



MONITOREO DE REVESTIMIENTOS DE MUROS CONSTRUIDOS CON TIERRA. CASO AMAICHA DEL VALLE, TUCUMÁN

**Mirta E. Sosa, Stella M. Latina, Maria de los A. Castellote,
Irene C. Ferreyra, Josefina del H. Chaila**

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda - (CRIATiC)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) – Universidad Nacional de Tucumán – (UNT)
Av. Néstor Kirchner (ex Roca) 1800 – San Miguel de Tucumán - Argentina
Tel. 0054381- 4364093 interno 7919 - criatic@gmail.com

Palabras claves: revestimientos de tierra, muros, tradición constructiva

Resumen

La presente comunicación se enmarca dentro del proyecto financiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) “Optimización Tecnológica para la Preservación y Conservación (durabilidad) de las Construcciones de Tierra en el Noroeste Argentino (NOA). Uso Eficiente de Materiales y Técnicas Tradicionales en Revestimientos de Muros”, y que se desarrolla en el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Se muestran los resultados del monitoreo llevado a cabo en revestimientos testigos aplicados en muretes contruidos a tal fin, en la localidad de Amaicha del Valle en la provincia de Tucumán, Argentina.

La metodología de trabajo se desarrolla en dos fases consecutivas: La primera fase, que incluye una recolección y análisis de datos: relevamiento (gráfico y fotográfico) y registro de los revestimientos de muros de adobes en dicho poblado. El objetivo es evaluar cualitativamente los tipos de revoques que se aplican (materiales y procedimiento constructivo), el estado actual de los mismos y la vigencia o permanencia de los revoques de tierra. Para el análisis se tuvo en cuenta el lugar de extracción de la tierra a usarse en los revoques, la composición de la misma, la técnica de aplicación, la mano de obra, el mantenimiento y la incorporación de materiales naturales o industrializados. La segunda fase, a partir del procesamiento de la información, definir distintos tipos de revoques que se aplican en muretes-prototipos con el objeto de medir su comportamiento frente la acción del intemperismo.

Los resultados esperados son:

- Registrar el comportamiento frente al intemperismo que manifiestan los diferentes revestimientos usados en las construcciones de la región en los valles áridos de la provincia de Tucumán, en el poblado de Amaicha del Valle.
- Proponer el revestimiento más eficiente y durable, considerando los factores técnicos-constructivos necesarios -características del soporte y mano de obra vigente- con el objetivo de promover el uso de recursos locales y técnicas de tierra cruda.

1. INTRODUCCIÓN

La población de la provincia de Tucumán, en el Norte de la República Argentina, se extiende sobre territorio de llanuras en el Este y de valles y montañas al Oeste; con relieves que ascienden desde 300 m a más de 4000 m sobre el nivel del mar hacia el Noroeste. El departamento de Tafi del Valle, ubicado en este extremo de la provincia, se constituye en el área límite y de comunicación con la provincia de Salta al Norte y la provincia de Catamarca al Sudeste. Es en esta región departamental, donde habitan las comunidades con mayor historia e identidad cultural de Tucumán; en los valles áridos están: Colalao del Valle, El Bañado, Quilmes, Rincón de Quilmes, Amaicha del Valle, Los Zazos por nombrar algunas y en los valles húmedos: Tafi del Valle y El Mollar.

En la primera etapa de la presente investigación, se trabaja en dos poblados del departamento de Tafi del Valle: Amaicha del Valle y Colalao del Valle. Durante el desarrollo

y teniendo en cuenta los recursos disponibles se decide estudiar sólo Amaicha de Valle para llevar a cabo la segunda etapa del proyecto.

En ambos poblados la edificación de las viviendas tradicionales se basaba en dos pilares fundamentales: la producción comunitaria de adobes y la autoconstrucción de las viviendas con la tecnología de tierra. Su saber constructivo y las distintas manifestaciones culturales (como el tejido, la cerámica, la escultura en piedra, la cestería, la comida) fueron el resultado de la fusión de la cultura nativa con la hispánica, con una fuerte tradición oral de conocimientos transmitidos a través de generaciones.

El poblado de Amaicha del Valle está ubicado a 164 km de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia, a 14 km de la RN 40 (que atraviesa la República Argentina de Norte a Sur a lo largo de la Cordillera de Los Andes) y a 2200 m sobre el nivel del mar. Se considera que Amaicha posee el mejor microclima del mundo, con temperaturas promedio de 25°C en verano y de 10°C en invierno que es extremadamente seco. El valle por no estar expuesto a los vientos húmedos del Este, adquiere características de aridez y se presenta como un enorme campo de cardones¹.

La comuna de Amaicha del Valle, obtuvo el reconocimiento de “Comunidad Indígena”, a través de la Cédula real en abril de 1716, y de hecho en 1998 las tierras fueron transferidas por el gobierno provincial a los pobladores como bien comunitario. Actualmente el poblado cuenta aproximadamente con 7000 habitantes y su producción principal está basada en la agricultura de pequeños productores y una incipiente actividad turística.

Históricamente, se generó y desarrolló como la mayoría de los pueblos fundados por los españoles a partir de la plaza central, alrededor de la cual se encuentran los principales edificios públicos: la iglesia, el edificio de la Caja Popular, la Comuna rural, la comisaría y las primeras viviendas; de todos ellos, sólo la iglesia y algunas viviendas se conservan construidas con mampostería de adobes asentados con barro.

