, con sede en el Instituto de Arte Americano y que dirige uno de nosotros (Rotondaro), se diseñaron y se realizan actividades de información y formación de recursos humanos para estudiantes e investigadores y docentes de la carrera Arquitectura de la FADU-UBA, desde el año 2005. Las actividades incluyen, por un lado, la formación de pasantes de grado durante períodos cuatrimestrales, con la posibilidad al alumno pasante de acreditar una materia electiva de 60 horas de duración. Se incorpora a estos pasantes dentro de las tareas de investigación del programa, y cada plan de trabajo incluye tareas de investigación bibliográfica, sistematización de información, taller de identificación de suelos y elaboración de monografía final (Martins Neves 2004).

Los pasantes son dirigidos por uno de nosotros (Rotondaro) y cada pasante puede estar dentro del programa un máximo de dos cuatrimestres. Las monografías integran un bando de datos dentro del IAA de la FADU-UBA.

3.6 Seminarios FI (Formación de Investigadores)

Se realizan clases teóricas y talleres cortos en seminarios de investigación del sistema de formación de investigadores de la Secretaría de Investigación de la FADU-UBA (Seminarios FI). Desde 2006 se realizaron dentro del seminario FI “Puna y Arquitectura”, que dirige el Arq. Jorge Tomasi (CONICET), y fueron dictados por dos de nosotros (Patrone y Rotondaro), y en 2008 se dictó un seminario específico titulado “ARQUITECTURAS DE TIERRA: Pasado y presente de una tradición constructiva”. Los docentes fueron la Dra.Arq. Graciela Viñuales, Centro Barro-CEDODAL/CONICET; El Dr.Prof. Arq. John Martin Evans, Centro CIHE-SI-FADU-UBA; el Arq. Jorge Tomasi, Instituto Interdisciplinario Tilcara/CONICET, y dos de nosotros (Rotondaro y Patrone). Estuvo dirigido a estudiantes avanzados y graduados de las carreras de Arquitectura, Ingeniería Civil, y profesiones afines a las Ciencias de la Construcción, y contó con la

participación de 22 alumnos.

El contenido temático del seminario incluyó aspectos referidos a la historia y la conservación del patrimonio, el panorama general global y de Latinoamérica, el panorama argentino, estudios de caso, ensayos, identificación de tierras, estabilización, sistemas constructivos, aspectos higrotérmicos y enseñanza.

3.6 Formación de Becarios CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas).

Desde el 2003 y dentro del programa ARCONTI, IAA-FADU-UBA tienen sede proyectos de investigación de profesionales (arquitectos) que obtienen una beca doctoral de tres años de duración y están dirigidos por uno de nosotros (Rotondaro). Las becas tratan temas de investigación científico-tecnológica referidas al estudio de las patologías constructivas de la edificación con tierra (Arq. Rodrigo Ramos, Noroeste argentino); el diseño y experimentación de componentes y elementos constructivos para mejorar la vivienda urbana del Gran Buenos Aires (Arq. Alex Schicht); los sistemas de muros tierra de la vivienda del Noroeste argentino y propuestas para sistemas monolíticos (Arq. Josefina Chaila); y el estudio de los patrones constructivos y de organización espacial en valles y quebradas de La Rioja (Arq. Guillermo Rolón).

Todas las becas tienen como exigencia la realización de una Tesis Doctoral, que habitualmente es realizada con el mismo tema y partir del plan de investigación elaborado para la beca (Guerrero Baca y otros 2006).

3.7 Curso-taller en La Rioja.

Se tituló "Arquitectura en tierra. Tradiciones, patrimonio y desarrollo sustentable" y se realizó en las ciudades de La Rioja y Vinchina, provincia de La Rioja, del 26 al 28 de Octubre de 2006. Fué organizado por el Gobierno de La Rioja a través de la Subgerencia de Patrimonio Cultural y Administración de Museos y la Agencia de Cultura, con el apoyo de la Universidad Nacional de La Rioja, Departamento de Ciencias Aplicadas a la Producción, al Ambiente y al Urbanismo, y del Arq. Luis A. Orecchia, titular de la Asociación Pro-Patrimonio-La Rioja.

Las actividades incluyeron clases teóricas intensivas durante dos jornadas en la ciudad de La Rioja (Agencia de Cultura), y un taller de campo que se desarrolló mediante una recorrida hasta la localidad de Vinchina visitando distintas obras de tierra (viviendas, construcciones domésticas, Iglesias) y relevamientos de construcciones de tierra en Vinchina. En esta localidad se contó con el apoyo organizativo del municipio local, el sábado 28.

