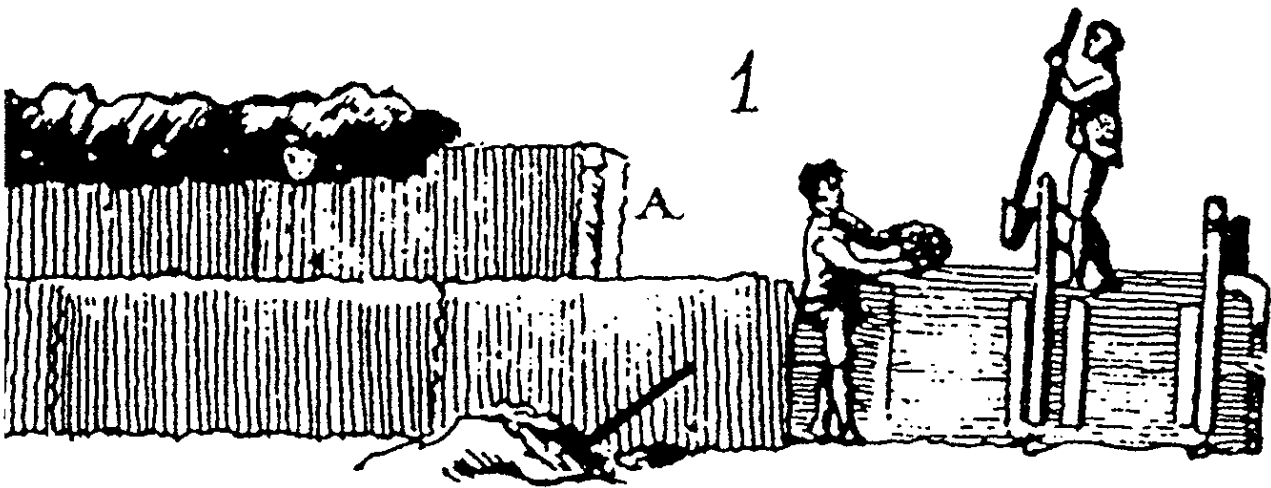

ACTAS DEL II SEMINARIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

18 Y 19 DE SEPTIEMBRE DE 2003



PROYECTO PROTERRA – CYTED
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TRADICIONAL (CIAT)

PRESENTACIÓN

CONFERENCIA INAUGURAL

1ª SESIÓN

2ª SESIÓN

3ª SESIÓN

4ª SESIÓN

II SEMINARIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

ORGANIZA

Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT)

Proyecto PROTERRA

Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo (CYTED)

PATROCINADORES

Ayuntamiento de Boceguillas (Segovia)

Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Éste – Demarcación de Segovia

Junta de Castilla y León

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Edición a cargo de
Luis Maldonado Ramos
David Rivera Gámez
Fernando Vela Cossío

Comité Científico del II SIACOT

Luis de Villanueva Domínguez
Luis Maldonado Ramos
Célia Maria Martins Neves
David Rivera Gámez
Julián Salas Serrano
Fernando Vela Cossío

Colaboradores

Yolanda Maestro Llorente
María Rosa Ventosa Merino
Javier Carabaño Rodríguez
Álvaro Gómez Castaño

Diseño y maquetación

Juan Ignacio Baeza Sainz

© de los autores

© de esta edición, Maireia Libros

Agradecimientos

Javier de Cardenas y Chávarri
Jaime de Hoz Onrubia
Santos García Álvarez
Guadalupe García Catalán
Juan Miguel Hernández de León
Esther López Pérez
Mery Medina de Toro
Esther Moreno Fernández
Manuel Recuero López
Alfredo Velasco Barrio

Maireia Libros

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Avda. Juan de Herrera 4. 28040 Madrid
Correo electrónico: info @ maireia-libros.com
Internet: www . maireia-libros . com

ISBN 84-933016-9-8

Madrid, abril de 2004

A principios del siglo XXI, el interés por la tierra como material de construcción se encuentra en un estadio suficientemente maduro y ha dado lugar a frutos palpables y relevantes tanto en el campo de las realizaciones prácticas como en el de la investigación científica. Podemos felicitarlos, además, al señalar que nunca anteriormente había existido un interés semejante por el estudio, la documentación y la catalogación del patrimonio tradicional construido con tierra.