2. MARCO TEÓRICO

El intemperismo (acción individual o conjunta del agua de lluvia y del viento) es la principal causa del progresivo deterioro que se registra en las construcciones de tierra. En ciertos casos, puede llegar a comprometer su integridad constructiva o su estabilidad estructural, si no se interviene en el tiempo y en la forma adecuada. Los muros y cubiertas de techo son las partes más expuestas y, por ende, las que sufren mayor degradación por acción de los agentes externos.

En este contexto, tanto en el diseño y la construcción de nuevos edificios, como en la restauración y conservación de edificios existentes, algunos con innegable valor patrimonial, se intervienen con desconocimiento de la tecnología (materiales, productos y procesos constructivos) y frecuentemente se proponen soluciones inapropiadas, análogas a las de edificaciones convencionales, de ladrillos cerámicos huecos o macizos, de piedra, de hormigón, etc., que terminan potenciando los efectos de la degradación que se pretende controlar.

El estudio y la investigación referida a la durabilidad de las construcciones de tierra se vienen desarrollando en los últimos años, como consecuencia de un creciente requerimiento, tanto desde el enfoque de la intervención de los edificios históricos y arqueológicos como de la arquitectura doméstica. Muchos autores han investigado sobre las patologías constructivas más comunes en las construcciones de tierra, así como los agentes naturales y causales de estas lesiones.

Existe bibliografía internacional en lengua española, que desarrollan estudios sobre el conocimiento tecnológico de la tierra como material de construcción; entre ellos cabe destacar *Construir con tierra* de Doat et al (1990) tomo I en el que hace referencia a los distintos sistemas constructivos y en el tomo II la composición e identificación de tierras, además de otras técnicas constructivas; el *Manual de construcción en tierra* de Minke (2001)

referido al estudio de la tierra, composición, propiedades, técnicas constructivas y en un extenso artículo desarrolla el tema de revoques: composición, propiedades físico-químicas de los materiales componentes y de sustancias estabilizadoras, técnicas de aplicación y lesiones que presentan; y Vargas Neumann y otros en *Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas* que evalúan diferentes tipos de adiciones a los revestimientos de las construcciones. (<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14038/doc14038-a.pdf>).

Entre las primeras lecturas a nivel nacional se destaca lo escrito por Rotondaro et al (1994) sobre comportamiento y durabilidad del hábitat en *Desarrollo y transferencia de tecnología constructiva para zonas áridas. Noroeste argentino*, y en la ponencia *Vivienda y componentes constructivos para mejorar las construcciones en zonas áridas*. (Rotondaro). Cuando se aborda específicamente el tema de lesiones en los muros de tierra, se encuentra el trabajo de Viñuales (1981) referido a los distintos sistemas constructivos tradicionales que se pueden encontrar en el Noroeste Argentino (NOA) y los deterioros que experimentan las construcciones con tierra por la acción del medio ambiente y de inadecuadas intervenciones.

Otros documentos a citar son el trabajo de Invernizzi y Plana (2002), *Restauración de la capilla de San Nicolás de Tolentino* (San Juan), en el que se refiere a las acciones concretas de intervención en la superficie y en la masa de muros de un edificio patrimonial construido en tierra y que fuera presentado en el 1° Seminario-Exposición “La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat” en Tucumán, Argentina. En el mismo evento, se presentó el artículo *Patrimonio y arquitectura de tierra del Noroeste argentino. Metodología para el estudio comparativo de patologías constructivas*, de Ramos et al (2002) que desarrolla una investigación relacionada a las patologías de muros en dos edificios patrimoniales del NOA, ubicados en Jujuy y en Tucumán y que fueron sometidos a varias intervenciones para su conservación, y el artículo *Monitoreo y evaluación de las restauraciones efectuadas en la iglesia de Susques*, trabajo de Ramos (2004) sobre el comportamiento de las superficies de muros en este edificio que es Monumento Histórico y está ubicado en la puna jujeña.

Entre los antecedentes del grupo de trabajo del CRIATiC y vinculado al tema se encuentra *Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales*, realizado por Ferreyra et al (2004) y *Degradación de los muros de adobe por acción de fenómenos climáticos*, de Sosa et al (2007) relacionado a las lesiones más comunes que presentan las construcciones de tierra en Amaicha del Valle. Ambas investigaciones llevadas a cabo en años anteriores, en laboratorio y en la comunidad, motivó a continuar la línea de estudio de los revestimientos en los muros de adobe.

3. METODOLOGÍA

La investigación se plantea con un enfoque progresivo e interactivo. Según los objetivos propuestos en el proyecto, el plan de trabajo se organiza en dos fases consecutivas:

a) Primera fase: Responde principalmente a una investigación de campo, de carácter descriptivo, analítico y deductivo de la arquitectura y tecnología del poblado. Comprende en una primera instancia:

- a.1) Búsqueda y recopilación de información. Registro y análisis de antecedentes, trabajos realizados.
- a.2) Relevamiento de campo a los efectos de coleccionar información del tipo y estado de los revestimientos en muros construidos con tierra. Teniendo en cuenta:
 - 2.1.- Materiales y aditivos naturales utilizados en las terminaciones de los muros (características particulares, lugar de extracción, etc.).
 - 2.2.- Conocimiento popular y actual de técnicas y procedimientos constructivos.
 - 2.3.- Identificación y evaluación de las patologías en el caso que se produzcan.

En esta etapa de estudio e investigación se establece como unidad de análisis, las viviendas de una planta construidas con adobes, con y sin revoques de tierra; sean viviendas

tradicionales o modificadas; entendiéndose por modificada aquellas construcciones actuales que utilizan la tierra en algún componente constructivo del muro (mampuesto, mezcla de asiento, revoque).