El Curso-Taller contó con la participación de 42 alumnos durante las clases teóricas y de un grupo de 15 alumnos para el taller de campo. Participaron arquitectos, ingenieros, geógrafos, historiadores, alumnos avanzados de la carrera Arquitectura de la Universidad Nacional de La Rioja, y alumnos de colegios técnicos de La Rioja (Figura 5).

El Curso-Taller contó con la colaboración del Sub-Secretario de Cultura de Catamarca, Arq. Omar Toledo, quién mostró sus avances de gestión y de obras dentro del proyecto La Ruta del Adobe en la vecina provincia, y también aportó su experiencia como colaborador en el trabajo de campo. En el taller de campo se realizó un relevamiento del estado actual del edificio de adobe de la primera escuela de Vinchina, en área urbana, mediante el cual se registraron imágenes de conjunto y parciales de las distintas partes del edificio (muros, techos, revoques, columnas de galerías, pisos y revoques), para poder elaborar un pre-diagnóstico de la patología presente (Viñuales 2005).

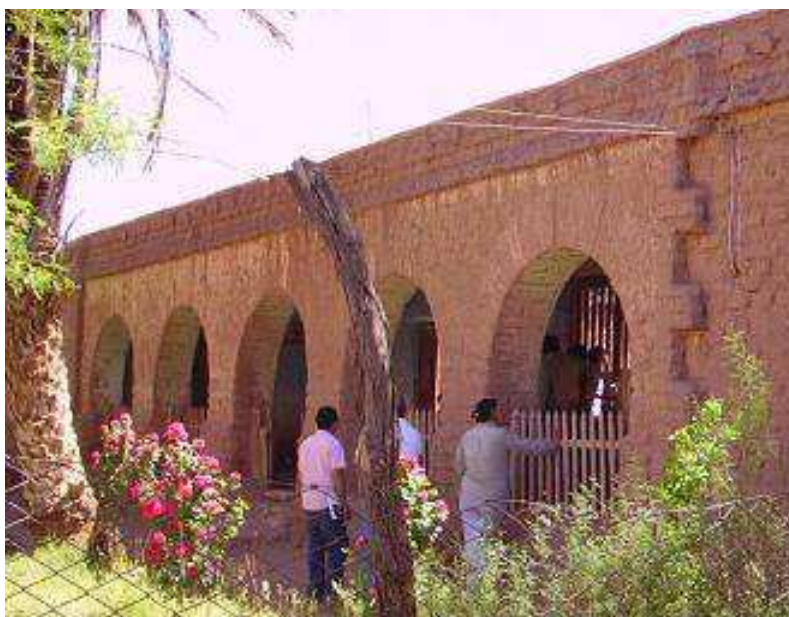


Figura 5 – Edificio en Vinchina

3.8 Capacitación en ONG y Organizaciones Barriales

En el centro vecinal EL Progreso, Bancalari Provincia de Buenos Aires, coordinado por la ONG SEDECA (Secretariado de Enlace de Comunidades Autogestionarias) a través de el sociólogo Julio Clavijo, se llevo adelante el montaje de una fabrica de BTC en el año 2004, con el fin de generar alternativas constructivas de bajo costo y empleo local. Colaboraron el arquitecto Carlos Otegui de "OyS arq" y Oscar Serrano presidente de la Asociación Civil el Progreso. La primera fase se realizó con la modalidad de un taller teórico práctico para capacitar vecinos en la producción de bloques de suelo cemento. Se realizaron pruebas sensoriales con tierra "tosca", con el fin de familiarizarse con la materia prima y se compró una bloquera manual del tipo CINVA-RAM. Realizado el taller de producción de bloques, desde SEDECA se propuso capacitar a los responsables en la organización técnica de la producción, en la comercialización, distribución y mercadeo. Se capacitó para el cálculo del precio del producto, el precio de venta y los registros indispensables para el funcionamiento del emprendimiento. Se planifico un entrenamiento sistemático para la transformación de la tierra en bloques, capacitándose en :las tareas conducentes a ese fin. Se capacitó para la construcción de paredes de bloques de suelo cemento, con la técnica tradicional de la mampostería con las cuales se construyó el cierre perimetral del salón de la Asociación Civil El Progreso. Todo el proceso de capacitación incluido revoques, protecciones superficiales y organización de la producción, estuvo a cargo de uno de nosotros (Rotondaro). Desde SEDECA y con el apoyo del centro vecinal, se implementó una línea de microcréditos para los vecinos, con cuotas muy bajas, para la venta de 500 bloques por familia. Resultado de esta actividad se compraron más de 3000 bloques y por autoconstrucción se realizaron distintas ampliaciones y mejoras en casas de los vecinos adscriptos al plan. (Rotondaro 2004).