Sin embargo, la arquitectura de tierra sigue ocupando un lugar notablemente marginal en el panorama general de la construcción en Europa, y sólo ha experimentado un crecimiento y una modernización significativas en las antiguas colonias de poblamiento europeo como Estados Unidos o Australia, cuya relación con la industrialización y cuyo concepto del progreso resultan quizá menos restrictivos que los aplicados históricamente por la propia Europa en su ámbito. Mientras, en Iberoamérica, Asia o África, la construcción tradicional con tierra se mantiene como un sustituto no deseado de la construcción convencional “a la europea”, e integra una gran masa de realizaciones de contenido fundamentalmente social que actúan de barrera precaria contra lo que Julián Salas denomina “el hambre de vivienda”.

Teniendo todo esto en contra, no puede sino sorprendernos la disparidad existente entre la situación dominante a lo largo del siglo XX — en el sentido de una progresiva desaparición de la construcción con tierra en Europa y después en el mundo — y el panorama de resurgimiento y renovado interés, aún disperso pero cada vez más sólido, que encontramos en el momento actual.

El II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra (II SIACOT), celebrado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid los días 18 y 19 de septiembre de 2003, justo a continuación de la II Asamblea del Proyecto Proterra celebrada los tres días anteriores en el Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional de Boceguillas (Segovia), pretendía recuperar los cabos sueltos que aparecen en la situación actual de la construcción con tierra, y aunque su enfoque fundamental dependía de los criterios derivados de la situación existente en Ibero América (incluyendo España y Portugal), los organizadores del mismo no quisimos renunciar a la posibilidad de un encuentro más amplio entre América y Europa y optamos por contar también con representantes caracterizados de los centros fundamentales europeos dedicados hoy en día a la investigación y el trabajo práctico con la tierra como material de construcción. El profesor Gernot Minke acudió al SIACOT como representante del Forschungslabor für Experimentelles Bauen de la Universidad de Kassel; el profesor Hubert Guillaud acudió en carácter de Director Científico del Laboratorio CRATerre, de la Escuela de Arquitectura de Grenoble; y el profesor Peter Steingass representó a la organización KirchBauhof, que organiza los congresos sobre arquitectura de tierra (Lehm) de Berlín.

De esta manera, al menos Francia, Alemania, Portugal y España (los representantes italianos e ingleses no pudieron finalmente acudir) quedaban vinculadas a este debate junto a los ponentes y conferenciantes iberoamericanos del Proyecto Proterra que representaban a su vez a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

El seminario se estructuró en cuatro grandes sesiones cuyos temas emanaban directamente de las preocupaciones y modalidades actuales tal y como se han ido definiendo a partir de la propia realidad: **la vivienda social, los aspectos técnico-constructivos y de innovación tecnológica, los aspectos de diseño y proyecto, y los problemas de la restauración y documentación del patrimonio construido con tierra.**

La presente publicación se estructura precisamente a partir de estos temas esenciales. La vivienda social se halla circunscrita a los países iberoamericanos, dado que en Europa ni siquiera existe normativa para la construcción con tierra, y ha sido objeto de una serie de aciertos y experimentaciones de las que se pudo dar buena cuenta a lo largo de la sesión correspondiente. El énfasis de los ponentes, como el lector podrá comprobar, se puso en la revalorización del material como tal, no sólo en calidad de pobre sustituto de la llamada “piedra europea”.

Sin duda los problemas de la construcción anti-sísmica (tan desgraciadamente actuales unos meses después del seminario, cuando la ciudad monumental de Bam, en Irán, ha sufrido un golpe irreparable, tanto en el aspecto arquitectónico como en el propiamente humano) forman parte esencial de la viabilidad de la vivienda social de tierra en muchos países iberoamericanos, y fueron objeto de tratamiento apropiado en el apartado técnico-constructivo (que fue con diferencia el más nutrido de los cuatro). En este mismo apartado entraron consideraciones económicas, físicas, geográficas e incluso climáticas, y se pudo comprobar la vitalidad actual de la investigación en torno a este campo tan amplio.

