

SECCIÓN 1:

ARQUITECTURA CON TIERRA

ARTÍCULOS

ARQUITECTURA MURARIA EN TIERRA Y LA RECREACIÓN DE LA ESPACIALIDAD ANDINA.

Handel Guayasamín

CASAS DE ADOBE EN NUEVO MEXICO: REFLEXIONES SOBRE EL PASO DEL TIEMPO EN UN CONTEXTO ATEMPORAL.

Susana I. Mühlmann

DE LOS MUROS *DE* TIERRA A LOS MUROS *CON* TIERRA: UNA RE-VALORACIÓN DE LA ARQUITECTURA PRE-MODERNA DEL TRÓPICO IBEROAMERICANO.

Benjamín Barney-Caldas

ARQUITECTURA MURARIA EN TIERRA Y LA RECREACIÓN DE LA ESPACIALIDAD ANDINA

Handel Guayasamín

RESUMEN

Este trabajo presenta la obra arquitectónica de autor que revaloriza la comunión del hombre, su medio y su tierra, destacando la pertenencia mutua de ambos. El sentimiento profundo de la relación con la tierra y la apropiación de la misma para la construcción de su morada, de forma que satisfaga no solo la necesidad primaria de cobijo, sino también aquellas otras profundas de su intelecto, su cultura y sus tradiciones ancestrales. No es más el hombre primitivo que pertenece a la tierra y se sirve de ella para su subsistencia, sino el hombre contemporáneo que utiliza sus conocimientos y sabiduría para el logro de espacios que intensifiquen su comunión con ésta, en un ritual no solo ya de sus creencias sino de la complejidad de su ser trascendente, a través del elaborado manejo espacial de la construcción con tierra, sensible y concreto, en busca de espiritualidad. En ese contexto, el trabajo presenta dos obras del Arq. Handel Guayasamin, realizadas en Quito, Ecuador: la Casa Cueva, 1994, y la Casa Puruchuco, 2001. Ambas obras recrean la arquitectura muraria masiva estereotómica del espacio vernáculo andino, resueltas en construcción con tierra, con muros continuos trabajados escultóricamente como masas de materia que se adicionan o sustraen, en el primer caso formando asientos o plataformas, en el segundo, se crean aberturas que incorporan luz, introducen visuales y paisajes u oquedades de carácter utilitario o ritual en los límites de espacios de gran intimidad y recogimiento.

Palabras Clave: Adobe, tapial, cangahua, iluminación, vasija de barro, cultura andina.

INTRODUCCIÓN

A continuación se presentan las dos obras realizadas con tecnologías de tierra en respuesta a un sentir de profunda integración al medio, concebidas con la intención de recrear la espacialidad de la cultura andina. El primer ejemplo, la Casa Cueva, ubicada en la Urbanización Jardines del Batán, Quito, en un terreno de 800 m² y 600 m² de área de construcción, proyectada por el autor y construida por él mismo, con el aporte de la ceramista Magdalena de Cueva en 1994, ha merecido la Mención de Honor en el Concurso Premio Ornato 1994, organizado por el Municipio de Quito.

CASO 1: CASA CUEVA

La Casa Cueva, es una residencia diseñada ‘hacia adentro’, con muy pocas aberturas y elementos que permitan su comunicación con su entorno, debido a una clara opción asumida por el autor del proyecto para garantizar la privacidad de sus propietarios. La casa es, en este caso, un objeto arquitectónico pensado como una escultura, en la cual la luz marca los recorridos y el carácter de los espacios, desde un exterior luminoso propio de Quito, una ciudad andina localizada en la mitad del mundo y a 2.800 msnm, hasta la penumbra total del interior.

Desde el ingreso, la arquitectura actúa como con un reóstato con el que se va disminuyendo la luz total del exterior hasta llegar al vestíbulo, al “cuarto quemado”, en el cual tan sólo aparece un pequeño haz de luz referencial; y, finalmente, al patio interior, en el que la luz vuelve a ser protagonista e ilumina todos los espacios desde el interior de la casa. Las paredes han sido trabajadas en tierra, en sus diversas opciones: tapial, adobe y bahareque. Los muros de tapial corresponden a la planta baja, son de 60 cm de espesor y se levantan sobre un zócalo de grandes piedras cuyas caras aparecen al exterior de la casa. En la planta alta, las paredes fueron trabajadas en adobe, producido en obra, con la misma tierra del lugar.

Los espesores de los muros delatan la presencia contundente del material, con bordes suavemente redondeados, poniendo en evidencia las potencialidades expresivas del material y el valor de lo constructivo-estético en función espiritual. En muchos casos, en las paredes se han practicado oquedades que tienen fines utilitarios y rituales: librerías, exhibidores de objetos o simplemente para expresar las texturas de la tierra moldeada o apisonada a mano, que acoge piezas arqueológicas de edades milenarias.

Así, la Casa Cueva tiene, entre sus atributos, la subordinación de la función a la estética, a la búsqueda de afectaciones y recorridos sensoriales, al lenguaje de la arquitectura como obra de arte. El vestíbulo o “cuarto quemado”, es quizá la pieza cerámica mayor de cualquier ceramista, ejecutada por Magdalena de Cueva. Este espacio fue sometido durante días al fuego purificador, hasta convertirlo en una gran vasija de barro, “en la que soñamos todos los ecuatorianos” (*), como dice la canción:

*“Yo quiero que a mi me entierren,
como a mis antepasados,
en el vientre oscuro y fresco,
de una vasija de barro”*

“El fuego hizo su hirviente trabajo en el vestíbulo de la casa, que quedó convertido en una cerámica colosal. La textura de las paredes cobró un aire místico. Nació así una inmensa vasija de barro en la que soñamos todos los ecuatorianos”

Juan Cueva Jaramillo, (propietario del inmueble).

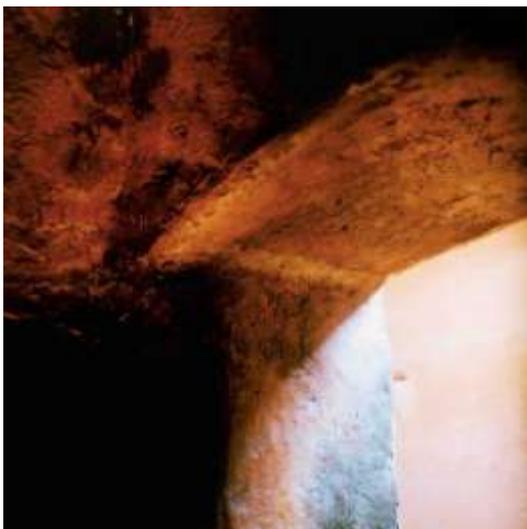


Figura 1. Textura de los muros de tierra



Figura 2. Vestíbulo o “cuarto quemado”

(*) Nota del autor: A las pocas horas de escribir este artículo, me informan que acababa de fallecer Juan Cueva Jaramillo, propietario de la Casa Cueva. Estoy seguro que la vasija de barro de la Casa Cueva, “en la que soñamos todos los ecuatorianos” como él mismo lo afirmó en vida, acogerá su espíritu.

Ideas matrices de la obra

Esta obra fue diseñada a partir de algunas ideas matrices:

La construcción debía ser de tierra, deseo irrenunciable de sus propietarios, concebida como una *'casa hacia adentro'*, privilegiando la privacidad de la pareja. Por eso, las pocas aberturas del edificio hacia el exterior y la dominancia de los muros llenos.

El manejo de la luz conduce los recorridos: desde la luz exterior total, los espacios se oscurecen progresivamente, hasta llegar al vestíbulo de la casa, llamado *'el cuarto quemado'*, de luz cero, a partir del cual se vuelve a recuperar progresivamente la luz como con un reóstato, hasta llegar nuevamente a la luz total que ingresa al gran patio- jardín interior de la casa, en torno al cual se disponen los espacios sociales.

La experimentación sensorial domina en el proyecto, la función se resuelve pero no llega a ser dominante. Este es el porqué de los extensos recorridos que conducen al habitante de la casa.

Las paredes delatan sus espesores. Es una arquitectura masiva, concebida para magnificar esta presencia.

La casa está *'hecha a mano'* hasta en los más pequeños detalles. La presencia del trabajo artesanal en todos y cada uno de los elementos, le dan ese carácter de pieza única, irreproducible.

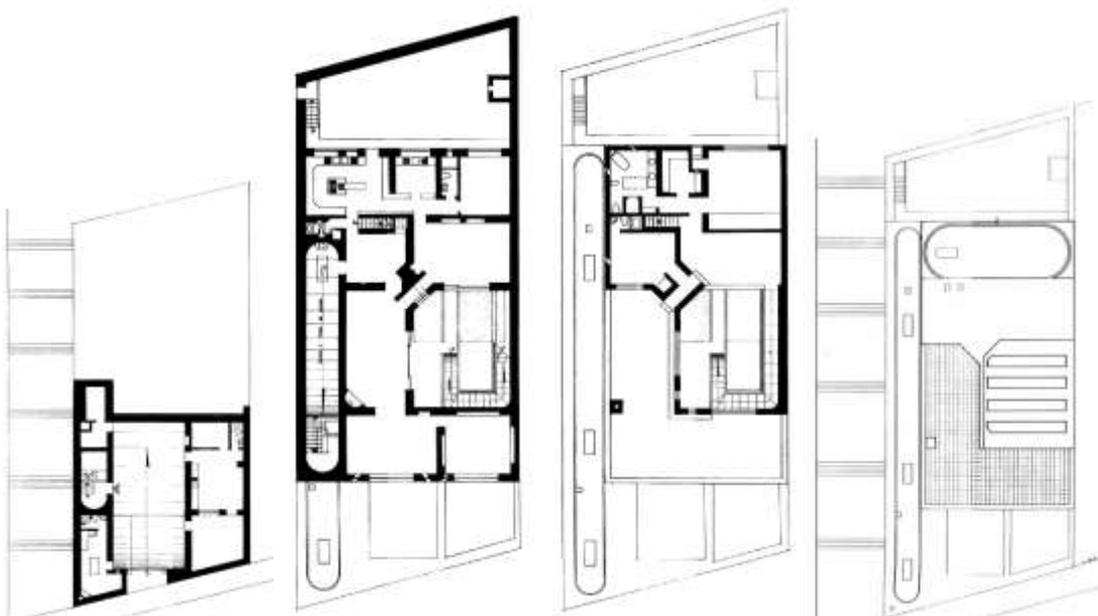
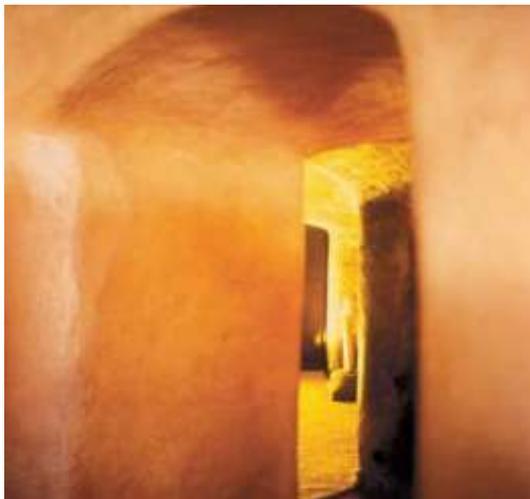


Figura 3. Planta baja y acceso, 1er piso, 2º piso, y planta de techos.

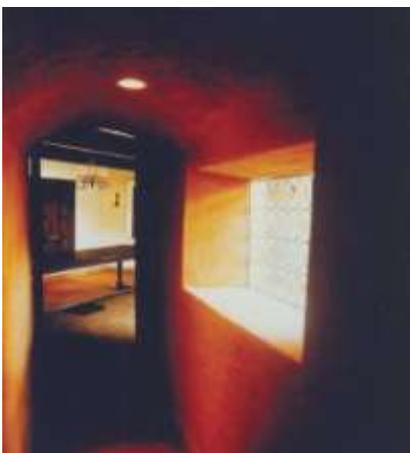
El proceso constructivo de esta obra muestra una experiencia igualmente singular: se recuperaron técnicas milenarias, como la fabricación en sitio de adobes y tapias, y se colocaron enormes monolitos en las bases de las paredes, reto que obligó a reflexionar sobre cómo lo hicieron los pueblos originarios de América cuando construyeron sus templos y fortalezas, hasta las baldosas de los baños y la pintura de la casa fueron producidas artesanalmente, a mano, mezclando pigmentos y tierras de diversos colores.



Figura 4. Patio central con luz tamizada.



Figuras 5 y 6. Muros y oquedades en la construcción con tierra.



Figuras 7 y 8. Manejo y efectos de la luz en vistas interiores.



Figura 9. Vista exterior, acceso.

El *'cuarto quemado'* o la gran *'vasija de barro'*, habitación que cumple la función de vestíbulo en la casa, constituye una espectacular pieza cerámica, ejecutada por la propietaria - ceramista, la Sra. Magdalena Armijos de Cueva. Esta habitación, de 12 m², fue quemada por dentro durante días, hasta llegar a temperaturas que superaron los 1.000 grados centígrados, obteniéndose como resultado un espacio dramático, de carácter ritual y escenográfico que nos traslada a los orígenes de la arquitectura, producida por diversidad de pueblos y culturas.



Figura 10. Ingreso de luz natural al vestíbulo

CASO 2: RESIDENCIA PURUCHUCO

Esta obra constituye la reinterpretación contemporánea de las ruinas de Puruchuco, que se permanece a pocos kilómetros de Lima, Perú. La nueva residencia Puruchuco, se encuentra en Quito, Sector Inchapicho, Nayón, en un terreno de 15.000 m² con 1.200 m² de área construida, fue ejecutada en 2001. Esta obra fue distinguida con el Premio Nacional de Arquitectura, en la XIII Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2002. En la construcción de esta obra colaboró con el autor, el Arq. Santiago Cueva.

La obra, nuevamente recrea la arquitectura muraria masiva estereotómica (Aparicio Guisado, 2000) del espacio vernáculo andino, resuelta con muros continuos trabajados como masas que sirven como asientos, plataformas ortogonales o, mediante la substracción de la materia, se crean aberturas por las que ingresa la luz. También se trabajan oquedades que delatan los espesores de los muros o sirven como hornacinas de las cuales emerge la iluminación artificial desde los límites de los espacios interiores, dotándolos de gran intimidad y recogimiento.

La casa, si bien es funcional a los requerimientos de sus habitantes, contiene espacios de particular significación, no funcionales, que resuelven otras presencias, como las del agua o la de la tierra. Arquitectura de espacios conformados por la substracción de la materia, donde la “cangahua”, (bloques de tierra cruda), es la que aporta un rotundo protagonismo a la obra.

Las ruinas de Puruchuco en Perú, sin duda, expresan lo mejor de la arquitectura civil de América indígena: sus enormes muros construidos en tierra, la inclusión de grandes espacios abiertos al interior de un recinto cerrado. Se trata de una arquitectura que no necesita muebles ya que las paredes los resuelven con sus oquedades, con los asientos que emergen de ellas, con el piso que se deprime o emerge para convertirse en camastros; una arquitectura que resuelve la privacidad de los ambientes más íntimos sin necesidad de puertas, anteponiendo esclusas al ingreso a estos espacios; una arquitectura en la que los recorridos son antifuncionales, casi laberínticos y rituales. La espacialidad del laberinto afecta de manera indeleble a cualquier usuario o visitante; una arquitectura en la que la perspectiva ha sido manipulada para provocar la agudización del propósito: el direccionamiento hacia lo ritual, lo sagrado.



Figura 11. Ruinas de Puruchuco.

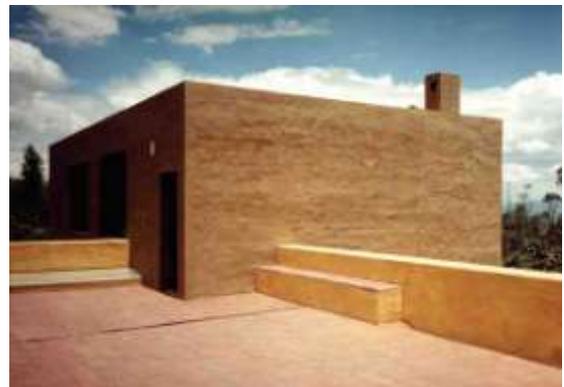


Figura 12. Casa Puruchuco.

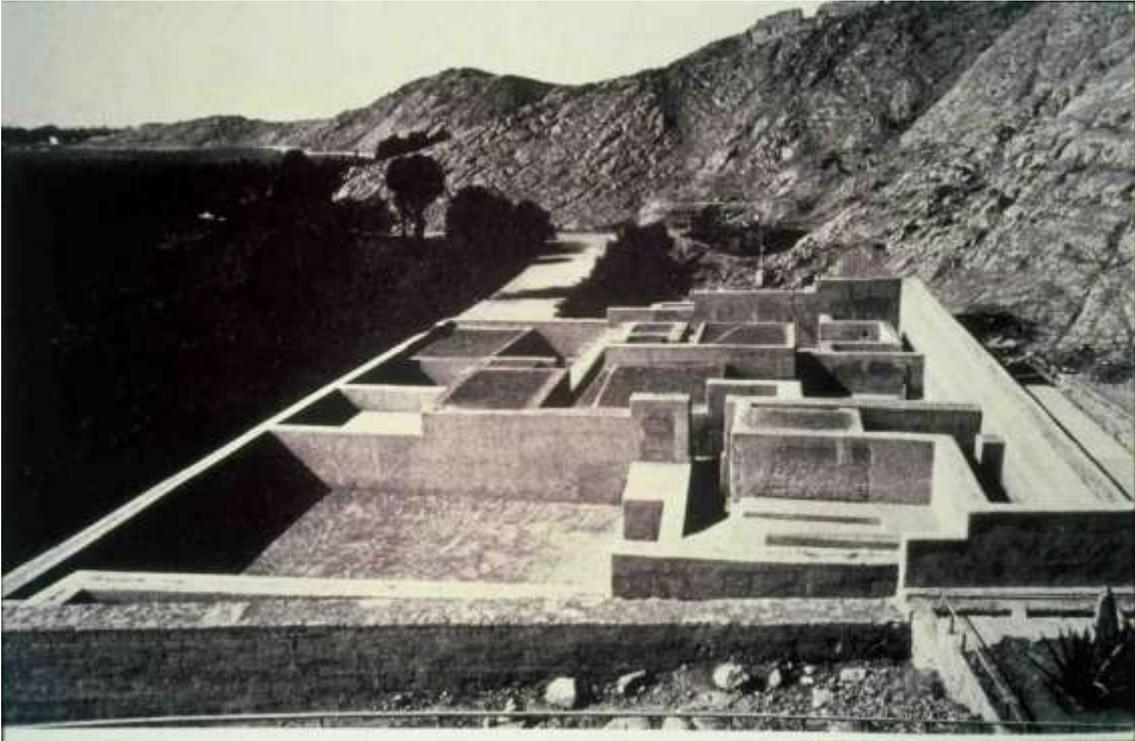


Figura 13 Imagen general de la ruina Puruchuco en el Perú, uno de los referentes más vigorosos de la arquitectura civil de América indígena.



Figuras 14 y 15. Imágenes ruina Puruchuco, Lima, Perú.

Estas observaciones, realizadas a priori por el autor, a partir de publicaciones sobre las ruinas de Puruchuco, se convirtieron luego en todo un encuentro exuberante al visitar el lugar y son los principios aplicados en el proyecto de la Casa Puruchuco. El intentarlo era ya todo un reto, el lograr su reinterpretación en una pieza de arquitectura contemporánea, fue el reto mayor.

DESARROLLO

La Casa Puruchuco, también es una especie de recinto cerrado en el cual se vacían espacios de particular significación, como el espacio del agua o el de la tierra. El suelo y el cielo, pisos y techos, son trabajados como masas que se pliegan para conformar volúmenes que sirven como gradas, asientos u oquedades. Los espacios nunca se delatan bruscamente -a la manera ‘occidental’, más bien se descubren, luego de procesos, de recorridos, de pasos por esclusas.

Desde el ingreso, el conducir al visitante al enfoque del paisaje, con el árbol de guabo como protagonista, agudizando la perspectiva mediante el giro de una de las paredes, hace ser parte de una arquitectura en la que las sensaciones y afectaciones se vuelven protagónicas, en desmedro de la función, de lo meramente utilitario.

La ‘cangahua’, pedazos de tierra extraída manualmente del suelo en trozos de formatos variables- es la protagonista del espacio de mayor significación de la casa: el gran patio de tierra, espacio central cubierto.

Este espacio teatral, por sus características histriónicas, está rodeado de altas paredes, de más de 6 metros de alto, trabajadas en ‘cangahua’, en trozos de suelo natural cuya resistencia y dureza se ha logrado por millones de años de permanencia en el subsuelo y que ahora, trabajados de pieza en pieza, ocupan su lugar como telón de fondo de una especie de espacio sacro, una especie de memorial a la materia y a la fuerza de la materialidad que puede develar la propia arquitectura. El piso de este espacio lo conforman grandes bloques de tierra cocida de 60 cm x 60 cm y 20 cm de espesor. En conjunto, este piso de más de 100 m², constituye el basamento necesario para ‘dar piso’ a la magnificencia del espacio.

La Casa Puruchuco es una obra de gran formato con sus 1.200 m², trabajada en ladrillo, que también es tierra cocida, y piedra. Sin embargo, es la tierra en crudo, la ‘cangahua’, la que se vuelve protagonista en esta obra.



Figura 16. Ruinas de Puruchuco.



Figura 17. Casa Puruchuco.

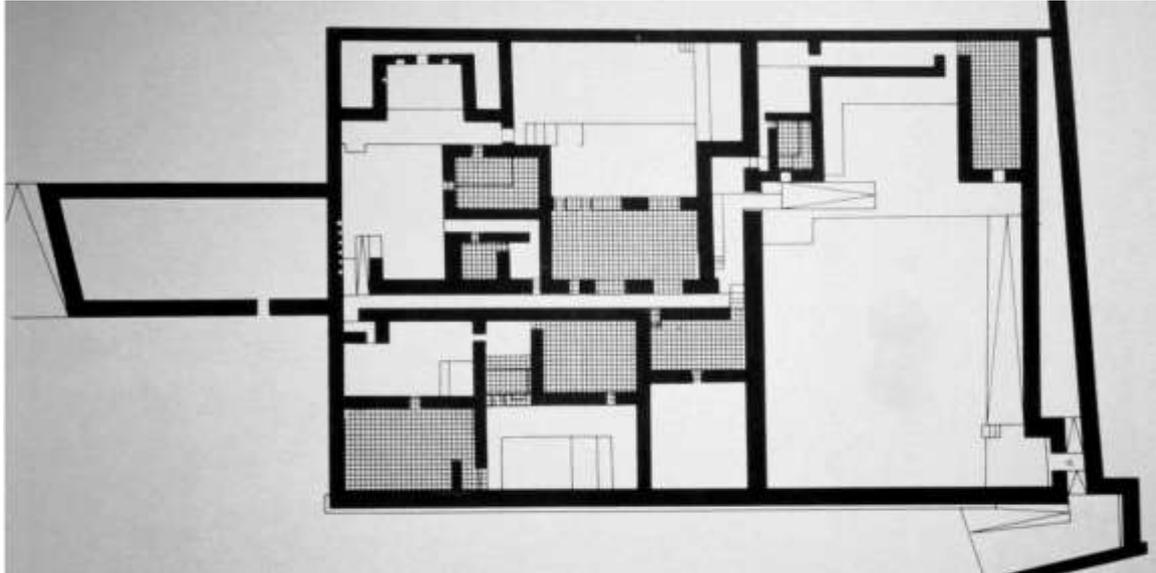


Figura 18. Planta ruina Puruchuco, Lima.



Figura 19. Planta baja Residencia Puruchuco, Quito.

El posicionamiento de la obra en el sitio; el cerco ortogonal que encierra el conjunto y le permite vivir 'hacia adentro'; la inclusión de espacios de marcada simbología pública al interior de una arquitectura donde domina lo privado; la agudización de la perspectiva y del enfoque mediante el uso de paredes convergentes; la salvaguarda de la privacidad sin necesidad de puertas; la idea del edificio mueble que trabaja los espesores de los muros y los niveles en el suelo; el espíritu de la materia manifestándose en la forma.

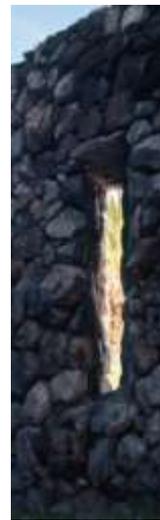
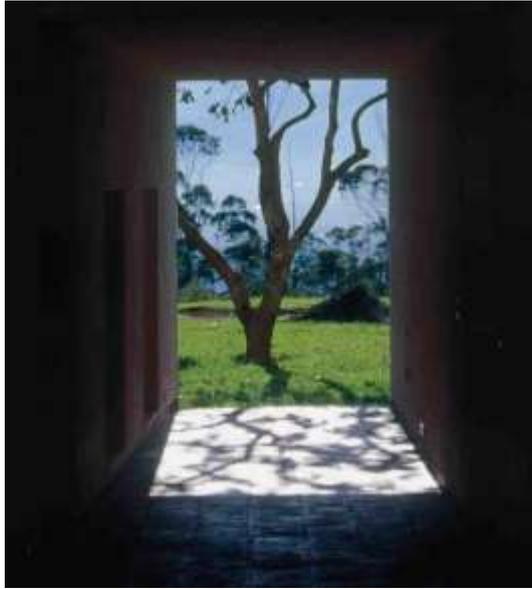


Figura 20. Encuadres y detalles interiores, Casa Puruchuco, Quito.



Figura 21. Detalles interiores

Figura 22. Detalle del muro de changahua



Figura 23. Vista exterior de la residencia en Quito.



Figura 24. Patio de Tierra, espacio central cubierto.

..... A MODO DE CONCLUSIÓN.....

1

*cientos de manos
miles de gestos, amarres, cortes
millones de golpes, detalles, caricias
moldean este conjunto de elementos que ahora prevalecen
en unidad de espacio y de arquitectura
materia milenaria
anuda su presencia
transformada
aquí
hoy*

2

*el rito espiritual de la primera piedra
florece a la primera luz
los afectos de siempre
laten*

3

*aprendí en Puruchuco a entrar quedo,
silencioso
recorriendo el suelo, el gran mueble
los espacios se cierran, sin puertas
o se abren, adentro
poseionado del sitio
conducido al asombro
espacio atemporal, de siempre
imposición válida
transgresión armónica.*

Handel Guayasamín,

REFERENCIA

Jesús M Aparicio Guisado (2000), El Muro, Universidad de Palermo

**CASAS DE ADOBE EN NUEVO MEXICO
REFLEXIONES SOBRE EL PASO DEL TIEMPO EN UN CONTEXTO ATEMPORAL**

Susana I. Mühlmann

RESUMEN

Una de las regiones con construcción en adobe más representativas del mundo se localiza en el Estado de Nuevo México, en el Sudoeste de los Estados Unidos de América, caracterizado por su clima desértico, amplias planicies y mesetas de roca arenisca. Sus orígenes se remontan a principios de año 700, cuando las tribus de los indios Navajo comenzaron a erigir asentamientos de adobe monolítico, cuya impronta arquitectónica y cultural es identificable hasta el día de hoy, no sólo en pueblos que aún están en pie y permanecen habitados, sino en toda la región. El trabajo muestra la vigencia de dos construcciones realizadas con tecnologías cuasi milenarias con el objetivo de reflexionar sobre las huellas y derivaciones de la interacción de tres culturas a lo largo del tiempo. Asimismo, el trabajo aborda el redescubrimiento del adobe y la combinación con nuevas tecnologías y materiales junto a la búsqueda de armonía con la naturaleza, intrínsecamente unida al paisaje, en el contexto altamente tecnificado de los Estados Unidos.

Palabras clave: Adobe, construcción sustentable, Nuevo México, Pueblo Acoma, Albuquerque.

INTRODUCCION

A principios del año 700, una región desértica y de mesetas rocosas, situada al Sudoeste de lo que en el futuro serían los Estados Unidos de América y actualmente se conoce como Nuevo México, ya estaba habitada por los indios Navajo.

Por siglos, factores como climas rigurosos, falta de agua, enemigos acechantes y alimento insuficiente, prevalecieron en las decisiones sobre emplazamiento, tecnología y construcción. Resistir era lo que contaba. Cazar, cultivar y defenderse fueron las actividades fundamentales de los primeros habitantes de los acantilados. Fue por este instinto de supervivencia y economía de recursos que hacia mediados de 1300, los indios se habían establecido a lo largo de Río Grande, enraizando su estilo de vida en más de 125 pueblos. Los agrupamientos y superposiciones de las construcciones en adobe formaban conjuntos homogéneos y una mimesis indivisible con el paisaje.

BREVE HISTORIA DE LA REGION EN ESTUDIO

En el siglo XVI, la conquista española produce una primera transformación, introduciendo la construcción con ladrillos de adobe secados al sol, técnica a su vez aprendida de los moros que rigieron España en el siglo VIII. No fue hasta que los españoles arribaron a Nuevo México en la última mitad del siglo XVI, que los colonos comenzaron a diseñar sus moradas con un grado de individualidad, aunque con mínimo sentido estético.

La introducción y uso masivo del adobe hizo esto posible. Habiendo aprendido las maravillas de una técnica tan antigua como las grandes civilizaciones de la Mesopotamia, traída por los Moros a España en el siglo VIII, los conquistadores llevaron este conocimiento al Sudoeste de los EEUU.

Mientras tanto, los indios locales ya construían en adobe monolítico, el cual requiere que cada capa sucesiva de arcilla, arena, agua y paja se seque completamente antes de aplicar la siguiente, de roca y madera, pero desconocían el arte de la fabricación de los ladrillos de adobe moldeados y secados al sol.

El adobe, cuyo nombre proviene del árabe y significa “tierra con la que se hacen los ladrillos sin cocer”, se volvió la técnica de construcción básica de los primeros asentamientos urbanos en el norte de Nuevo México, y en los siglos XVIII y XIX, los conquistadores se desplazaron hacia el resto del estado, llevando consigo esta tecnología, que iba a ser la esencia de su identidad.

Esta tecnología se torna una eficaz herramienta de la feroz dominación a la que se vieron sometidos los indios, y produce una formidable y sistemática producción de edificaciones de adobe a gran escala, pero ya no en las mesetas-fortaleza originales, sino en asentamientos urbanos interconectados por rutas de transporte, que se diversifican en todas direcciones.