3.9 Participación en Celebratierra Paraná - Santa Fe –2008

En Agosto del 2008 se realizó el encuentro "Celebratierra. Tecnologías alternativas de bajo impacto ambiental", en Santa Fé (Santa Fé) y Paraná (Entre Ríos), organizado por la UTN Facultad Regional Santa Fe, la UNL Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, el Colegio de Arquitectos de Santa Fe Distrito 1, el Colegio de Arquitectos de Entre Ríos y la Biblioteca Popular Caminantes de Paraná. En este encuentro se participó con dos tipos de actividad: un taller de reconocimiento de tierras con ensayos sensoriales (rotatorio con los otros talleres del encuentro), y una charla sobre difusión general de distintas obras construidas con tierra en

Argentina. La modalidad de Celebratierra fue la de organizar prácticas intensivas con un grupo de instructores internacionales (Roberto Mattone y Gloria Passero, Italia; Celia Neves, Brasil; Ramón Aguirre, México; Rosario Etchebarne, Uruguay; y Mario Boruchalsky y Rotondaro por Argentina), acompañadas por charlas y exposiciones en ámbito académico (Figura 6).



Figura 6 – Reconocimiento de suelos – Celebratierra

El encuentro tuvo la coordinación general del Ing. Ariel González (UTN Santa Fé-fronterra) y contó con la asistencia y participación de constructores, alumnos universitarios avanzados, arquitectos, ingenieros, geólogos, y personas vinculadas a organizaciones sociales diversas, provenientes de varias provincias argentinas y de países vecinos.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La estrategia para la formación de recursos humanos que tiene el programa ARCONTI, en sociedad con el grupo terrabaires (www.terrabaires.com), es la de informar y formar a distintas escalas y niveles y en distintos ámbitos geográficos de Argentina, a personas interesadas en la temática de la Arquitectura y la Construcción con Tierra. El diseño de la formación y transferencia de conocimientos y técnicas se ajusta de acuerdo con el grupo o entidad demandante, y está enfocada en una formación que contemple tanto aspectos de la tecnología de construcción con tierra como también sobre los mitos a favor y en contra que existen actualmente, y en general sobre el gran desconocimiento que existe en el tema.

Otra de las tareas que se realiza para apuntalar la formación es la publicación y la presentación de resultados sobre la enseñanza de la construcción con tierra en jornadas y congresos de alcance nacional e internacional, y al interior de las facultades de arquitectura y diseño (Buenos Aires, Tucumán, Mar del Plata, Santa Fé).

Después de más de una década de realizar tareas de formación de recursos humanos en diversas regiones de Argentina, una de las conclusiones principales es que hay tanto desconocimiento como interés en el tema, y que potencialmente podría realizar aportes valiosos en la autoconstrucción popular como en la acción estatal.

Desde el punto de vista pedagógico y del diseño de los cursos, talleres y clases, la conclusión más importantes es que tanto las prácticas y el conocimiento de las tierras y su comportamiento con distintos estados hídricos, el apoyo teórico con reflexión, basado en antecedentes empíricos y en conocimiento científico-tecnológico, es la mejor combinación de saberes para abordar la enseñanza de este tema en un país como Argentina, con tanta diversidad cultural y ambiental.

5. BIBLIOGRAFÍA

GUERRERO BACA Luis F.; MERAZ QUINTANA Leonardo; SORIA LÓPEZ Francisco – Lecciones de la Tradición Constructiva en Tierra – V SIACOT – Argentina 2006 14 Pags.

MARTINS NEVES Celia – Mecanismos para Transferencia de Tecnología para Habitação e a Experiencia do Proyecto Proterra – Memoria III SIACOT - Proyecto Proterra XIV.6; CRIATIC FAU – UNT – Argentina 2004

ROTONDARO Rodolfo, ALVAREZ Liliana – Capacitación para la Producción de BTC en la Selva – Construcción con Tierra 1 – CIHE SI FADU – UBA – ISSN 1669-8932 Argentina 2005

ROTONDARO Rodolfo – Transferencia Tecnológica en el Hábitat Popular de Argentina – Construcción con Tierra 3 - CIHE SI - FADU – UBA; IAA SI FADU – UBA SIN 1669-8932 Argentina 2007

VIÑUALES Graciela – La Arquitectura de Barro y la Conservación del Ambiente – Construcción con Tierra 1 - CIHE SI - FADU – UBA ISSN 1669-8932 - Argentina 2005

Juan Carlos Patrone: Arquitecto Investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE-FADU-UBA y el Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, FADU UBA Trabaja desde 1976 en forma independiente y en empresas y organismos estatales en proyecto, dirección y construcción de edificios. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA. Director del centro terrabaires.