Los aspectos de diseño y proyecto, que incluyen también lo referente a la enseñanza y la transmisión de los nuevos conocimientos, suponen un elemento clave en la modernización y futura regularización de la arquitectura de tierra, que no deberá quedar restringida a los parámetros de la vivienda social. Los arquitectos “alternativos” europeos tuvieron mucho que decir en este campo en concreto.

Finalmente, la sesión referente a la restauración y la documentación del patrimonio se configura como uno de los campos más prometedores en lo que respecta a la investigación y las nuevas aplicaciones de la tierra como material de construcción, ya que la creciente conciencia internacional en torno a la correcta conservación del patrimonio construido con tierra (ICOMOS, UNESCO), así como la existencia de precedentes importantes en intervenciones conocidas de todos, prefiguran un futuro próximo favorable al retorno de la tierra como material a estudiar y recuperar, incluso en lo que concierne a la resurrección de las técnicas tradicionales.

A lo largo del mes de septiembre de 2003, la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), el Proyecto Proterra del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y el Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) aunaron sus esfuerzos para conseguir plantear todas estas cuestiones y llamar la atención de gran número de profesionales y alumnos de España, Europa e Iberoamérica sobre la importancia de la construcción con tierra en el complejo mundo actual.

Deseamos agradecer la colaboración de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y de la Universidad Politécnica de Madrid, que han puesto a nuestra disposición todos los medios necesarios para que el Seminario pudiera celebrarse; al Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este, Demarcación de Segovia, por su patrocinio del evento, y finalmente, pero no en último lugar, al Ilmo. Ayuntamiento de Boceguillas (Segovia) y a su Corporación Municipal, sin cuya generosa aportación no hubiera sido posible realizar la asamblea en el CIAT.

Esperemos que los resultados del seminario operen a favor de esta nueva corriente y fomenten posteriores encuentros entre todas aquellas personas que desde diversas escalas y presupuestos trabajan hoy en día con la tierra.

Luis Maldonado Ramos, David Rivera Gámez y Fernando Vela Cossío
Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT)

**El Barro y su aplicación en la arquitectura actual,
- nuevas investigaciones, técnicas y proyectos**

Prof. Dr.-Ing. Gernot Minke, Universidad de Kassel, Alemania
Fax : 0049-561-5428, e-mail : minke@architektur.uni-kassel.de

Abstract

Earth as a building material is investigated since 26 years at the Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB) University of Kassel, Germany.

Within 15 research and development projects the physical and mechanical properties of different clayey soils were analysed and optimised, for instance to improve the water resistance and the thermal insulation, to reduce the shrinkage ratio and to increase the resistance against compression, bending and abrasion.

New technologies were developed; such as extrusion of earthen building elements, mechanized rammed earth technology, pumping and spraying techniques for lightweight earth and methods to construct wide span adobe domes without formwork. The paper depicts projects built with these techniques in Latin America and Germany. Furthermore it describes prototype structures of earthquake resistant houses built of earth in Guatemala, Mexico, Ecuador, Bolivia and Chile.

Keynote words: earth as a building material, earthquake resistant houses, adobe domes

Abstracto

En el Laboratorio de Investigación de Construcciones Experimentales de la Facultad de Arquitectura, Universidad de Kassel, Alemania, el material barro, la tierra cruda, está investigado hace 26 años.

En un proyecto de investigación las características físicas y mecánicas de diferentes tierras arcillosas fueron analizadas y optimizadas, por ejemplo para mejorar la resistencia contra lluvia, para aumentar el efecto del aislamiento térmico, para reducir la contracción durante el secado y para aumentar la resistencia a la compresión, flexión y abrasión.

Nuevas técnicas para la aplicación del barro fueron desarrolladas, como la extrusión de elementos de barro, tapial mecanizado, barro aliviado bombeado y técnicas de construir bóvedas y cúpulas sin encofrados. Proyectos construidos en Latinoamérica y Alemania serán mostrados.