Para cumplimentar esta actividad de campo, se llevan a cabo tareas de:

- Relevamiento gráfico y fotográfico;
- Entrevistas personales a pobladores y albañiles locales;
- Toma de muestras representativas de tierra y adobes utilizados, a fin de analizar sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio.

El procesamiento de la información en esta etapa -interpretación, análisis, síntesis y conclusiones- permite la toma de decisiones para el diseño de la etapa siguiente: la investigación científica.

b) Segunda fase: Consiste en una investigación experimental científica. Parte del objetivo de optimizar la vida útil de los revestimientos de muros de tierra. Para ello se realizan pruebas y ensayos simples y normalizados en el laboratorio del CRIATiC, de las tierras consideradas como óptimas según informes de lugareños; y se construyen muretes de adobes, en un terreno del poblado de Amaicha del Valle, con el objeto de mantener las condiciones ambientales del lugar y la técnica constructiva (mano de obra local).

La variable disponibilidad de tiempo para viajar a los valles; el clima frío del período invernal en la región que no permite la producción de adobes entre los meses de junio a septiembre; la irregularidad de plazos para recibir los recursos del subsidio destinado a esta investigación y el plazo establecido para la finalización del proyecto, determina que las actividades en el laboratorio y la construcción de muretes se desarrollen en forma casi simultánea.

b.1) Actividades en el laboratorio

De acuerdo a las entrevistas realizadas, se toman muestras de tierras que los lugareños utilizan para la ejecución de los adobes, de la mezcla de asiento y de los revestimientos.

Tanto en el campo como en el laboratorio, se realizan los ensayos sensoriales de tacto, mordedura, lavado de manos y sedimentación. Además, en el laboratorio se efectúan los ensayos simples: resistencia en seco, retracción lineal (prueba de Alcock), test de permeabilidad (goteo) y los ensayos normalizados por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) para conocer los límites plástico y líquido (IRAM 10501/2) y granulometría por tamizado seco (IRAM 10512/1977).

b.2) Actividades en el campo experimental

La construcción de prototipos -muretes de adobes- con diferentes acabados superficiales y sin ellos, se realizan en un terreno ubicado en La Banda de Abajo, barrio aledaño al centro de Amaicha del Valle.

La evaluación de los prototipos experimentales se basan en la observación y registro de las degradaciones sufridas por efectos del intemperismo: microfisuras, fisuras, grietas, desprendimiento de revestimiento, pérdida de material (erosión hídrica y eólica), etc. Las mediciones efectuadas se realizan a los 30, 60 y 120 días de la ejecución y terminación de los muretes; se registran en cuadros y gráficos comparativos.

Como culminación de estas etapas de estudio e investigación, se prevé la transferencia de los resultados obtenidos -en primer lugar a la Comunidad de Amaicha y posteriormente a universidades, escuelas técnicas, municipalidades y comunas rurales, organizaciones sociales- a través de la publicación de cartillas de recomendaciones técnicas y por medio de seminarios, cursos y talleres de formación y capacitación.

DESARROLLO

En consonancia con lo planteado en la metodología del proyecto de investigación se procede de la siguiente manera:

3.1. - Primera fase: Relevamiento de campo. Arquitectura y tecnología del poblado

Como se expresa en párrafos anteriores, el área de estudio es el poblado Amaicha del Valle. Con la información recopilada -principalmente- fotográfica y gráfica se realiza un análisis de la expresión arquitectónica y tecnológica de las construcciones, se compara y examinan los cambios producidos en los últimos diez años (Figura 1). Se recurre a registros e información obtenida entre los años 2000-2005 y que fuera fuente del trabajo de investigación *Degradación de los muros de adobe por acción de fenómenos climáticos*, llevada a cabo en el marco del Proyecto *Producción y transferencia de tecnologías de tierra cruda apropiadas para la construcción de viviendas de interés social y equipamiento del hábitat popular en el NOA*, realizado por los autores en el CRIATiC.