Un nuevo punto de inflexión se produce con el advenimiento de los anglosajones, que en la primera mitad del siglo XIX comienzan su expansión comercial hacia territorios que hasta ese momento pertenecían a la Corona Española, entre ellos, California, Texas, Arizona y Nuevo México. A partir de su independencia de España, a mediados del siglo XIX, un nuevo e irrefrenable espíritu de conquista inicia un proceso de incorporación de estos territorios a los Estados Unidos de América.

En la actualidad, al igual que los pueblos indígenas, muchos de los asentamientos españoles se han preservado, conformando barrios históricos habitados e insertos en ciudades de las más variadas tipologías arquitectónicas, producidas tanto por el natural desarrollo de la tecnología, como por la irreversible influencia de la cultura anglosajona que predomina en todo el país.

Con un peso de hasta 20 kg cada uno, rápidamente producidos en grandes cantidades, velozmente ensamblados y fácilmente prensados y conformados, los ladrillos de adobe, en principio puramente utilitarios, son en la actualidad apreciados como un tipo de material cuatridimensional: Para muchos devotos de hoy en día, el adobe forma una conexión espiritual entre el hombre y la tierra, a través de la cual, la necesidad humana de asentarse es encontrada en armonía con la naturaleza, intrínsecamente unida al paisaje.

Esta aseveración, es en general, válida, sin embargo, dos ejemplos de construcciones de adobe en contextos culturalmente diferentes, muestran que el paso del tiempo no siempre arroja los mismos resultados, y que muchas veces, la historia se repite.

PUEBLO ACOMA, RESERVACION INDIGENA DE NUEVO MEXICO

Emplazado en una meseta de arenisca de 112 m de altura, el Pueblo Acoma, que en idioma Keresan significa “Gente de la Roca Blanca”, ha sido habitado en forma ininterrumpida por los indios Navajo desde su fundación en el siglo XI. Su implantación obedeció a razones estratégicas de seguridad, ya que su acceso original era sólo a través de escaleras talladas a mano en la arenisca. Las casas de adobe se han preservado y aún en la actualidad carecen de agua corriente, cloacas, electricidad y gas. Sin embargo, en las últimas décadas, la construcción de una carretera en espiral que permite el ascenso de vehículos, trajo aparejadas transformaciones poco favorables, producto de la llegada, por ejemplo, de carpinterías metálicas.



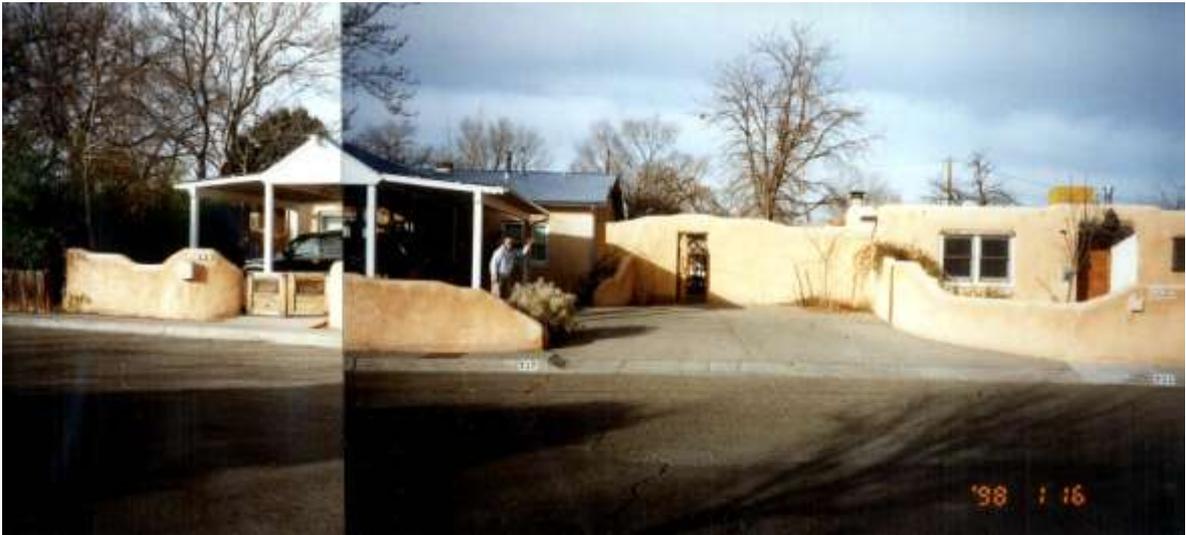
Figura 1. Vista exterior de las viviendas.



Figura 2. Los estacionamientos y calles internas no contribuyen al mantenimiento de lo que fue una imagen unida al paisaje, que perduró por siglos.

CASA DE ADOBE EN ALBUQUERQUE, NUEVO MEXICO

Albuquerque, además de ser una de las ciudades más importantes de Nuevo México, conserva un barrio histórico de casas de adobe, cuya construcción se remonta a la época de la colonización española, en el siglo XVI. Originalmente estas viviendas tampoco contaban con infraestructura de ningún tipo, pero han sido refaccionadas y adaptadas a las comodidades y condiciones de confort de hoy en día. Cabe mencionar que en Albuquerque se superponen tres culturas notablemente diferentes: Los pueblos indígenas originarios, que fueron conquistados por los españoles, que posteriormente fueron a su vez, conquistados por la cultura anglosajona. En las Figuras 3 y 4 se muestra una de esas viviendas, totalmente remodelada, manteniendo la imagen y el espíritu de la construcción con adobe, en la que confluyen la disparidad y riqueza cultural de la región.



Figuras 3 y 4. Vistas exteriores de la vivienda en Albuquerque, Nuevo México.

A lo largo de la fachada se observa parte de la construcción original y ampliaciones. El conjunto presenta uniformidad de materiales, proporciones y colores. El único contraste es la cochera, de madera y techo a dos aguas, a modo de galería.



Figuras 5 y 6. Estar y hall distribuidor.

La vivienda se organiza en una serie de espacios continuos, con paredes originales. Las vigas de madera que presentaban deterioro importante se reemplazaron por unas nuevas, de sección rectangular. Se renovaron pisos, utilizando baldosas cerámicas, y se reemplazaron las antiguas carpinterías de madera por otras del mismo material pero con vidrio repartido.



Figuras 7 y 8. Vistas del estar articulado con el comedor con hogares a leña.

Las paredes han sido pintadas a la cal, para permitir que el adobe ‘respire’. Las vigas nuevas se dejaron con la madera a la vista; las originales, de rollizos, se han pintado debido a que la madera presentaba manchas y también porque fueron reparadas con yeso.



Figuras 9 y 10. Áreas de circulación y servicios en el interior de la vivienda.

En un cruce transversal entre el estar y el hall distribuidor, un placard en el que se ubica el lavadero, muy común en viviendas de los Estados Unidos, en las que la ropa no se cuelga sino que se utilizan secarropas. A continuación hay un área para colgar la ropa pesada y dejar calzado para el frío. Si bien los veranos son muy calurosos y el régimen de lluvias es escaso, en invierno hay una notable amplitud térmica entre el día y la noche, lo que obliga al uso de indumentaria de abrigo.



Figura 11. La cocina, totalmente renovada, con amplia mesada, oficia de comedor diario en el que la familia toma sus desayunos y meriendas.



Figura 12. Sala de estar, recientemente adicionada en tierra con cerramientos metálicos.

La cocina se continúa en un nuevo espacio que sirve de sala de estar con vistas al jardín. Si bien este espacio fue agregado recientemente, se mantuvieron los criterios constructivos en tierra y de imagen del resto de la casa. La sala se abre hacia un jardín, con cerramientos de carpinterías metálicas. La casa cuenta además con pileta de natación, muy común en la región dadas las altas temperaturas y la sequedad del verano.



Figura 13. Vista de un dormitorio siguiendo los criterios constructivos del resto de la casa.

Es importante destacar que la casa cuenta con calefacción central por losa radiante por piso, pero que la tecnología del adobe no admite sistemas de aire acondicionado centrales ni individuales.

De todas maneras, el espesor de muros, los pisos cerámicos, la aislación térmica y cámaras de aire de cubiertas, y la ventilación cruzada, mandatoria en estas construcciones, permiten una buena ventilación natural y mantienen una temperatura en condiciones de confort en los espacios interiores.

CONCLUSIONES

Por siglos, el Pueblo Acoma estuvo separado de un modo topográfico del resto de los asentamientos que lo circundaban, tanto rurales como urbanos, y hasta el día de la fecha, sus habitantes se resisten a la instalación de cualquier tipo de infraestructura que modifique su estilo de vida ancestral. Esto implicaría un estado de preservación y pureza superior al de otras construcciones de la misma época y tecnologías, sin embargo, la visita al sitio sorprende con una imagen diferente.

La llegada en las últimas décadas de una carretera, obtenida a cambio del permiso para realizar una filmación, ha provocado en el Pueblo un impacto más allá de lo predecible. Las calles y las construcciones se mantienen, pero la invasión de automotores y consecuentemente, de materiales ajenos a las tecnologías originales, ha impulsado una significativa distorsión de la arquitectura, como así también, una abrupta interrupción con el paisaje.

Dentro de lo que es una situación más profunda y compleja que lo que un atisbo visual puede percibir, cabría preguntarse si con estos cambios han mejorado las rigurosas condiciones de habitabilidad, y sobre todo, la calidad de vida de aquellos que realizan un esfuerzo mayúsculo por preservar una cultura casi milenaria. Por otro lado, viviendas de antigüedad similar y sistemas constructivos casi idénticos pero insertadas en un tejido urbano, con acceso directo a lo que la evolución natural de las ciencias aplicadas puede proveer, han sido remodeladas y adaptadas a un estilo de vida y grado de confort actuales, con un estricto sentido de preservación de los valores estéticos, respetando el uso de materiales y tecnologías.

De igual manera, una mirada sobre la evolución migratoria nos muestra que las viviendas de Albuquerque están habitadas tanto por descendientes de los conquistadores españoles, como por la diversidad racial y cultural que en este momento conforma el mosaico demográfico de los EEUU, lo que en conjunto, constituye una población de inmigrantes, que ha crecido con un sentido de movilidad y adaptación a circunstancias y lugares cambiantes. Las viviendas del Pueblo Acoma, por el contrario, están habitadas por los descendientes de los moradores originarios de la región, que generación tras generación, crecieron defendiéndose de las agresiones naturales del medio y de las sucesivas conquistas.

El contraste entre la evolución del Pueblo Acoma y la vivienda de Albuquerque trae a la reflexión, si a pesar de la asimilación de valores espirituales y estéticos, y aún compartiendo el respeto por el paisaje y la naturaleza, se sigue recreando la superposición de tres culturas, y sobre todo, la ininterrumpida conquista de unas sobre otras.

En conclusión, la existencia de ejemplos tan lejanos en el tiempo, y la actual proliferación de construcciones de tierra cruda, constituyen la confirmación de la vigencia de esta tecnología. Sin embargo, esta expansión se verifica en contextos con antecedentes históricos y condiciones climáticas adecuadas, pero además, en países con alta tecnología y recursos económicos para su implementación, y dependen, asimismo, del criterio y enfoque de sus pobladores. Más allá de estas reflexiones, hay una creciente tendencia a reencontrar la armonía entre hombre y naturaleza, que prevalece en numerosas construcciones con tierra cruda, tanto en edificaciones de épocas pretéritas como actuales, que redescubren el adobe y lo combinan con tecnologías y materiales de nuestra era.

BIBLIOGRAFIA

Dennis, Landt & Lisl (1997), *Behind Adobe Walls*, Chronicle Books, San Francisco, California, ISBN 0-8118-1164-6

Muench, David & Hillerman, Tony (1974), *New Mexico*, Graphic Arts Center Publishing Co., Portland, Oregon, ISBN 0-912856-14-9

RECONOCIMIENTO

A la Sra. Leslie Schumann, propietaria de la casa en el momento en que se tomaron las fotografías, 1998, por su generosidad y eterno entusiasmo. Originaria de Pittsburgh, Leslie es habitante de Albuquerque por elección, y fue la autora y ejecutora de la remodelación e incorporación de materiales y tecnologías contemporáneos en la que fue su primera casa de adobe. Gran conocedora de la historia y la cultura de Nuevo México, fue también la impulsora de la visita al Pueblo Acoma.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS: Susana I. Mühlmann.

**DE LOS MUROS *DE TIERRA* A LOS MUROS *CON TIERRA*
UNA RE-VALORACIÓN DE LA ARQUITECTURA PRE-MODERNA DEL
TRÓPICO IBEROAMERICANO**

Benjamín Barney-Caldas

RESUMEN

Los edificios enmarcan espacios exteriores y conforman recintos interiores limitados por suelos, cubiertas y cerramientos. Estos fueron en Iberoamérica hasta iniciado el siglo XX de “embutido”, bahareque, tapia pisada o adobes o ladrillos pegados y revocados con barro. Esta arquitectura, de antigua raíz islámica traída por españoles y portugueses, viene de la tierra y debería regresar a ella pues es nuestro mejor material de construcción. El embutido indígena dio paso al bahareque, mas económico, y a la tapia pisada mediterránea que después fue reemplazada por adobes, y solo hasta el XVIII, después de las reformas borbónicas, se generalizó el uso del ladrillo para bases de piedrechos, arcadas, atarjeas y suelos que antes eran de tierra apisonada, mientras la palma o la paja se reemplazó por tejas de barro. Esta arquitectura cuyas formas surgen de un sistema constructivo determinado por un material predominante, la tierra, caracteriza los cascos viejos y primeros ensanches de nuestras ciudades tradicionales, que lo son casi todas, por lo que deberíamos tenerla en cuenta al intervenir en ellas, si queremos mejorar su presente caos. De otro lado, los edificios son responsables indirectamente de buena parte del CO2 causante del calentamiento global, y tenemos mucho que reinterpretar de esas tradiciones que sí son sostenibles. Por ejemplo, utilizando los bloques de tierra estabilizada, creados a mediados del XX, o usar la tierra de las excavaciones para los cimientos, en lugar de botarla, para rellenar los bloques de cemento de muros perimetrales portantes, aumentando su inercia térmica y acústica, y su solides. Son los mas indicados en zonas de alto riesgo sísmico, y en las tierras bajas del trópico iberoamericano, caliente o templado a lo largo del año, en donde actualmente ya vive la mayoría de su población.

Palabras clave Trópico ibero-americano, muro, tierra, clima, sostenibilidad.



Figura 1. Entramado de ramas de una maloca indígena actual del Amazonas

INTRODUCCIÓN

Pese a que casi todo lo que nos muestran revistas y bienales hoy en día son casi siempre imágenes de volúmenes sin contexto y vistos con frecuencia desde el aire, la arquitectura insiste en ser en esencia sus espacios interiores (Zevi, 1964), y por supuesto su recorrido, mientras que sus volúmenes determinan a su vez espacios exteriores y recorridos urbanos. E invariablemente los recintos que conforman los edificios están limitados por suelos, cubiertas y cerramientos, y estos, y las divisiones interiores, tradicionalmente han sido en Iberoamérica muros perforados por vanos. Muros levantados hasta el siglo XX con piedra, ladrillo, que es tierra cocida, o por simple tierra, y que fueron los que predominaron en nuestros países hasta hace poco. Es nuestra arquitectura tradicional, de antigua raíz islámica traída por españoles y portugueses, como los dulces de leche y azúcar, el apero de los caballos (Tavard, 1975. pp. 135 y ss) y hasta nuestro ojala con “h” aspirada, como lo han encontrado varios historiadores (Buschiazzo, 1961. pp. 77 y 87; Sebastián. pp.54 y ss; Barney –Cabrera. p.71).



Figura 2. Torre de tapia pisada de la Alambra en Granada (Siglos XVIII a XV)

Arquitectura que viene de la tierra y que, como los hombres que la habitan, debería regresar a ella en busca de mayor sostenibilidad: que nuestros edificios y ciudades puedan mantenerse por sí mismos. La tierra es nuestro mas económico, abundante, reusable y degradable material de construcción, y poco a poco se lo comienza a utilizar de nuevo de manera tan sencilla como lo es el viejo relleno. Durante la Colonia, y en algunos lugares hasta ya entrado el siglo XX, en Colombia (ver Arango, 1989), y en general en la Gran Colombia (La Nueva Granada, Venezuela, Ecuador y Panamá), pero también en México, Perú y Bolivia (ver Gutiérrez, 1992), los muros de sus diferentes edificios, principalmente los del campo, como las casas de hacienda y sus anexos, como capillas, baños, trapiches, ramadas y portadas, están levantados mediante el “embutido”, la tapia pisada o la mampostería de adobes o ladrillos (ver Barney y Ramírez, 1984), conocidas las primeras en Colombia como "de paredes" o "de tapias", y las últimas como "embutidas de barro" (Salcedo, 1982. p.31).



Figura 3. Vivienda campesina en Mompo, adobes y bahareque

Muros y cielorrasos que eran enlucidos mediante revoque de barro mezclado con fibras vegetales y ‘cagajón’ y ‘boñiga’ (términos locales para designar las heces del ganado vacuno y caballar, respectivamente). Esta operación "se hacía en dos capas. La primera llamada 'pañete' y aplicada sobre el muro, era una mezcla de barro y paja. Sobre el pañete se aplicaba una segunda capa, el 'repello' o 'embuñigado', mezcla hecha con boñiga y tierra amarilla que se afinaba con lana de madera para recibir el blanquimento de cal aplicada con hisopo de fique". (Salcedo, 1982. p. 80). Los muros de las habitaciones principales se encalaban por cuestiones de higiene pues ‘blanquear’ todos los muros sólo se generaliza a finales del siglo pasado. Isaac Farewel Holton anotaba en su crónica de mediados del siglo XIX, *The New Granada- twenty months in the Andes*, editada en Nueva Cork por Harper and Brothers en 1857, cómo a pesar de existir caleras, "una en Vijes y otra cinco millas más arriba [...] en ninguna de las dos se extrae mucha cal porque la demanda es escasa y el transporte muy difícil" y concluye: "encalar es un lujo por la falta de vehículos de rueda" (Holton, 1981. p.488).



Figura 4. Iglesia de La Merced, Cali, de tapia pisada (siglo XVII)

LAS DIFERENTES TÉCNICAS

Los cimientos fueron durante la Colonia inicialmente de tapia pisada dada la escasez de recursos comparado con España (García Mercadal, 1981. p. 65). Sin embargo, si bien el cortijo y la casa popular andaluces, por ejemplo, son el modelo o idea de la casa de hacienda vallecaucana, no por ello puede pensarse que sean estrictamente su precedente, sino mas vale sus contemporáneos (Téllez, 1975. p.1115), pues estas aparecen solo a partir de las dos últimas décadas del siglo XVIII (Colmenares, 1975. p. 55). Por lo que cabe presumir que solo a partir del siglo XVIII, con la necesidad de construir segundos pisos, como en las casas de hacienda, que con las reformas borbónicas pasaron a ser las residencias señoriales de los latifundios que reemplazaron a las encomiendas, los cimientos se comenzaron a hacer de cantos rodados, en donde fue posible, o de ladrillo pegado con barro. El empleo de argamasa como aglutinante (mezcla de cal y arena) parece haber sido escaso en las construcciones rurales, a pesar de su uso frecuente en las ciudades (Corradine, 1989. p.100). Los muros mismos se construyeron utilizando técnicas de diversa procedencia, y muchos divisorios y algunos cerramientos posteriores, son de adobes, e incluso en bahareque o simples tabiques de madera y, por supuesto, son de menor grosor que los portantes. Los de ladrillo son escasos, y pegados con barro.

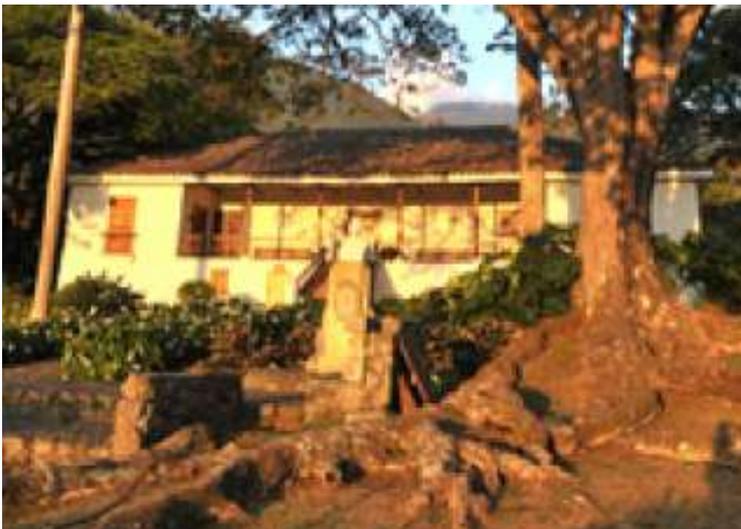


Figura 5. El Paraíso, cerca de Cali, escenario de la novela María, de Jorge Issacs, en tapia pisada y adobes (siglo XVIII)



Figura 6. Casa de la queja, Cali. BBC

El embutido es una técnica que ya existía en la América Prehispánica. Consiste en una estructura de madera o guadua forrada con latas de guadua y rellena y revocada con barro (Salcedo, 1982. p.31) y probablemente sea una forma local de trabajar el bahareque, *"encañando los horcones por ambos lados y llenando (embutiendo) de barro el espacio entre las dos caras del tabique así formado"* (Salcedo, 1982. p.182).

Por su reducido grosor el papel portante lo asumen los parales de madera o guadua; cosa muy diferente a lo que acontece en las construcciones del período Colonial, en las que se encuentra un sistema parecido, pero de un grosor considerablemente mayor, por lo que en este caso el esfuerzo portante lo asume fundamentalmente el relleno. En este caso, el "embutido", sería una forma local de hacer tapia pisada adecuada a la dificultad de obtener maderas aserradas, necesarias para la formaleta deslizante de esta técnica. Estas son reemplazadas por latas de guadua que se dejan en el sitio.

Este hecho constituiría una hibridación entre las técnicas presumiblemente indígenas del embutido y la tapia pisada de origen mediterráneo.



Figura 7. Casa de la queja, Cali. Muros viejos de adobes y muros de bloques de cemento (1992 a 2000) Arq. BBC

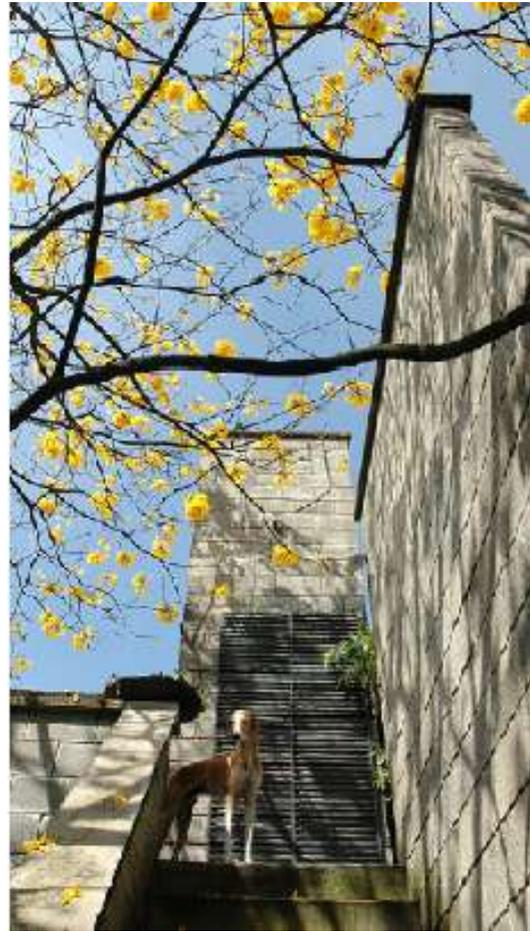


Figura 8. Bloques de cementos rellenos con tierra estabilizada en la Casa de la queja.

El bahareque, originalmente “bajareque” voz taína, lo que señala inequívocamente su procedencia indígena, fue hasta hace poco, y lo es en las regiones mas apartadas, la técnica popular más conocida en nuestros países para la construcción de viviendas, sobre todo en el campo, por ser mas económica. Probablemente sea una expresión desarrollada, económica, del embutido, aun cuando bien pudo haber sido lo contrario si lo primero fue una trabazón de ramas recubiertas con barro.

En el bahareque el muro está conformado por una estructura portante de puntales generalmente de guadua (Hidalgo, 1974. p.182), forrada en uno o ambos lados por tendidos de "esterilla" de guadua, la cual a su vez es recubierta con barro (Salcedo, 1982, p.183). Fue la elección primaria de los colonizadores por la facilidad de adaptarlo a diferentes condiciones ambientales, aprovechando diversos materiales locales, y siguió siendo la técnica predilecta en muchos lugares del trópico iberoamericano hasta hoy. La tapia pisada, de origen mediterráneo, genera los muros de mayor espesor: desde 0. 60 hasta 0.90 metros, y son comunes en las construcciones más antiguas del período Colonial. Esta técnica, al tiempo que agiliza la construcción demanda un proceso constructivo algo más complejo, pero los refuerzos de piedra en las esquinas, bastante comunes en las construcciones urbanas, no fueron casi utilizados en el campo.

Hay, sin embargo, una notable excepción en la casa de la hacienda de "Japio", en el valle del Alto Cauca, en el sur occidente de la actual Colombia, en donde las esquinas de los muros portantes de su cuerpo principal -descubiertas en la remodelación hecha en la década de 1970- son de grandes sillares de piedra con verdugadas de ladrillo (Barney y Ramírez, 1984. p.50).

La tapia pisada es una técnica difundida en el Mediterráneo por la civilización islámica y traída a América por los españoles. Su ejecución es básicamente la misma descrita por Ibn Jaldun ya en el siglo XV:

"se construyen muros con ella [la tierra] utilizando dos tablas de madera cuyos tamaños varían según [la tradición local]. El tamaño corriente son cuatro codos por dos [aproximadamente 1.7 ms. x .85 ms]. Se colocan sobre los cimientos. La distancia entre ambas depende de la anchura de los cimientos que el constructor considere apropiada. Se unen entre sí con piezas de madera fijadas con cuerdas y bramante. Entonces se echa tierra mezclada con cal viva dentro [de este bastidor]. La tierra y la cal viva se baten con instrumentos especiales... Hasta que todo esté bien mezclado. Después se añade tierra una segunda y una tercera vez hasta que se llena el espacio entre las dos tablas. [Entonces] La tierra y la cal viva se han combinado y han formado una sola superficie. Luego se colocan encima, y del mismo modo, otras dos tablas y [todo] se hace de igual manera... y después así pieza por pieza hasta que se ha levantado todo el muro, que está tan firmemente unido como si fuera de una sola pieza" (Michel, 1985. p.137).



Figura 9. Casa de las aves, cerca de Cali, muros cargueros de bloques rellenos con tierra (2008) Arq. BBC

Los muros de adobe suelen ser de menor dimensión que los de tapia, desde 0.20 hasta 0.40 ms. de grosor. Técnica tan vieja como la historia de la arquitectura occidental, se encuentran también en las construcciones incas en el Valle de Rimac cerca a Lima, como en las preincaicas de Chan Chan, Paramoga y Pachacamac (Losada, 1988. p.2). El adobe, palabra de origen árabe adoptada en España y posteriormente en Iberoamérica (Dethier, 1983. p. 57), designa localmente al ladrillo "crudo", hecho al pie de obra y pegado con barro. Este se elabora por el procedimiento de "barro dormido" reforzado con trozos de fibra pajiza. El barro es preparado dos días antes de moldearse.

Durante este lapso de tiempo la mezcla debe permanecer a la intemperie, día y noche, al cabo del cual se le agrega agua y se reamasa antes de fundirlo en moldes por el sistema de vaciado (Varios, 1983) La fácil disponibilidad de su materia prima, su facilidad de moldeo, su economía energética, ha hecho del adobe un componente apropiado para construcciones rurales. Sin embargo, su mal comportamiento frente a la erosión y a la humedad por su capilaridad, su baja resistencia a la flexocompresión, su dificultad de adherencia a otros materiales y su alta vulnerabilidad a los empujes laterales limitan sus posibilidades (Losada, 1988. pp.3 y 4).



Figura 10. Casa de las aves, Cali., Arq. BBC.

El ladrillo de barro "cocido" permitió hacer cimientos y sobre-cimientos para muros más altos, así como los machones necesarios para los segundos pisos, los que se generalizaron en el siglo XVIII con el auge de las colonias después de las reformas borbónicas (Barney y Ramírez, 1994. p.53). Usualmente tienen forma de paralelepípedo rectangular pero existen también los llamados de "medio queso" usados para los fustes de las columnas. Al contrario de otros componentes que sólo se emplean para constituir un solo elemento, el ladrillo tuvo un uso más amplio. Sirvió para bases para pie derechos, arcadas, acequias y para pisos, donde obviamente es dejado a la vista, los que antes eran solo de tierra apisonada.

Finalmente, los bloques macizos de tierra estabilizada del sistema CINVA-RAM, desarrollado en el Centro Interamericano de Vivienda por el entonces estudiante chileno de ingeniería Raúl Ramírez, en la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, se comenzaron a usar en nuestros países desde mediados del siglo XX.

REFLEXIONES FINALES

Actualmente la técnica del bahareque ha sido re usada con éxito en el llamado eje cafetero en el interior de Colombia, revocando la esterilla con repellos de cemento y arena de mayor duración, pues se valora su rapidez, economía y buen comportamiento sismo resistente. Por su parte el Cinvaram , en la medida de que son adobes “modernos”, es un claro ejemplo del valor actual de nuestra arquitectura tradicional de tierra, no solo como patrimonio arquitectónico, si no como solución sostenible para la climatización pasiva de los edificios en el trópico. El que actualmente se lo use mas en otras partes que en Colombia, como en el norte de México y ya mas industrializado, posiblemente se deba a lo lluvioso de nuestro país y su rechazo a sus tradiciones populares, las que por lo contrario a veces se trivializan al valor solo su imagen y no su pertinencia, como ha sucedido con muros de tapia pisada puestos solo por lo “bonitos” que son, o con los restauradores que los dejan sin su revoque sometiéndolos directamente a la intemperie con su consecuente degradación.