Rodolfo Rotondaro: Arquitecto, Máster CRATerre/UPAG. Es Investigador Independiente del CONICET en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, dirige el Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra). Trabaja desde 1986 en la investigación y el desarrollo de la Arquitectura de Tierra en la Argentina, Co-dirige el Centro de Asesoría Técnica “terrabaires” (Buenos Aires), Es miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Liliana Álvarez: Arquitecta bioambiental. Asesora en temas ambientales en la Defensoría del Pueblo de la ciudad de Buenos Aires (1999-2004). Integrante de la Dirección de Gestión Educativa Ambiental de la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires (2005-2007). Directora de proyectos bioambientales en la Asociación Proteger (Miembro Observador en la Comisión sobre Cambio Climático en Naciones Unidas). Miembro de GEA-Argentina (Estudios de geobiología).

POSTERS

TRABAJO DE TALLER DE ESPACIO EN TIERRA «SOBATO» EN BOLIVIA Y JAPÓN

Shinichiro Takahashi

Taller de Espacio en Tierra «SoBaTo»
3-11-32 Izumi Suginami-ku Tokio-Japon Tel : 81-80-3425-6174
E-mail : sobato@hotmail.co.jp HP : www.sobato.jp

Área temática II: arquitectura de tierra y medio ambiente: creatividad y sustentabilidad

Palabras clave: trabajo de arquitectura de tierra en Republica de Bolivia, trabajo de arquitectura de tierra en Japón, arquitectura contemporánea en tierra

Resumen

GATCCEA (Grupo de asistencia técnica para construir centros de educación alternativa), UNICEF y la ONG «INFANTE» en Cochabamba.

Allí se construyeron cuatro centros de los anteriormente mencionados, para la construcción de estos se utilizó adobe y revoque de tierra de la técnica japonesa.

Como trabajador de SoBato: estuve supervisando la fabricación de 12000 adobes para el centro de discapacitados en Quillacollo-Cochabamba.

Asimismo aquí en Japón he diseñado y he hecho proyectos de arquitectura. Por ejemplo: Remodelación de casas usando piso taconada etc, murallas de tierra (Cob), banco de base de tapial y acabado de la técnica de revoque brillante.

De igual manera he hecho análisis de tierra junto con La Universidad Nacional de Yokohama y he hecho experimento de comprensión de adobe con cal y paja junto con La Universidad Nacional de Tokyo .

Aparte de esos trabajos cada mes escribo artículos sobre arquitectura para la revista «LA TECNICA ALBAÑILERA»; en Bolivia, Perú y Japón.

De abril del 2001 a marzo del 2005: ONG « GATCCEA»

Shinichiro Takahashi Arquitecto

desde abril del 2005 hasta la actualidad: Taller de Espacio en Tierra «SoBaTo»

Marzo del 2001: Primer premio de proyecto de graduación y premio conmemorativo de ciencia de Kodama sobre tesis

Octubre del 2005: premio de 5to lugar en competencia del diseño de Unyon 2005.

TIERRA CRUDA Y SISTEMAS DE PATRIMONIO TERRITORIAL: SOSTENIBILIDAD TECNOLÓGICA Y MATERIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PAISAJE CULTURAL DEL OESTE ARGENTINO

Gabriela Pastor

CONICET – IADIZA CCT Mendoza CONICET

gpastor@mendoza-conicet.gov.ar

tel: (54) 261 5244102 - fax: (54) 261 5244101

Área temática: IV. Patrimonio edilicio

Palabras clave: sistemas patrimonio territorial, paisaje cultural, sostenibilidad

Resumen

El patrimonio construido en tierra cruda constituye una de las señas de identidad más tangibles de los procesos de construcción del paisaje cultural. En ellas se revelan algunos posicionamientos de la sociedad que los habita como las modalidades de producción del habitat, los usos del territorio, su organización o el lenguaje expresivo de los mismos, entre otros. Además, como construcción social, el patrimonio de tierra cruda es sensible a las dinámicas que inciden en la producción del territorio. De allí que es factible observar cambios y transformaciones que están teniendo lugar y que afectan la sostenibilidad de los paisajes culturales.