El reporte describe también los resultados de investigaciones sobre construcciones antisísmicas para viviendas de tierra y los prototipos construidos en Guatemala, Ecuador, Bolivia y Chile.

Palabras de clave : barro como material de construcción, viviendas antisísmicas de tierra, cúpulas de adobe



fig. 1



fig. 2



fig. 3



fig. 4

Hoy en día un tercio de la humanidad vive aún en viviendas de tierra cruda. Hay ejemplos muy importantes en tierra cruda, que están en la lista de proyectos de patrimonio mundial como la ciudad de Shibam en Yemen con alrededor de 500 edificios como rascacielos de hasta 9 pisos de altura, del siglo 16 (fig. 1), la mezquita de Djenné en Mali (fig. 2), el castillo de Bahla del siglo 17 en Omán, y el Taos Pueblo en Nuevo México fundado en el siglo 14 (fig.3).

Hay otros edificios importantes como las bóvedas de adobe en el templo de Ramses II en Egipto, que tienen mas de 3200 años de antigüedad (fig. 4), los condominios de los Hakkas en China, algunos de ellos tienen más de 300 años de antigüedad y la construcción más alta de adobe, de ladrillo crudo hecho a mano, la torre de la mezquita de Tarim en Yemen, que tiene una altura de 38 m (fig. 5). La resistencia a compresión en la base del torre es 2.5 veces mayor que su peso. Es decir el factor de seguridad todavía es 2.5.

También hay ejemplos imponentes de la arquitectura moderna construidos en tierra como el instituto panafricano en Ouagadougou, Burkina Faso, África, que ganó el premio de Aga-Khan de arquitectura en 1992 (fig. 6) y el Koralbyn hotel en Australia construido en tierra apisonada (fig. 7). Fig. 8 muestra una vivienda de bóvedas de adobe en La Paz, Bolivia y fig. 9 una vivienda de tierra apisonada de los Estados Unidos. Se puede ver que la arquitectura de tierra no tiene un estilo propio, el material de construcción no define la apariencia.

En mi Laboratorio de Investigación de Construcciones Experimentales en la Universidad de Kassel, Alemania, hacemos investigaciones con el material barro hace 26 años. Hasta ahora hicimos 15 proyectos de investigación financiados por instituciones nacionales e internacionales.

Hicimos miles de pruebas con diferentes mezclas de tierras arcillosas y diferentes agregados para estudiar

y optimizar sus características físicas y mecánicas. Por ejemplo la resistencia a la lluvia, que es un problema muy grave, porque la tierra tienen muy poca resistencia al agua corriente. Construimos una maquina para simular una lluvia muy fuerte, y estudiamos la influencia de diferentes agregados.

Utilicé en mi casa algunos de los resultados de esta investigación, para dos lavamanos de barro, que son utilizados cada día y no muestran erosión. En un caso utilizamos aceite de linaza (fig. 10) en el otro cal y caseína (fig. 11) para hacer impermeable el barro crudo.

Debido a que muchos revoques de barro tienen una baja resistencia a la abrasión, construimos un aparato para probar su resistencia a la abrasión. También desarrollamos un aparato para comprobar la resistencia a los impactos en las esquinas de los adobes. En 1988 descubrimos que la tierra arcillosa absorbe y desorbe



fig. 5



fig. 6



fig. 8



fig. 7



fig. 9



fig. 10



fig. 11

la humedad del aire más que todos los otros materiales masivos de construcción. Si la humedad relativa del aire sube de 50 a 80 % una capa de tierra arcillosa de 15 mm absorbe casi 300 g de agua por metro cuadrado mientras que un ladrillo cocido del mismo espesor solo de 6 hasta 30 g/por metro cuadrado, es decir solo 2 hasta 10 %, ver fig. 12.

Uno de los últimos resultados de nuestras investigaciones demostró que el barro puede absorber rayos electromagnéticos de alta frecuencia más que otros materiales masivos, ver fig.13.