Figuras 11. Edificio San Fernando, Cali. Muros cargueros rellenos con tierra (2009). Arq. BBC

En esta arquitectura de tierra para nuestra tierra, que no apenas terruño, y no para las revistas internacionales o las que entre nuestros países las imitan, que son las preferidas de nuestros estudiantes, sus imágenes están por supuesto definidas por el sistema constructivo que es el que finalmente le da sus formas. Y por ende son las que definen el contexto urbano de los cascos viejos de nuestras ciudades y sus primeros ensanches, que por ser construidos hace años no dejan de ser tan actuales como los actuales, y con frecuencia comprobada son los que mas perduran.

Al menos, si queremos mantener integro el contexto de nuestras ciudades tradicionales, que lo son casi todas, tenemos que tener en cuenta dicha imagen pues las ciudades, al contrario de los edificios, que se pueden estrenar, siempre son “viejas”. Ni siquiera Dubai es de ahora: solo su pretensión. Por lo contrario, la sostenibilidad de los edificios si es un tema de gran actualidad, siempre que son responsables del consumo de cerca del 50% de la energía y por consiguiente de buena parte del CO2, que junto con otros gases, algunos también relacionados como los edificios, son los causantes del calentamiento global.



Figuras 12. Edificio San Fernando, Cali.

Actualmente en Cali se está utilizando una mezcla seca y apisonado de tierra, arena y un poco de cemento para rellenar las celdas de los bloques estructurales de cemento usados para levantar muros, tanto cargueros como divisorios. Así se puede aumentar su inercia térmica y acústica, como su solides al tacto, y re usar buena parte de la tierra que producen las excavaciones para los cimientos, que de otra manera habría que botar. Estos muros se revocan con cemento, simplemente se encalan o se terminan con una lechada impermeable de cemento blanco.



Figuras 13 y 14. El espacio interior en el edificio de viviendas San Fernando, Cali, Arq. BBC.

Los muros perimetrales de mampostería estructural, como se los llama en Colombia, no solo son los mas indicados en zonas de alto riesgo sísmico, sin que rellenos son que en las tierras bajas de la franja tropical de América, en donde el clima es mas o menos caliente a lo largo del año, disminuyen el paso al interior de los edificios de la radiación solar que impacta en las fachadas y medianeras durante el día, liberando calor cuando la temperatura comienza a bajar al atardecer y durante la noche.

En últimas, se trata de un “embutido” posmoderno, con tierra apisonada y estabilizada, con las ventajas económicas y técnicas de la tapia pisada y el adobe pero sin sus inconvenientes mencionados, como lo son su vulnerabilidad al agua y los sismos. Pero no es apenas una reinterpretación puramente técnica de nuestro patrimonio construido si no su evolución cultural en nuevos edificios para nuestras viejas ciudades. Es una manera de modernizarlas sin destruirlas, que es lo que lamentablemente hemos venido haciendo en nombre del progreso pero sin siquiera lograrlo. Y también una forma de evitar el rechazo ignorante a las técnicas constructivas tradicionales, identificadas con lo pobre, que no por absurdo es menos presente en nuestras sociedades, tanto que el anhelo de las clases bajas es construir con “material”. Es decir que en este caso los muros, no *de* tierra si no *con* tierra, conservando de alguna manera la recia presencia de nuestro patrimonio, son una serpiente que no se muerde la cola si no que inicia una espiral ascendente sobre si misma. Fernando Chueca Goitia señala cómo "*el ser rico en masa y en espacio le presta a la arquitectura americana su majestad y señorío. Con menos medios y a veces con unos materiales pobres, jamás se ha conseguido tanta dignidad*" (Chueca Goitia, 1979. p.187).

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, S. (1989), *Historia de la arquitectura en Colombia*, Universidad Nacional Bogotá.
- Barney, B. y Ramírez, F. (1994), *La arquitectura de las casas de hacienda en el Valle del Alto Cauca*, El Ancora Editores, Bogotá.
- Barney-Cabrera, E. (1977), *Transculturación y Mestizaje en el Arte en Colombia*, (sin editor), Bogotá.
- Buschiazco, M. (1961), *Historia de la Arquitectura Colonial en Iberoamérica*. Emecé, Buenos Aires.
- Chueca Goitia, F. (1979), *Invariantes en la Arquitectura Hispanoamericana*. Dossat, Madrid. p.187
- Colmenares, G. (1975), *Cali, terratenientes, mineros y comerciantes: siglo XVIII*, Universidad del Valle, Cali.
- Corradine, A. (1989), *Historia de la Arquitectura Colombiana*, Gobernación de Cundinamarca, Bogotá.
- Dethier, J. (1983), *Down to Earth*,. Facts On File, Inc. New York.
- García Mercadal, F. (1981), *La casa popular en España*, Gustavo Gili, Barcelona.
- Gutiérrez, R. (1992), *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*. Ediciones Catedra, Buenos Aires,
- Hidalgo, O. (1974), *Bambú, su cultivo y aplicaciones*. Estudios Técnicos Colombianos Limitada. Cali.
- Holton, I. F. (1981), *La Nueva Granada - Veinte meses en los Andes*, Banco de la República, Bogotá.
- Lozada, A. (1988), *La tierra, material de construcción*, Mineo, Universidad del Valle, Cali.
- Michell, G. (D) (1985), *La Arquitectura del mundo Islámico*, Alianza Editorial, Madrid.
- Sebastián, S. (1965), *Arquitectura Colonial en Popayán y Valle del Cauca*, Universidad del Valle, Cali.
- Salcedo, J. y otros (1982), *Guadalajara de Buga y su Arquitectura*, Apuntes 19, Universidad Javeriana, Bogotá.
- Tavard, C.H., (1975), *L'habit du cheval*, Office du Livre, Fribour (Suisse).
- Téllez, G. (1975), *La Casa de Hacienda*, en *Historia del Arte Colombiano*, Tomo IV, Salvat, Bogotá.
- Zevi, B. (1964), *Architettura in nuce*, Aguilar, Madrid.
- Varios (1983), *Memorias del Seminario Internacional sobre vulnerabilidad de construcciones en Tierra*. Lima.

Fotografías de Sylvia Patiño.

Ref. Obras del autor: Arq. BBC, Arq. Benjamin Barney Caldas.

SECCIÓN 2:

DESARROLLO TECNOLÓGICO

ARTICULOS

LA TIERRA QUE NOS COBIJA: INSPIRACIÓN, TÉCNICA Y DESARROLLO.
Ricardo Florez Rivas y Tatiana González Algaba.

PROGRAMA HABITAT RURAL CHUBUT: CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDA RURAL PARTICIPATIVA
Liliana De Benito, Edgardo Mele, Manfredo Lenzian y Marco Baronetti, Pablo Renny ,
Luciana Lastoria y Rubén Williams.

UTILIZACIÓN DE MUCILAGO DE NOPAL Y TRITURADO DE LLANTA PARA MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LOS BTC.
Rubén Salvador Roux Gutiérrez y Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez.

PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS EN LA CUBIERTA DE BARRO DE UN CENTRO DE INTERPRETACIÓN ARQUEOLÓGICA. ANTOFAGASTA DE LA SIERRA, PROVINCIA DE CATAMARCA.
Jorge Tomasi y Maria Carolina Rivet.

SISTEMA ABIERTO PARA AUTOCONSTRUCCIÓN.
Bruno Gatti y Gabriel Mirkin.

LA TIERRA QUE NOS COBIJA: INSPIRACIÓN, TÉCNICA Y DESARROLLO

Ricardo Florez Rivas y Tatiana González Algaba

RESUMEN

El presente artículo trata de la relación entre la tierra como lugar y como material para construir, desde que el hombre descubrió su utilidad para dar forma a su cobijo, hasta la actualidad como material noble para diferentes funciones arquitectónicas y de esto son ejemplo las construcciones precolombinas, elaboradas con tierra en el Perú, ejemplo de sabiduría constructiva. Además, éstas son en su mayoría, construcciones sismo-resistentes que aún mantienen gran parte de sus estructuras en pie. Actualmente, Perú cuenta con normas técnicas legales para la construcción de adobe sismo-resistente, aunque la falta de difusión y control hace que estas técnicas no se usen en su totalidad. Difundir estas técnicas constructivas adecuadas debe ser obligación de las instituciones y responsabilidad de los arquitectos concientes de la herencia constructiva local y del impacto ambiental que ello implica en la práctica profesional.

Palabras clave: Tierra, adobe, construcción sismo-resistente, caña brava.

INTRODUCCION

La tierra, material noble, que no solo ha servido para proveer alimento, sino que también ha sido como una segunda piel, como un manto, un cobijo, que desde milenios ha acompañado y protegido. Material perfecto para los primeros seres necesitados de cobijo, material que, además, se conjugaba perfectamente con otros materiales como caña, piedra, madera, y cualquiera podía adaptarse a ella, todos se acompañaban, y complementaban.



Figura 1 y 2. Caña y tierra. Muros de caña y revestidos en tierra. Desierto de Sechura, Piura.

LA TIERRA COMO MATERIAL DE INSPIRACIÓN

El uso de la tierra a lo largo del tiempo ha servido en la construcción de muros para delimitar caminos, Figura 3, Valle de Lurin, Huarochiri, 700 dc, y espacios varios, Figura 4, Huaycan de Pariachi, Valle del Rimac, 500 dc, ambos en Lima, Perú.



Figura 3. Piedra y tierra.

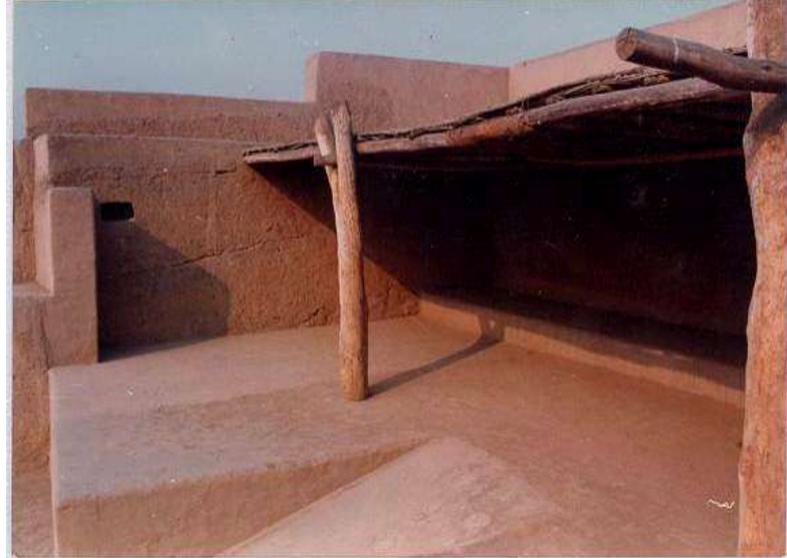


Figura 4. Construcción de tierra en bloques.

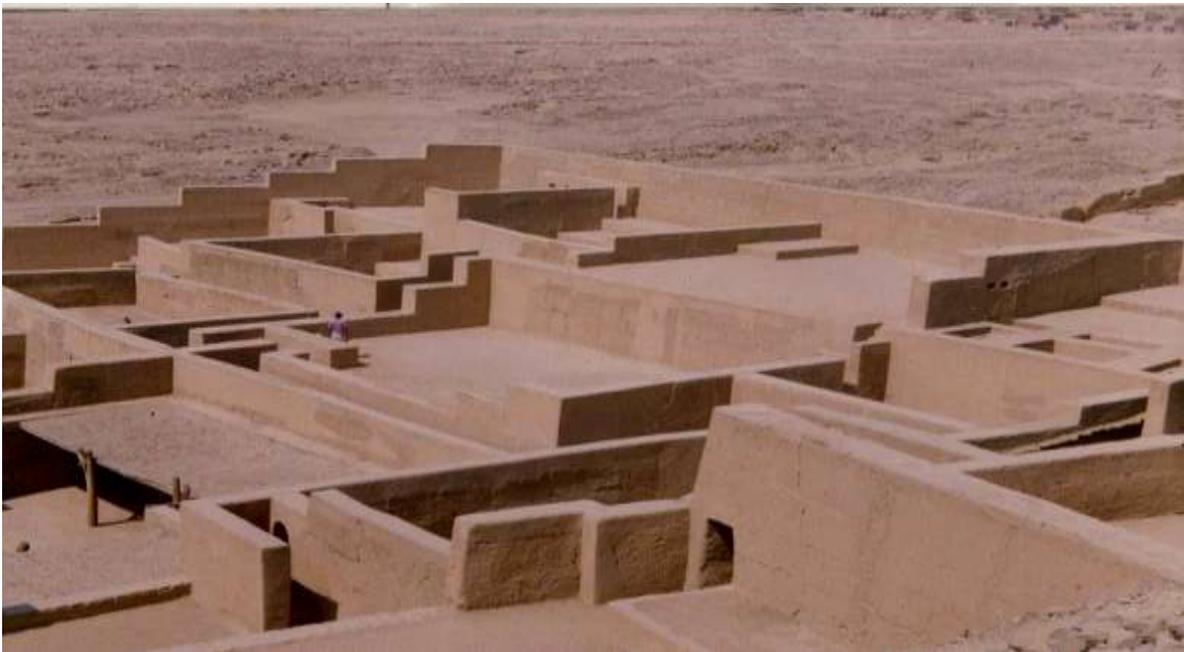


Figura 5. Huaycan de Pariachi, Lima



Figura 6. Muros con relieves: Chan-Chan y El Brujo, Trujillo.

En climas desérticos, el uso de la tierra es particularmente propicio para la construcción, ya que las precipitaciones no constituyen un problema de desgaste para los muros construidos. Los indios americanos, aprovecharon esta condición climática, y es por eso que a lo largo de toda la costa Peruana, se encuentran ejemplos de culturas milenarias que construyeron no solo ciudades, sino imperios importantísimos en la costa del Pacífico, usando la tierra como material principal.



Figura 7. Huaca La Luna, Trujillo.



Figura 8. Puruchuco, Lima.

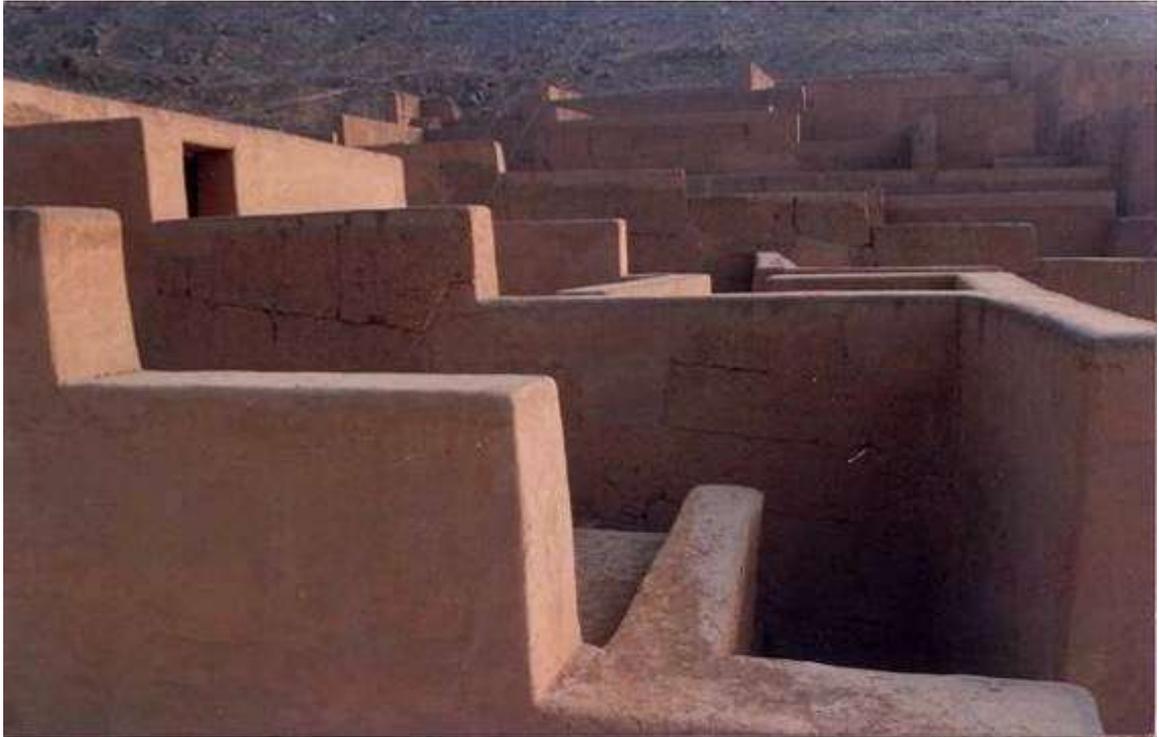


Figura 9. Huaycan de Pariachi, Lima.

Construcciones en tierra, como muestran las Figuras 5 a 9, son ejemplos de fortaleza e ingenio y revelan épocas de esplendor, donde el mejor aliado del hombre y su mejor amiga era la tierra. Hay que considerar además que son construcciones sismo-resistentes, ya que están construidas en una franja costera considerada zona sísmica de alto grado. Es válido plantear entonces un interrogante: en que momento el hombre dejó de conocer la tierra? en que momento perdió el vínculo con ella?

LA TIERRA COMO FORMA CONSTRUCTIVA ANTE EL SISMO

En el 2,007, el fuerte terremoto que azotó Ica-Pisco-Chincha, al sur de Lima, capital del Perú, produjo el desastre y la cantidad de muertes como consecuencia del derrumbe de muchas edificaciones, la mayoría de ellas elaboradas con tierra. Aparecieron entonces comentarios en periódicos y revistas sobre la culpabilidad de la tierra en el desastre y las muertes ocurridas.

Este trabajo invita a replantear esa situación, y muestra la importancia de construir con responsabilidad. En ese marco, Perú cuenta ya con un reglamento para construcciones en tierra, muy específico y detallado, aunque lamentablemente muchas veces ni siquiera es consultado cuando se decide construir en tierra.



Figuras 10 y 11. Construcciones en tierra después del terremoto, Lima, 2007.

LA TIERRA COMO ARQUITECTURA SISMO-RESISTENTE

El sistema constructivo sismo-resistente, según Norma Adobe-código E-080, Reglamento Nacional de Edificaciones, es un significativo avance en la consolidación de la construcción en tierra. En estas edificaciones se considera un sistema mixto, combinando un esqueleto interno de los muros, en Caña Brava, entrelazados con ladrillos de tierra sin coser, de 40 x 20 x10 cm aprox., pudiéndose usar como cobertura o techo la caña bambú de 5" de diámetro promedio, Figura 12.

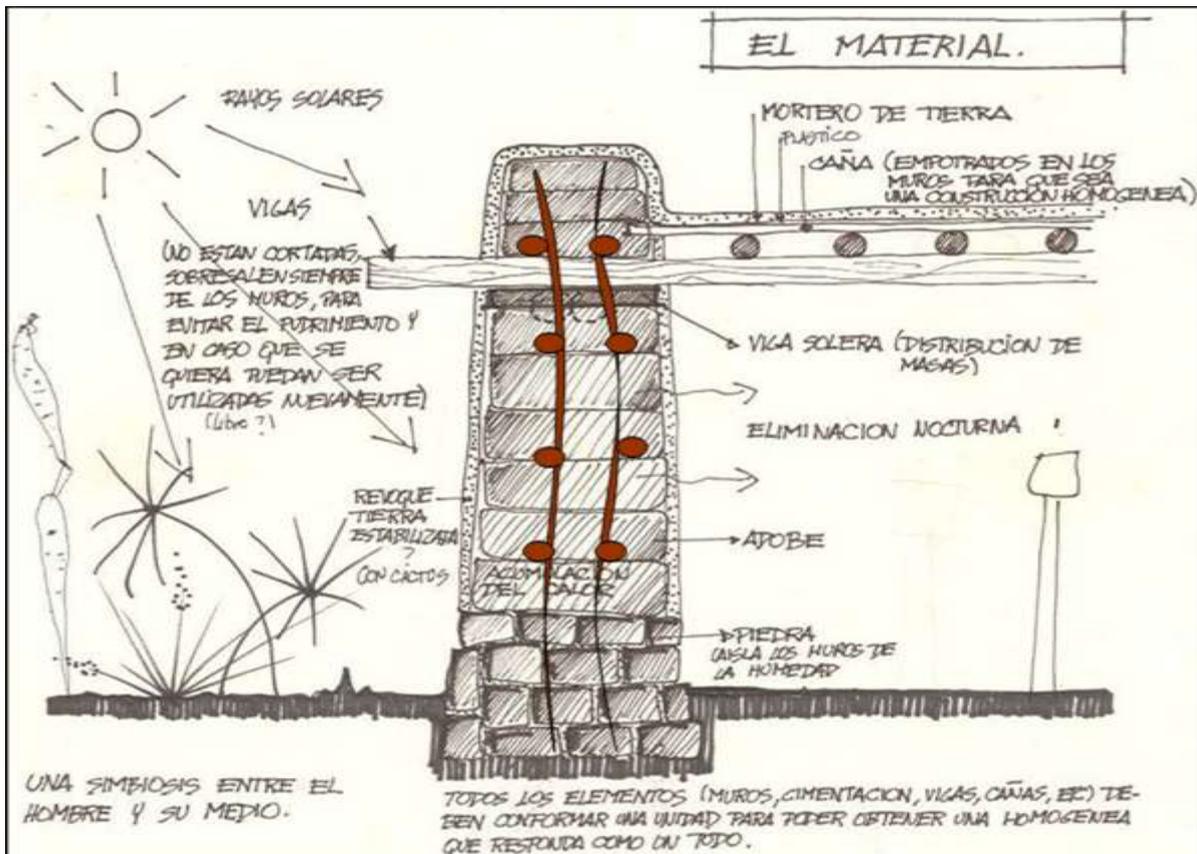


Figura 12. Corte esquemático de muro y cubierta sismo-resistente, construcción con tierra.

Se muestra a continuación las etapas del proceso constructivo: el sitio y el inicio de la construcción, Figura 13, y el uso de caña brava y tierra, Figuras 14 a 17.



Figura 13. Inicio de la construcción, cimientos y esqueleto interno en Caña Brava, Huarmey.



Figura 14. Caña brava empotrados en el sobre-cimiento y ladrillos de tierra cruda.



Figura 15. Construcción anti-sísmica con muros de tierra y caña brava.



Figuras 16 y 17. Etapas del proceso constructivo aplicando el sistema sismo-resistente a la construcción con tierra.

Proyecto de capilla y vivienda sismo-resistente, Pachacamac, Lima: Se presenta un proyecto sismo-resistente, diseñado en ladrillos de tierra cruda, combinado para el techo, según el material de la zona, como bambú, eucalipto o caña.



Figuras 18 y 19. Vista exterior de la capilla y vivienda, construcción sismo-resistente en tierra.

CONCLUSIONES

Es importante aprender del legado histórico constructivo con tierra, con el que cuenta el Perú, incorporarlo a técnicas nuevas y mixtas y seguir investigando técnicas sencillas que respondan a la realidad del contexto social, cultural y natural.

Desarrollar la capacitación y promover la difusión, son partidas fundamentales para un futuro sustentable, sin olvidar que construir con tierra es símbolo de vida y buena salud, en vez de muerte y destrucción.

REFERENCIAS

- Agurto Calvo, Santiago (1,984) *Lima Prehispánica*. Municipalidad de Lima Metropolitana.
Bardou, Patrick, Arzoumanian, Varoujan (1,981), *Arquitecturas de adobe*, Gustavo Gili, S.A.
Burga Bartra, Jorge (1,989), *Del Espacio a la Forma*. Edición FAUA-UNI, Lima, Perú.
Machicao Relis, Roberto (1,990), *Diseño Estructural para Arquitectos*, Arius, Perú.
Milla Villena Carlos (1983), *Génesis de la Cultura Andina*. Colegio de Arquitectos del Perú.

**PROGRAMA HABITAT RURAL CHUBUT:
CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y ENERGÍA SOLAR EN
VIVIENDA RURAL PARTICIPATIVA**

Liliana de Benito, Edgardo Mele, Manfredo Lenzian

y

Marco Baronetti, Pablo Renny , Luciana Lastoria y Rubén Williams

RESUMEN

El trabajo tiene como propósito mostrar los alcances del Programa Hábitat Rural, desarrollado en la Provincia del Chubut, coordinado por el Instituto Provincial de la Vivienda, IPV y DU y la Subsecretaría de Vivienda Social del Ministerio de la Familia y Promoción Social, Chubut, Argentina, dirigido a mejorar la calidad de vida de la ‘población rural dispersa’, PRD, atendiendo particularmente la mejora de la vivienda y provisión de servicios, acompañado con el fortalecimiento de la producción. En relación a la vivienda, la acción se centra en lo que se reconoce en la institución como ‘arquitectura sustentable’, básicamente, parte de la construcción de mampuestos con suelo cemento, utilizando la tierra del lugar. La producción de vivienda se enfoca desde una “perspectiva interdisciplinaria e intersectorial” que se concreta a partir del año 2004 mediante la puesta en marcha del Programa Hábitat Rural. Contempla el empleo de estrategias bioclimáticas particularmente adecuadas a las condiciones del clima característico de la estepa patagónica, la elección de la implantación de la vivienda, en función de los vientos dominantes y el asoleamiento, la utilización de energías alternativas y el uso de materiales de la zona, principalmente tierra, como tecnología apropiada y apropiable. Se destaca la combinación de la construcción con tierra y el desarrollo de energías renovables en la producción participativa en pobladores en zonas aisladas en climas extremos, como así también la capacitación y rescate de técnicas vernáculas.

Palabras Claves: hábitat rural, autoconstrucción, construcción en tierra, arquitectura bioclimática, energías renovables.

DESARROLLO DEL PROGRAMA

A partir de año 2004 se desarrolla en la Provincia del Chubut el Programa Hábitat Rural, cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad de vida de la población rural dispersa. PRD. Esta población está compuesta por miembros de los pueblos originarios, ya sea de la etnia tehuelche o mapuche, quienes se distribuyen en la extensa estepa patagónica, dedicándose a la cría de ovejas o chivos. Estos le proveen lana, pelo y carne para insumo de sus familias.

El clima se caracteriza como Desértico Patagónico con bajas temperaturas, fuertes vientos, nevadas y heladas periódicas. La vegetación es baja, achaparrada, donde la aridez del terreno denota un proceso de desertificación.

Las viviendas son precarias construidas con adobe, con escasas comodidades. Un problema que deben afrontar es la provisión de leña, tanto para la cocción de alimentos como para

calefaccionar sus viviendas, elemento que es particularmente escaso en el medio rural y aislado donde viven.



Figura 1. Los primeros pasos en Cushamen.



Figura 2. Capacitación en suelo cemento.

Programa de vivienda rural

El Programa es llevado a cabo en la Provincia del Chubut desde el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano, en coordinación institucional con la Subsecretaría de Vivienda, dependiente del Ministerio de la Familia y Promoción Social.

Ejes de trabajo institucional

Es importante mencionar que, en un principio, se definieron tres ejes de trabajo: Construcción de viviendas, Capacitación e Investigación. A nivel nacional, se interviene con la Subsecretaría de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar (ex Programa Social Agropecuario) y, desde el año 2008, con la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda a través del Programa Federal de Vivienda Rural y Aborigen.

Vivienda sustentable

El diseño de las viviendas se inscribe en el marco de la arquitectura sustentable, empleando estrategias bioclimáticas particularmente adecuadas a las condiciones del clima característico de la estepa patagónica. Un paso previo es la elección de la implantación de la vivienda, buscando aquellos lugares mejor emplazados de los embates del viento. Las viviendas se disponen en un sentido Norte-Sur, buscando el aprovechamiento de la energía solar.

Materiales locales

La adopción de los materiales de la zona como tecnología apropiada y apropiable constituye una de las premisas básicas del Programa. Es así que la utilización en las construcciones de elementos tales como los mampuestos de suelo cemento ha sido de gran significado, tanto en lo relacionado a la cultura como en lo que respecta a la conservación de la energía y los requerimientos de confort higro-térmico.

Producción participativa y capacitación

En lo concerniente a la vivienda los beneficiarios participan activamente, conformándose grupos que intervienen en la construcción de sus viviendas. La fabricación de los mampuestos de suelo cemento, realizados “in situ” por los futuros beneficiarios, constituye también el primer escalón asociativo del grupo auto-constructor, Figura 1.

Esto significa capacitar a los pobladores en la técnica de ejecución de los mampuestos hasta las diferentes etapas constructivas que completan la ejecución de la vivienda. Se utilizan máquinas similares a la tradicional CINVA RAM, en este caso, de industria francesa marca ALTECH modelo GEO 50, Figura 2.



Figura 3. Construcción del muro acumulador solar Trombe-Michel con mampuestos de suelo cemento.

La experiencia ha demostrado varias virtudes a través de las realizaciones del Programa, ya que las acciones no solo contribuyen eficazmente a la provisión de vivienda a pobladores de escasos recursos en zonas aisladas, también promueve la capacitación, la autosuficiencia y la estima de los propios interesados y de la comunidad, y rescata técnicas y prácticas locales de construcción.

Procedimiento constructivo

En primer lugar, los pobladores aprenden a reconocer el suelo apto y realizar pruebas de campo hasta verificar su composición. Con este material, al que se le agrega cemento y agua en pequeñas cantidades, se lo prensa en la etapa de ‘maquinado’, tras lo cual se obtiene un bloque macizo que debe fraguar durante más de veinte días para su curado. También se utilizan mampuestos de suelo cemento híper comprimidos, elaborados en fábrica a modo industrial. La sencillez de su colocación, dado que son trabados sin mezcla de asiento, economiza notablemente la obra sin dejar de lado las bondades de la conservación de energía y el confort higró-térmico.

En este sentido, es importante rescatar que, a modo de retribución o pago de la vivienda, un grupo contribuyó en la construcción de la vivienda para una pareja de ancianos, en el paraje Ranquil Huao. En principio, esto se logró a partir del aporte de ladrillos de suelo cemento, fabricados por ellos mismos, a lo que se agregó el conocimiento logrado en la etapa de construcción de sus viviendas.

Champas

En otra experiencia, se rescató el uso de las ‘champas’ que hacen los pobladores, para construir sus viviendas y cobertizos. En este caso se decidió la construcción de una vivienda a un poblador septuagenario, en el Paraje de Pocitos de Quichaura. A unos 30 Km. de la ruta N° 25 y a 60 Km. de la población mas cercana, en la localidad de Tecka.

Este hecho, mas el corto plazo que restaba para el inicio de la temporada invernal, determinó la búsqueda de material alternativo que disminuyera los plazos de construcción.



Figura 4. ‘Champas’, recorte del sustrato vegetal superficial de los mallines o ‘manantiales’.