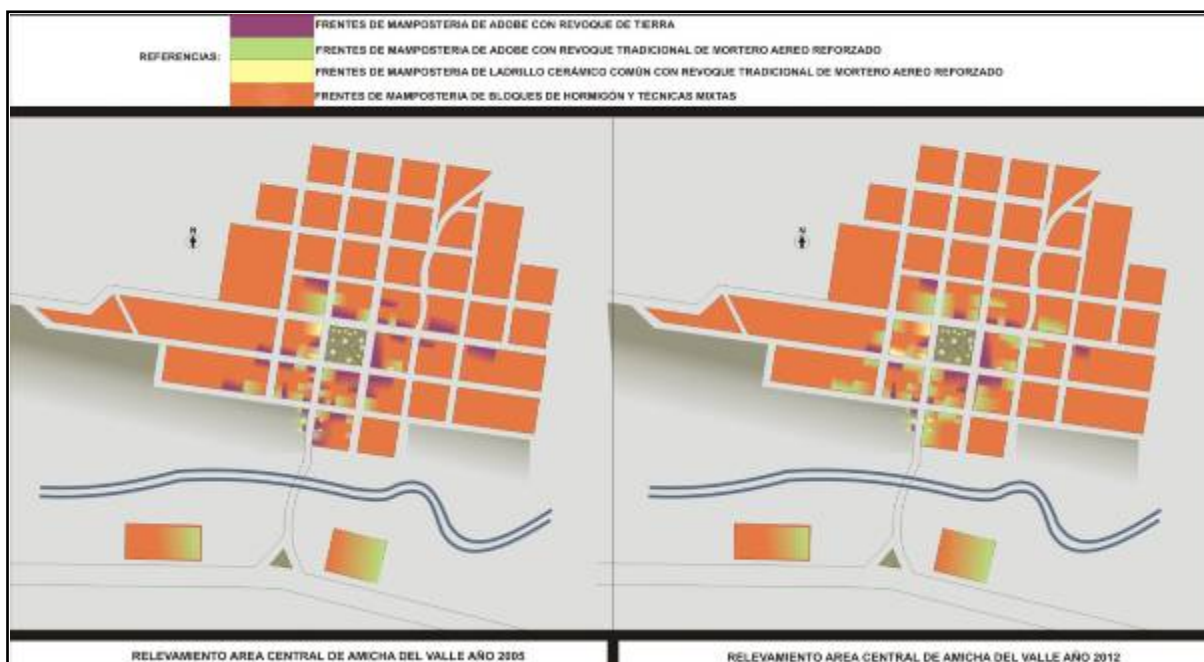


Figura 1. Cambios producidos en el uso de los materiales en la construcción de viviendas cercanas a la plaza principal del pueblo, durante los años 2005 y 2012.

A partir de entrevistas con pobladores y albañiles locales, se actualiza la información sobre el estado de la tecnología de tierra. Si bien el uso del adobe sigue vigente en la construcción de muros, en algunas construcciones nuevas está siendo reemplazado por el ladrillo cerámico hueco o macizo o por el bloque hueco de hormigón. A esto se le suman otras variantes como ser:

- Reducción del tamaño de los adobes: las actuales medidas oscilan entre 0,30-0,32 m de longitud, por 0,19-0,20 m de ancho y por 0,08-0,09 m de altura. Estas dimensiones permiten reducir el espesor de los muros a 0,20 m para que coincida con el ancho de la estructura sismo resistente² (encadenados verticales y horizontales de hormigón armado de 0,20 m x 0,20 m), según lo establece el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y las Normas Argentinas para la Construcción Sismo resistentes (CIRSOC)³.
- Reemplazo del mortero de barro para asentar los adobes por mezclas que incorporan aglomerantes artificiales industrializados como la cal y el cemento.
- Reemplazo parcial o total de la mezcla usada para revoques, en un 80% de los casos son preparados con características similares al mortero de asiento descrito en el punto anterior.
- La producción de adobes comienza a ser comercializada como una actividad productiva.

El perfil construido del poblado, ha experimentado transformación en estos últimos años; no sólo varían las proporciones de las fachadas sino también el color, el tamaño y la cantidad de las aberturas. En la figura 2, se pueden apreciar los cambios producidos en los frentes de una de las calles que rodea a la plaza principal, la calle San Martín.



Figura 2. Cambios en el perfil constructivo de las fachadas.

4.2.- Segunda fase: Investigación experimental

A partir del análisis comparativo y la evaluación del relevamiento y de la recolección de la información, se determinan las características de los muros a construir.

Las condiciones ambientales de un invierno poco severo en relación a años anteriores¹ permitió a los albañiles-adoberos fabricar adobes durante el mes de agosto. A fines de este mes se adquieren los 300 adobes que se necesitaban para levantar los prototipos. La tierra utilizada para su elaboración es de La Puntilla (localidad cercana). Los adobes que se usan son de 0,29 m x 0,19 m x 0,09 m.

Como se observa en la Figura 3, se construyen seis muretes de 1,20 m de altura; tres de ellos tienen un ancho de 0,90 m y los otros tres un ancho de 1,20 m. Se efectúa un sobrecimiento construido con piedra de 0,15 m de altura y 0,20 m de espesor; una capa aisladora de aproximadamente 0,02 m de espesor realizada con mortero cementicio más el agregado de hidrófugo y un film (polietileno de 200 micrones) para evitar la ascensión de agua; el muro se remata con un coronamiento de ladrillos cerámicos macizos (0,27 m x 0,13 m x 0,05 m), asentados con mortero cementicio en sentido perpendicular al muro, a modo de protección superior, como usualmente se hace en las construcciones de la región. Se disponen en el terreno con una orientación Norte-Sur, a fin de que una de sus caras estuviera expuesta a la mayor incidencia de lluvias y vientos (Sur).



Figura 3. Muretes realizados con materiales y mano de obra local y expuestos al clima del lugar para verificar su comportamiento a la intemperie.

Para determinar la composición de los revestimientos se tienen en cuenta dos antecedentes:

- a) Materiales locales usados tradicionalmente: adobes, tierras de localidades cercanas; arena, guano o estiércol de vaca, savia de penca (*Opuntia ficus-indica*), cal aérea hidratada (obtenida en comercios del poblado)⁴.
- b) Materiales no convencionales industrializados: Plasticor (marca comercial) es el más usado en la zona; Inerthol 5 Sil, es una pintura incolora a base de siliconas (no se usa en el lugar)⁵.

Tanto la fabricación de los adobes, la preparación de los morteros con sus distintas dosificaciones, como la ejecución de los muretes estuvo a cargo de los albañiles de la Cooperativa de Los Zazos, organización que forma parte de la Comunidad Indígena de Amaicha de Valle.