Hay muchas investigaciones que demuestran , que los rayos de los teléfonos celulares y los teléfonos inalámbricos tipo DECT son peligrosos para la salud del hombre. Hicimos pruebas que fueron investigadas en el laboratorio de la Universidad de Munich que demuestran por ejemplo que un muro de 24 cm de ladrillos crudos absorbe más de 99,6 % de los rayos de 2 Gigahertz, mientras un muro de 16 cm de hormigón armado solo absorbe 80 % de los rayos de 2 GHz. Una bóveda de adobe de 24 cm con un techo verde con 16 cm de tierra absorbe 99,999 %, que es casi 100%. El standard de la Baubiologie reclama, que la intensidad de los rayos electromagnéticos de alta frecuencia no debe ser mas de 10 Mikrowatt por metro cuadrado ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) con rayos palpitados (como del celular y del teléfono sin cable). El celular ya funciona con una intensidad de $0,001 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Mientras en un edificio en Alemania abajo del techo en una distancia de 20 m del emisor fue medido mas de $10.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Estos son 10 000 000 veces mas que necesita el celular. Por eso para mi una absorción de 90 % es no aceptable. Normalmente recomiendo 99,9 % absorción. Pero siempre hay que medir la intensidad del e-smog en el lugar, y después se puede diseñar las medidas para obtener una absorción que garantiza no más de $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