Figura 5. Vivienda construida con ‘champas’ y estructura de madera.

Así se comprobó que el poblador había utilizado en ocasiones anteriores ‘champas’ para construir cobertizos para sus enseres y animales. La ‘champa’, Figura 4, se obtiene cortando el sustrato de los mallines, en bloques de 30 x 50 cm y 10 cm de espesor. Este sustrato está compuesto por un manto de hierba cuyas raíces le dan estructura a la tierra. Al secarse al sol, se obtiene algo similar a un adobe natural, con el que se construyeron luego los muros.

La vivienda se compone de: un ambiente que cumple la función de estar, comedor, dormitorio y un baño, con un invernáculo adosado a la vivienda. La cubierta es de chapa de cinc ondulada, con pendiente para escurrir y soportar nevadas invernales, Figura 5.

Sistemas solares en la construcción con tierra

Como se enunció en párrafos anteriores, una de las problemáticas que deben atender los pobladores de la meseta, es el aprovisionamiento de combustible para la cocción de sus alimentos y la calefacción de sus viviendas.

Este hecho, que el Programa define como propósito de diseño para una arquitectura sustentable, es que, a los efectos de solucionar esta problemática, se decidió aprovechar la luz solar y la energía eólica en reemplazo de otros recursos como los derivados del petróleo o la leña.



Figura 6. Vivienda construida con suelo cemento y estructura de H° A°. Instalación de colectores solares pasivos para agua caliente.

Esto permitió incorporar muros Trombe-Mitchel modificados, Figura 3, que incorporan una cámara de aire, con una pared de mampostería del lado interno, cerrada por una superficie vidriada exterior. En el lado interior se realizan pequeñas aberturas en la parte superior e inferior para permitir la circulación dentro del ambiente, ingresando el aire caliente y saliendo el frío, el cual adquiere nuevamente temperatura en su pasaje por la cámara acumuladora.

Respecto al calentamiento de agua para uso doméstico, a cada vivienda se le instaló un colector solar que, conectado al tanque de reserva, provee agua a un tanque intermedio a 40° C de temperatura, Figura 6. El sistema se complementa con una cocina CECAR-CHUBUT, cocina-estufa de alto rendimiento, adosándole un sistema que recupera el aire caliente alrededor del caño de evacuación de humos y permite su distribución al interior de las habitaciones.

Como caso particular, se destaca la instalación de un biodigestor en la vivienda de la familia Redelich, en el Paraje de Buenos Aires Chico, que funciona con bosta de animales, restos de vegetales de la huerta y líquidos cloacales de la vivienda proveyéndole biogas para el funcionamiento de la cocina. Adosado al muro exterior del lado Norte, se incorporó un invernáculo en todos los casos que no solo permite a los pobladores proveerse de verduras frescas que ellos mismos producen, sino también mejora las condiciones de la temperatura interior de la vivienda.

Respecto a la provisión de energía eléctrica, se instaló un molino eólico, que carga una serie de baterías a partir de donde se distribuye la misma al interior de la vivienda. La capacidad del sistema permite la iluminación de cada uno de los ambientes y el uso de conservadora de alimentos, radio, etc.

A los efectos de mejorar el confort interior de las viviendas, sobre todo en la época invernal, se trabajó en el diseño, reforzando las aislaciones térmicas. En los muros exteriores se utilizaron paredes dobles de suelo cemento, con el interior relleno de poliestireno expandido. En las cubiertas se duplicaron las aislaciones, una sobre los ciellorrasos y otra sobre el entablonado, en estos casos de lana de vidrio.

CONCLUSIONES

La propuesta plantea estrategias y técnicas que dinamizan el compromiso y la capacidad de la comunidad para asumir colectivamente y de manera autónoma la construcción de sus viviendas. Con el desarrollo de esta experiencia se busca ofrecer una propuesta metodológica y un conjunto de herramientas y técnicas de fácil aplicación y apropiación para el mejoramiento del hábitat popular rural de Chubut, Argentina, con el objetivo de alcanzar un proceso sostenido de arraigo.

Se considera que ello sirve para que el Estado desarrolle una política apropiada y apropiable para la construcción de viviendas rurales, optimizando los recursos naturales, los equipos técnicos y la tecnología, teniendo en cuenta la adecuación ambiental.

Las estrategias y pautas de diseño bioclimático, la integración de sistemas solares pasivos y el uso de tecnología apropiada local, ha permitido cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria, calefacción, refrescamiento, electricidad, cocción de alimentos, secado de ropa y frutos, así como la producción de verduras y hortalizas, etc., mejorando la calidad de vida del poblador rural en todos sus aspectos.

UTILIZACIÓN DE MUCILAGO DE NOPAL Y TRITURADO DE LLANTA PARA MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LOS BTC

Rubén Salvador Roux Gutiérrez y Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez

RESUMEN

El presente trabajo presenta los resultados de la investigación realizada en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con la finalidad de obtener una sistematización de la inclusión de mucílago de nopal y triturado de llanta en los Bloques de Tierra Comprimidos, para obtener un material de calidad. Las conclusiones muestran que, a partir del uso de mucílago con 30 % de concentración, se obtienen mejoras importantes en la compresión simple, ya que todas las poblaciones fueron inferiores a la población control en la absorción de agua, dando dos de ellas menor absorción: la de 10 % con una reducción de 5.83 % y 15 % con 4.10 % de reducción. Los mejores resultados se obtuvieron con 15 % de triturado de llanta a la compresión simple en estado húmedo de la población, incrementando 14.97 % su capacidad de carga. Por último, el análisis de toxicidad resultó negativo para los BTC con triturado de llanta, utilizando 20 % de triturado, la mayor población para este análisis.

Palabras Clave: Mucílago, triturado de llanta, BTC, edificación sustentable, materiales alternativos.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de tierra cruda han sido utilizados para la fabricación de muros en muchas partes del mundo. Actualmente, cuando la necesidad de producir edificaciones sustentables cobra una importancia preponderante, la tierra ha vuelto a ser utilizada como material de construcción. Sin embargo, son pocos los estudios tendientes a sistematizar de una manera científica los procesos de fabricación de estos materiales o como mejorarlos.

Por otra parte, se tiene el grave problema de contaminación de residuos sólidos, como es el caso de los neumáticos de desecho: “Uno de los más grandes problemas de contaminación en el mundo lo ocasionan los neumáticos de desecho. Tan sólo en México se generan 25 millones de llantas anualmente, de las cuales se calcula que 4 millones se concentran en el Distrito Federal. Otro tanto, clandestinamente, va a parar a cañadas, ríos y laderas de carreteras, tornándose un factor generador de incendios y, al acumularse el agua de lluvia en ellos, de mosquitos y otras plagas. De esto se deriva un serio problema de salud pública, cuando podría ser la causa de fructíferas oportunidades de negocios”. (García, 2003). El reciclaje de estos materiales sería una buena alternativa para acabar con el problema, como usar el triturado como elemento que permita mejorar las características mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), sustituyendo una parte de arena.

Los estabilizantes para la fabricación de BTC pueden ser de origen vegetal como: fibras, savias, de origen animal: pelo de animal, estiércol de caballo, o bien de origen mineral como cemento o cal. (Minke, G. 2001). Los estabilizantes minerales se emplean para mejorar las características del suelo empleado como materia prima para su fabricación.

El mucílago de nopal, estabilizante de origen vegetal, usado ancestralmente de manera empírica para la construcción, sin probar su efectividad y la concentración adecuada y, por consiguiente, mejorar las características de los Bloques de Tierra Comprimida ante el agua. La presente investigación tiene dos vertientes: 1. sistematizar el proceso de fabricación de los BTC utilizando mucílago y triturado de llanta y 2. mejorar sus características mecánicas de los materiales así fabricados.

JUSTIFICACIÓN

En estudios anteriormente realizados se ha podido determinar que los materiales de tierra tienen buen comportamiento a la compresión simple (Roux Gutiérrez, 1990), sin embargo, su comportamiento en estado húmedo se reduce en 50 % aproximadamente, por lo que es deseable mejorar este aspecto para garantizar una mejor calidad. Esta falta de resistencia presenta la falta de confiabilidad de estos materiales, si bien se han hecho estudios para poder estabilizar los BTC con materiales como: cal (Ramsey, 1999), cemento (Roux, 1990), resinas y asfaltos, pero poco se ha hecho con materiales naturales como el mucílago de nopal e investigar el comportamiento de los BTC estabilizados con triturado de llanta.

En ese marco, se consideran tres alternativas: 1. obtener una sistematización de los procesos de fabricación a partir del uso de mucílago con triturado de llanta, a fin de mejorar las características mecánicas de los BTC; 2. lograr un uso adicional a los desechos a partir de neumáticos de desperdicio y 3. obtener un material de calidad y bajo costo que permita cubrir la gran demanda de vivienda de interés social en México y en especial en Tamaulipas.

El Presidente 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', expuso el relator especial Sr. Miloon Kothari, y continúa '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, con un déficit absoluto de 756,000 unidades de vivienda al año 2000'. 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 10 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), volumen que representa un gran consumo energético para construirlas por los sistemas convencionales de construcción.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y sistematizar los procesos de fabricación de materiales de tierra cruda, BTC específicamente, con mucílago concentrado y triturado de llantas de desecho, que mejoren significativamente las características físicas y mecánicas de los mismos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las características de los BTC respecto al porcentaje de absorción de agua, mediante bloques testigo y a diferentes concentraciones de mucílago en el agua de mezclado y con diferentes concentraciones de triturado de llantas.
2. Comprobar de manera científica si la utilización empírica y ancestral del mucílago de nopal es justificable y técnicamente viable para la fabricación de los BTC.
3. Determinar el grado de salinidad, acidez y resistencia a los álcalis del mucílago, mediante pruebas químicas.
4. Determinar la concentración de mucílago en el agua de mezclado para mejorar significativamente las características físicas de los BTC.
5. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los BTC elaborados con mucílago de nopal y triturado de llantas.
6. Evaluar el grado de toxicidad de los BTC con triturado de llanta, mediante pruebas químicas.

METODOLOGÍA

El proceso de fabricación se inicia con la selección y aptitud del suelo. Al no encontrar un suelo con las características ideales en la zona de estudio, se decidió en este caso fabricar uno con la mezcla de una arcilla de baja plasticidad (CL, 60 %) y una arenal limosa (40 %), incorporándole 6 % de cemento como primer estabilizador. La Tabla 1 muestra las variables de concentraciones de mucílago y triturado de llanta y las proporciones para producir 14 bloques de 14 x 28 x 10 cm.

Tabla 1. Mezcla de materiales

Material	Cantidad	Unidad
Arcilla de baja plasticidad	21.00	Kg
Arena limosa	23.00	Kg
Cemento	8.00	Kg
Concentración de mucílago y agua	6.00	Lts

Selección de especies de nopal: Se analizaron dos especies de nopal (*Opuntia rastrera* y *Opuntia ficus-indica*), con diferentes pruebas químicas, destacándose la diferencia de viscosidad del mucílago obtenido en cada caso: la primera especie tuvo una viscosidad de 71 % y la segunda solo 3 %.

Concentración y viscosidad: Para la preparación de las concentraciones, se seleccionó la especie de nopal (*Opuntia rastrera*), conocida como ‘nopal forrajero’, por su alto porcentaje de viscosidad, para elaborar los lotes de BTC, los cuales solo llevarían el mucílago como variable para determinar la concentración que mejoraría significativamente las características de los bloques.

Forma de preparación del mucílago: A las pencas se les quemaron las espinas, para picarlo posteriormente en cuadros y ubicarlos en un tambor con 50 lts de agua, por 5 días hasta que se obtuvo todo el mucílago. Para la obtención del mismo es necesario separarlo de la fibra del nopal. Una vez que se separó se vuelve a medir la cantidad de líquido para determinar la concentración.

Soluciones con agua: A partir de esta concentración, se hicieron las primeras soluciones agregando agua al mucílago de la primera concentración para 22 lts., cantidad necesaria para elaborar 50 bloques, más las muestras líquidas para las pruebas químicas.

En una primera etapa, se elaboraron 5 lotes de BTC, los bloques testigo para comparar, solo con agua, y con mucílago en concentraciones de 1, 2, 3, y 4 %. Cada población de 50 muestras.

En una segunda etapa, a partir de los resultados obtenidos, se elaboraron 5 lotes más con concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 %, obteniéndose los siguientes resultados para las diferentes pruebas practicadas, según indica las Tablas 2, 3 y 4.

En el caso de los números negativos en la Tabla 4, hubo 4 % de pérdida de masa y no se consideraron para el promedio.

Las Tablas 5, 6 y 7 indican los resultados de la segunda etapa, con los bloques denominados de alta concentración de mucílago.

Tabla 2. Resistencia de la BTC a la compresión seco.

		CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION				
Proyecto:		Supervisión:				
Localización:		Muestreado por				
Constructora:	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha:	23 de junio de 2008.			
Elaborado por:	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proyecto	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	1%	2%	3%	4%
	1	53.57	40.81	47.95	39.28	35.20
	2	55.10	25.51	41.32	41.83	53.57
	3	44.38	37.75	50.00	28.57	49.48
	4	40.81	27.04	36.22	30.61	45.40
	5	38.77	36.73	30.10	52.04	33.16
	6	69.89	35.20	44.89	39.79	28.06
	7	55.61	33.67	32.90	51.02	36.73
	8	57.14	33.16	49.48	38.77	42.85
	9	44.38	35.71	29.59	40.81	37.75
	10	35.71	21.93	54.08	42.85	25.51
	PROMEDIO	49.54	32.75	49.65	40.55	38.67

Tabla 3. Resistencia de la BTC a la compresión en estado húmedo

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO						
Proyecto		Supervisión				
Localización		Muestreado por				
Constructora	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha			23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proyecto			60 KG/CM ²	
Material	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.			NMX-C-404-ONNCCE-1997	
		Ensayado por			Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE					
	1	28.06	15.94	7.14	10.2	5.1
	2	25.51	2.04	13.26	3.82	12.75
	3	28.06	5.99	14.03	17.85	5.1
	4	5.10	15.31	12.75	13.01	5.1
	5	30.61	10.20	19.13	12.5	12.75
	6	33.16	15.56	10.84	5.1	7.65
	7	25.51	5.61	13.39	9.69	22.95
	8	15.30	6.89	23.46	17.85	22.95
	9	30.61	10.33	12.24	2.55	10.2
	10	25.51	4.97	14.28	14.28	15.3
	PROMEDIO	24.74	10.60	14.052	11.59	11.985

Tabla 4. Absorción de agua

 CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA						
Proyecto:		Supervisión				
Localización:		Muestreo por				
Constructora:	Facultad de Arquitectura	Fecha			23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por:	Personal de la FADU	Resist. Proyecto				
Material:	40 % Arena limosa, 60 % Arcilla, 6 % De Cemento	Norma de ref.				
		Ensayados por			Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE	0	1%	2%	3%	4%
	1	9.66	6.54	5.74	6.17	5.32
	2	9.59	-6.11	7.41	1.86	7.86
	3	9.49	-3.29	8.43	7.59	6.77
	4	5.12	6.50	8.34	8.26	3.04
	5	9.21	4.21	8.38	5.80	6.93
	6	8.43	7.72	6.37	2.82	7.48
	7	9.33	3.00	8.34	8.23	7.60
	8	8.76	2.40	9.22	8.71	7.44
	9	8.50	6.08	8.73	-0.20	6.95
	10	9.22	2.27	9.12	7.67	7.24
	PROMEDIO	8.73	4.84	8.01	6.35	6.66

Tabla 5. Resistencia de BTC a la compresión en estado seco

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO SECO							
Proyecto:				Supervision:			
Localizacion:				Muestreado por:			
Constructora:	Facultad de Arquitectura			Fecha:		23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por:	Personal de la FADU			Resist. Proy. :			
Material:	40 % Arena limosa, 60 % Arcilla, 6 % De Cemento			Norma de ref.:		NMX-C-404-ONNCCE-1997	
				Ensayados por:		Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE	0	10%	20%	30%	40%	50%
	1	53.57	71.55	63.26	61.37	77.01	80.46
	2	55.10	53.57	51.53	59.33	98.16	77.16
	3	44.38	58.29	68.87	62.42	73.16	81.20
	4	40.81	59.66	56.12	57.50	87.96	75.76
	5	38.77	59.03	53.57	73.85	77.12	69.28
	6	69.89	57.57	56.12	56.37	72.68	72.93
	7	55.61	65.86	66.32	54.33	79.54	72.19
	8	57.14	76.22	62.75	66.83	80.56	77.55
	9	44.38	56.19	58.67	69.33	81.30	87.04
	10	35.71	68.46	52.55	69.51	86.04	81.45
	PROMEDIO	49.54	62.64	58.98	63.08	81.35	77.50

Tabla 6. Resistencia de la BTC a la compresión en estado húmedo

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO HÚMEDO							
Proyecto:				Supervision:			
Localizacion:				Muestreado por:			
Constructora:	FACULTAD DE ARQUITECTURA			Fecha:		23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por:	PERSONAL DE LA FADU			Resist. Proy. :			
Material:	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO			Norma de ref.:		NMX-C-404-ONNCCE-1997	
				Ensayados por:		Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE	0	10%	20%	30%	40%	50%
	1	28.06	35.58	46.07	43.62	68.31	45.61
	2	25.51	38.44	57.24	52.63	62.47	58.77
	3	28.06	38.87	51.42	40.97	46.30	49.26
	4	5.10	47.55	42.44	48.62	44.05	49.18
	5	30.61	34.66	43.75	47.80	58.06	46.86
	6	33.16	33.06	56.14	36.94	60.94	57.24
	7	25.51	40.02	63.41	45.25	66.30	55.43
	8	15.30	30.99	48.44	37.81	56.14	55.61
	9	30.61	34.23	33.39	27.37	44.05	52.32
	10	25.51	24.92	48.8	32.88	35.76	56.37
	PROMEDIO	24.74	35.832	49.11	41.39	54.24	52.67

Tabla 7. Absorción de agua

		CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA					
Proyecto:		Supervision:					
Localizacion:		Muestreado por:					
Constructora:	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha:		23 DE JUNIO DE 2008.			
Elaborado por:	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proy. :					
Material:	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.:					
		Ensayados por:		Manuel Monroy Estrada			
	BLOQUE	0	10%	20%	30%	40%	50%
	1	9.66	4.61	8.95	4.27	3.32	3.74
	2	9.59	3.73	7.18	3.93	3.63	3.80
	3	9.49	4.09	8.33	5.54	3.74	3.58
	4	5.12	3.77	4.89	5.33	4.35	3.49
	5	9.21	4.81	8.75	3.93	3.10	3.95
	6	8.43	3.71	8.45	5.81	3.97	4.59
	7	9.33	4.01	9.14	4.42	2.36	4.27
	8	8.76	3.95	8.88	4.33	3.34	3.19
	9	8.50	4.42	8.51	4.91	4.71	3.81
	10	9.22	4.32	9.53	4.63	3.95	4.23
	PROMEDIO	8.73	4.14	8.26	4.71	3.65	3.87

En cuanto al triturado de llanta se hicieron 4 poblaciones con 5, 10, 15 y 20 %, porcentaje que se le fue restando a la cantidad de arena limosa original. También se hizo una muestra control sin triturado. La Tabla 8 indica los datos en peso del triturado según el porcentaje y la relación con la arena.

Tabla 8. Peso de triturado y arena

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

RESULTADOS

Las Tablas 9, 10, 11, 12 y 13 indican los resultados de la resistencia a la compresión en estado húmedo, y la Tabla 14 indica la absorción de agua.

Tabla 9. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION													
Proyecto								Supervisión					
Localización								Muestreo por					
Constructora	FACULTAD DE ARQUITECTURA							Fecha	12 DE JUNIO DE 2008.				
Elaborado por	PERSONAL DE LA FADU							Resist. Proy.	60 KG/CM ²				
Material	40% Arena limosa, 60% Arcilla, 30% Mucilago, 6% Cemento y 5% Triturado de Llanta							Norma de ref.	NMX-C-404-ONNCCE-1997				
								Ensayados por	Manuel Monroy Estrada				
Muestra No,	F	E	C	H	A	Edad en días	L ext.	An ext.	Alt ext.	AREA TOTAL	CARGA	E kg/cm	L O T E
1	12-06-08		20-06-08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	16349.0	42.68	
2	12-06-08		20-06-08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	18150.0	46.30	
3	12-06-08		20-06-08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	12040.0	30.71	
4	12-06-08		20-06-08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	9930.0	25.33	
5	12-06-08		20-06-08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	11090.0	28.29	
Dimensión promedio cm							28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:	34.4	KG/CM²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo													

Tabla 10. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION													
Proyecto								Supervisión					
Localización								Muestreado por					
Constructora	Facultad de arquitectura							Fecha	11 DE JUNIO DE 2008.				
Elaborado por	Personal de la FADU							Resist. Proy.	60 KG/CM ²				
Material	40% arena limosa, 60% arcilla, 30% mucilago, 6% de cemento y 10% triturado de llanta							Norma de ref.	NMX-C-404-ONNCCE-1997				
								Ensayados por	Manuel Monroy Estrada				
Muestra No,	F	E	C	H	A	Edad días	L ext.	An ext.	Alt ext.	AREA TOTAL	CARGA	E kg/cm	L O T E
1	11/6/08		20/6/08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	17340.0	44.23	
2	11/6/08		20/6/08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	14260.0	36.38	
3	11/6/08		20/6/08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	16320.0	41.63	
4	11/6/08		20/6/08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	17120.0	43.67	
5	11/6/08		20/6/08			10	28.0	14.0	10.5	392.0	18230.0	46.51	
Dimensión promedio							28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:	42.4	kg/cm²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo													

Tabla 11. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION										
Proyecto:							Supervision			
Localizacion:							Muestreo por			
Constructora:		FACULTAD DE ARQUITECTURA					Fecha		12/06/2008.	
Elaborado por:		PERSONAL DE LA FADU					Resist. Proy		60 KG/CM ²	
Material:		40% arena limosa, 60% arcilla, 30% mucilago, 6% de cemento y 15% triturado de llanta					Norma de ref.		NMX-C-404-ONNCCE-1997	
							Ensayados por		Manuel Monroy Estrada	
Muestra No,	F e c h a		Edad días	L ext.	An Ext.	Al ext.	Area Total	Carga	E KG/CM	L O T E
	Elab.	Ensaye								
1	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	24780.0	63.21	
2	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	23870.0	60.89	
3	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	14330.0	35.56	
4	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	20010.0	51.05	
5	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	22730.0	57.98	
Dimensión promedio				28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		53.94 KG/CM ²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo										

Tabla 12. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION										
Proyecto:							Supervision			
Localizacion:							Muestreo por			
Constructora:		Facultad de Arquitectura					Fecha		10 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por:		Personal d l FADU					Resist. Proyecto		60 KG/CM ²	
Material:		40% Arena Limosa, 60% Arcilla, 30% Mucilago, 6% De Cemento y 20% Triturado De Llanta					Norma de ref.		NMX-C-404-ONNCCE-1997	
							Ensayados por		Manuel Monroy Estrada	
Muestra No,	F E C H A		Edad días	Largo ext.	Ancho ext.	Altura ext.	AREA Total	Carga	E kg/cm	L O T E
	Elab.	Ensaye								
1	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	17090.0	43.60	
2	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	10610.0	27.07	
3	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	16100.0	41.07	
4	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	14230.0	36.30	
5	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	22390.0	57.12	
Dimensión promedio				28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		41.03 KG/CM ²
OBSERVACIONES : Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo										

Tabla 13. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE TRITURADO DE LLANTA						
Proyecto:		Supervisión				
Localización:		Muestreo por				
Constructora:	Facultad De Arquitectura	Fecha	10 al 12 de junio de 2008.			
Elaborado por:	Personal de la FADU	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 14. Absorción de absorción de agua.

 CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA						
Proyecto		Supervisión				
Localización		Muestreo por				
Constructora	Facultad de Arquitectura	Fecha	Del 10 al 12 de junio de 2008			
Elaborado por	Personal de la FADU	Resist. Proy.				
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

ESTUDIO DE TOXICIDAD DE LOS BTC CON TRITURADO DE LLANTA

A los BTC elaborados con triturado de llanta se les hizo un análisis toxicológico en base a las pruebas C.R.I.T, según Normas NOM-052-SEMARNAT/2005 y NOM-053-SEMARNAT/93 y se le realizaron las pruebas de corrosividad, reactividad e inflamabilidad, con los resultados presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultado de las pruebas de corrosividad, reactividad, explosividad y toxicidad.

	NUMERAL (NOM-052-SEMARNAT-2005)	ALCANCE	RESULTADO	LMP NOM-052-SEMARNAT-2005	LIMITE DE DETECCION DEL METODO
CORROSIVIDAD	7.2.1/7.2.2	A	10,75 UpH	2 - 12,5 U pH	No Aplica
	7.2.3	A	No Aplica	6,35 mm/año	No aplica
REACTIVIDAD	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.	250mg HCN/Kg	< 2,0
	7.3.4	A	N.D.	500mg H ₂ S/Kg	< 2,0
EXPLOSIVIDAD					
	7.4	C	Ver Parte III Anexo 2	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 anexo	Ver Tabla 2 (NOM-052-SEMARNAT-2005)	Ver LDM en Tabla2 de la NOM-052-SEMARNAT-05 en el informe de resultados anexo

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Los resultados de las pruebas para los BTC con bajas concentraciones de mucílago arrojaron resultados poco significativos ya que la resistencia a la compresión fue menor en algunos casos como las poblaciones del 1 %, 3 % y 4 % en estado seco. En estado húmedo todas las poblaciones dieron por debajo de la obtenida con la población control; sin embargo, en cuanto a la absorción, el resultado fue positivo ya que todas las poblaciones experimentales dieron por debajo de la obtenida con la población control.

Cuanto a la absorción, para los lotes fabricados con altas concentraciones de mucílago, 10 a 50 %, se denota un cambio significativo de la resistencia, que se incrementó de 27.33 % a 66.22 % en estado 0 y en estado húmedo de 44.82 % a 1119.24 %, disminuyendo el porcentaje de absorción de agua a 58.19 %.

Se puede concluir que, a partir del uso de mucílago con una concentración del 30 %, se obtienen mejoras importantes en la compresión simple, ya que todas las poblaciones estuvieron por debajo de la población control en la absorción de agua: dos poblaciones dieron menor absorción: la de 10 % con 5.83 % de reducción y 15 % con 4.10 % de reducción.

En cuanto al uso de triturado de llanta, a la compresión simple en estado húmedo de la población, se obtuvieron los mejores resultados: 15 % de incorporación con triturado de llanta ya que se incrementa su capacidad de carga en 14.97 %.

En el análisis de toxicidad resultó negativo para los BTC con triturado de llanta, habiéndose utilizado para este análisis 20 % de la población con mayor cantidad de triturado.

REFERENCIAS

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

García, N. (Septiembre de 2003). *Entrepreneur 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>

Roux Gutiérrez, R. S. (1990). Utilización del Material Adobe para la Vivienda Popular en la Zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico.

**PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS EN LA CUBIERTA DE BARRO DE UN
CENTRO DE INTERPRETACIÓN ARQUEOLÓGICA.
ANTOFAGASTA DE LA SIERRA, PROVINCIA DE CATAMARCA**

Jorge Tomasi y Maria Carolina Rivet

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de una intervención realizada en la cubierta de un Centro de Interpretación Arqueológica en las cercanías de la localidad de Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca, Argentina. Dicha cubierta sufría una serie de patologías graves como consecuencia de las intervenciones realizadas con anterioridad. Se explicita el diagnóstico de las patologías y las resoluciones que se adoptaron, basadas en el uso de la técnica del torteado con barro. Se muestran brevemente las características de la torta de barro como introducción a las acciones realizadas. En paralelo, se plantea una reflexión respecto a la importancia del conocimiento de las técnicas constructivas a la hora de utilizarlas, conocimiento que debe enriquecerse con el diálogo y el reconocimiento hacia los constructores locales que emplean cotidianamente estas técnicas. El material que se presenta surge de las observaciones realizadas en el campo y de la experiencia de trabajo concreto en obra, llevada a cabo en esta intervención, cuyo rol no solo abarcó el diseño de las soluciones sino que implicó su puesta en práctica.

Palabras clave: Antofagasta de la Sierra, Puna, torta de barro, patologías.

INTRODUCCIÓN

A comienzos del año 2008 se encaró una intervención sobre la cubierta de un Centro de Interpretación Arqueológica construido por el equipo del Lic. Carlos Aschero, cercano al sitio arqueológico conocido como Punta de la Peña en Antofagasta de la Sierra, dentro de la Puna catamarqueña. Algunas decisiones que se habían tomado previamente, tanto a nivel de diseño como de construcción, habían provocado patologías en la cubierta de barro que impedían el uso del edificio. El trabajo realizado incluyó el diagnóstico de patologías, el diseño de soluciones y su ejecución en varias etapas.

OBJETIVOS

El trabajo plantea dos objetivos: 1. analizar los problemas que pueden surgir al emplear técnicas constructivas sin reconocer su lógica y desconociendo sus posibilidades y límites, y se reflexiona sobre la incorporación de ciertos materiales, como la membrana asfáltica, de difícil integración en el marco de la construcción con tierra. 2. mostrar la experiencia de intervención realizada a fin de integrar el tipo de necesidades que planteaba el edificio con las posibilidades y ventajas que brinda una cubierta de torta de barro.

PUNTO DE PARTIDA

Para encarar la realización del techo se tomaron en cuenta no sólo las experiencias anteriores de trabajos en otros sectores de la Puna, sino también las formas particulares que asumen en Antofagasta. En este sentido, una parte importante del trabajo fue realizado en conjunto con don Luis Mamani, un poblador y constructor local. Las características particulares del problema a resolver, así como las condiciones del lugar de trabajo, hacen que haya tenido un cierto carácter experimental.



Figura 1. Ubicación de Antofagasta de la Sierra y de la Provincia de Catamarca (fuente de los autores).

LOS TECHADOS CON TIERRA: LA TORTA DE BARRO

La torta de barro (Rivet y Tomasi, 2009) es básicamente una técnica constructiva usada para la resolución de techos que tiene una amplia difusión en el área de intervención. Esta técnica consiste en la colocación de una capa de barro de espesores variables, entre 5 y 10 cm, sobre una superficie pareja que se apoya en la estructura del techo y puede ser realizada con diferentes materiales (Figura 2). El barro, en general, se prepara con arcilla y arena en distintas proporciones de acuerdo al tipo de tierra, al constructor y al sitio. A esta mezcla base se le suelen agregar diferentes componentes como paja, *guano* (estiércol), grasa o ceniza. Debe destacarse que bien ejecutada la torta de barro, provee excelentes condiciones de aislamiento tanto térmico como hidrófugo, con cierto mantenimiento periódico.