Por otra parte, el concepto de patrimonio como noción vinculada a los bienes construidos, presenta un desarrollo significativo en su evolución tendiente a dotarla de mayor contenido e inclusividad en cuanto a bienes, valores y significados. No obstante ello, aún persisten limitaciones para comprender, valorar, operar y gestionar las señas de identidad presentes en los paisajes culturales -particularmente las de los territorios periféricos- así como también, para satisfacer las demandas de conocimiento y valoración para la gestión del patrimonio, particularmente, el construido en tierra cruda.

Estas consideraciones son las que han inducido al desarrollo de una línea de investigación -de las que esta comunicación pretende dar cuentas- que persigue ahondar en los sistemas de patrimonio territorial como marco conceptual y operativo que permita salvar las insuficiencias teóricas y prácticas para la protección, ordenación y gestión del patrimonio en tierra cruda del paisaje cultural del área andina argentina.

Para ello se plantea el análisis del conjunto de testimonios-marcas territoriales de diversos dispositivos constructivos en tierra cruda. Este abordaje se realiza desde un encuadre conceptual que pondera la identificación de los sistemas de patrimoniotorritorial en los que se sustentan los paisajes del oeste argentino, que se resuelve en la red de materiales y técnicas constructivas en tierra cruda articulados en diversas escalas. A partir de allí, se analizan, los testimonios construidos en tierra cruda presentes en las dimensiones estructurales, funcionales, formales y sociales del paisaje y se evalúa, la sostenibilidad tecnológica y material de la construcción con tierra desde el punto de vista de la conservación y desarrollo de los paisajes culturales. Las conclusiones se orientan a señalar algunos criterios tendientes a identificar buenas prácticas que apunten a la sostenibilidad del patrimonio de los paisajes culturales andinos.

Gabriela Pastor Arquitecta por la Universidad de Buenos Aires y Doctora por la Universidad de Sevilla. Es Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y desempeña sus tareas en el Instituto Argentino de Investigaciones en las Zonas Áridas (IADIZA) perteneciente al Centro Científico Tecnológico Mendoza. Su línea de investigación se articula sobre los procesos de construcción del paisaje cultural, el patrimonio y el turismo en las estrategias de desarrollo

**REENCONTRARSE EN CASA. «TINKUNAKUY WASIPI»
(voz quichua)
RECREANDO EL ESCENARIO VITAL DEL HOMBRE
LA ARQUITECTURA COMO CONDICIONANTE DE SU CALIDAD DE VIDA**

Mónica Patricia Esper

Taller estudio Bioarkitectonika. Espacios naturales

info@bioarkitectonika.com.ar te. fax 01145679623

Arquitectura de tierra y medio ambiente

Área Temática II: Arquitectura de tierra y medio ambiente: creatividad y sustentabilidad

Palabras clave: arquitectura, ambiente, tierra, hombre, energía, hábitat de paz

RESUMEN

OBJETIVO-PROPUESTA

El hombre se ha alejado de su esencia , ha disgregado, separado , peleado ,contaminado «especializado» Hemos perdido el rumbo , el faro , el nexo , el puente ...la unión La COMUNIÓN LA RELIGIÓN ,Re –ligarse con

Por eso:

Esta presentación es una convocatoria para cambiar nuestro estado de conciencia hacia una apertura Holística, Transdisciplinaria, genuina y ponernos a reflexionar.

La arquitectura ¿determina la calidad de vida del hombre? **SI, LA ARQUITECTURA ES LA ACCIÓN INTERACTIVA ENTRE DISTINTAS DISCIPLINAS QUE INFLUYEN EN EL BIENESTAR...SER Y ESTAR BIEN**, Logrando Espacios que intentan volver a dar cobijo nuevamente, armonizando habitante y hábitat como un todo, la energía, el espíritu, el hombre, la arquitectura, la tierra el universo todo.

DESARROLLO CONCEPTUALIZACION

La visión tradicional de la ARQUITECTURA, se limita al estudio y desarrollo de factores constructivos y artísticos: materiales de construcción, funciones, formas, muebles, objetos, obras de arte, energías, etc. **Aquí apunto hacia una VISIÓN HOLÍSTICA, UNA META ARQUITECTURA, IR MAS ALLA DE**, intentando mejorar la CALIDAD DE VIDA, Desde una propuesta que respeta la necesidad FÍSICO-PSICO – ESPIRITUAL— AMBIENTAL, de quién HABITARÁ ese espacio, protegiendo y reconectando «Para ser un elemento más de la CONSTRUCCIÓN DE LA IDENTIDAD, CON DIGNIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL CREATIVIDAD Y REGIONALISMO, RE-LIGANDO, RE-CREANDO, RE ARMANDO O ARREGLANDO, Para Volver a Dar Vida...A una ARQUITECTURA VIVIENTE, SAGRADA, ORGANICA, «QUE SIRVA A LA VIDA DONDE ALLÍ SE ENCUENTRE EL GOZO Y LA ALEGRÍA DE GERMINAR LAS SEMILLAS» Al reencuentro de un habitat, hogar para la paz, Arquitectura como Puente, Nexo, Alianza entre el Cielo y la Tierra.