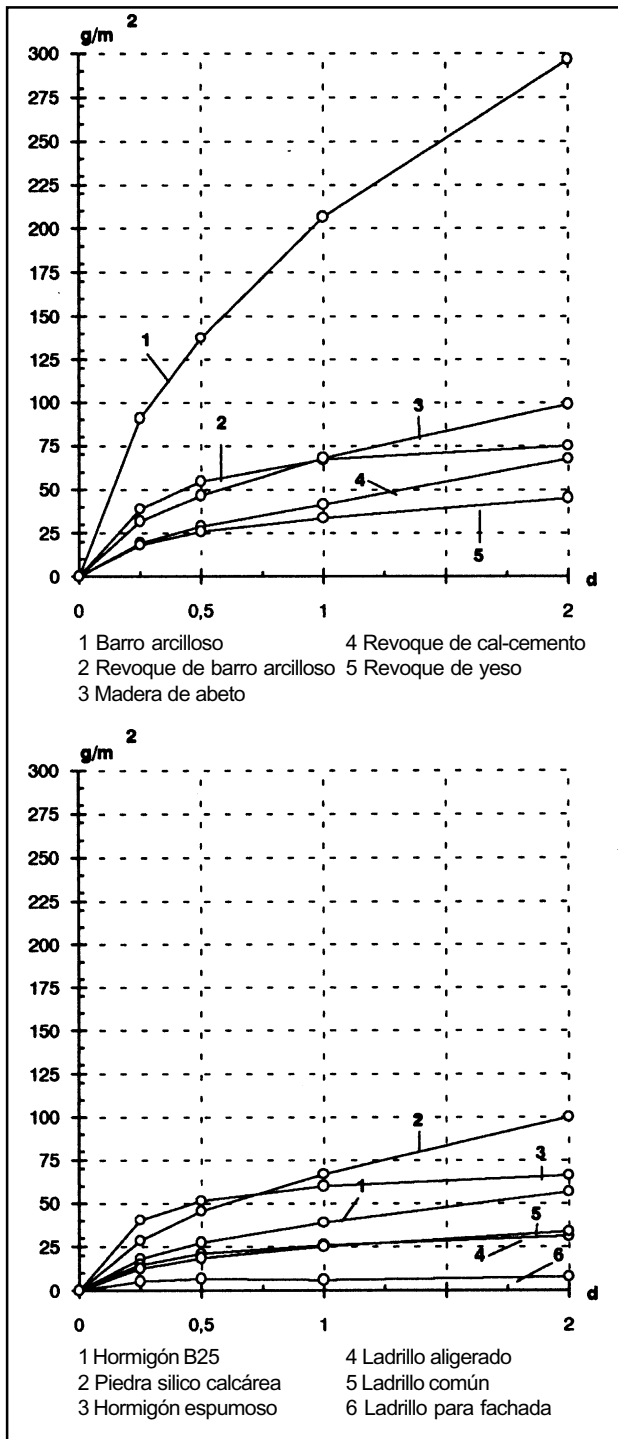


fig. 12

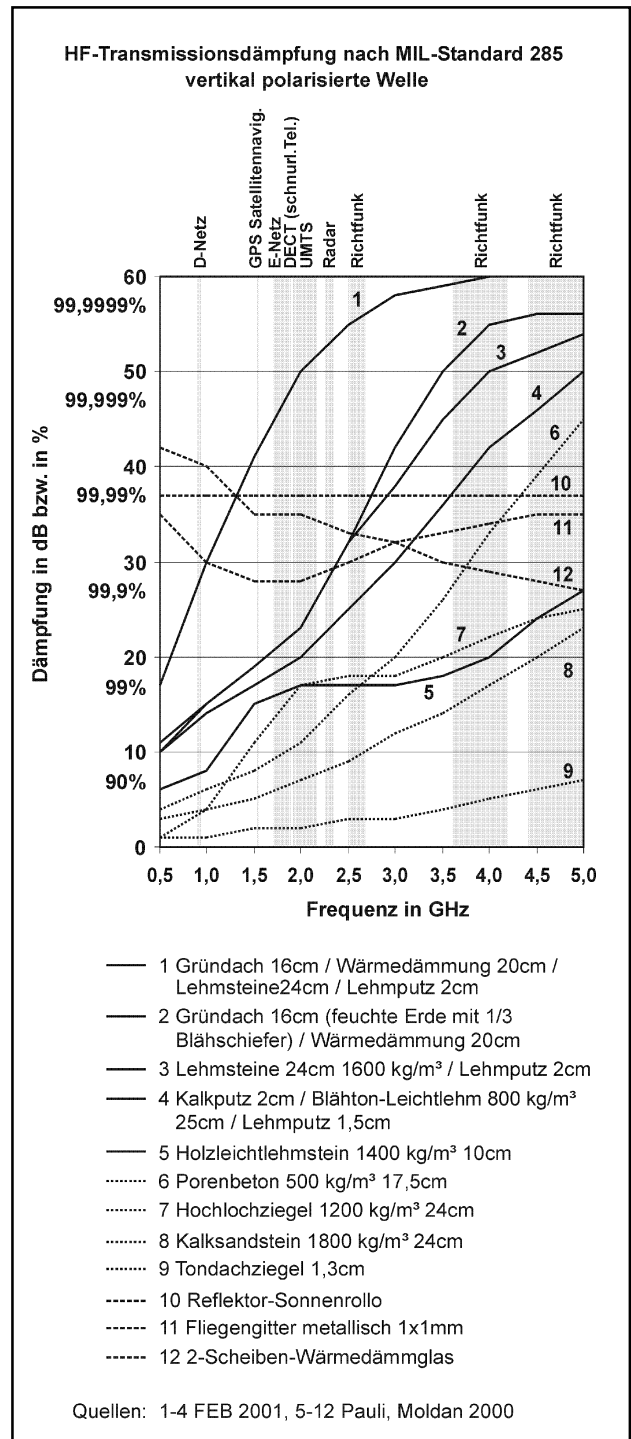


fig. 13



fig. 14



fig. 15



fig. 16

En mi laboratorio optimizamos y desarrollamos también diferentes técnicas para construir con barro: En un proyecto de investigación sobre viviendas antisísmicas de tierra estudiamos las diferentes posibilidades para construir viviendas antisísmicas de tierra. Construimos una vivienda prototipo en Guatemala en 1978, ver fig. 14 hasta 17, donde los muros fueron construidos con elementos de tapial reforzados con bambú en forma de T, con uniones, que pueden abrirse durante el sismo, sin que los elementos caigan, porque están sujetos arriba a una viga cadena y abajo de otra embarcada en el zócalo (sobre-cimiento). Publicamos un manual en Español y en Inglés donde las diferentes posibilidades y técnicas están descritas (1). Por ejemplo la estabilización con elementos de tapial que son estables por su forma, ver fig. 18. En Chile construimos una vivienda utilizando esta técnica combinada con un reforzamiento con coligüé (una planta local, similar de bambú), ver fig. 19,20. En Ecuador construimos una vivienda mínima con elementos de tierra apisonada en forma de U. En este proyecto mezclamos la tierra arcillosa del lugar con piedra pómez para mejorar el aislamiento térmico.