La obra se inicia el 21 de septiembre y finaliza el 25 de noviembre con la aplicación de la segunda capa de revestimiento; se consideran los tiempos de secado tanto de las juntas de asiento de la mampostería como la aplicación y secado de la primera capa. Se utilizan dos tipos de tierra para los revoques de barro: la tierra, llamada por los pobladores *greda* de La Puntilla y la tierra de El Tío; a los efectos de sintetizar, de acá en adelante se las llama T1 y T2, respectivamente. Los muretes fueron denominados numéricamente del 1 al 6 y de izquierda a derecha como M1, M2, M3 y así sucesivamente.

En los muretes M1, M2, M3, M4 y M6, los adobes están asentados con una junta de barro de aproximadamente 0,015 m. En el M5, los adobes se asientan con plasticor con una junta de igual espesor que en los otros casos.

Todos los muretes en sus caras Norte-Sur tienen el mismo tratamiento y composición, dos capas de revestimiento con la variante de la tierra y el estabilizante. La finalidad es comparar cómo y cuánto influye la orientación en la durabilidad de los mismos. Por tal motivo, a los muretes del 1 al 5 se les aplica revoques y al M6, se le aplica sólo pinturas de tres tipos. Los muretes 1, 2 y 6 tienen 1,20 m de ancho con el objetivo de disponer de dos fajas de 0,60 m con diferentes composición y dosificación. La descripción de cada uno se indica en el cuadro de la Figura 4.

Muretes	Revestimientos
Muro 1.a (M1a)	1° capa = 1:3 (T1 + arena) 2° capa = 1:3 (T1 + arena médano)
Muro 1.b (M1b)	1° capa = 1:1:2 (T1 + cal + arena) 2° capa = 2:1 (T1 + cal)
Muro 2.a (M2a)	1° capa = 2:1 (T2 + cal + savia de penca) 2° capa = 1:1:1 (T2 + cal + arena médano)
Muro 2.b (M2b)	1° capa = 1:4 (cal + arena) 2° capa = 1:3 (cal+ arena médano)
Muro 3 (M3)	1° capa = 7:2 (T2 + guano) 2° capa = 2:3 (T2 + guano)
Muro 4 (M4)	1° capa = 3:1 (T2 + cal) 2° capa = no lleva
Muro 5 (M5)	1° capa = plasticor (pre-mezcla de cal y cemento)+arena 2° capa = fino (pre-mezcla)
Muro 6	Pinturas
M6a) Esquina superior izquierda	Inerthol 5 Sil
M6b) Esquina superior derecha	Lechada de cal
M6c) En hiladas inferiores	Agua de penca macerada

Figura 4. Listado de revestimientos aplicado en muretes.

4. RESULTADOS

5.1- Resultados en el campo experimental (terreno donde se efectúan los muretes).

Allí se efectúan los monitoreos programados según la edad de los mismos, 30, 60 y 120 días posteriores a su construcción. Para llevar un mejor registro, se confecciona una ficha

(Figura 5) con las posibles y usuales lesiones que se producen en los revestimientos, sean de barro o no, sobre soportes de tierra. Se toma como modelo la ficha de campo realizada por Sosa et al (2007) y Ramos et al (2002).

MURO	ESTADO/ASPECTO GENERAL EROSIÓN				DESPRENDIMIENTO				MICROFISURA diferenciar si es fisura -0,5mm o microfisura +0,5mm				ADHERENCIA. Indicar si es parcial, cual su ubicación			CORRENTIA	
	Mal	Reg.	Bien Ubicación		%	Exfoliación=x escamas		Deplacamiento		Ubicación en muro	Tipo		Dimens	Si	No		Entumecim. (hinchamiento)
						Ubicación	%	Ubicación	%		distrib	sentido					
1.a) Cara Sur			X	NO		NO		NO		NO			X		-	NO	

Figura 5. Ficha de relevamiento de lesiones usada para monitoreo.

1.a) Primer monitoreo

Se realiza el 5 de enero (aproximadamente a los 35 días de su terminación), en pleno período de verano, con condiciones climáticas normales para esa época del año y sin precipitaciones¹. Los prototipos estuvieron expuestos, diariamente, a gran amplitud térmica y vientos moderados. Bajo estas condiciones climáticas, la degradación de los Muretes fue variable dependiendo del revestimiento y de la orientación, evidenciando un deterioro más marcado en las caras expuestas al Sur. Ninguno evidencia erosión, salvo el M1a, que presenta pérdida de material con una suave presión manual ejercida sobre él. El M1b no presenta inconvenientes en su cara Sur que se encuentra en buen estado, pero la cara Norte muestra deplacamiento sin desprendimiento.

En los muretes M2a, M3 y M4 en cuyos revestimientos se utilizó la tierra T2 estabilizada con cal y con guano; se observa menor fisuramiento en el M3 que contiene el aditivo natural. El M4 evidencia marcadas fisuras en continentes con futuro desprendimiento por deplacamiento. El M2b presenta buen estado en general y el M5 es el mejor conservado. En el M6, no se observan diferencias significativas entre las tres pinturas, sí un mayor poder cubriente en el sector donde se aplicó la pintura a base de silicona.

En general, las lesiones más recurrentes en los Muretes son las microfisuras y las fisuras.

1.b) Segundo monitoreo

Se realiza el 11 de febrero, luego de fuertes y continuas precipitaciones del mes de enero y febrero, que superan a las que habitualmente se producen en la zona. Los muros presentan humedad por ascensión capilar y filtraciones en la zona del coronamiento. Las lesiones se potenciaron, las microfisuras aumentaron en tamaño y distribución produciendo en algunos muros el desprendimiento del revoque desde la primera capa. Es marcada la degradación y deterioro de las superficies.