En la Puna, la torta de barro tiene muy buen comportamiento en relación a las condiciones climáticas. El clima de Antofagasta de la Sierra suele ser caracterizado como desértico, con precipitaciones de alrededor de 50 mm/año, circunscriptas al período estival, y de un carácter torrencial que intensifica los fenómenos erosivos. La amplitud térmica diaria puede llegar a un máximo de 40°C debido a la baja humedad relativa y la alta intensidad de la radiación solar (Paoli 2002). Bajo estas condiciones climáticas, la torta de barro permite que el espacio interior se mantenga templado durante la noche cuando en el exterior las temperaturas suelen alcanzar los -20°C en invierno y fresco durante el día cuando pueden superar 25°C en verano. Las escasas precipitaciones permiten que el torteo no sufra grandes desgastes.

El procedimiento puede dividirse en dos partes: la preparación del barro y el torteado propiamente dicho. El barro necesario para realizar el torteado se obtiene mezclando distintos tipos de tierra en una cierta proporción. Localmente se dice que se requiere *barro* (como se suele nombrar a la arcilla) y arena. Las proporciones no son sencillas de identificar puesto que depende de las características particulares de la tierra seleccionada. En muchos casos, la tierra usada ya tiene la proporción necesaria de acuerdo al análisis sensorial que realizan los constructores. En todo caso, partiendo de una mezcla con arcilla y arena pura, la proporción correcta oscila entre 1:2 a 1:4, dependiendo del constructor. Un barro con mayor cantidad de arena puede ser más fácil de trabajar porque no se pega en las herramientas, pero no tiene la misma capacidad hidrófuga. Por el contrario, cuanto más arcilloso puede ser más sencillo de modelar pero suele presentar más grietas durante el secado. Es habitual y recomendable incorporar componentes como *guano*, paja o grasa.

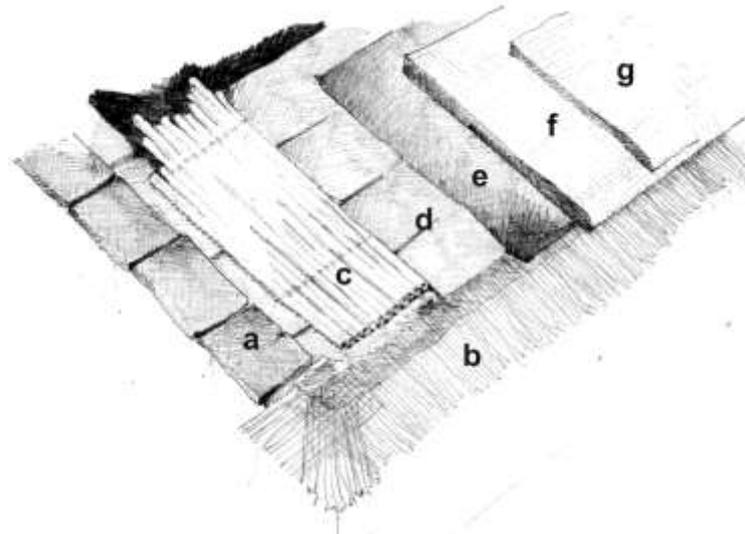


Figura 2. Esquema posible de armado de un techo con torta de barro (Realización propia en base a observaciones de campo). A y B. Aleros de piedra laja y paja; C. Capa de caña atada con alambre; D y E. Capa de cartones y de plástico; F. Primera capa de barro; G. Segunda capa de barro, de “desgaste”

El torteado se debe realizar siempre sobre una superficie pareja y continua que se apoya sobre la estructura de la cubierta. Este aspecto es esencial porque las irregularidades se trasladan a la capa de barro impidiendo un adecuado escurrimiento. Hoy en día se suele colocar una capa de cartones y una de plásticos. Estas incorporaciones a la técnica base se han extendido rápidamente por la mayor facilidad para conseguir estos materiales y por la protección que brindan ante el ingreso de agua. Sin embargo no hay un acuerdo absoluto sobre el uso del plástico, muchos constructores observan que impide la salida del vapor del interior, especialmente cuando la casa no está bien ventilada. Los cartones se colocan ligeramente solapados y el plástico en franjas horizontales también solapadas sobre la inferior. En la cumbre, es habitual colocar una pieza entera pasante hacia ambos lados.

La pendiente necesaria es un tema importante para evitar la acumulación de agua. Para el torteado, es similar a la requerida para el guayado y mucho mayor a la que se necesita cuando se usa chapa. Rotondaro y Rabey (1988) sostienen que, en la Puna de Jujuy, la pendiente habitual tiene entre 14° y 20°. En todo caso, existe una gran variación respecto a las pendientes de los techos, debido a los diferentes regímenes de precipitación y a las particularidades de la identidad constructiva de cada lugar. En Antofagasta de la Sierra, con lluvias menos frecuentes que en Susques o Rinconada, los techos realizados con torta de barro tienen pendientes inferiores a los 10°.

Considerando las grandes variaciones existentes, el torteado suele realizarse con dos capas de barro: la primera, de 3 a 5 cm, se agrieta significativamente durante el secado. Esto es esperado y en parte función de esta capa. La segunda, de menor espesor, actúa como terminación, y se reemplaza en cada nuevo torteado, de ahí el nombre que recuperan otros autores: “capa de desgaste” (Rotondaro y Rabey 1988). Existen variaciones locales importantes sobre los espesores de capas de barro en el torteado, siendo que en algunos casos sólo se realiza una capa de 8 cm aprox. En cada una de estas capas el torteado se realiza en forma progresiva, generalmente en franjas verticales de 50 a 60 cm, comenzando desde la cumbrera. Se suelen colocar dos a tres baldes de barro juntos que luego se distribuyen con la cuchara hasta lograr el espesor deseado, una superficie pareja y buena unión con los sectores ya realizados. En techos a dos aguas, se suele colocar el barro para que pase a ambos lados de la cumbrera, evitando la unión en ese sector entre distintas colocaciones por potenciales fracturas.

Se hace notar que, por sus características, el torteado con barro es una técnica que requiere mantenimiento periódico, dependiendo del régimen de lluvias del lugar como de la calidad de ejecución y de los materiales usados. Habitualmente, el trabajo consiste en rehacer la última capa de barro, la de ‘desgaste’, con el mismo procedimiento del primer torteado. El tiempo óptimo, que en general no se cumple, oscila para cada lugar. Según Rotondaro y Rabey (1988), son dos a tres años dependiendo de las características de la torta. Según lo recabado por Delfino (2001) en Laguna Blanca, cerca de Antofagasta de la Sierra, deberían transcurrir dos años. En su trabajo con constructores de Susques, Ramos, Nicolini, Demargassi y Marinsalda (2004), recopilaron testimonios que van desde los dos a los cuatro años. Estos datos son coincidentes con lo observado en Antofagasta de la Sierra.

EL PROCESO DEL “CENTRO DE INTERPRETACIÓN PUNTA DE LA PEÑA”

En el año 2005 comenzó el diseño y construcción del “Centro de Interpretación Punta de la Peña” (en adelante CIPP), cuya idea había sido gestada un tiempo antes por el Lic. Carlos Aschero. El sitio se encuentra a 10 km al Noreste de Antofagasta de la Sierra, cerca del Río Las Pitas y a 3600m snm. Estas tierras, en general destinadas al pastoreo, pertenecen a la familia Morales quienes las utilizan desde hace varias generaciones. Alrededor de su vínculo con el equipo de investigación surgió en buena medida la idea de construir el CIPP. Los trabajos comenzaron con la construcción en el 2003 de un edificio que funcionó luego como albergue y laboratorio de campo para el equipo durante las campañas arqueológicas, además de ser la casa en el campo de la familia Morales. Esta construcción se realizó en las cercanías de un puesto de pastoreo utilizado por don Vicente Morales, y a 30 m de lo que, dos años más tarde, comenzaría a ser el CIPP.

El CIPP comenzó a proyectarse en el año 2005 con una serie de objetivos: 1. brindar información sobre los sitios arqueológicos de Punta de la Peña, 2. dar a los pobladores, en este caso a la familia Morales, el control y cuidado de los sitios ubicados en su tierra y 3. brindar una fuente de ingresos adicional al grupo familiar a través del rol de guías de los visitantes y la venta de artesanías. En este sentido, debía cumplir con ciertos requisitos que favorecieran la presentación de los paneles informativos. El proyecto fue encargado a un profesional de la Provincia de Tucumán, quien visitó el lugar en una ocasión y luego confeccionó los planos que fueron entregados a los constructores locales.

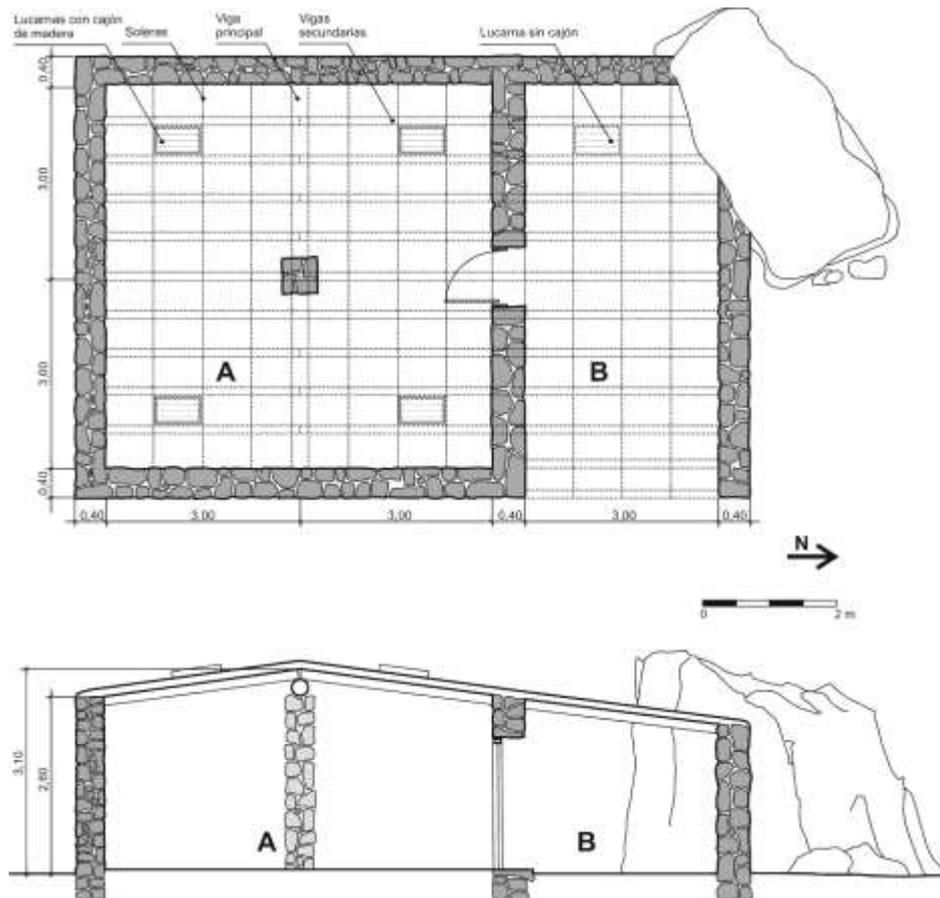


Figura 3. Planta y corte del CIPP tal cual fue construido (Realización propia en base a los planos del proyecto provistos por el Lic. Aschero)

El proyecto del CIPP, Figura 3, consistió básicamente en un gran salón (A) de 6m x 6m techado a dos aguas con un pilar central de piedra canteada¹ y una expansión cubierta (B) de 3m x 6m, abierta en un lado, donde se utilizó una gran roca existente como parte del cerramiento. Dadas las necesidades museográficas de iluminación, el proyecto preveía que no se realizaran aberturas en las paredes optándose inicialmente, por una lucarna central. Por diferentes razones durante la obra, se resolvió que, en lugar de la central, se colocaran cuatro de menores dimensiones en el sector A y una en el B.

Respecto a los aspectos constructivos, la totalidad de los muros del CIPP fueron realizados con piedra canteada del lugar y mortero de barro. La cubierta se materializó a partir de una viga principal realizada con madera de álamo apoyada en los muros y en la columna central. Sobre esta viga principal se colocaron las secundarias, también de álamo, y luego las soleras de tirantes de pino. El cerramiento se completó con las cañas y sobre éstas, cartón y plástico. Luego se realizó el torteo y, siguiendo las indicaciones de los planos, se dispuso, sobre el barro, una membrana asfáltica de 4mm solapada y clavada sobre las soleras. Si bien nunca se llegó a realizar, el proyecto preveía que la membrana se pintara con látex exterior, seguramente para minimizar el impacto visual de la membrana. Un punto interesante es que la torta se colocó sólo entre las soleras, como una especie de relleno, de modo tal que no conformaba una superficie continua. Esto implica que no se

¹ Inicialmente el proyecto realizado por el arquitecto preveía la colocación de dos horcones de madera. En el proceso de la obra esto se modificó y se colocó el pilar de piedra.

esperaba que la torta fuera la capa aislante hidrófuga. En el mejor de los casos era un aislante térmico.

PATOLOGÍAS Y PROBLEMAS ASOCIADOS CON LA RESOLUCIÓN DE LA CUBIERTA

Al momento de la primera visita al CIPP, el edificio no se había inaugurado debido a ciertas patologías considerables relacionadas con las decisiones técnicas tomadas en la resolución de la cubierta. Existían importantes ingresos de agua especialmente por las lucarnas, parte de la membrana se había roto y desprendido y, al menos en tres secciones de los muros, se habían caído piedras por el lavado de las juntas. El análisis posterior mostró que existían tres problemas centrales: 1. deficiente resolución de la cubierta de torta de barro, 2. deficiencias de diseño y materialización de las lucarnas, y 3. falta de aleros en el perímetro de la cubierta.

El primer problema, referente a la cubierta, fue, en parte, el resultado de la falta de continuidad de la torta de barro, convertida en un mero relleno entre las soleras y no en un aislante hidrófugo. Es posible que esto fuera provocado por la falta de confianza en las capacidades de esta solución técnica para resistir el ingreso de agua. En todo caso, más allá de las especulaciones, lo concreto es que no casualmente el ingreso de agua se daba especialmente en la línea de las soleras. El uso de la membrana asfáltica generó problemas adicionales. La gran amplitud térmica diaria en el lugar generó dilataciones y contracciones en el material por encima de lo que podía soportar. Esto provocó roturas que desencadenaron en el desprendimiento de la membrana en distintos sectores, Figura 4.

La decisión de utilizar la membrana tuvo sus propias consecuencias. Al estar clavada sobre las soleras, se dañó el plástico que se había colocado por debajo del barro y los golpes fisuraron la torta en los sectores en que sí estaba presente. De hecho, si la torta hubiera sido continua, el clavado de la membrana la hubiera fracturado completamente. La consecuencia de todo esto fue que el agua ingresó en forma continua en el CIPP, a tal punto que en el piso se observaba una línea de desgaste provocada por el goteo continuo a la altura de las soleras, incluso en el muro que divide el sector A del B del CIPP, se llegaron a desprender piedras como consecuencia del lavado de las juntas.

Algo similar ocurría con las lucarnas, en el piso se observaban cuatro rectángulos que mostraban el desgaste provocado por el agua que ingresaba por el perímetro, Figura 5. Cabe mencionar que la realización de lucarnas o cualquier otro elemento que rompa la continuidad en un techo de torta de barro es por lo menos compleja y requiere detalles de resolución muy ajustados. En el CIPP las lucarnas se materializaron a partir de una serie de cajones de madera con una chapa plástica translúcida en el interior, realizadas por el constructor. Los cajones, fijados contra las vigas secundarias, sobresalían unos 8 cm por encima del nivel de la membrana y todo el perímetro donde ésta se tocaba con el barro era un sector importante de filtraciones.

En general, el contacto entre el barro y la madera no es perfecto, y cuando se da en un techo seguramente se verán patologías. En algunas partes la separación entre ambos materiales tenía hasta medio centímetro producto de la contracción del barro al secarse. Sin embargo, este no era el mayor problema; las chapas translúcidas se habían puesto por debajo del nivel superior de los cajones. Cuando llovía estos cajones eran prácticamente piletas en las que se acumulaba el agua, que luego ingresaba.



Figura 4. Vista general de la cubierta, detalle del estado de la membrana y de las lucarnas.

Figura 5. Vista del interior del CIPP, en el solado se distingue el desgaste provocado por la entrada de agua.

El tercer problema tenía consecuencias sobre los muros de piedra. En las casas de la región, sobre el perímetro de los techos, suelen realizarse aleros en piedra y paja, especialmente en los lados de caída de la cubierta. Los aleros tienen como función evitar que el agua escurra sobre los muros y con el tiempo provoque daños tanto en la parte alta como en la base. Cuando estos muros son de piedra impiden que las juntas de barro se vayan desgastando. En este caso no se habían realizado aleros en ningún sector del perímetro y el agua de la cubierta escurría libremente sobre los muros. Esto provocó que en una sola temporada de lluvias en dos sectores de los muros se lavaran las juntas e incluso se desprendieran numerosas piedras vio favorecido por la deficiente traba de las piedras. Si bien no existía un riesgo de colapso inmediato, la intensificación del problema hubiera tenido consecuencias graves.

PROPUESTAS Y RESOLUCIONES

Las intervenciones sobre la cubierta se realizaron a lo largo del 2008 en tres campañas en Febrero, Mayo y Diciembre puesto que debían coordinarse con los momentos en los que el equipo arqueológico estaba en Punta de la Peña. Las tareas fueron planteadas y llevadas a cabo concretamente por los autores de este texto con la colaboración del Lic. Carlos Aschero y de Victoria Isasmendi. Durante la última campaña, la más prolongada, se sumó al trabajo don Luis Mamani, poblador y constructor de Antofagasta de la Sierra. Su incorporación fue decisiva, no sólo por su trabajo sino también por sus aportes técnicos. Al comenzar con este proyecto se contaba con una cierta experiencia respecto a las características y la realización de los techos con torta de barro en otros sectores de la Puna. Sin embargo fue necesario llevar a cabo un relevamiento respecto al modo en que se llevaban a cabo en Antofagasta.

En base a observaciones en Susques y Rinconada, donde las pendientes suelen ser de alrededor de 20° o más, se supuso que las filtraciones se potenciaban por la pendiente del techo del CIPP, de unos 10°. Al observar otros casos en Antofagasta de la Sierra y, especialmente, conversar con constructores, se llegó a la conclusión que los techos suelen tener esa pendiente en esta localidad.

Lejos de las habituales miradas que homogenizan a la Puna, lo concreto es que en cada sector las técnicas suelen tener diferencias que pueden ser sustanciales. En el caso del CIPP, se generaron tres frentes de trabajo: unificación de la aislación hidrófuga en toda la cubierta, rediseño de las lucarnas y realización de los aleros.

Los trabajos se fueron realizando en forma simultánea a medida que se avanzaba sobre la superficie del techo. Se buscó primero reestablecer la continuidad de la aislación. En este punto se hizo evidente que ni la torta de barro ni la capa de plástico eran continuas y debían ser repuestas. La torta existente, colocada entre las soleras, no fue retirada sino que se la mantuvo como relleno y sobre ésta, luego de una cuidadosa limpieza, se dispuso una nueva capa de plástico. Ésta se colocó en franjas horizontales solapadas unos 60 cm, con la primera dispuesta sobre la cumbrera y desplegada hacia ambos lados. Es importante retirar de la cubierta todos los restos, piedras o pedazos grandes de torta vieja, para evitar que durante que dañen el plástico durante el trabajo.



Figuras 6 y 7. Colocación de la primera y la segunda capa de barro sobre el techo.

Sobre este plástico se comenzó el trabajo de torteado en dos capas, Figuras 6 y 7, con la primera capa de 5 cm y, luego del secado, la segunda capa de 3 cm. En ambos casos el torteado se realizó en cada faldón en franjas verticales de 60 cm de ancho, comenzando desde la cumbrera hacia la base. Para evitar fisuras excesivas en las uniones de las franjas de barro, se humedecieron previamente los bordes en contacto. Luego de la primera capa de barro, ésta presentó las habituales fisuras en distintos sectores, efecto esperado aunque agravado en climas secos y con una alta radiación solar que acelera el secado. Antes de iniciar la segunda capa, se mojaba paulatinamente la primera para mejorar la adherencia.

La preparación del barro merece un párrafo aparte. La totalidad se realizó con materiales transportados al sitio para la obra. La mezcla se armó con arena zarandeada y arcilla, en estado prácticamente puro, en una proporción de alrededor de 1:4 (arcilla:arena), y se le agregó paja cortada en pedazos de 10 cm aprox. y *guano* de las cabras. Se partió con una proporción de 1:2, modificado luego en virtud de los resultados y de las características de la arcilla empleada. La paja funciona como estabilizante mecánico de la mezcla, fundamental para minimizar las fracturas en la torta. Uno de los problemas del barro usado previamente fue precisamente la falta de paja. El *guano* además de funcionar como estabilizante, le otorga mayor plasticidad y mejora la capacidad hidrófuga del barro. Si el *guano* es tomado directamente del corral, como en este caso, es aún mejor, ya que contiene la orina de los animales. Es importante desarmar el *guano* antes de usarlo, sea en forma de polvo o diluyéndolo en agua durante varias horas para que se integre a la mezcla.

El barro se preparó en una superficie excavada unos 20 cm en el suelo formando una especie de cajón para minimizar las pérdidas de material. Idealmente, el barro se prepara un día antes y se lo deja en reposo para volver a mezclarlo; muchos constructores comentan que sus abuelos repetían el proceso durante varios días. En tanto durante el torteado se requieren grandes cantidades de barro en forma continua es necesario tener siempre barro disponible y una persona encargada de la tarea en forma continua. Esta tarea no es sencilla porque se debe lograr la producción de un barro de características constantes a lo largo de todo el torteado.



Figuras 8 y 9. Proceso de armado de las lucarnas. Primero la colocación del plástico y luego el torteado.

A medida que avanzaba el torteado se encaró el punto más complejo del proceso: la modificación de las lucarnas. Las decisiones tomadas buscaron integrar la resolución a las características del techo de torta y brindar caminos rápidos para el escurrimiento del agua. Para ello, se retiraron las chapas translúcidas, reemplazándolas por nuevas de mayores dimensiones dispuestas sobre el cajón de madera y ancladas en varillas exteriores. Para evitar que agua se acumulara en los encuentros se elevó el nivel de la torta hasta alcanzar el nivel de los bordes de los cajones. El plástico de la cubierta se colocó sobre este relleno de barro y hasta el nivel de los cajones, sostenido por las mismas varillas, Figura 8. Luego se distribuyó la primera capa de barro al igual que en el resto de la cubierta y se dispuso un plástico superpuesto sobre los bordes de la chapa para proteger ese sector sensible. Finalmente la segunda capa de torta de barro cubrió ese plástico y el perímetro de la chapa. El lado inferior quedó libre para permitir el escurrimiento del agua y en el punto donde se producía la caída desde la chapa a la torta se colocaron piedras laja para evitar que la acción constante del agua desgastara la cubierta, Figura 9. Toda esta resolución fue experimental ya que no contábamos con bibliografía de soluciones similares.

Dado los problemas en los muros de piedra, se colocaron aleros dobles, con la primera capa de piedra laja y la segunda de paja con barro, sobre los lados Norte y Sur del techo. Las piedras se colocaron en hilera sin dejar espacios para evitar el escurrimiento de agua. Por encima de éstas se dispusieron manojos de paja de 30 a 40 cm de largo con las raíces hacia afuera y las puntas embebidas en barro en estado líquido. Sobre ambas partes del alero, se realizaron las dos capas de torta de barro como en el resto del techo. La combinación de aleros permitió separar los muros unos 20 cm de la caída del agua. El Centro de Interpretación se inauguró finalmente a principios del 2009. En este trabajo se buscó poner en consideración las soluciones técnicas adoptadas para dar respuesta a las patologías en la cubierta, tarea que no incluyó sólo el diseño sino también su realización. Sabido es que todas las técnicas, y las basadas en la tierra no son la excepción, tienen virtudes y puntos débiles que deben ser considerados a la hora de emplearlas.

Subestimar las capacidades de la torta como aislante generó que se colocara una membrana en la cubierta del CIPP que provocó problemas que se sumaron a la incorrecta realización del torteado. A esto se sumó la inclusión de lucarnas en forma inadecuada y la falta de aleros. Empleada correctamente, la torta de barro es una técnica para la resolución de cubiertas que brinda excelentes prestaciones en cuanto a aislación con materiales que en general están disponibles y a costos adecuados. Se debe dejar de lado la estigmatización que, como el resto de las técnicas basadas en el uso de la tierra, ha sufrido y que, por otra parte, todavía continúa. Lejos de esto, la torta de barro tiene un empleo notablemente extendido tanto en Argentina como en los países vecinos y es válida para distintos tipos de proyectos. Es importante entonces que sus características se den a conocer y su uso sea estimulado. En este texto se ha intentado dar cuenta de un caso concreto desde sus complejidades y características con el objetivo de aportar a las discusiones que puedan alentar su uso.

CONCLUSIONES

A través de este trabajo se buscó mostrar la importancia de reconocer los conocimientos de los constructores del lugar. Son estos constructores los que cotidianamente emplean estas técnicas para la construcción de sus casas y sus saberes no pueden ser subestimados. La realización de un trabajo conjunto entre arquitectos y constructores locales no siempre es sencilla y no puede basarse en una comunicación unidireccional, sino que requiere la creación de espacios reales de diálogo e intercambio de conocimientos partiendo de una posición de igualdad y reconocimiento de los mutuos saberes.

RECONOCIMIENTOS

El principal agradecimiento es para el Lic. Carlos Aschero y Victoria Isasmendi, no sólo por confiar en que se podía “hacer algo” en el techo del CIPP, sino también porque pusieron las manos en el barro y trabajaron en la obra. Un reconocimiento también para el resto del equipo arqueológico que investiga en Punta de la Peña, y, especialmente, a Don Luis Mamani quien afortunadamente se incorporó al trabajo con respetuosas indicaciones ante los equívocos y asumió el duro trabajo de preparar el barro. Es necesario también el reconocimiento para los constructores de Susques y Rinconada quienes brindaron sus conocimientos durante el desarrollo del proyecto Puna y Arquitectura. Un especial agradecimiento va dirigido a los dueños de casa, la familia Morales, quienes hace mucho tiempo viven en Punta de la Peña. Don Vicente, Jacoba y Ramón estuvieron presentes durante los trabajos, aportaron su mirada y colaboraron permanentemente.

BIBLIOGRAFÍA

- Delfino, D. (2001), “Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina)”. En: Kuznar, L. (Ed.) *Ethnoarchaeology of Andean South America*. International Monographs in Prehistory. Ethnoarchaeological Series. Michigan.
- Paoli, H. (2002) *Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Ramos, A. R., Nicolini, A., Demargassi, C. y J. C. Marinsalda (2004), “Arquitectura de tierra. Medio ambiente y sustentabilidad. ¿Sustentabilidad o adaptabilidad? en los pobladores de Susques, noroeste de Argentina”. En: *Tercer Seminario Iberoamericano de construcción con tierra. La tierra cruda en la construcción del hábitat*. Proterra – CRIATiC. San Miguel de Tucumán.
- Rivet, M.C. y J. Tomasi (2009), “‘Que el barro esté bien liviano’. El torteado con barro en los techos de Susques y Rinconada, provincia de Jujuy”. En: TOMASI, Jorge y Carolina RIVET. *Puna y Arquitectura. Trabajo con la comunidad y construcción con tierra*. Buenos Aires. En prensa.
- Rotondaro, R. y M. Rabey (1988), “Experimento tecnológico sobre techos de tierra mejorados en la Puna jujeña de la Región Andina”. En: *Foco de tecnología apropiada*, 26.

SISTEMA ABIERTO PARA AUTOCONSTRUCCIÓN

Bruno Gatti y Gabriel Mirkin

RESUMEN

Este trabajo describe una técnica constructiva que busca practicidad, economía y confort, logrando a la vez, eficacia para auto-constructores por tratarse de una ‘vivienda adecuada’ con gran facilidad de montaje y mínima capacitación de mano de obra. Fundamentalmente, se construye con materiales del lugar con mínimo transporte y siempre en partes pequeñas, obteniéndose una vivienda que responde a las diferentes variables climáticas, necesita escaso mantenimiento, es ampliable y no tiene limitaciones formales o estéticas. En cada obra realizada en más de 30 años de experiencia, en el ámbito del NOA, región del Noroeste Argentino, principalmente en la Provincia de Tucumán, se probaron nuevas herramientas, técnicas y materiales, buscando economía y practicidad.

Palabras clave: sistema ‘cimbra’, auto-construcción, construcción con tierra, techo verde.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta es el resultado de 30 años de búsqueda de un sistema constructivo que permita desarrollar proyectos de autoconstrucción, asistida con mano de obra no calificada. Mediante tecnologías simples, prácticas e incorporadas a la cultura popular, se facilita el aprendizaje de la técnica mientras construyen su propia vivienda.



Figura 1. Vivienda terminada.



Figura 2. Montaje de la estructura.

Características del sistema: Las características del sistema ‘cimbra’ son: montaje rápido y cómodo de la estructura, visualización inmediata de la vivienda en sus tres dimensiones, fácil instalación de circuitos y cañerías, limpieza de obra, economía de recursos, durabilidad y ahorro de energía.

Visión global: A partir del sistema ‘cimbra’ se implementa una variante constructiva que facilita, desde el inicio de obra, visualizando la vivienda en sus tres dimensiones. Al plantear un soporte espacial utilizando los componentes estructurales, se dispone de una herramienta didáctica. Ello permite capacitar a los auto-constructores en la práctica de los diferentes ítems, tales como: colocación de carpintería, instalación eléctrica, instalaciones de agua fría y caliente, básico sanitario y propuesta estructural.

Productividad sin demoras: Para el traslado a obra de los componentes del sistema, se propuso como objetivo usar sistemas de transporte livianos, como camiones chicos, camionetas, portaequipaje de automóviles, trailers, etc. Los componentes se fraccionan fácilmente y se pueden cargar a mano. Marcos cerrados, pórticos y paneles reticulados se arman en obra, de manera simple y sin herramientas especiales.