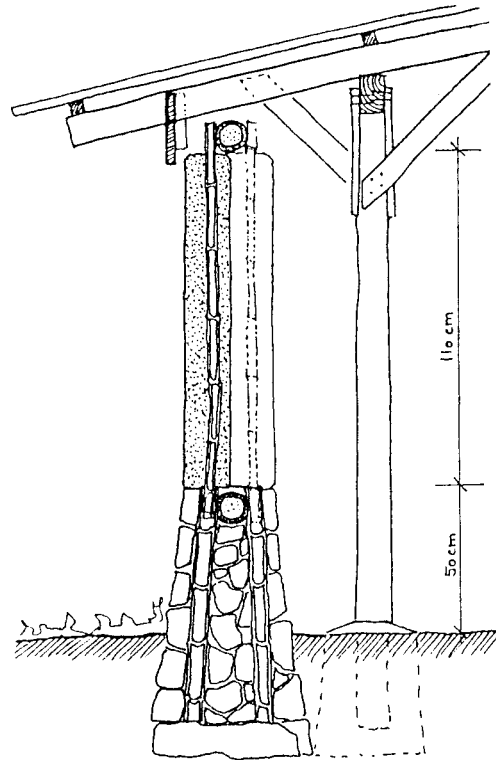


fig. 17

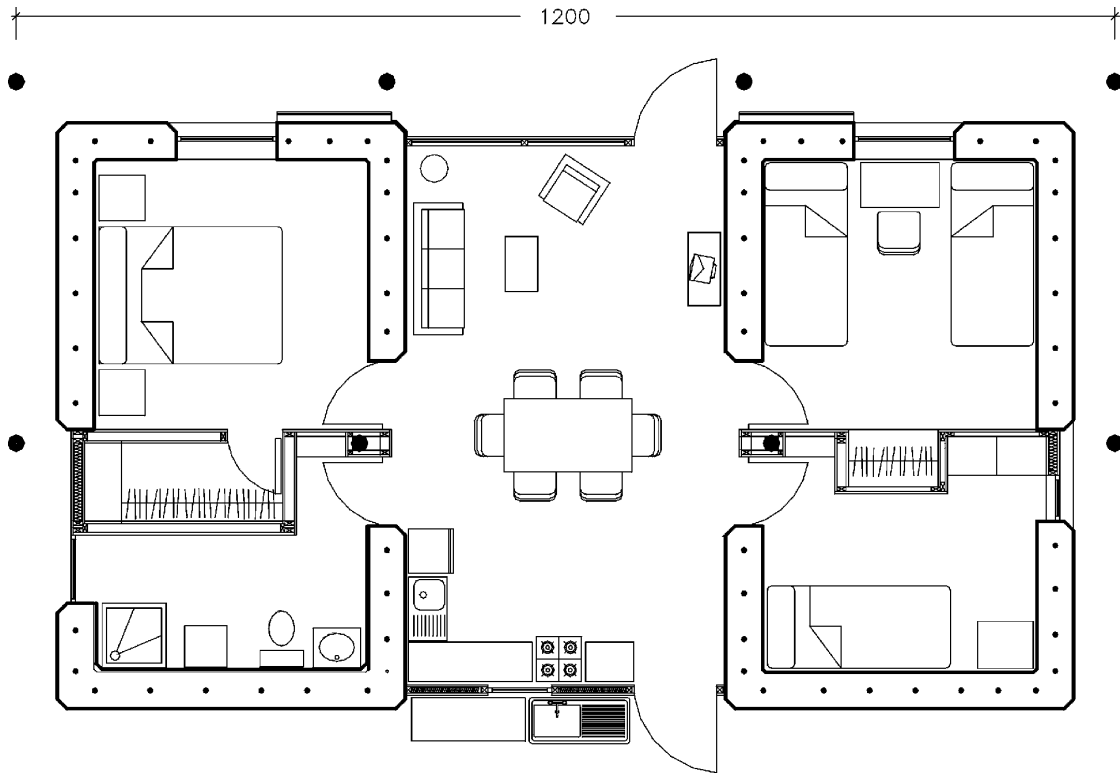


fig. 19

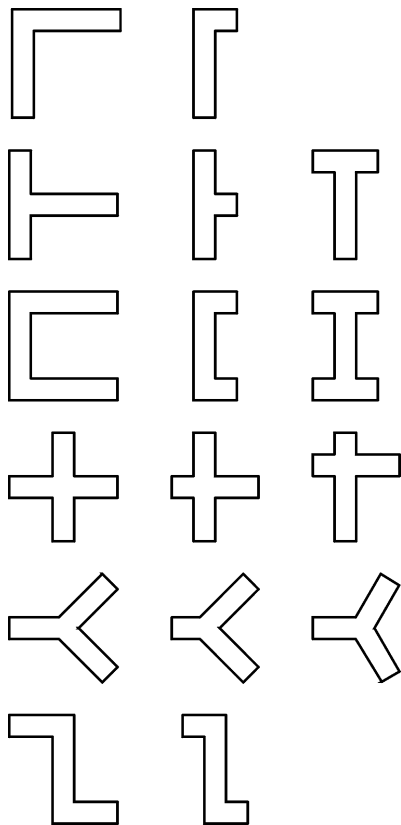


fig. 18

En los 3 proyectos siempre el techo descansa sobre columnas aisladas de los muros. Esta es una medida muy importante para la sismo resistencia porque el techo y los muros tienen una frecuencia de movimiento diferente cuando hay choques horizontales durante el sismo, y así pueden moverse independiente. En México utilizamos la técnica de bahareque para construir una vivienda antisísmica para eco turismo en la región de los Indios Huicholes.



fig. 20



fig. 21

Otra técnica que desarrollamos es la del barro extruído. Los elementos se colocan en estado plástico, sin mortero, formando paredes, y también objetos (fig. 21, 22).

También desarrollamos una técnica para bombear barro alivianado, que es tierra arcillosa con agregados livianos como arcilla expandida , piedra pómez o vermiculite, para construir muros de barro con un mejor aislamiento térmico.



fig. 22

Las técnicas tradicionales para construir bóvedas y cúpulas de adobe sin cimbra, o encofrado son conocidas hace mucho tiempo. Las bóvedas construidas con la técnica Núbica de Egipto, en el templo de Ramses II tienen una antigüedad de mas de 3200 años y aún se mantienen así (fig. 4). Optimizamos esta técnica tradicional utilizando adobes cónicos para ahorrar mezcla en las uniones y utilizando hilos para obtener la