El M5 es el de mejor aspecto y resistencia al intemperismo. El M6 presenta desigual estado de conservación; se observa un contrastado lavado de la superficie donde se aplican la lechada de cal y la savia de penca con relación a la superficie pintada con el Inerthol 5 sil.

1.3) Tercer monitoreo

Se efectúa el 5 de marzo, para esta fecha la región de los valles áridos ya se encuentra nuevamente en el período de estación seca, no se producen lluvias desde mediados de febrero (fecha aproximada del 2do. monitoreo). El estado físico de los muros no ha evidenciado mayor deterioro.

5.2.- Resultados de laboratorio

Se efectúa un análisis pormenorizado de todos los resultados obtenidos en el laboratorio: pruebas sensoriales, ensayos simples y normalizados y se concluye lo siguiente:

-Tierra de La Puntilla (T1) a la que los pobladores llaman greda (nombre popular de la tierra arcillosa) resulta ser un suelo cuya nomenclatura es ML = limo de mediana y baja plasticidad.

-Tierra de El Tío (T2) resulta ser un suelo cuya nomenclatura es CL= arcilla de baja y mediana plasticidad.

Estos datos son obtenidos de la Carta de Plasticidad de Suelos (Norma IRAM 10509/1982).

5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En esta etapa de discusión y análisis de los resultados obtenidos, los resultados de laboratorio son decisivos y pueden ser de utilidad para analizar lo observado en los monitoreos. En este punto se tienen en cuenta las siguientes variables: características constructivas del muro (materiales, procedimiento constructivo y mano de obra); las lesiones que presentan y las condiciones climáticas de exposición.

6.1) Características constructivas de los muretes

- Sobrecimiento de 0,15 m, resultó ser de poca altura, considerando la pendiente del terreno y la vegetación circundante que les produce salpicaduras a la parte baja de los muretes durante la lluvia; esto les provoca humedad que luego asciende por capilaridad. Todos los muretes presentan humedad a nivel zócalo.
- Coronamiento: ejecución deficiente; la mezcla de asiento usada para fijar los ladrillos cerámicos macizos a los muretes de adobe (mortero cementicio) es deficiente, tanto por la granulometría de la arena utilizada, demasiado gruesa, como por la calidad de la terminación. Este problema acarrea el inconveniente de que el agua de las fuertes lluvias - producidas la segunda quincena de enero- queda retenida en la junta y penetra a través de ellas humedeciendo las hiladas superiores; todos los muretes presentan humedad en este sector.
- Mampostería de adobes: desprolija, lo que lleva a que el espesor de los revestimientos (1ra. capa) sea de espesor variable. Esto se observa claramente en el M6 al que sólo se le aplica pintura. Y en el M4, que con una sola capa de revestimiento, experimenta importantes retracciones con desprendimientos longitudinales.
- Selección de tierra incorrecta para su uso; especialmente la T1, que al ser limo de escasa a nula plasticidad no posee cohesión y por lo tanto no se adhiere al paramento. Esto se aprecia en el M1a y en el M1b que no presentan resistencia a la abrasión y se disgrega sólo con la presión de los dedos.

6.2) Condiciones climáticas y lesiones

La persistencia y caudal de la lluvia poco frecuente en la zona, aceleró la generación de las lesiones más comunes en los revoques de barro. Después del primer monitoreo y hasta realizarse el segundo, se produjo un registro de lluvias con valor altamente superior comparado a años anteriores. Según informes de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes de la provincia de Tucumán, las lluvias caídas durante el 15 enero al 13 febrero de 2013, correspondientes al período estival, marcaron un registro de 44mm; (en el año 2012, en este mismo período no se produjeron lluvias).

En los muretes M1a y M1b, se observa claramente el lavado producido por la lluvia; por las características de la tierra hubiera necesitado algún estabilizante artificial para su uso en revestimientos; a estos muretes los deteriora también la acción del viento. La lluvia se combina con las fisuras por retracción, de los revoques realizados con T2. Hay mayor deterioro de superficies en los muretes M2a (1° capa: T2 + cal + savia de penca) y la 2° capa: T2 + arena de médano + cal) y M4 (1° capa: T2 + cal). En una primera etapa, estos ya presentaban micro fisuras y fisuras, en mapeo y en continentes. Con las lluvias aumenta el espesor de las fisuras y se produce la separación interface por falta de adherencia entre capas, lo que genera desprendimientos en la cara Sur. El M4, con una sola capa, experimenta importantes retracciones con desprendimientos longitudinales en coincidencias con las juntas de asiento.

El M2b, cuyo revestimiento se estabiliza con cal, evidencia mejor comportamiento y a pesar de presentar micro fisuras, no se observa desprendimiento de capas. El estado es mejor en su cara Norte.

El M3, con un revoque de tierra arcillosa y guano, no presenta desprendimientos, a pesar de tener algunas fisuras producidas por la retracción de la arcilla. La humedad a nivel zócalo y coronamiento es menor en comparación con el resto de los muretes.

El M5, presenta humedad en el coronamiento y a nivel de zócalo y esporádicas microfisuras. Es el que conserva los revocos con mejor calidad de terminación en las superficies y en las esquinas del muro (figura 6).



Figura 6. M2b (frente norte) M2a, M3 (frente norte) y M5 (frente norte)

El M6, de 1,20 m de ancho fue destinado para aplicar tres tipos de pinturas, la lechada de cal, la savia de penca y el Inerthol 5 Sil. La savia de penca, cayó en desuso en la actualidad y los albañiles no sabían prepararla, hubo que enseñarles cómo hacer. Todas las pinturas usadas son aplicadas con brocha gorda sobre la superficie limpia. La que presenta mejor comportamiento frente a la acción de la intemperie es el Inerthol 5 Sil. La lechada de cal es lavada por la lluvia y las aristas de los adobes disgregadas, idéntico comportamiento experimenta la superficie pintada con savia de penca.