Arquitectura como Canal, Cósmica, Holonística, Integradora, Sintergetica, sumándole a la arquitectura tradicional para «REENCONTRARSE EN CASA».

MARCO CONCEPTUAL

Entonces consideramos que el aporte de disciplinas tales como: Bioenergía , Focusing, Permacultura, Biología de la construcción, la Geometría Sagrada, la Psicogeometría, Arquitectura Orgánica, Sociología, Psicología, Antropología, , Medicinas complementarias (Homeopatía , Antroposofía , Auriculomedicina , Medicinas orientales , Energéticas , Sintergéticas, Holísticas, etc.), Filosofía, Metafísica, Biología, Geología, Física, Astrofísica, Geobiología, todas las cosmovisiones de las diferentes culturas prehispánicas y

energéticas, como el Feng Shui, Cosmovisión Maya , Inca, el Vastu Vydia , o las lenguas como el Quechua... Historia de las religiones, del Arte, Ética, y todas las terapias complementarias corporales, y mas... INCORPORAN, A LA ARQUITECTURA, OTROS FACTORES QUE INFLUYEN Y DETERMINAN LA MANERA CÓMO EL HOMBRE VIVE Y HABITA, SU CALIDAD DE Vida, elementos que afectan NUESTRA PERCEPCIÓN Y NUESTROS SENTIDOS .Para ello, necesitamos tomar CONCIENCIA de lo que somos, y tenemos con todas nuestras potencialidades.

ARMANDO ROMPECABEZAS CON LOS CONDICIONANTES EXTERNOS E INTERNOS, COSMICOSY ESPIRITUALES QUE RECIBE EL HOMBRE., VINCULOS GENUINOS RELIGANTES El hombre sueña, El territorio pide. El ambiente equilibra, da, deja que el nos reclame.La energía orienta, ubica, armoniza. **Las HERRAMIENTAS**, nos dan los recursos para que todo sea Sustentable **como un proceso VINCULAR DE ENCUENTRO PARA GESTAR NUEVOS ESPACIOS**

«Para levantar una carga muy pesada, es preciso conocer su centro... así para que los hombres puedan embellecer sus almas es necesario que conozcan su naturaleza»

Mónica Patricia Esper: Arquitecta U. B. A –C.P.A.U 14309 (1 a 6)

Maestría en Desarrollo sustentable-Flacam -Cepa. Universidad de Lanús

Consultora en Feng Shui, Baubiología, Geobiología, Arq. Sagrada, Psicogeometría.

Especialista en Bio- Arquitectura, Recursos Humanísticos, Energéticos y Espirituales.

Coordinadora de Recursos Expresivos (cuerpo, mascarar, creatividad, psicodrama, grupo). Focuser.

Reiki nivel 1 y 2.

INVESTIGACION COSTRUCIONES EN TIERRA CRUDA EN EL VALLE DEL BERMEJO, PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA

**Director. Ejecutivo Arq. Eduardo Enrique Brizuela-
Codirectora. Arq. Verónica Mariana Vargas,
Arq. Maria Nidia Quinteros-Diseñadora Industrial Paula Pina Márquez- Directora Consultor Arq. Mirta
Eufemia Sosa**

UNLAR Universidad Nacional de La Rioja
Avenida Laprida y René Favalaro- La Rioja Capital (CP 5300) Argentina
Tel: 03822-457036 **Email:** oficinadeinvestigacion@unlar.edu.ar – enribrizu@yahoo.com.ar

Área Temática III: Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Palabras clave: Greda en el Bermejo

RESUMEN

Objetivos:

- Estudio sistemático y metodológico de las construcciones con tierra cruda existentes en el Valle del Bermejo.

- Puesta en valor, difusión, rescate de técnicas constructivas, procesos de producción, para su aplicación en la actualidad.