Figura 3. Estructura portante.

‘Todos pueden hacerlo’: Otro objetivo importante es que no requiere elaborar ni trasladar mampuestos ni hay cargas excesivamente pesadas, la técnica se aprende y domina rápidamente, se necesita mínimo personal calificado, se adapta a cualquier necesidad y sus componentes, cemento, tierra, estructura de filigrana (reticulado espacial de barras de hierro), se obtienen con facilidad.

DESARROLLO

Se describe la construcción de una casa usando estructura de filigrana dispuestas como ‘cimbras’ para rellenar los muros con suelo cemento plástico (tierra, cemento). Se considera que no se trata de una técnica definitiva ya que cada nueva construcción permite nuevas variables que la enriquece.

Integración, fortaleza y plasticidad: La simple disposición y las características de resistencia de los elementos estructurales garantizan su solidez y un montaje sencillo.

Fácil ejecución: Las fundaciones consisten en dados de hormigón ciclópeo nivelados, sobre los que se colocan las vigas de fundación de filigrana. Las mismas se encuentran vinculadas a las base mediante barras de hierro (“pelos”), que se encuentran ancladas a los dados y soldadas a las vigas reticuladas.

Encastre: Las columnas encajan en las vigas, razón por la cual estas últimas tienen dimensiones inferiores, con una tolerancia de 5 mm, facilitando la tarea de montaje al reducir la colocación de puntales o flechas para aplomar los elementos estructurales verticales, ya sean columnas o montantes.

Una vez colocada la estructura se realizan las tareas de ajuste (escuadra y plomo), atándose las uniones rígidamente con alambre, para luego proceder a soldarlas. De esta manera queda conformado el perfil espacial de la casa (caja rígida) con todos los componentes estructurales vinculados entre sí, inclusive la estructura de techos.

Refuerzos: En las aberturas de puertas y ventanas *se plana* y/o retícula T, conectando las vigas de fundación con las superiores. Se obtienen así dinteles y antepechos reforzados, preparados para absorber esfuerzos y tensiones horizontales. Sirven además para fijar los marcos de aberturas, mediante soldaduras de grampas a marcos de chapa, o bien con tirafondos a marcos de madera. Si fuera necesario, se pueden agregar refuerzos a cualquiera de los elementos estructurales, como escuadras, cruces de San Andrés y armaduras complementarias. En esta etapa se pueden colocar las cajas del circuito de la instalación eléctrica, y se montan soldadas a las retículas o mediante velas de fijación que se utilizan como extensión de la estructura.

Los muros: La conformación de paneles permite una óptima relación estructura-cerramiento con capacidad de respuesta ante cargas por movimientos sísmicos y vientos. Luego de llenar con H° A° vigas de apeo y encadenados inferiores, se arman los paneles tejiendo una cuadrícula de 0,30 x 0,30 m. Se utilizan flejes de embalar plásticos de alta resistencia y con un críquet se le otorga tensión a la malla. De esta manera, quedan vinculadas las vigas inferiores con las superiores en forma vertical y las columnas entre sí de manera horizontal. Esta malla, funciona a la vez como armadura de distribución, absorbe las tensiones de flexión por sismo y, fundamentalmente, actúa como contenedor de la mezcla de suelo cemento plástico al momento del llenado.

Llenado: Para ejecutar esta tarea no es necesario utilizar encofrados. Una vez preparado 'el barro', con la adecuada dosificación de tierra, cemento portland y agua, se amasa y coloca en la pared, siendo fundamental tamizar la tierra para lograr una masa homogénea. Se va recortando la masa de barro desbordante con una llana metálica a ras de los flejes, y el material sobrante es siempre reutilizado sin generar desperdicios.



Figura 5. Armado de paneles.



Figura 6. Llenando de paneles.

Terminación: Se comienza con el muro aún fresco, se aplica un castigado de concreto para lograr la adherencia adecuada, y se agregan reglas metálicas de 20 x 20 mm como fajas verticales, dando el espesor pretendido. El revoque se realiza con suelo cemento, utilizando cemento de albañilería y refuerzo de cemento portland y se incorpora arena mediana en caso de necesitar mayor estructura de la masa. Como terminación superficial se aplica un fino preparado con tierra, arena fina y cemento de albañilería, agregando luego un polímero elastomérico acrílico, el cual evita fisuras al contraerse el material.

Tabiques interiores: Los tabiques divisorios se ejecutan con estructura de perfiles de chapa galvanizada tipo "durlock" o similar, tales como montantes, soleras y otros. Se

arman bastidores que funcionarán como soporte de contención del barro; estos bastidores se llenan y terminan de idéntica manera.

El techo y cubierta: Para la construcción del techo se planteó el objetivo de utilizar materiales durables, livianos y reciclados. Se adopta finalmente el uso de la chapa fibroplástica, también conocida como “chapa tetrabrik”. Es económica: cuesta menos de 8 dólares el metro cuadrado, precio que en Argentina lo hace prácticamente incomparable. Unifica todas las capas aislantes en un mismo elemento y una única tarea, ya que es aislante térmico, hidrófugo y acústico, además de ser resistente a granizos. Su óptimo diseño con canales de 5 cm de profundidad permite el llenado con carbonilla y granza fina, logrando un colchón filtrante soporte de una cubierta jardín.



Figura 7. Techado



Figura 8 Chapa fibroplástica

Perfiles de chapa: Para la estructura de techos se usan perfiles tipo C o U, colocados cada 50 cm, vinculados mediante soldaduras a las vigas de coronamiento de las paredes. Según el diseño, puede ser conveniente disponerlos como bastidores. Si bien aumenta el costo de los materiales, se obtiene el beneficio de una rápida colocación y nivelación.

Cielorrasos: Los perfiles de chapa de la estructura de techos son, a la vez, el soporte estructural al que se atornillan los tableros de roca de yeso, durlock o similar, a manera de cielorraso, sin agregar estructura.



Figura 9. Colocación de cielorraso.

VIVIENDA SOCIAL vs VIVIENDA ADECUADA Y EVOLUTIVA

Con este método constructivo no sólo se logra una construcción efectivamente económica y didáctica, sino también abierta a los cambios y las necesidades de sus habitantes, considerando que debe ser una 'vivienda adecuada' mas que 'vivienda social', por ofrecer condiciones de habitabilidad necesaria a un costo razonable. En un sentido más amplio, se busca una solución que se adapte a todo tipo de recursos, todo tipo de ideas, todo tipo de climas, todo tipo de necesidad de evolución. En este contexto, se busca que la vivienda deje de ser 'transitoria'. Al respecto, una de las máximas ventajas del método radica en la concepción de vivienda como proceso constructivo, es decir en permanente evolución por parte de los usuarios, quienes aprenden a organizar y adaptar el espacio a sus necesidades, a proyectar ampliaciones y reformas, a prever instalaciones y equipamiento. La vivienda nunca será definitiva en cuanto a su forma, pero sí será duradera.



Figura 10. Ampliación de una vivienda existente.

EXPERIENCIA Y EVOLUCIÓN, PROBANDO ALTERNATIVAS

Pared hueca de cimbra de malla con vena: A la practicidad y simpleza de la técnica se le puede objetar que el rendimiento ante las exigencias del clima es inferior respecto al muro de suelo cemento plástico, Figura 11.



Figura 11. Mallas con vena.

Elementos prefabricados de hormigón liviano con rezo de perlita expandida: Excelente comportamiento del material, adecuado para montaje y terminación rápida, pero con el inconveniente de la dependencia de una excesiva cantidad de mano de obra en su ejecución.

Ladrillos de suelo cemento: Las dificultades que presentaba la construcción de ladrillos de suelo cemento se reflejaron en un bajo nivel de productividad. En la experiencia, la conformación de equipos de trabajo, con hasta un 80 % de mujeres, dificultaba el uso de la prensa Cimva Ram. También se dificultaba el control de calidad, tanto en la fabricación de los mampuestos (problemas de curado), como en el de replanteo y ejecución de la estructura de la casa.



Figura 12. Construcción con BTC.

Paneles de retícula plana de hierro: Presentaron dificultades a la hora de transportarlos y poco económicos al usar hierro como malla de retención del barro. Interesante respecto a permitir trabajos seriados en taller para producción masiva.



Figura 13. Estructura con retícula plana de hierro.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Se acentúa que, cuando se habla de *método* “Cimbra” se refiere a una idea, “cimbra” es un contenedor, un soporte, no se trata de una forma o de un material definido, es un contenedor de ideas, y se trabaja con un concepto que posibilita experimentar y probar todo tipo de variables, tanto en su ejecución, como en los materiales a utilizar. Sólo se sabe que, de la próxima construcción saldrá una nueva “cimbra”. Se entiende que las nuevas tecnologías y nuevos materiales podrán o no superar lo anterior, seguramente lo enriquecerán. Es de notar que algunos conocimientos están en extinción, si muere quien lo posee o no pudo o supo transmitirlo, éste desaparece. Los conocimientos del "arte" de construir, evolucionan sobre lo aprendido y los desafíos que genera cada obra.

SECCIÓN 3:

TRANSFERENCIA

ARTICULOS

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA CON TIERRA: TALLERES DE CAPACITACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Lucía Esperanza Garzón C.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA

Juan Carlos Patrone y Rodolfo Rotondaro

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA CON TIERRA: TALLERES DE CAPACITACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Lucía Esperanza Garzón C.

RESUMEN

Para atender a la problemática ambiental y crear mayor conciencia del rol de arquitectos, ingenieros y constructores, este trabajo presenta el caso de talleres de capacitación y experimentación en la formación profesional para disminuir el calentamiento global, bajar el consumo energético y frenar el cambio climático. El estudio de transferencia tecnológica con materiales naturales, entre ellos la tierra, fue el taller ‘Un techo p’todos’, promovido por la Facultad de Arquitectura, Universidad Gran Colombia, Bogotá, para estudiantes de pre-grado, realizado en junio-julio de 2009. Esta experiencia permitió a 68 estudiantes acercarse de forma teórica y práctica a cuatro prototipos de cubiertas con sistemas no convencionales de construcción, usando la tierra como material primordial y aplicando los sistemas técnicos desarrollados en Latinoamérica: 1. “Adobito recostado” con cubierta de bóveda autoportante con BTC o bloques de tierra comprimida; 2. “Domo caña”, técnica con guadua, madera y tierra; 3. “Bovedillas con Bloque de Tierra Prensado” y 4. “Cúpulas nubianas con BTC”. En el Taller se aplicó la metodología IAP, (Investigación Acción Participativa), en la transferencia de tecnologías y proceso de enseñanza-aprendizaje y demostrando los potenciales de estas técnicas con cuatro obras construidas a escala real que, en un futuro, funcionarán como laboratorios de arquitectura sostenible dentro del predio universitario. El Taller, que contó con expertos de Perú, México y Colombia para transferir y compartir sus conocimientos en un tema innovador en el ámbito universitario, abrió espacios alternativos en la formación de profesionales de la construcción comprometidos con la problemática ambiental y el cambio climático. Impulsar la transferencia tecnológica con experiencias teórico/prácticas, motiva la investigación, tanto en estudiantes como en docentes, y proyecta una nueva visión del ejercicio profesional, involucrando materiales no convencionales como la tierra, que hoy renace y se posiciona como recurso ecológico y posible para los nuevos tiempos.

Palabras clave: Arquitectura con tierra, transferencia tecnológica, cubiertas sostenibles.



Figura 1. Vista general de los prototipos ejecutados

INTRODUCCION

El concepto de arquitectura sostenible aporta diferentes niveles de acción para revertir el proceso y vivir con equidad mejorando condiciones de confort para todos y de forma más consiente, sin deprender los recursos limitados que brinda el planeta. Un primer paso es cambiar los paradigmas, al promover, desarrollar y colectivizar tecnologías amigables con el medio ambiente, así como desarrollar la transferencia de investigaciones diversas que han demostrado su validez y ofrecen formas de intervenir ecológicamente el ambiente construido. Las técnicas milenarias de construcción con tierra han estado presentes desde el origen de la formación indo-afro-latinoamericana que además de responder a las determinantes físicas y técnicas, brindan una expresión en aspectos importantes como son los imaginarios socio-culturales y simbólicos.

El Taller sobre cubiertas o techos con materiales no convencionales, como la tierra fuese uno de los materiales, y como ejercicio de ruptura con los paradigmas académicos se realizó para demostrar que es posible construir cubiertas de bajo costo, accesibles a la población, seguras y funcionales. Contó con el respaldo de las investigaciones del CYTED, Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, con su amplio bagaje en transferencias tecnológicas a través de proyectos como: XIV. Habiterra, XIV.3 Techos, XIV.5 Con techo, Programa 10x10, XIV.6 PROTERRA y XIV.8 Casa partes (referencias en Internet), realizados en la última década por equipos multidisciplinarios que investigaron con diversos recursos y materiales en Ibero América. Ellos realizaron muchas experiencias y aportaron ideas, técnicas y transferencias tecnológicas. Este bagaje motivó la realización de este Taller, para permitir a los estudiantes de arquitectura integrar estas otras fuentes de conocimiento y acercarse a otras formas de concebir el diseño arquitectónico, con innovaciones en la construcción.

METODOLOGIA APRENDER HACIENDO

La metodología de transferencia tecnológica se realizó con nuevas estrategias pedagógicas, una inquietud profesional surgida desde hace varios años al detectar que una de las dificultades al plantear estos temas sobre el cambio de modelos proviene de la metodología para enseñar la innovación y mostrar los pasos en la exploración de otros materiales. Innovar en los diseños arquitectónicos y desarrollar tecnologías de construcción, pertinentes a la cultura y que sean sostenibles, exige demostrar de forma tangible las propuestas. Por lo tanto la aplicación de talleres prácticos con fundamentación teórica, permite colectivizar los nuevos conocimientos a través de la vivencia.

Durante el proceso se resaltó la importancia del cuidado del techo global y eso tituló el Taller ‘Un techo p’todos’, asociado al planeta, concepto que hace reflexionar en los participantes las múltiples visiones que este tema implica. En el programa se abordaron otros tópicos como: arquitectura, salud y calidad de la construcción, ciclo de vida y huella ecológica, consumo energético y legislación ambiental, seguridad y sismo resistencia; haciendo accesible el conocimiento de nuevas técnicas con materiales no convencionales y nuevas transferencias tecnológicas, se lo proyectaba a experiencias de diseño arquitectónico contemporáneo para la vivienda social, que fuese avalada con la experiencia de la practica.



Figura 2. “Aprender haciendo”

La metodología aplicada, “**aprender haciendo**”, ha sido parte de una rama de **Investigación Acción Participativa, IAP**, que plantea la construcción del conocimiento dentro de un espacio democrático de participación, permitiendo la interacción humana flexible y articulando los intereses de los participantes, ya sea transferidor, docente o estudiante de forma horizontal, mediante la realización de una acción práctica en la experiencia con un hecho concreto u OBRA. Se ha visto que esta acción estimula el aprendizaje y desarrolla la transversalidad de conocimientos, motivando otros aprendizajes humanos.

TEMA DEL TALLER

El Taller tuvo por tema ‘la cobertura en la construcción’, surgido del interés en techos o cubiertas por ser un elemento funcional complejo. Debido a las condiciones ambientales de los países de la región en su diversidad de climas, temperatura, radiación solar, pluviosidad, sismicidad, etc., estas deben responder, además del confort, a la problemática social de la autoconstrucción. Sin embargo en el mercado actual, no existen muchas alternativas que permitan un desarrollo con tecnologías blandas, de fácil acceso y producción con economía que brinden seguridad con nuevos sistemas apropiados para los menos favorecidos. Además en el aspecto económico, la cubierta es un ítem del presupuesto de una construcción que sobrepasa el 30 % del costo de inversión en una vivienda. Por ello, la cubierta y su estructura, son capítulos de obra que requieren desarrollo tecnológico y merecen investigación, conceptualización y proyección a corto plazo, si se desea aportar a solucionar la demanda de vivienda en este contexto.



Figura 3. Armando el domo caña de bambú (guadua Angustifolia Kunth).



Figura 4. Vista superior del domo caña, Ing. Raquel Barrionuevo.

TECNICAS EMPLEADAS

Las técnicas elegidas para realizar el Taller fueron investigadas y transferidas por sus gestores. Se difundieron cuatro técnicas para cubiertas desconocidas en el medio, entre ellas:

- **Adobito recostado**, prototipo ejecutado por el Arq. Ramón Aguirre, pupilo del Arq. Alfonso Ramírez Ponce, de México.
- **Domo Caña**, tema desarrollado y transferido por la Ing. Raquel Barrionuevo, de Perú, promotora participante de la investigación.
- **Bovedillas** de BTC, técnica de cubiertas o entresijos con madera rolliza o aserrada, realizadas por la Arq. Clara Ángel, de Colombia, es una variante de aplicación de los Bloques de Suelo Cemento, BSC o Bloque de Tierra Comprimida, BTC.
- **Cúpulas y bóvedas autoportantes**, con este mismo material (BTC), técnica ancestral Nubiana, transferida por el Arq. Darío Angulo y la Arq. Lucía Garzón.

Estas técnicas de cubiertas son potenciales sistemas constructivos que podrían evolucionar y convertirse en tecnologías aptas y acordes a la realidad latinoamericana. Los prototipos realizados, fueron elegidos porque la tierra es uno de los materiales importantes para su elaboración y permite realizar coberturas con las siguientes ventajas: 1. regulan la humedad ambiental, 2. almacenan calor o amortiguan temperaturas, 3. ahorran energía y disminuyen la contaminación ambiental, 4. son reutilizables y reciclables, 5. economizan otros materiales de construcción de mayor costo energético y disminuyen costos de transporte, 6. son sistemas apropiados para la auto-construcción (técnicas blandas), 7. preservan el uso de madera y otros materiales como el bambú o la guadua, y 8. absorben contaminantes.

Para la impermeabilización, se usaron materiales convencionales, pero es muy importante estimular la investigación y producción de polímeros orgánicos que tengan menos impacto sobre el medio ambiente, tanto en su producción, como en su aplicación constructiva. La tierra, al ser un material accesible, de fácil manejo y culturalmente amigable, se presenta como uno de los materiales a desarrollar con tecnologías para el futuro, y más en países latinoamericanos que presentan una demanda muy alta de soluciones para la vivienda social.

LA VIVIENDA EN COLOMBIA

La problemática habitacional en Colombia, más allá del déficit físico de vivienda, tiene una implicación socio-económica estructural de compleja resolución. Las estadísticas del país muestran que la población alcanzó 44.5 millones de habitantes en 2003, con la pobreza como problema estructural que ha llegado a niveles de 64,2 % de la población, o sea cerca de 25,5 millones de personas, de las cuales más del 70 % reside en áreas urbanas. El déficit total acumulado supera los 2 millones de unidades, lo que equivale aproximadamente al 30 % de hogares urbanos. El déficit cuantitativo, para el año 2001, en zonas urbanas, se estimaba en 1.100.000 viviendas y hoy se ha incrementado. La indigencia pasó de 18,1 % en 1997 a 31 % en 2003, aproximadamente 13,7 millones (datos de la Contraloría General de la Nación). Más de 11 millones de colombianos viven con un dólar al día, con 1.8 % de tasa anual de crecimiento demográfico, donde cada año se conforman cerca de 200.000 nuevos hogares (150.000 en áreas urbanas).

Ante estas cifras, es comprensible pensar que los nuevos profesionales deben responder a esta problemática y aportar soluciones tecnológicas más accesibles y adaptables al contexto socio-económico, sin deteriorar el medio ambiente.

DESARROLLO DEL TALLER

El estudio del caso ‘Un techo p’todos’: Tecnologías sostenibles para cubiertas con materiales no convencionales (2009), fue un taller inter-semestral que tuvo como objetivo promover en los participantes el interés investigativo, formativo y de proyección tecnológica, enmarcado en la sostenibilidad mediante el uso de materiales no convencionales para techos o cubiertas, integrando la actividad de la construcción con propuestas acordes a las dimensiones económicas, energéticas y socioculturales. El evento ‘Un techo p’todos’ pretendió brindar un conocimiento integral bajo principios filosóficos incluidos en la investigación y formación teórico/ practica. El nicho de población al que se dirigió estuvo compuesto por 68 estudiantes de todos los niveles académicos de pre-grado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Gran Colombia, que cursaban desde primer semestre hasta los que están terminando su carrera universitaria. La transferencia tecnológica dentro del espacio universitario y enmarcado en un proyecto pedagógico tiene múltiples dificultades para su realización por la visión de las instituciones universitarias, no sensibilizadas con los temas ambientales y sostenibles de la arquitectura y por ello, no comprometidos con el desarrollo tecnológico autónomo. Además, existen muchas carencias en la formación e investigación técnica de los equipos profesionales, que desconocen y no creen en los materiales no convencionales.



Figura 5. Bovedillas con bloque de tierra comprimido

DESAFIOS: RETOS, BARRERAS Y LOGROS

Retos: El primer reto fue convencer a las instituciones académicas y abrir espacios alternativos, porque de esta forma, al ampliar su metodología de enseñanza-aprendizaje, proyecta otra estrategia política, y al proponer talleres teóricos y prácticos, se aumenta la motivación de los aprendices, se estimula el interés por nuevos temas en desarrollo tecnológico para las instituciones, que fue gran aporte del Programa CYTED. Del mismo modo se promueve la investigación y posicionamiento con temas innovadores para las instituciones educativas. El segundo reto es la transferencia tecnológica que exige inversiones previas en obras de construcción, indispensables para obtener logros propios en el desarrollo de un taller teórico práctico. Esto implica una logística particular dentro de una universidad al exigir conocimientos profesionales e investigación previa, lo cual implica alta inversión de tiempo para la preparación, programación y ejecución de las obras constructivas.

Barreras: Para los equipos docentes universitarios, por lo general, con poca experiencia en obra, estas áreas de investigación de materiales no convencionales son aun insuficientemente conocidas, con pocos acreditados en construcción con tierra. Los docentes son los primeros que se resisten a participar en estos ejercicios de transferencia por la actitud conservadora frente a la formación pedagógica. Dictar horas de cátedra, no implica esfuerzos mayores al trabajo habitual del docente, porque allí no existen cuestionamientos ni conflictos, al salir a terreno, asumir obras constructivas y abarcar nuevas áreas del ejercicio profesional. Muchos docentes las desconocen, le tienen temor y la primera actitud es de rechazo y negación. Estas barreras se transmiten a los estudiantes y, en el proceso enseñanza/aprendizaje, no los motivan a innovar o investigar en otros temas diferentes al currículo establecido. Sin embargo, después de superar estas barreras, la misma experiencia demuestra lo contrario y ese es el resultado al concluir esta experiencia, donde el panorama se transformó sustancialmente.

Logros: En el programa académico dentro de dicha universidad, institución educativa que no es ajena al mercado y donde los temas de bio-arquitectura y sostenibilidad están recién introducidos desde el año anterior, se propuso este ejercicio, con una metodología atractiva, ambiciosa y diversa, que incluyera trabajos de investigación sobre materiales no convencionales e innovaciones implementadas en la región, además de la experiencia propia de transferencia tecnológica en obra. Hubo clases magistrales con conferencistas expertos y tutorías por docentes de la Facultad de Arquitectura, interactuando con talleristas de varios países. La participación en el taller práctico facilitó conocer todas las técnicas de cubiertas propuestas en la que cada estudiante trabajó específicamente en la realización de un prototipo, llevó al final a las practicas y a proponer la elaboración de un proyecto con un tipo de cubierta alternativa y aplicable a la vivienda social; todo esto enmarcado en el ejercicio académico, implementando las innovaciones técnicas.

PROGRAMA DEL TALLER

Como curso ínter semestral, el programa se estableció en 120 horas, de las cuales:

- 48 horas de Taller con la experiencia vivencial y practica, realizada en 6 sesiones y cumpliendo con el 40 % del tiempo de aprendizaje
- 40 horas específicamente para taller académico de proyecto, donde se realizó el ejercicio de diseño: 33 % del tiempo

- 28 horas dedicadas a la fundamentación teórica con conferencias sobre los diversos temas: 24 % del tiempo
- 4 horas dedicadas a las evaluaciones

El equipo de acompañamiento para este programa fue de 8 docentes de la facultad, que participaron activamente en el proceso y ahora hacen parte del personal académico capacitado, y cambiaron. Ellos cambiaron sus paradigmas en relación a lo que significa realizar transferencia tecnológica dentro del nicho universitario: hoy pueden seguir proyectando y multiplicando estos temas dentro de la facultad.

Tema: El tema de diseño en este programa inter-semesteral fue el proyecto de una vivienda social, con una propuesta pedagógica y una estrategia metodológica innovadora, cuya premisa fue realizar un ejercicio diferente al convencional, al comenzar un diseño visualizando inicialmente el volumen arquitectónico, para aplicar posteriormente una alternativa de las técnicas de cubierta realizadas en la transferencia para terminar el ejercicio de diseño con una concepción del desarrollo tridimensional. Todo esto obligó a comprender la arquitectura desde otro ángulo.

Práctica: Después de abordar el diseño con otras posibilidades, se pasó a la representación bidimensional y los estudiantes tuvieron que modificar su estructura mental. Adicionalmente el aprendizaje técnico constructivo fue integrado al ejercicio de diseño, siendo todas ellas nuevas herramientas que propician formas innovadoras. Aunque esta experiencia tuvo muchas dificultades al implementar esta innovación metodológica, es interesante seguir explorando en estas nuevas técnicas para el diseño y para el desarrollo intelectual de los estudiantes. Durante el proceso constructivo realizado en el Taller, se conoció el ensamblaje y montaje de las cubiertas, se descubrieron de forma tangible las facilidades y dificultades que presentaba cada una de las técnicas y con la tierra. Se realizó igualmente una inducción con este material, se sintió en la preparación de las mezclas para producir los BTCs, en la elaboración de los morteros como revestimiento y se llegó a realizar la primera etapa de acabados e impermeabilización. En esta dinámica, todos los participantes pudieron identificar rendimientos, cuidados y vulnerabilidades de cada técnica.



Figura 6. Domo Caña en estructura de madera y baja curvatura.



Figura 7. Equipo de docentes y estudiantes que elaboraron el Domo Caña.

Revisión: Evaluando los resultados, se pudieron revisar algunos aspectos operativos con miras a la realización de futuros talleres. En un principio, el programa fue un plan de formación muy ambicioso, no solo en lo práctico sino también en lo teórico, al tener como plazo un mes por ser un curso inter-semesteral, que pretendía abarcar muchos tópicos. Este

hecho que debe reevaluarse y medirse. Sin embargo los resultados, aprendizajes y cambios en los paradigmas de los docentes, directivos universitarios y estudiantes, fueron un acierto que merece seguirse promoviendo y experimentando en otros medios académicos que, posiblemente, dejen una huella en la academia que y a futuro, se proyecten en el ejercicio profesional y en el ambiente.

Desarrollo de capacidades: Los participantes adquirieron algunas competencias paralelas al conocimiento teórico, tales como el manejo de herramientas, el acercamiento a los materiales, que normalmente no lo realizan en las facultades de arquitectura. Incluso, los mismos docentes se capacitaron, y la mayor motivación y aprendizaje para todos fue el descubrimiento que aporta la obra a escala real 1:1.

Los logros fueron múltiples y el ejercicio de transferencia tecnológica dentro de la universidad cumplió con los objetivos planeados:

- **Estimular** e interesar a la institución y sus participantes en la investigación de materiales no convencionales.
- **Promover** estrategias de construcción eficiente, enfocada al mejoramiento y desarrollo en la calidad ambiental de la arquitectura, y aportar paralelamente a solucionar problemáticas de consumo energético en los ciclos de vida de los materiales e impactos en la “huella ecológica”.
- **Desarrollar** un ejercicio de reflexión que aporte en la fundamentación de conceptos en temas de interés público y articular la academia con profesionales especializados en tecnologías sostenibles.
- **Proyectar** la Facultad de Arquitectura al medio externo, como una institución reconocida extra-académicamente e interesada en las problemáticas ambientales, que aporta al cambio climático y al desarrollo sostenible, mediante la apertura de un espacio universitario como ámbito propicio e importante para los nuevos retos en la sostenibilidad ambiental del planeta.
- **Crear** espacios de discusión y crítica entre estudiantes, docentes y profesionales, en torno a la importancia de la ética y del compromiso con la equidad, con recursos locales y criterios sostenibles, vivenciando un ejercicio de transferencia tecnológica con la tierra como material, dirigido a la producción del hábitat popular urbano y rural, y fomentando el desarrollo de proyectos demostrativos teórico-prácticos.
- **Sensibilizar** a los participantes; Se pudo evaluar y percibir el efecto hacia una nueva conciencia sobre la sostenibilidad para descubrir nuevos valores en una arquitectura digna, con materiales no convencionales, y acercarse a la realidad social, integrando y aplicando una solución constructiva en el ejercicio de diseño de una vivienda social, con tecnologías no convencionales, y así cambiando los paradigmas de los estudiantes.
- **Resonar** la transferencia tecnológica con tierra en nuevos espacios, incorporando temas de ecología, sostenibilidad y bio-arquitectura al interior de la facultad como un parámetro más de diseño, en los nuevos cursos de la academia.
- **Valorar** el trabajo de obra y en equipo, más allá de la cátedra, los estudiantes comprendieron y reevaluaron la importancia de la obra y del trabajo práctico de la construcción.

NUEVOS PARADIGMAS

Los profesionales que realizan actividades de investigación en áreas de la sostenibilidad y la arquitectura, tienen la responsabilidad de colectivizar esta información en los espacios académicos. El espacio universitario no puede estar ajeno a esta realidad y es importante integrar nuevas metodologías de aprendizaje con la ecología y la arquitectura. El sistema educativo requiere mayor compromiso y apertura mental frente a problemáticas tan complejas que enfrenta este siglo. Este tipo de propuestas pedagógicas y la transferencia tecnológica, propician cambios en la racionalidad de los profesionales, generan también una inestabilidad en los equipos profesionales de docentes, e inquietan el rol de enseñanza-aprendizaje; además permiten despertar interés en otros temas. Hay que aprovechar los espacios pedagógicos para promover una arquitectura que responda a un desarrollo sostenible y ello implica mucha voluntad política. La construcción colectiva del conocimiento y todo lo que genere nuevos modelos para los estudiantes en formación, aportará a un cambio de paradigmas.