La irregularidad de la superficie de muros dada por la poca uniformidad de los adobes y la mala ejecución de las juntas contribuye a la absorción del agua de lluvia en el paramento, especialmente la cara Sur que es la orientación de las lluvias.

6. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es el de evaluar cualitativamente los tipos de revocos utilizados, su estado de conservación y la vigencia de los mismos en las actuales construcciones. En esta etapa y a partir de aspectos vinculados a la ejecución de los muretes y los revestimientos, se puntualizan las siguientes conclusiones:

- El adobe sigue vigente en la construcción de viviendas en Amaicha de Valle. Es elegido tanto por pobladores locales como por residentes estacionales. En la resolución constructiva de los muros cambia la junta de asiento de la mampostería y el revoque de las superficies que ya no es de barro sino de mortero aéreo reforzado (cemento, cal y arena) realizado in situ o por mezclas pre-elaboradas de cal y cemento. Como consecuencia, se produce una pérdida progresiva del saber autóctono -procedimientos, proporciones, tiempo necesario de maceración, etc- para preparar un buen mortero de barro para revocos y lo que es más penoso aún, el desinterés por aprenderlas para aplicarlas nuevamente.
- Es muy necesaria la inspección y el análisis del material puesto en obra a fin de garantizar los resultados que se esperan lograr. El tiempo disponible para viajar, el costo y la distancia al sitio atentó contra ese control y obligó a realizar cambios durante la ejecución de las tareas.
- La T1, limo de mediana y baja plasticidad, usada en el M1a y M1b y considerada greda, por los locales, tuvo mal comportamiento al intemperismo y mala cualidad cohesiva. El M1a es el que mayor degradación presenta. El M1b con la incorporación de cal mejoró su comportamiento.

- La T2, arcilla de baja y mediana plasticidad, aplicada en M2a y M2b, M3 y M4, con adiciones de savia de penca, cal y guano, se comportó mejor con la incorporación del guano y de cal. El M2a presenta desprendimiento de inter capas, y presencia de humedad en la 1° capa de revestimiento y el soporte. El M2b, con cal incorporada, aumenta su adherencia; sin embargo, presenta microfisuras; una proporción superior de cal hace suponer un mejor comportamiento. De todos los muros trabajados con T2, el M3 es el que tiene mejor comportamiento, a pesar de presentar microfisuras, es en el que se observa menor absorción de agua de lluvia.
- El M5, en el que se utilizó Plasticor, como mortero de asiento y como revestimientos, es el que presentó el mejor comportamiento. Esta técnica constructiva es la que se está utilizando actualmente, por lo que concluimos en este punto, que es la más óptima en manos de los nuevos constructores y que es un hecho la pérdida del saber construir con la técnica del uso de la tierra en los revoques.
- En el M6, en el que se dejó sus caras sin revoques, demostró mejor performance la aplicación del Interthol 5 Sil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1990). *Construir con tierra*. Tomo 1 y Tomo 2. Traducción al español C.E. Sanchez, C. Angel Ospina. Fondo Rotatorio Ed. Bogotá, Colombia.

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán, Argentina. (2013). Disponible en http://www.meteaoc.org/informes_de_precipitaciones

Ferreira, I.; Latina, S.; Soria Nieto, R.; Mellace, R. (2004). Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales. En 3° *Seminario-Exposición La Tierra cruda en la Construcción del Hábitat*. Tucumán: Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT, Argentina, pp. 225-234.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2007). IRAM 10501/2 – Determinación del límite líquido (LL) y límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP).

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1997). IRAM 10512 – Mecánica de suelos. Método de análisis granulométrico.

Invernizzi, Z.; Plana, M. R. (2002). Restauración de la capilla de San Nicolás de Tolentino. En 1° *Seminario-Exposición La Tierra cruda en la construcción del hábitat*. Tucumán: Ed Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, pp. 115-123.

Minke, G. (2001). *Manual de construcción con tierra*. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan Comunidad, 1° ed. 2001. Lehnmbau-handbuch.

Ramos, A. (2004). Arquitectura de tierra y tecnología en el Noroeste Argentino. Monitoreo y evaluación de las restauraciones efectuadas en la Iglesia de Susques. En 3° *Seminario-Exposición La Tierra cruda en la Construcción del Hábitat*. Tucumán: Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán Argentina, pp. 275-285.

Ramos, A.; Rotondaro, R.; Monk, F. (2002). Patrimonio y arquitectura de tierra del Noroeste argentino. Metodología para el estudio comparativo de patologías constructivas. En 1° *Seminario-Exposición La Tierra cruda en la construcción del hábitat*. Tucumán. Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, pp. 87-101.

Rotondaro, R. Vivienda y componentes constructivos para mejorar las construcciones en zonas áridas. NOA. En: *Seminario Internacional Materiales de Construcción Alternativos y Habitat Rural*. Universidad Católica de Asunción-CTA. Asunción, Paraguay.

Rotondaro, R.; Canelada, A.; Mascitti, V. (1994). Desarrollo y transferencia de tecnología constructiva para zonas áridas. Noroeste argentino. En *II Seminario Internacional de Integración Subregional*. UNJu-Univ. Católica de Salta- Univ. A. Pratt (Chile)-Univ. del Cusco (Perú). S.S. de Jujuy, Argentina.