Área de Estudio:

El Río Bermejo o Vinchina situado en el Noroeste de la Provincia de La Rioja, conforma un valle fértil que se desarrolla en sentido Norte Sur entre las últimas estribaciones de la precordillera y la sierra transpampeana del Famatina. Comprende las localidades de Villa Unión, Villa Castelli, Jagué y Guandacol.

El cierre de la antigua ruta comercial a Chile, principal sostén de su desarrollo económico, y su exclusión del trazado ferroviario, devino en postergación y aislamiento de ésta región.

Lejos de los grandes centros urbanos y vías de comunicación, las tradiciones constructivas se preservan inalterables en el saber popular, siendo los materiales del lugar de uso ineludible.

Metodología:

1- Análisis de los sistemas constructivos:

Componentes, Proceso de construcción Comportamiento estructural y bioclimático.

Los sistemas constructivos detectados son:

- a. Adobe: en la construcción de Viviendas y Lugares de Culto
- b. Tierra Apizonada: en la fabrica de cercos divisorios de campos.
- c. Entramados: En viviendas y corrales.

2- Análisis del material:

En Campo: recolección y fichaje de muestras de construcciones existentes, y de la producción actual.

En laboratorio: análisis de las características físicas mecánicas mediante ensayos en laboratorio de rocas y suelos de la Universidad

Comparación de resultados obtenidos, obtención de conclusiones.

PARQUE ESTADUAL SERRA DO PAPAGAIO: PROPOSTA DE ARQUITETURA PARA FUTURAS INSTALAÇÕES

João Paulo Silva Bastos

Estudante de Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal Fluminense

Werther Holzer

Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense.
Doutor em Geografia Humana – USP

Instituição:

Universidade Federal Fluminense
Escola de Arquitetura e Urbanismo

Área Temática II: Arquitectura de tierra y medio ambiente: creatividad y sustentabilidad

Palavras chave: arquitetura de terra, fotografia, lugar, paisagem vernacular.

RESUMEN

Trata-se de um projeto de arquitetura desenvolvido como trabalho de conclusão de curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. A intenção é estabelecer um conceito de arquitetura para uma paisagem singular, de forte caráter vernacular, cujos valores naturais e culturais são apreendidos a partir da experiência do lugar.

O trabalho baseia-se em pesquisa anterior que registrou através da fotografia as paisagens ameaçadas por um processo de homogeneização, principalmente em função do turismo, na região sul do Estado de Minas Gerais, no entorno do Parque Estadual da Serra do Papagaio que abrange os municípios de Aiuruoca, Alagoa, Baependi, Itamonte e Pouso Alto.

A metodologia desta pesquisa foi o da identificação dos elementos tradicionais que compõe a paisagem rural da região, com a assimilação e, conseqüentemente apropriação do manejo da paisagem praticado ao longo dos séculos, assim como das técnicas tradicionais utilizadas nas construções populares. Esta pesquisa baseou-se em levantamento bibliográfico e trabalhos de campo.

Como resultado dessa aproximação com a paisagem apropriada cotidianamente pelos habitantes tradicionais do local, propomos o projeto para as instalações de visitação e pesquisa para o parque da Serra do Papagaio, a partir de uma arquitetura sensível às praticas tradicionais de produção desta paisagem, e ao mundo vivido, elegendo a arquitetura do lugar e técnicas de bio-construção como ponto de partida. Não há intenção de reprodução ou falso histórico, mas, sobretudo uma busca dos saberes construtivos tradicionais com a intenção de utiliza-los como referencial simbólico e identitário, contrapondo-o às construções mais recentes, indiferentes ao lugar.

SOLUCIÓN METODOLÓGICA PARA REALIZAR LEVANTAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS. ESTUDIO DE CASO EN GHADAMES-LIBIA CENTRO HISTÓRICO, PATRIMONIO MUNDIAL DE LA UNESCO

Adriana M. Durán

Área temática IV: Patrimonio edilicio: Inventario. Intervención. Preservación / restauración. Patrimonio turístico, gestión y gerenciamiento. Difusión

Palabras clave: levantamientos arquitectónicos, Ghadames

RESUMEN

El levantamiento arquitectónico es un paso fundamental en la ejecución de un proyecto y no debe ser tomado a la ligera. Su función principal es reunir toda la información necesaria sobre la construcción del edificio.

Este poster-artículo introduce una solución metodológica aplicada en condiciones difíciles a los problemas identificados durante la elaboración de levantamientos arquitectónicos con personal y equipo locales en Ghadames-Libia, centro histórico, patrimonio mundial de la Unesco.