Figura 8. Cambiando paradigmas



Figura 9. Viva la Tierra!



Figura 10. Bovedillas en proceso

Realizar este tipo de talleres dentro de las facultades de arquitectura, ingeniería y tecnología de la construcción implica muchos cambios y algunas dificultades en la apertura de este proceso, porque donde está generalmente ausente la transferencia tecnológica con cualquier material y es inexistente el aprendizaje práctico en obra. Esto es fundamental en la formación, y hay que comenzar por mejorar la capacidad logística de los entes universitarios. La experiencia ha podido demostrar a la autora que la construcción de objetos de obra, al transferir las experiencias en espacios tipo ‘taller’, donde se involucra el cuerpo, con una vivencia de forma directa y sensible, permite comprender epistemológicamente nuevas dimensiones de la arquitectura. Más aún, y si se trata de cambiar modelos, pedagógicamente la experiencia tipo taller práctico, es un método eficiente. Pareciera urgente que la humanidad y especialmente los profesionales, concientes desde sus respectivas disciplinas, hagan su aporte en la conservación del medio ambiente. Los actuales patrones de producción y consumo, sumados al crecimiento poblacional y las injusticias sociales y económicas vigentes, no permiten soñar con un futuro viable y representan una amenaza al orden mundial.

CONCLUSIONES

La experiencia que se muestra en este trabajo, es un desafío consistente en el proceso de educación ambiental en arquitectura, para sensibilizar a las personas en la interacción con el medio ambiente, donde los arquitectos, ingenieros y constructores, tengan una voz contundente frente a su intervención en el ambiente construido. Es responsabilidad de ellos retomar valores, estimular nuevas habilidades y generar experiencias demostrativas que aporten soluciones a problemas ambientales presentes y futuros, con conciencia ciudadana de deberes y derechos, fomentando el rescate y resurgimiento de valores tendientes a lograr una sociedad más justa y sostenible. Por ello, las instituciones educativas, ya sean de tipo secundario o universitario, están en mora de integrar a su currículo académico este proceso de formación en la temática ambiental.

La responsabilidad en las acciones del mercado de la construcción van desde el productor empresario al consumidor; por ello se debe adquirir mayor responsabilidad en las acciones, reducir el consumo de materiales nocivos al medio ambiente, reutilizar materiales, reciclar y reeducar. Se requiere buscar un nuevo estilo de ética global que desarrolle sociedades sostenibles, tanto en lo económico, como en lo social y ambiental. Cada persona es un educador ambiental. Todo lo que el ser humano escoge, puede ser re-direccionado y, si existe conciencia frente al tema ambiental, se podrá revertir este proceso de riesgo.

RECONOCIMIENTOS

Gracias a la Red PROTERRA, grupo que ha sido de gran aporte para evolucionar profesionalmente e intercambiar con todo el equipo profesional iberoamericano, que me ha brindado un apoyo institucional incondicional para estos proyectos, también tengo un agradecimiento a los directivos de la Universidad Gran Colombia, en especial al decano de la facultad de arquitectura Arq. Francisco Beltrán quien gracias a su voluntad política y apertura mental, esta promoviendo dentro de su facultad, el desarrollo de estas experiencias pioneras, como la realización de estos talleres, que han permitido implementar nuevas ideas pedagógicas que aportan al desarrollo sostenible del país.

BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, y Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero, FOREC “*Manual de Construcción sismorresistente en Bahareque encementado*”. Colombia.
- Garzón, L. E.** (2005). *Una experiencia de educación informal en arquitectura con tierra / transferencia y sensibilización*. IV seminario iberoamericano de construcción con tierra. III seminario Arquitectura de terra em Portugal. Terra em seminario. Argumentum, Monzaras / Portugal, pag. 285,198/200
- Garzón, L. E.** (2006). *Experiencias, aciertos y dificultades en la transferencia de tecnologías apropiadas con tierra / caso de Colombia*. Terra Brasil 2006. I Seminario de arquitetura y construção com terra no Brasil. IV Seminario de Arquitetura de terra em Portugal. Ouro Preto, Tema 4. CD-ROM.
- Garzón, L.E.** (2006^a) “*Ecosostenibilidad y técnicas de construcción con tierra*”- Programa de educación informal experimental para aprender haciendo. CONSTRUTTIERRA 2006, PROTERRA, Bogotá. CD-ROM.
- Garzón, L. E. y Neves, C.** (2007), *Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura con tierra*. Revista APUNTES, Vol. 20, No.2 Universidad Javeriana, Bogotá. Pags. 324,335.
- Garzón, L.E.** (2007) *Transferencia tecnológica con tierra..simplemente enseñar?* SIACOT, Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y SIIDS, Seminario Iberoamericano de Investigación y Diseño Sustentable, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico. Pags. 163,170.
- Garzón, L.E.** (2008) *Un barrio eco sostenible. Diseño modular de construcción mixta con tierra*, Terra Brasil 2008. Sao Luis de Maranhao. CD-ROM.
- Garzón, L.E.** (2009) “*Un techo pa’todos, Formando profesionales con una conciencia planetaria*”, SIIDS-Seminario Internacional de Investigación del Diseño Sustentable- Diseñar para Reducir, Re-usar y Reciclar, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico. Memorias CD-ROM.
- Habiterra** (1993) *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo cemento*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED, Lima, pags. 110.
- ICONTEC**, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (2005). NTC 5324. *Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones, Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de Entrega*. Bogotá.
- Lorenzo, P.** (2005). *Un techo para vivir. Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. CYTED y Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña / UPC-Barcelona.

Nota: * Todas las fotografías son de autoría de la Arq. Lucía Esperanza Garzón.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA

Juan Carlos Patrone y Rodolfo Rotondaro

RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados sobre la enseñanza de la construcción con tierra realizada en una diversidad de ámbitos y lugares de Argentina, tales como universidades, instituciones privadas y estatales, barrios, zonas rurales, a personas y grupos de estudiantes, auto-construtores, 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, ONGs y organizaciones barriales, con prácticas específicas en talleres de identificación de suelos y sistemas constructivos para instituciones privadas y estatales, como el curso-taller dictado en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) orientado a futuras normalizaciones constructivas. La experiencia realizada con la difusión del tema en distintos ámbitos y escalas, así como en la formación sistemática de pasantes, alumnos y becarios, logró un impacto favorable en cuanto a información y a la formación de recursos humanos de distintas edades, ocupaciones y ámbitos geográficos, notándose 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.

Palabras Clave: Enseñanza, capacitación, normativas, construcción con tierra, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La tierra, junto a la madera y la piedra, fueron los materiales mas usados en la antigüedad para la construcción del hábitat, posteriormente se incorpora el ladrillo cocido, quedando las tecnologías de tierra relegadas para viviendas o construcciones rurales. A partir de la revolución industrial, con producción intensiva de maquinaria y herramientas que permitieron la producción de materiales artificiales o con mejoras tecnológicas, reducción de costos de mano de obra y fletes, utilización de materiales y tecnologías foráneas y la posibilidad de controlar y normalizar los procesos constructivos, se fueron confinando las tecnologías de la construcción con tierra cruda a regiones menos desarrolladas o a poblaciones de zonas semi-desérticas con fuerte arraigo cultural en estas tecnologías.

La cultura del modernismo fue privilegiando lo industrializado sobre lo artesanal y 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. Estos procesos artesanales, cuya transferencia se realizaba en forma oral y empírica, fueron 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.

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 prácticas de capacitación sobre las tecnologías de tierra en talleres, con la elaboración de elementos constructivos e identificación de suelos aptos.
- Informar, en ámbitos estatales, las características de la tecnología y sus ventajas de sustentabilidad apuntando a una normalización constructiva.

TRANSFERENCIA 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 las realizadas en:

- la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Torcuato Di Tella, 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

- la de la Universidad Fasta 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.

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 (IAA), dirigido por el Arq. Rodolfo Rotondaro, se diseñaron y realizan actividades de información y formación de recursos humanos para estudiantes, investigadores y docentes de la Carrera de Arquitectura de la FADU-UBA, desde el año 2005. Las actividades incluyen: la formación de pasantes de grado durante períodos cuatrimestrales, con la posibilidad que el alumno acredite una materia electiva de 60 horas de duración. Los pasantes se incorporan a las tareas de investigación del Programa con un plan específico de trabajo, el cual incluye tareas de investigación bibliográfica, sistematización de información, taller de identificación de suelos y elaboración de monografía final (Martins Neves 2004). Los pasantes pueden estar dentro del Programa un máximo de dos cuatrimestres. Las monografías integran un bao de datos dentro del IAA de la FADU-UBA.

Seminarios FI, Formación en Investigación, Programa de la SI-FADU-UBA

Desde 2006, en el marco del Programa FI, se realizan cursos con clases teóricas y talleres en seminarios de investigación del sistema de formación de investigadores de la Secretaría de Investigación de la FADU-UBA (Seminarios FI); entre ellos, tuvo lugar el seminario “Puna y Arquitectura”, que dirige el Arq. Jorge Tomasi (CONICET), dictados por los autores.

En 2008 se dictó un seminario específico titulado “Arquitecturas de tierra: Pasado y presente de una tradición constructiva”, con la participación de los siguientes docentes: 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 los autores, Terrabaires. El curso estuvo dirigido a estudiantes avanzados y graduados de las Carreras de Arquitectura y Ingeniería Civil, y de profesiones afines a las ciencias de la construcción, contando con la participación de 22 alumnos. El contenido temático del seminario incluyó aspectos referidos a la historia y conservación del patrimonio, el panorama general global y latinoamericano, el panorama argentino, estudios de caso, ensayos, identificación de tierras, estabilización, sistemas constructivos, aspectos higró-térmicos y enseñanza.

Formación de Becarios CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Argentina.

Desde 2003, 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, dirigidos por R. Rotondaro. Las becas tratan temas de investigación científico-tecnológica referidas al estudio de patologías constructivas de la edificación con tierra, Arq. Rodrigo Ramos, Noroeste Argentino; diseño y experimentación de componentes y elementos constructivos para mejorar la vivienda urbana del Gran Buenos Aires, Arq. Alex Schicht; sistemas de muros tierra de la vivienda del Noroeste Argentino y propuestas para sistemas monolíticos, Arq. Josefina Chaila; y el estudio de patrones constructivos y 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).

Participación en Celebratierra Paraná, Santa Fe, 2008.

En agosto del 2008 se realizó el encuentro "Celebratierra. Tecnologías alternativas de bajo impacto ambiental", en las Ciudades de Santa Fé (Santa Fé) y Paraná (Entre Ríos), organizado por la UTN, Facultad Regional Santa Fé, la UNL, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, el Colegio de Arquitectos de Santa Fé 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 1).

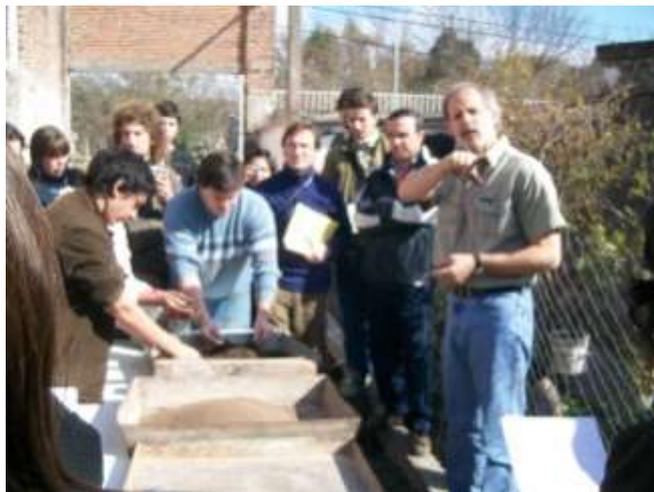


Figura 1 – Reconocimiento de suelos, Celebratierra.

El encuentro tuvo la coordinación general del Ing. Ariel González, UTN Santa Fé, Frontera, 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 países vecinos.

TRANSFERENCIA EN INSTITUCIONES PARTICULARES

Curso-taller en San Carlos de Bariloche, Pcia. de Río Negro.

Los Cursos-Taller "Construcción en tierra", San Carlos de Bariloche 19 al 21 de Febrero y 13 al 15 de Marzo de 2009, fueron organizados y difundidos 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, con 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 y la Arq. Liliana Alvarez. Las actividades se desarrollaron en dependencias cubiertas y abiertas de las Escuelas Fundación Gente Nueva y Cailén. Participaron entusiastas, auto-construtores, 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.



Figura 2 – Cortando adobes



Figura 3 – Taller en Fundación Gente Nueva

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 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, con manifiesto interés por parte de los alumnos de continuar trabajando de manera organizada en la ciudad, como así también de mejorar la capacitación de técnicos y profesionales de los organismos públicos.

Talleres de capacitación en el monte santiaguense.

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 auto-construtores locales y permitir la construcción de un prototipo del sistema en una vivienda existente, Figura 5, 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 adobe



Figura 5 - Construcción cisterna

En las capacitaciones participan dos familias, una de ellas beneficiaria directa 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.

Transferencia y 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 del sociólogo Julio Clavijo, se llevó adelante el montaje de una fábrica de BTC en el año 2004, con el fin de generar alternativas constructivas de bajo costo y empleo local. Colaboraron el Arq. 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 planificó 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 R. 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 vendieron más de 3000 bloques y por autoconstrucción se realizaron distintas ampliaciones y mejoras en casas de los vecinos adscriptos al plan. (Rotondaro 2004).

TRANSFERENCIA EN INSTITUCIONES ESTATALES

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.

Se contó con la participación de 42 alumnos a las clases teóricas y 15 alumnos para el taller de campo. Participaron arquitectos, ingenieros, geógrafos, alumnos avanzados de la carrera de arquitectura y alumnos de colegios técnicos de La Rioja (Figura 6). Contó con la colaboración del Sub-Secretario de Cultura de Catamarca, Arq. Omar Toledo, quién mostró los avances 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 del edificio de adobe de la primera escuela de Vinchina, en área urbana, registrándose imágenes de conjunto y parciales del edificio, para poder elaborar un pre-diagnóstico de la patología presente (Viñuales 2005).



Figura 6 – Edificio en Vinchina

Curso-taller de capacitación teórico-práctica, INTI.

En el transcurso del año 2009 surge una vinculación con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, quienes convocan a los autores para publicar en su periódico de divulgación mensual “Saber cómo” el artículo “La Construcción con Tierra, una Tecnología posible para el Hábitat” incluido en el N° 76 de mayo del 2009.

Posteriormente, el Arq. Ricardo Jeifetz, del Departamento de Construcciones, convoca a una reunión donde plantea la realización de un curso de capacitación para personal del INTI, elaborándose así una propuesta, la cual fue aprobada fijándose un calendario para la realización del mismo.

El curso de capacitación intensiva con clases teóricas y prácticas constructivas para conocimiento básico de materiales, elementos constructivos, manejo de equipamiento y proyecto, fue dictado del 16 al 20 de noviembre, 5 jornadas de 7 horas distribuidas en 10 horas de clases teóricas y 25 horas de practica, con el siguiente contenido temático:

- Introducción al tema Construcción con Tierra y hábitat, conceptualización, distribución y alcances, relación con la sustentabilidad, ventajas, limitaciones, prejuicios y el estado actual del conocimiento en Argentina.
- El material base y sus propiedades. Componentes de un suelo. Ensayos: sensoriales, simples mecánicos, normalizados. Estados hídricos. Plasticidad. Identificación. Compactación y estabilización de la tierra (tipos y efectos). Criterios de selección.
- Sistema de mampostería con bloques de adobe. Características del material y del componente básico. Medidas, moldería, mezclas, mano de obra, unidad de producción. -Características del elemento constructivo muro. Morteros. Terminaciones. Resistencias mecánicas. Patología (lesiones más comunes).
- Sistema de mampostería con bloques de tierra comprimida. Ídem anterior, prensas.
- Sistema de muro con tierra comprimida. Ídem anterior.
- Sistemas de muro con entramados. Características de los materiales. Posibilidades de diseño. Medidas, prefabricación, mano de obra, unidad de producción. Características del elemento constructivo muro. Terminaciones. Patología (lesiones más comunes).
- Producción. Producción en distintos ámbitos y escalas. Gestión. Criterios para el análisis de costos. Materiales y mano de obra. Revisión general de la normativa.
- Aspectos higro-térmicos. El proyecto en diferentes climas.

Las actividades se desarrollaron dentro del predio del INTI en un espacio cubierto para las clases teóricas y los prácticos, se contó con la participación de 25 profesionales y jóvenes estudiantes de distintos Departamentos del INTI, y estudiantes invitados de otras instituciones, Figuras 7 a 11.



Figura 7 - Fabricando BTC



Figura 8 - Estiba de adobes

Se desarrollaron prácticas sobre:

- Identificación a partir de ensayos sensoriales. Ensayos sensoriales de suelos. Textura, color, sedimentación simple, cohesión, exudación, lavado de manos, brillo, resistencia en seco. Pruebas de contracción lineal y volumétrica. Registro de datos. Análisis parcial de resultados.
- Fabricación de bloques de adobe. Preparación de materiales y obrador. Fabricación de distintas mezclas (tierra, arena, fibras, agua). Fabricación de adobes con distintas mezclas. Condiciones de secado.
- Fabricación de bloques de tierra comprimida. Preparación de materiales y obrador. Preparación y utilización de la prensa. Mantenimiento. Preparación de mezclas (tierra, arena, cemento, cal hidratada, agua). Fabricación de bloques con distintas mezclas. Curado y secado.
- Fabricación de tapias. Preparación de material y obrador, preparación y utilización de encofrados, mantenimiento, preparación de mezclas, fabricación de tapias y condiciones de curado y secado.
- Fabricación de placas de entramados. Preparación de materiales, mezclas y placas, colocación de relleno, condiciones de secado, colocación 1ra. capa de revoques y preparación de segunda capa de revoques.
- Evaluación de ensayos, interpretación de los mismos y evaluación integral de prototipos construidos.



Figura 9 – Haciendo tapial



Figura 10 – Tapial



Figura 11 - Entramados

Durante el desarrollo del curso, fue creciendo la integración y el interés de los participantes responsables de áreas del Instituto, en la realización de posteriores ensayos y continuar con la construcción de nuevos prototipos de diversas características para someterlos a posteriores ensayos. Se propuso el estudio conjunto de un plan a futuro con distintos departamentos y la realización de próximos cursos.

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 de Buenos Aires, Tucumán, Mar del Plata y Santa Fe.

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 se podrían realizar aportes valiosos tanto en la auto-construcción popular como en la acción estatal.

Desde el punto de vista pedagógico y del diseño de los cursos, talleres y clases, la conclusión más importante 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.

REFERENCIAS

Guerrero Baca, Luis F., Meraz Quintana, Leonardo; Soria López, Francisco (2006) *Lecciones de la Tradición Constructiva en Tierra*, V SIACOT.

Martins Neves, Celia (2004) *Mecanismos para Transferencia de Tecnología para Habitación e a Experiencia do Proyecto Proterra*, Memoria III SIACOT - Proyecto Proterra XIV.6; CRIATIC FAU-UNT.

Rotondaro Rodolfo, Alvarez Liliana (2005) *Capacitación para la Producción de BTC en la Selva*, Construcción con Tierra 1, CIHE-SI-FADU-UBA, Buenos Aires, ISSN 1669-8932

Rotondaro Rodolfo (2007) *Transferencia Tecnológica en el Hábitat Popular de Argentina*, Construcción con Tierra 3, CIHE-SI-FADU-UBA; IAA SI FADU UBA, Buenos Aires, ISSN 1669-8932.

Viñuales Graciela (2005) *La Arquitectura de Barro y la Conservación del Ambiente*, Construcción con Tierra 1, CIHE-SI-FADU-UBA, Buenos Aires, ISSN 1669-8932.

SECCION 4:

EVALUACIÓN Y NORMATIVAS

ARTICULOS

SUSTENTABILIDAD DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

John Martín Evans

LABORATORIOS: PARTICIPANTES DE LA RED PROTERRA

Juan Carlos Patrone.

SUSTENTABILIDAD DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

John Martín Evans

RESUMEN

Este trabajo presenta las exigencias de la nueva versión del sistema de evaluación de sustentabilidad en edificaciones del Consejo Americano de Construcción Verde, USGBC, *United States Green Building Council: LEED Construcción Nueva, Versión 3, Leadership in Energy and Environmental Design, New Construction, NC Version 3, 2009*, con énfasis en aquellos aspectos donde la construcción con tierra puede aportar créditos para la certificación de edificación sustentable en los Estados Unidos. En varios aspectos, la construcción con tierra puede aportar créditos para lograr la certificación; en otros, se debe tomar una serie de precauciones para evitar posibles impactos negativos. Es relevante notar que la construcción con tierra requiere cumplir con condiciones cuidadosas de diseño y con un proceso constructivo controlado y consciente para optimizar la sustentabilidad del proyecto. La sustentabilidad no depende solo del uso de un material particular como la tierra, sino que también depende de la forma en que se utiliza este recurso natural en el contexto general de proyecto, ejecución de obra y operación a lo largo de su vida útil, considerando la evaluación de impacto ambiental, social y económico del recurso.

Palabras claves: Construcción con tierra, certificación, edificios sustentables, impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

Los edificios generan importantes impactos ambientales, tanto en la etapa de construcción como durante el uso del edificio y en la demolición o deconstrucción, etapa final de su vida útil. La ocupación de un terreno con nueva construcción provoca impactos debido al uso de suelo, el proceso de edificación y la demanda de materia prima para producir materiales. El uso de edificios requiere del empleo de recursos de energía y agua, y genera desperdicios, mientras la demolición del edificio al final de su vida útil inicia otra serie de impactos.

La sustentabilidad de edificios y la promoción de eficiencia energética abarcan una amplia gama de requerimientos en el campo ambiental, reflejada en los sistemas de certificación.

En este trabajo se analiza la contribución de la construcción con tierra a la construcción sustentable, en base a la nueva versión de LEED, Liderazgo en Ambiente y Diseño Energéticamente Eficiente, *Leadership in Energy and Environmental Design* (USGBC, 2009) para Construcción Nueva.

Este sistema de evaluación, calificación y certificación, establece una serie de créditos para distintos rubros, con los porcentajes del número máximo de créditos disponibles en cada uno, según se muestra en la Figura 1.

Estos porcentajes son indicativos de la importancia relativa de cada uno de los rubros de LEED:

- SS Sitios sustentables:** Uso de suelo, densidad, transporte de bajo impacto, espacios exteriores, restauración del hábitat, gestión de aguas pluviales, etc. (23,6 %).
- WE Uso eficiente de agua:** Paisaje sin riego, tratamiento y reciclaje de agua, artefactos de baja demanda de agua (9,1 %).
- EA Energía y ambiente:** Eficiencia energética, energías renovables, reducción de emisiones que promueven cambio climático o afectan la capa de ozono (31,8 %).
- MR Materiales de bajo impacto:** Producción local, bajas emisiones de compuestos volátiles, reciclaje y reuso de materiales, reducción de desperdicios (12,7 %).
- EQ Calidad ambiental:** Calidad de aire, iluminación natural y control de confort térmico de espacios interiores, (13,6 %).
- ID Innovación y proceso:** Medidas no incluidas en el manual de LEED, equivalentes a otros créditos, (5,5 %).
- RP Prioridades regionales:** Medidas de sustentabilidad específicas a aplicar en cada localidad para responder a requerimientos locales, beneficio disponible solamente a proyectos en los Estados Unidos, (3,6 %).

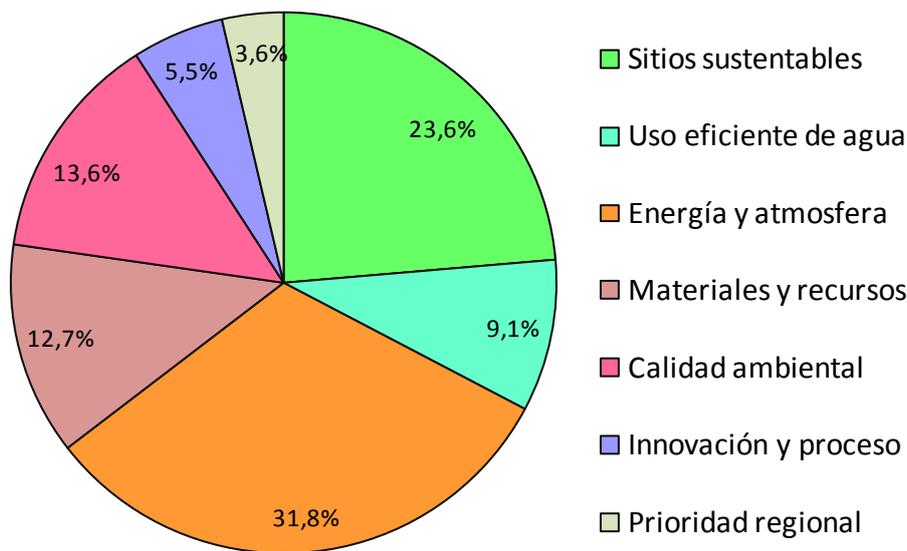


Figura 1. Porcentaje de créditos según los rubros de LEED. Elaboración propia con datos de USGBC (2009)

Del puntaje máximo de 110 créditos que establece el sistema, se requiere un mínimo de 40 créditos para lograr la certificación, con la posibilidad de alcanzar niveles más altos: LEED Plata, Oro o Platino, con 50, 60 y 80 créditos respectivamente. En este trabajo se analiza el posible aporte de construcción con tierra para lograr la Certificación LEED.

Cabe aclarar que LEED no ofrece créditos específicos para el uso de tierra en la construcción, ni para cualquier otro producto; solo ofrece créditos para recursos de diseño, construcción y gestión que logren reducciones cuantificables en los impactos ambientales. Este enfoque responde a los requisitos de sustentabilidad; la construcción con tierra, como cualquier otro material, puede ofrecer beneficios o provocar impactos indeseables, según la manera de emplearlo. En todos los casos es necesario presentar la evidencia de las medidas implementadas, tanto en la etapa de diseño como de obra.

A continuación se analizan los requisitos para obtener créditos y los prerrequisitos establecidos por LEED. En este trabajo, solo se consideran los créditos potencialmente relacionados con la construcción con tierra, tanto los aspectos favorables como las exigencias que pueden dificultar la obtención de créditos, según los rubros disponibles.

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LEED

Los edificios presentados para certificación deben cumplir con las leyes ambientales, los códigos de planeamiento y edificación, y las condiciones establecidas para la habilitación en la jurisdicción del edificio. Sin una habilitación u otra certificación oficial de aprobación del edificio para iniciar su uso, no es posible obtener una Certificación LEED. En lugares donde hay prohibición de utilizar construcción con tierra o cuando este tipo de construcción no cumpla con los requisitos de habitabilidad, no se puede certificar con LEED, aun en los casos donde el edificio cumpla con créditos suficientes para lograrla.

Por ejemplo, LEED no acepta la construcción con tierra en zonas donde está prohibida por razones sísmicas o no cumple con los requisitos térmicos, un problema potencial en zonas frías (Evans, 2004). Cabe notar que los edificios a certificar también deben tener una superficie mínima de 93 m², excluyendo de este modo la vivienda de interés social característica de la gran mayoría de los países latinoamericanos.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN SITIOS SUSTENTABLES

SSP1, Plan de Prevención de Polución en la Construcción

La preparación e implementación de un Plan de Prevención de la Polución en la Construcción, PPPC, es requisito obligatorio en el proceso de Certificación LEED. Este plan debe identificar las actividades de la construcción que pueden generar polución e impactos ambientales, especialmente el arrastre de sedimentos con agua de lluvia y polvo levantado por el viento. La construcción con tierra puede contribuir a estos impactos ambientales indeseables. El plan debe indicar las medidas que se implementan para reducirlos, el sistema de control y verificación, los responsables de su implementación, y la manera de presentar la evidencia de cumplimiento, por ejemplo; informes de reuniones de obra, inspecciones, y fotos de la obra. En el caso específico de la construcción con tierra, el acopio de tierra debe contar con protección para evitar el arrastre de sedimentos con agua de lluvia o erosión por viento en épocas secas.

SS1. Selección del sitio

El sitio no debe ser inundable, un requisito totalmente compatible con la construcción en tierra. Tampoco pueden ser tierras aptas para el agro para lograr este crédito.

SS2. Densidad de desarrollo y conectividad a la comunidad

Se pueden obtener hasta 5 créditos por casos de proyectos ubicados en terrenos previamente desarrollados y con densidad media a alta, o con buen acceso a servicios e infraestructura urbana. Si bien la densidad y desarrollo previo del terreno no favorece el uso de tierra, el acceso a servicios urbanos es totalmente compatible con esta forma de construcción.

SS3: Rehabilitación de terrenos con suelo contaminado

Se otorga 1 crédito a la rehabilitación de terrenos con suelo contaminado; por ejemplo, terrenos previamente utilizados por industrias químicas, estaciones de servicio con depósitos de combustibles que pudieran sufrir pérdidas o filtraciones, etc. En general, estos terrenos no ofrecen suelos aptos para la construcción.

SS5.1: Desarrollo del terreno y restauración del hábitat

En terrenos sin desarrollo previo, se otorga 1 crédito por evitar la remoción de tierra a más de 12 m del edificio, a más de 3 m de caminos peatonales, a más de 5 m de caminos vehiculares y zanjas principales de servicios o a más de 7,50 m de áreas ‘construidas’ con superficies permeables, tales como canchas de deportes o zonas de captación de aguas pluviales. Este crédito tiene como objetivo conservar el suelo, la permeabilidad y la vegetación existente, y requiere una cuidadosa planificación para lograr la extracción de suelos para la construcción compatible con la conservación del hábitat natural. En terrenos previamente desarrollados, se debe restaurar o proteger el 50 % de la superficie del terreno, excluyendo la ‘pisada’ del edificio.

SS5.2. Desarrollo del terreno, aumento de espacio abierto

Se otorga 1 crédito para terrenos cuya superficie excede en 25 % la superficie mínima exigida por los códigos de edificación y/o planificación.

SS6. Diseño de desagües pluviales, cantidad y calidad de descarga

La reducción de la descarga directa requiere almacenar las aguas pluviales en el terreno y desarrollar medidas para evitar el arrastre de sedimentos.

SS7. Reducción del efecto de la ‘isla de calor’

El uso de vegetación, los suelos permeables y absorbentes, y los techos verdes evitan o disminuyen el calentamiento de las superficies expuestas, tanto en techos como en los espacios exteriores.

EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA

El objetivo de este rubro, que puede sumar un total de 10 créditos potenciales, es reducir la demanda de agua potable y minimizar la descarga de aguas servidas. Un aspecto importante para cumplimentar este propósito, radica en el diseño del paisaje, utilizando vegetación de baja demanda de agua, o directamente sin necesidad de riego.

Otros recursos de interés son la captación y uso de agua de lluvia, el reciclaje de aguas grises, y la provisión de instalaciones para el tratamiento de agua dentro del terreno del proyecto, con la correspondiente recarga de las napas. Si bien este rubro no afecta directamente a la construcción con tierra, se deben tener ciertos recaudos para evitar el impacto de agua sobre los elementos construidos con tierra.

ENERGÍA Y ATMOSFERA

Este rubro ofrece la posibilidad de lograr 35 créditos. Para ello, el edificio debe alcanzar un nivel mínimo de eficiencia energética, el cual se establece con la simulación del comportamiento térmico-energético del mismo.

Aquí es importante contemplar las exigencias de confort establecidas en LEED: la demanda de energía debe ser baja, pero al mismo tiempo se deben lograr elevados niveles de confort.

Las construcciones con tierra, si bien tienen buena capacidad térmica, no ofrecen óptimos niveles de aislación térmica (Evans, 2007). Es importante notar que la transmitancia térmica de BTC y suelo cemento compactado in-situ no cumplen con los requisitos mínimos exigidos para vivienda de interés social en Argentina (SEDUV, 2001), y la construcción con adobe sin capas aislantes no resulta suficiente para cumplir con las exigencias mínimas de LEED.

De esta forma, es necesario combinar la construcción con tierra con capas importantes de aislantes livianos que permitan lograr un comportamiento térmico adecuado para cumplir con las exigencias de LEED. Por ejemplo, en las condiciones ambientales de Buenos Aires, se deben considerar espesores de capas aislantes de 10 y 15 cm en muros y techos respectivamente. Para asegurar un buen comportamiento térmico, es necesario considerar otros factores de diseño, tales como la orientación y el tamaño de ventanas, la compacidad del edificio, y la eficiencia de las instalaciones termo-mecánicas.

MATERIALES Y RECURSOS

Este rubro ofrece la posibilidad de obtener hasta 14 créditos, y es el rubro donde la construcción con tierra puede hacer un importante aporte. Sin embargo, son limitados los créditos que se pueden conseguir con esta forma de construcción.

MR1: Re-uso de elementos edilicios

En los créditos del rubro 'materiales', 4 de ellos corresponden al re-uso de elementos de edificios existentes, principalmente los estructurales. El re-uso y restauración de muros de adobe u otra forma de construcción con tierra permiten lograr entre 1 a 3 créditos: con el re-uso del 55 % de la estructura existente se logra un crédito, con el 75 % se obtienen 2 créditos y con el 95 % se logran 3 créditos.

MR2: Reducción de desperdicios de la construcción

Al desvío de desperdicios de la construcción corresponden 2 créditos, evitando su envío a relleno sanitario. Si bien la construcción con tierra disminuye la producción de los desperdicios, este rubro solo considera el reciclaje de desperdicios. El Manual de LEED aclara que los suelos excavados no contribuyen a este crédito, pero incluye a los materiales utilizados para construir muros. Se puede calcular el porcentaje de reciclaje o re-uso por peso o por volumen, pero se debe optar por uno u otro. En total, es necesario reciclar o reusar el 50 % de todos los desperdicios para lograr un crédito y el 75 % para 2 créditos.

MR3: Re-uso de materiales

Si el nuevo edificio re-emplaza un edificio existente o reutiliza materiales de otro edificio, se puede obtener 2 créditos. Con el 5 % de materiales re-utilizados se obtiene 1 crédito, y con el 10 % se logran 2 créditos, basado en el valor del material. El cálculo del valor total de materiales excluye todas las instalaciones. El uso de adobes de otros edificios puede permitir el logro de 1 crédito, pero el bajo valor de este material dificulta cumplir con las condiciones.

MR4: Materiales reciclados

Si el material es reciclado, se requiere 10 % de contenido para obtener 1 crédito y 20 % para lograr 2, basado en el peso. Aquí también se excluyen las instalaciones.

MR5: Materiales regionales.

Con el uso de materiales provenientes de una distancia menor a 800 km del terreno, se puede obtener 1 crédito, siempre que el porcentaje represente el 10 %, o 2 créditos con 20 %, basado en su peso. En este caso, la alta densidad y la cantidad de material utilizado en construcción con tierra es un factor a favor de esta alternativa.

CALIDAD AMBIENTAL DE ESPACIOS INTERIORES

Los factores que mantienen alta calidad ambiental de los espacios interiores pueden lograr hasta 15 créditos. La construcción con tierra puede así aportar parcialmente 3 o 4 créditos.

IA3.1: Calidad de aire durante la construcción

Adoptando medidas que permitan mantener la calidad del aire en los espacios interiores durante la construcción, se puede obtener 1 crédito. El polvo generado por la construcción con tierra es un punto potencialmente negativo, pero la ausencia de otros impactos sobre la calidad de aire es positiva.

IA4: Materiales de bajas emisiones

Con materiales de bajas emisiones de COV, Compuestos Orgánicos Volátiles, se puede alcanzar hasta 4 créditos. Si bien la construcción con tierra no emite COV, el sistema de puntaje no pondera esta cualidad, ya los créditos están solamente orientados a pinturas, selladores y adhesivos, sistemas de alfombras y madera aglomerada y otros paneles compuestos de fibras orgánicas y resinas.

En este contexto, la construcción con tierra debe evitar el uso de terminaciones con pinturas sintéticas impermeables, contribuyendo así a 1 crédito, pero es necesario asegurar que todas las pinturas utilizadas en la obra, no solamente las terminaciones de muros de tierra, son de bajas emisiones.

INNOVACIÓN EN DISEÑO

El sistema de calificación permite proponer otros créditos que tienen beneficios equivalentes a los créditos definidos en la Certificación LEED. Esta opción abre la puerta para proponer 1 crédito por el uso de muros de tierra, con un impacto ambiental menor a las alternativas convencionales. Sin embargo, los créditos de ‘innovación’ son de mayor riesgo de acreditación, justamente por no contar con una definición de las condiciones dentro del sistema, y la interpretación de la innovación que se propone está sujeta al criterio de los evaluadores de LEED.

VALORACION DE CREDITOS

La construcción con tierra tiene bajo impacto ambiental, particularmente debido a la sencillez de su empleo, obviando procesos industriales con gran demanda de energía y dependencia en el transporte a través de grandes distancias. A ello se suma la generación y promoción de empleo local. Sin embargo, con este análisis basado en los criterios de LEED, el uso de la construcción con tierra puede aportar a entre 2 a 5 créditos directos, y aportar indirecta y parcialmente a unos 2 a 5 créditos más.

De este modo, la construcción con tierra puede contribuir hasta 10 créditos, pero la certificación requiere un mínimo de 40 créditos. Así, en los casos más favorables, la construcción con tierra puede aportar hasta un 25 % de los créditos. Para certificar, es necesario complementar esta alternativa con otros recursos para bajar los impactos ambientales y lograr alta calidad ecológica. Para obtener 1 crédito, es necesario presentar la evidencia de cumplimiento de las exigencias especificadas para cada uno de ellos. En el caso de re-uso o reciclaje de materiales, se debe presentar una estimación del valor o el peso de todos los materiales de la obra gruesa además del valor de la construcción con tierra.

Para documentar materiales regionales, se requiere la documentación del origen del material contando con distancias de transporte desde la extracción de materia prima hasta la entrega en obra, a través de los procesos de producción o fabricación. La cantidad de material que cumple con los requisitos de una distancia máxima de 800 km debe ser comparada con la cantidad de material total de la obra gruesa.

Este proceso tiene un costo importante en la gestión de obras sustentables, debiéndose presentar la evidencia a través de Internet a los evaluadores de LEED, quienes analizan la evidencia cuidadosamente antes de aprobar cada crédito.

Otro factor evidente de este análisis es la necesidad de implementar buenas prácticas de gestión para lograr edificios más sustentables. Ellas incluyen los planes para evitar el arrastre de sedimentos en la obra hacia cursos de agua o desagües pluviales, las medidas para controlar el polvo levantado por el viento y el impacto de polvo sobre los obreros y operarios o que afecte la calidad de aire de los espacios interiores.

El sistema de Certificación LEED fue desarrollado para mejorar y calificar edificios en los Estados Unidos y sus exigencias están basadas en normas y prácticas de ese país, las que no son necesariamente aptas para evaluar otros tipos de construcción características y habituales en otros contextos.

Sin embargo, existen otros métodos de evaluación que se pueden utilizar para cuantificar los beneficios ambientales de las medidas de sustentabilidad que se adopten en un proyecto, algunos basados en la 'huella ecológica', otros en las emisiones de gases efecto invernadero o en la demanda de energía.

CONCLUSIONES

Este breve análisis demuestra la complejidad de evaluar e implementar sistemas de certificación de sustentabilidad edilicia. No es suficiente anunciar la sustentabilidad de un edificio, es necesario cuantificar las medidas adoptadas para lograrlo y presentar evidencias para demostrarlo. De esta forma, los sistemas de certificación ofrecen una manera rigurosa e independiente de comprobar la calidad de sustentabilidad de un proyecto. También se puede evaluar y comparar alternativas con otros criterios objetivos de comparación.

La sustentabilidad también requiere una aplicación sistemática y continua de buenas prácticas de diseño, gestión y control. En este marco, el desarrollo y práctica de la construcción con tierra aportan importantes beneficios potenciales que contribuyen positivamente a la sustentabilidad. Sin embargo, es relevante notar que la sustentabilidad no depende solo del uso de un material particular como tierra, también depende de cómo se utiliza este recurso natural en el contexto general de proyecto, ejecución de obra y operación a lo largo de su vida útil, evaluación de impacto ambiental, social y económico del recurso.

REFERENCIAS

Evans, J. M. (2004), *Construcción en tierra: aporte a la habitabilidad*, pp 12-17, Construcción con tierra, 1er Seminario – Taller, Proyecto Proterra /CYTED, Buenos Aires.

USGBC (2009), *LEED 2009 New construction and mayor renovations*, United States Green Building Council, Washington D. C.

SB (2000), Maastricht diseño....

de Schiller, S., Gomes, V., Goitberg, N., y Treviño, C. (2003). *Edificación Sustentable: consideraciones para la calificación del hábitat construido en el contexto regional latinoamericano*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7, No 1, Salta, ISSN 0329-5184.

SEDUV (2001) *Estándares mínimos de calidad para Viviendas de interés social*, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Buenos Aires.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo se inscribe en el marco del Proyecto de Investigación UBACYT A017 ‘Evaluación y certificación de edificios energéticamente eficientes’, Programación Científica 2008-2010, de la Secretaría de Investigaciones en Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires.

LABORATORIOS PARTICIPANTES DE LA RED PROTERRA

Juan Carlos Patrone

INTRODUCCIÓN

En función de la importancia creciente del saber científico sobre la construcción con tierra, surge este relevamiento de los laboratorios cuyos responsables o integrantes son miembros de la Red Protterra, a fin de contar con información cada vez más ordenada sobre sus actividades y equipamiento.

Como paso inicial, se estima importante contar con un listado de los mismos, considerando a éste como un hecho embrionario que crezca cuantitativa y cualitativamente para tener un elemento de consulta útil y rápido, donde tanto los investigadores como los hacedores puedan encontrar la orientación necesaria para ampliar conocimientos, evaluar alternativas y confirmar resultados que les permita continuar con el desarrollo de sus quehaceres, con el respaldo científico adecuado.

Por el momento este informe se propone tener un orden o principio de sistematización para el armado de un catálogo de laboratorios, según un ordenamiento alfabético, por país, institución de pertenencia del o los laboratorios, nombre del laboratorio y sus respectivos responsables, equipamiento que posee, investigaciones en curso y si brinda servicios a terceros.

1. Argentina

1.1. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Santa Fé.

Laboratorio de Ingeniería Civil

Jefe del Laboratorio: Ing. Hugo Félix Begliardo.

Equipamiento: Prensas para ensayos de compresión; dinamómetros mecánicos y electrónicos (celdas de cargas de 10 y 150 T); pórtico de cargas; equipo para la medición de transmitancia térmica de materiales (placa caliente con guarda). El Laboratorio ofrece: Docencia, Investigación y Servicios a Terceros.

Investigación: BTC (SIACOT 2006-TerraBrasil 2008). Actualmente se encuentra emprendiendo trabajos en suelo-cemento líquido. Ha participado de Interlaboratorial de Adobe PROTERRA 2007-2008, y realizan otros trabajos de investigación (hormigones, yeso reciclado, etc.) que guardan, en su mayoría, una impronta medio ambiental.

Contacto: *e-mail:* hugo.begliardo@frra.utn.edu.ar

1.2. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Santa Fé.

Laboratorio del Centro de Investigación y Tecnología para la Construcción y la Vivienda, CECOVI.

Responsable del sector correspondiente a Tecnología de Tierra: Ing. Ariel González.

Equipamiento: Para realizar ensayos de clasificación de suelo, plasticidad, ensayos químicos, a flexión, compresión, absorción, erosión y moldeos, contando con: prensas, pórtico de carga, balanzas, molino, cribas, estufas, accesorios, entre otros. También se realizan ensayos de normalizado de todo tipo de materiales de la construcción, ensayos para obtener certificado de aptitud técnica C.A.T., ensayos de estructura “in situ”, de monumentos históricos, de patologías estructurales, etc.

Investigación: El laboratorio, que cuenta con una trayectoria de 25 años y acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación O.A.A., es el laboratorio de la industria de la construcción (materiales y tecnología) referente en la región.

Contacto: e-mail: aagonzal@frsf.utn.edu.ar

1.3. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

LEME, Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras.

Responsable: Ing. Carlos E. Alderete.

Equipamiento: Para ensayos de adobe y BTC (resistencia a la compresión y absorción del agua), ensayos de caracterización de suelos (granulometría, límites de Atterberg y ensayos de compactación), contando además con equipos para realizar ensayos diversos de concreto, argamasas, estructuras de H° A°, acero y madera.

Investigación: El Laboratorio ofrece: docencia, investigación, ensayos de materiales y estructuras y servicios de asesoramiento a terceros.

Contacto: e-mail: calderete18@hotmail.com

1.4. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

CRIATIC, Centro Nacional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda

Responsable: Arq. Rafael F. Mellace.

Equipamiento: Para la realización de ensayos de clasificación de suelo, plasticidad, químicos, flexión, compresión, absorción y erosión, contando con: prensas, balanzas, molino, cribas, estufas y demás accesorios.

Investigación: Se desarrollan actividades de investigación, difusión y transferencia vinculadas a la producción de materiales, componentes y elementos constructivos basados en el uso intensivo de la tierra cruda. El laboratorio realiza formación de recursos humanos en la disciplina, mediante capacitación, actualización y perfeccionamiento de técnicos y profesionales, procura la sistematización y normalización de la construcción con tierra, y desarrolla diversos proyectos de investigación financiados por la Agencia Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (ANPCYT), el Consejo de Investigaciones de la UNT (CIUNT) y la Secretaría de Innovación Productiva de la Provincia de Tucumán (SIDETEC). Se ofrecen servicios a terceros.

Contacto: e-mail: rfmellace@arnet.com.ar

2. Brasil

2.1. CEPED, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Camaçari, Bahia

Laboratorio de Engenharia Civil

Jefe de Laboratorio: en fase de substitución.

Equipamiento: Para ensayos de caracterización de suelos (granulometría, límites de Atterberg, compactación) y ensayos de adobe y BTC (resistencia a la compresión y absorción del agua), además de equipos para ensayos diversos de concreto, argamasas y rocas ornamentales. Dispone de un pórtico de 1,5 m de altura.

Investigación: Desarrolla investigación en suelo-cemento desde 1976 hasta 1990, y realiza estudios de diferentes tipos de suelo y dosificaciones variadas con cemento. Desarrolló el sistema constructivo denominado 'paneles monolíticos de suelo-cemento'. Participo de Inter-laboratorial de Adobe PROTERRA 2007-2008. Se realizaron otros trabajos de investigación con materiales alternativos, principalmente fibras vegetales, para fabricación de tejas y paneles divisorios con utilización de fibras de celulosa con cemento. Publico diversas cartillas y manuales sobre suelo-cemento y construcción de tejas y lavabos de cemento y fibras vegetales. Hace principalmente servicios a terceros en áreas de concreto, argamasa, bloques cerámicos y rocas ornamentales (mármoles y granitos).

Contacto: <http://www.ceped.ba.gov.br/>

2.2. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais) - Salvador, Bahia, Brasil

Laboratorio de Tecnología de los Materiales

Jefe de Laboratorio: Adailton Gomes

Equipamiento: a confirmar...

Investigación: Realiza investigación en BTC con cemento y ensayos para su calificación y clasificación. Cumple las funciones de docencia, investigación y servicios a terceros.

Contacto: e-mail: adailtong@terra.com.br

2.3 UNIMEP - Universidad Metodista de Piracicaba - Campinas

LABSIS-laboratorio de sistemas constructivos

Responsable: Prof. Eduardo Salmar Nogueira e Taveira

Equipamiento: Compactador neumático, mezcladoras horizontales, hormigoneras, trituradora de cascotes, zarana eléctrica, otros equipos para ensayos de canteras, además de equipos para realizar los ensayos normalizados de suelo-cemento acordes con las Normas Brasileñas NBR.

Investigación: Realiza investigaciones sobre prensado manual y resistencias de BTC, extracción de pigmentos de suelos, estructuras de cúpulas, etc. Participa en el proyecto de investigación FAPESP 2007/2010: "fazendas paulistas" con participación de cinco Universidades de Estado. Brinda apoyo a proyectos de extensión: construcción de vivienda

popular en suelo-cemento monolítico y transferencia a comunidades para fabricación de BTC con prensas manuales.

Contacto: *e-mail: edsalmar@unimep.br*

2.4 UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - BRASIL

Laboratorio de Materiales de Construcción Civil

Jefe del Laboratorio: Sandra Regina Bertocini , Ana Paula da Silva Milani

Equipamiento: Prensas para ensayos de compresión; para ensayos de cargas y prensa hidráulica para fabricación de BTC.

Investigación: Desarrolla investigación sobre BTC, actualmente están emprendiendo investigaciones en suelo-cemento, aditivos químicos (DS328 - baba de cupim), suelo-cemento con residuos naturales, puzolanas, etc.
Asesoramientos en obras edificadas con BTC.

Contacto: *e-mail: bertocini@nin.ufms.br / anamilani@dec.ufms.br*

2.5 Centro de Tecnología de la Universidad Federal de Paraíba

LABEME - Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras

Responsable: Prof. Normando Perazzo Barbosa

Equipamiento: Prácticamente para todos los de ensayos de suelo, agregados, morteros, concretos y equipamientos para análisis micro estructural como: difratometro de rayos X, fluorescencia de rayos X, microscopio óptico, microscopio electrónico de barrido, etc.

Investigación: Muchas investigaciones con alumnos de pré-grado, maestría y doctorado. Específicamente con la problemática de la construcción con tierra, el Laboratorio da apoyo a construcciones comunitarias con BTC. Brinda servicios a terceros, principalmente en el campo de la Ingeniería Civil.

Contacto: *e-mail: nperazzob@yahoo.com.br*

3. Guatemala:

3.1 CII/USAC - Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería/Universidad de San Carlos de Guatemala

ECOMAT – Laboratorio de Ecomateriales

Responsable del laboratorio: Ing. Francisco Javier Quiñónez

Equipamiento: Cuenta con equipo de laboratorio, para ensayos de ingeniería de materiales, estructuras, microbiología sanitaria y química industrial. Destaca el equipamiento de los laboratorios de Materiales (Agregados y Concretos, Productos Manufacturados, Aglomerantes y Morteros, Mecánica de Suelos, Tecnología de Materiales, Ecomateriales), Química y Microbiología Sanitaria y Química Industrial.

Investigación: Mejoramiento de vivienda y participación comunitaria en el control de la reinfestación de *Triatoma dimidiata* en Jutiapa, Guatemala, realizado conjuntamente con el Laboratorio de Entomología Aplicada de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la misma Universidad, con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá y con participación del ministerio de Salud Pública de Guatemala, los habitantes de las aldeas La Brea y El Tule, de Quezada, Departamento de Jutiapa, Guatemala. El Centro de Investigaciones tiene Convenios formales firmados con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MCIV) del Gobierno Central; con la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), dependencia de la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala y presta servicios de laboratorio, análisis, asesoría y consultoría en diferentes campos de la ingeniería. El laboratorio de Ecomateriales tiene entre sus funciones: rescatar el conocimiento de la tecnología vernácula, validarlo y difundirlo entre la sociedad guatemalteca, dentro de la cual se encuentra "La Construcción con Tierra" y aprovecha el equipamiento y la infraestructura de los demás laboratorios.

Contacto: e-mail: javierquinonez@yahoo.es

4. México:

4.1 FADU – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Tampico, Tamaulipas

Laboratorio de control de calidad de materiales de construcción.

Responsable:

Equipamiento: Tres prensas hidráulicas para prueba de compresión simple, prensa universal, equipo mecánico para prueba Proctor, equipo para análisis de suelo, consolidómetro, equipo de cortante y equipo de penetración estándar.

Investigación: Se han realizado las siguientes investigaciones: Estabilización de BTC con cemento Portland, determinación del porcentaje ideal. 1990. Utilización de fibra de coco en BTC 2000. Utilización fibras de polipropileno en BTC 2002. Determinación de la proporción correcta de mucilago de nopal y acíbar de sabila en BTC 2008. Utilización de triturado de llanta en sustitución de la fracción arida en BTC. 2008.

Contacto: e-mail: roux@uat.edu.mx

5. Perú:

5.1 Pontificia universidad Católica del Perú

Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

Responsable: Ing. Gladys Villa García

Equipamiento: El equipo existente consta de una mesa vibratoria unidireccional para ensayos a escala natural de hasta 16 ton. de peso total de espécimen. Actuadores dinámicos, estáticos, prensa, losa de reacción, etc.

Investigación: Se realizan permanentemente proyectos de investigación en construcciones de tierra. El más importante de la actualidad, con alrededor de tres años de duración es el de " Reparación de fisuras en muros históricos de adobe en áreas sísmicas". Se brinda permanentemente servicios a terceros, a instituciones públicas y privadas, en una extensa

gama de ensayos para conocer las características mecánicas del material y la resistencia y deformabilidad de elementos de mampostería de tierra y otros materiales de construcción.

Contacto: *e-mail: gvillag@pucp.edu.pe*

6. Portugal:

6.1 Universidade de Aveiro

Laboratorio de Energía Civil

Responsable del sector correspondiente a Tecnología de Tierra: Ing. Civil Humberto Varum

Equipamiento: Pared de reacción con 4m de altura; piso de reacción; varios marcos de reacción; actuadores mecánicos; células de carga; sistema de control de pruebas cíclicas sobre elementos estructurales; transductores de desplazamiento; maquina de ensayos de compresión; maquina de producción de BTC; moldes; etc.).

Investigación: En curso: caracterización mecánica de bloques de adobe; caracterización del comportamiento cíclico de paredes de adobe; refuerzo sísmico de construcciones de adobe; caracterización de las construcciones existentes en adobe en la región de Aveiro; caracterización del comportamiento térmico del adobe; producción de BTC con incorporación de residuos de construcciones e industriales. Servicios a terceros: evaluación del estado de patología de las construcciones; pruebas de carga en obras existentes; caracterización mecánica de elementos estructurales; soluciones de refuerzo de construcciones; vulnerabilidad y refuerzo sísmico de las construcciones.

Contacto: *e-mail: hvarum@ua.pt*



ARQUITECTURA Y SUSTENTABILIDAD: INVESTIGACIÓN, EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES

Silvia de Schiller

La creciente preocupación por los impactos ambientales de las actividades del hombre, como el cambio climático, la polución ambiental y el agotamiento de los recursos no renovables, requiere de la implementación de nuevas iniciativas para lograr un hábitat construido más sustentable. El potencial de investigar, experimentar, evaluar y demostrar a través del diseño y la construcción de ‘proyectos demostrativos’ en distintas escalas e intervenciones, en contextos normativos así como en ámbitos formativos de capacitación y participación comunitaria, ofrece oportunidades valiosas en los procesos de producción y difusión educativa para transferir experiencias y prácticas de instrumentación que permitan lograr sustancial reducción de los impactos ambientales del hábitat construido y, simultáneamente, contribuir a la promoción de mejoras en la calidad de vida.

En ese marco, cabe a los ámbitos formativos identificar acciones para facilitar esa transformación a través de la producción de nuevos conocimientos, desarrollo de conceptos innovadores y transferencia de técnicas especializadas, tanto a la práctica profesional como a la sociedad del medio local y regional, donde la producción edilicia es responsable de proporciones significativas de las emisiones de gases efecto invernadero y de la demanda total de energía. La elevada demanda de agua y los desperdicios de la construcción son otras consecuencias del desarrollo del sector de la construcción.

En el campo de la sustentabilidad del hábitat construido, la arquitectura, el urbanismo, el paisajismo, en todas las escalas de diseño, pueden promover prácticas más sustentables de producción y orientar nuevos procedimientos en cada etapa de proyecto. La investigación aplicada, la experimentación y la evaluación de procedimientos, realizados para capacitar a futuros profesionales e investigadores así como a comunidades, son instrumentos valiosos y necesarios para implementar en un medio social, económico y ambientalmente vulnerable y ávido a la vez de nuevas expectativas hacia un futuro más sustentable, más equitativo, más predecible y más factible.

En ese contexto, interesa poner en práctica proyectos con énfasis social, su relación con los nuevos sistemas de calificación de Edificación Sustentable, y su evaluación en el desarrollo de proyectos demostrativos: un desafío para los ámbitos normativos y formativos en el marco del desarrollo sustentable.

PUBLICACIÓN DIGITAL

Construcción con Tierra

ISSN 1669-8932

Construcción con Tierra

Es una publicación periódica conjunta del Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE, y del Instituto de Arte Americano Arq. Mario Buschiazzi, IAA, de la Secretaría de Investigaciones, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, SI-FADU-UBA, iniciada en 2004.

Editor Responsable:

Centro de Investigación Hábitat y Energía, SI-FADU-UBA
Ciudad Universitaria, Pabellón 3, piso 4,
C1428BFA Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
Tel. (+ 54 11) 4789-6274 E-mail: cihe@fadu.uba.ar

Comité Editorial:

Arq. Rodolfo Rotondaro, Dra. Arq. Silvia de Schiller, Arq. Juan Carlos Patrone, Dr. Arq. John Martin Evans.

Construcción con Tierra

Tiene por **objetivo** reunir artículos originales sobre proyectos realizados en construcción con tierra, resultados y avances de investigaciones, laboratorios dedicados a la construcción con tierra, cursos de capacitación y talleres de experimentación, agrupados en las siguientes secciones:

- Arquitectura con Tierra
- Desarrollo Tecnológico
- Transferencia
- Evaluación y Normativas

INVITACIÓN A PRESENTAR TRABAJOS

Los editores invitan a profesionales, investigadores y académicos a presentar trabajos originales para próximos números de 'Construcción con Tierra'. Los trabajos presentados a consideración del Comité Editorial deben responder a la temática de la publicación, con el siguiente formato: La publicación incluye notas, información general, noticias y nuevas publicaciones.

FORMATO

- Tamaño de hoja: A4 – IRAM/ISO A4 (ancho 21 cm, alto 29,7 cm).
- Número de páginas: **Trabajos:** 6 a 12 páginas, con fotos y gráficos, a simple faz, preferentemente en número par (6, 8, 10 o 12).
Notas: 1 a 4 páginas.
- Estructura sugerida: Introducción, contexto (ambiental, social, patrimonial), desarrollo (técnicas constructivas, transformación y adaptación, problemas y logros), conclusiones; reconocimientos y referencias.
- Archivo: Archivo **.doc** de Word para Windows, o **.rtf** (Rich Text Files) hasta 1,5 MB.
- Márgenes: Superior: 2,50 cm. Inferior: 2,50 cm. Izquierdo: 3,00 cm. Derecho: 2,50 cm
- Título del trabajo: Centrado, en mayúsculas y negrita, 12 pt.,
- Autor/es: Centrado, en minúsculas y negrita, 12 pt., sin títulos académicos o profesionales, a una línea en blanco del título.
- Resumen: 300 palabras max., sintetizando el contenido: contexto, objetivos y alcances del trabajo, metodología, desarrollo, resultados, transferencia y conclusiones, a dos líneas en blanco del autor.
- Palabras clave: 3 a 5 palabras o frases, que faciliten la identificación del tema, a una línea en blanco del Resumen.
- Títulos de secciones: Sin numerar, mayúsculas 12 pt. en negrita, justificados a la izquierda, con dos espacios arriba y uno abajo, incluyendo Resumen, Reconocimientos y Referencias.
- Texto: Times New Roman, 12 pt., con interlineado ‘sencillo’ y ‘espaciado’ anterior y posterior 0 pt. Párrafos sin sangría, justificados, con un espacio sencillo entre párrafos, evitando ‘notas a pie de página’.
- Imágenes: Archivos **.jpg** de hasta 300 dpi, insertados en el texto y en archivo aparte.
- Tablas: Numeración y título superior. Ubicadas cerca de la referencia en el texto.
- Figuras: Fotos, gráficos y planos con numeración y título inferior. Ubicadas cerca de la referencia en el texto. Indicar su origen si las mismas no fuesen del autor.
- Referencias: Las publicaciones citadas en el texto, por orden alfabético de autor, en 10 pt., con el siguiente formato:
Oliver, P. (1987), *Dwellings: the house across the world*, University of Texas Press, Austin.
- Envío:** Por correo electrónico (hasta 1,5 MB) al editor a cargo, con archivos de cada imagen y un CV breve del autor en 4-5 líneas, 12 pt.
Arq. Juan Carlos Patrone, e-mail: arqpa@yahoo.es
- Fechas:** Consultar la fecha límite de recepción de artículos para próximos números.
- Nota** Los autores son responsables de las opiniones y los contenidos de sus artículos, y de la autorización para reproducir figuras. El Comité Editorial se reserva el derecho de realizar ajustes para responder al formato y estilo de la publicación.

Centro de Investigación Hábitat y Energía
Instituto de Arte Americano
Julio de 2010.