Sosa, M; Ferreyra, I.; Mellace, R.; Latina, S.; Arias, L.; Alderete, C. (2007). Degradación de las superficies de muros de adobes por acción del intemperismo. Parte II. En *Adobe USA*. NNMC and Adobe Association of the Southwest, El Rito, New Mexico.

Vargas Neumann, J.; Heredia Zavoni, E.; Barriola Bernal, J. *Preservación de las construcciones de adobes en áreas lluviosas*. PUCPerú - Provindar Metha - Universidad de California, Berkeley. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14038/doc14038-a.pdf>

Viñuales, Graciela (1981). *Restauración de arquitectura de tierra*. Ed. Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo. Tucumán, Argentina.

Notas

¹- Amaicha del Valle, posee un microclima considerado como uno de los mejores del mundo: veranos moderados, con temperaturas medias que oscilan entre 20 °C y 26 °C, y máximas medias que superan los 30 °C solo en su extensión E-O, e inviernos fríos y secos, con temperaturas medias que rondan los 8°C y valores mínimos que rara vez llegan a 0 °C. (Negrete, 2000). Según la clasificación bioclimática para la República Argentina (Norma IRAM 11.603.) se sitúa en la Zona IIIa: Templada cálida, con una radiación solar intensa y una amplitud térmica superior a los 16°C. Los vientos cálidos y secos vienen del norte, los fríos y húmedos desde el sudeste. Las heladas comienzan a producirse en los primeros días de mayo, extendiéndose hasta fines de septiembre. Las lluvias alcanzan un valor anual máximo de 160 mm, registrándose el 96% de ellas en enero, La humedad relativa del ambiente muestra correlación con el régimen de precipitaciones.

²- Las construcciones de adobe deben su reconocida capacidad térmica, principalmente, al espesor (masa) de sus muros. Durante siglos este espesor era de 0,30 a 0,45m ó más. En las últimas décadas del siglo pasado y como consecuencia de la globalización y la pérdida de la identidad cultural de los pueblos, el ancho de los muros de adobe se reduce a 0,20m con el agregado de los encadenados sismoresistentes, tratando de reproducir las construcciones de la ciudad y sus normas técnicas de construcción.

³- Según el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), toda la provincia de Tucumán está comprendida dentro de la llamada Zona 2, que responde a una *Peligrosidad sísmica moderada*. Motivo por el cual se recomienda a la población construir teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en las Normas Argentinas para la Construcción Sismo resistente. (CIRSOC 103- Parte I Construcciones en general y Parte II Construcciones en Hormigón Armado).

⁴- A la penca se la pica en trozos chicos y se la deja macerar en agua durante 4 hs. aproximadamente, cuando se transforma en un líquido viscoso, se la filtra y se la coloca con brocha o pincel; con la cal se prepara una lechada, con la siguiente proporción: 3 litros de agua más 2 cucharas de cal, luego de reposar unas horas queda un líquido semi espeso de color blanco.

⁵- El plasticor es una pre-mezcla de cal y cemento a la que se le agrega arena y agua; está reemplazando al mortero de barro en las juntas de asiento y en los revoques. Para el estudio se trabajó con las proporciones que acostumbra en el lugar. El inerthol 5 Sil, producto industrializado y comercializado por Sika; es una pintura a base de siliconas que se la aplica diluida en agua al 10%. Su elección se debe a los buenos resultados obtenidos en estudios anteriores realizados por integrantes del CRIATIC. (Ferreyra et al, 2004). Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales).

Currículo

Mirta Eufemia Sosa: Arquitecta - Máster DPEA (Diplome Prope d'Architecture) - CRATerre, Doctorando FAU-UNT. Prof. Adjunta Cát. Construcciones I - Arquitectura de Tierra Cruda - FAU-UNT. Directora Proyecto Investigac. de Ciencia y Técnica de la UNT (CIUNT) – Investig. Proy. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). A cargo Co-conducción CRIATIC-FAU-UNT. Miembro PROTERRA, ISCEAH-ICOMOS y APTI - E-mail: mirta_sosa@hotmail.com.

Stella Maris Latina: Arquitecta - Maestrando Carrera Auditoría Energética FAU-UNT- Prof. Adjunta Cát. Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Práctica de Extensión) FAU-UNT – Investig. Proy. Investigac. de Ciencia y Técnica UNT (CIUNT) y de Agencia Nacional Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) - A cargo Co-conducción CRIATIC-FAU-UNT; Miembro PROTERRA - E-mail: smlatina05@gmail.com

Irene Cecilia Ferreyra: Arquitecta - Cursado completo Carrera Magíster "Hábitat y Vivienda" Facultad Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional Mar del Plata (UNMP)- Docente (Jefe Trabajos Prácticos) Cát. Construcciones 1 - Integrante de Proyectos acreditados: CIUNT y ANPCyT – Integrante del CRIATIC-FAU-UNT – E-mail: icferreyra@gmail.com

Josefina del Huerto Chaila: Arquitecta - Doctorando Facultad Arquitectura, Urbanismo y Diseño- Universidad de Mendoza. Investig. en proyectos CIUNT, ANPCyT y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Colaboradora del CRIATIC-FAU-UNT- Miembro Comité Científico Internacional de Patrimonio Arquitectónico de Tierra (ISCEAH-ICOMOS) - E-mail: jochaila@yahoo.com

Maria de los Angeles Castellote: Estudiante avanzada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT)- Becaria Proyecto de Investigación CIUNT – UNT - E-mail: maria_castellote@hotmail.com.