La complejidad del diseño urbano y arquitectónico originales: casas que traslapan, calles que se entrelazan, carencia de puntos de referencias, etc., agrega un interés particular al problema.

El trabajo se basó en dos acercamientos principales: teórico y práctico. La aproximación teórica incluye el estudio de los diversos tipos de levantamientos. La parte práctica corresponde a una observación directa del trabajo de los ingenieros locales. Un análisis de estas dos aproximaciones permitió la detección de errores y deficiencias durante las fases del levantamiento (carencia del equipo apropiado y su uso), y de dibujo (incoherencia en la superposición de los planos).

El resultado de este estudio es una guía de recomendaciones para realizar levantamientos arquitectónicos en Ghadames. Se propone un método basado en varios puntos que puede ser aplicado en construcciones que tengan características similares.

Adriana M. Durán, Arquitecta

adriana_duran@hotmail.com 00 33 2 99 38 47 95

Arquitecta de la Universidad Javeriana-Bogotá, Colombia (1998)

Msc. Arquitectura de Tierra Craterre-ENSAG, Francia (2002)

Maestría de Urbanismo, Instituto de Urbanismo de Grenoble, Francia (2002)

Msc, Ciudades y Sociedades, Instituto de Urbanismo de Grenoble, Francia (2004)

SUSTENTABILIDAD Y ARQUITECTURA CON TIERRA. DISCREPANCIAS EN LA CALIDAD

Julio Lorenzo Palomera; Rebeca Isadora Lozano Castro
Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.

Área Temática I: Presente y porvenir de la arquitectura y de la construcción con tierra: El estado del arte; problemas críticos relevados

Palabras clave: tierra. discrepancia, calidad, ergonomía

RESUMEN

El presente Cartel va enfocado a la calidad de un producto en cuestión, como lo es la arquitectura con tierra y las cualidades de la materia prima que son necesarias para determinar la misma. La arquitectura con tierra es considerada ambientalmente amigable, y se enmarca en la sustentabilidad por algunas características en el uso del suelo natural.

El fondo representado con el Vitrubio de Leonardo Da Vinci, gráfico basado en las correlaciones de proporciones humanas ideales con la geometría descrita por el arquitecto romano antiguo Vitruvius en el libro III de su tratado de Arquitectura, haciendo referencia al peso y proporcionalidad adecuada de los bloques hechos a base de tierra. Este presenta una «queja» para enfatizar el dolor y molestia que representa el estar cargandolos.

El desarrollo sustentable predica la armónica relación entre economía, ambiente y sociedad. Cuestión que desde la perspectiva de calidad existen ciertas discrepancias en los procesos y productos de arquitectura con tierra, donde la sustentabilidad es proyectada a costa de las personas participantes en la construcción con tierra. Desde criterios de la producción limpia, aligerada y la administración de calidad total, se puede prevenir la generación de «NO CONFORMIDAD EN PRODUCTOS». Refiriendonos a aquellos productos que no cumplen con especificaciones de calidad en cuanto a la satisfacción de los clientes considerandose un desperdicio o basura.

Los requerimientos para un producto de tierra no únicamente son aquellos relacionados con las especificaciones técnicas. Dimensionamiento, capacidades de carga y resistencia deben derivarse de requisitos de clientes a los cuales habrá que satisfacer, siendo estos no solo los usuarios finales sino una serie de partes interesadas en todo el proceso constructivo y durante el ciclo de vida. Un enfoque de calidad además orientarse al producto debe considerar a quienes este brindará satisfacción como los clientes, ampliando su impacto de beneficio a la sociedad. Es necesario incorporar el valor del factor humano a través de estándares de calidad ergonómica. actividades y tareas las personas se someten a esfuerzos repetidos, recorridos a veces no muy cortos y levantamiento de carga. ¿Es el dimensionamiento de estos bloques el adecuado para la relación proporcional óptima del espacio habitable, que se conforma con su aparejo?

Debemos hacer una reflexión referente a si la arquitectura con tierra es realmente una aportación para el desarrollo sustentable tomando en cuenta que los aspectos ergonómicos no estan claramente precisados en sus procesos, y actuar en consecuencia para normalizar la calidad de procesos y productos arquitectónicos construídos con tierra.

Julio Gerardo Lorenzo Palomera. Arquitecto. Máster en Administración. Máster en Educación Superior. Catedrático-Investigador de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. disartaka@yahoo.com
Rebeca Isadora Lozano Castro. Máster en Artes Gráficas en la Universidad Politécnica de Valencia, España. Catedrático de Tiempo Completo. Miembro Colaborador del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. rebecadylan@hotmail.com