fig. 23



fig. 24

curva optima, que es una catenaria invertida.

Para construir cúpulas grandes con adobe sin cimbra, sin encofrado, desarrollamos una guía rotatoria (fig. 25). Y para minimizar el espesor de la cúpula optimizamos la curva de la sección con un programa de computadora. Esta sección optimizada garantiza que la cúpula no tenga fuerzas de anillo, ni a tracción ni a compresión. Las fuerzas son transferidas verticalmente hacia abajo y por eso es fácil construir aberturas como ventanas y puertas en la cúpula, sin provocar problemas estructurales.

En mi casa construida hace 10 años todos las habitaciones principales están cubiertas con cúpulas de adobe utilizando la guía rotatoria mencionada antes, ver fig. 23, 24.

En La Paz, Bolivia, construimos una cúpula con un diámetro de 8,80 m y una altura de 6 m con adobes hechos a mano. Esta cúpula, que fue construida para el Goethe-Institut (centro cultural alemán), es utilizada como centro cultural para conciertos, exhibiciones y conferencias, ver fig. 26.

En el Waldorf Kindergarten en Sorsum, Alemania, que



fig. 25



fig. 26



fig. 27

es cubierto de un techo verde (fig. 27), la sala central, una sala multiuso es una cúpula de 10 m diámetro y 7 m de altura, construida con una guía rotatoria y ladrillos crudos especiales (fig. 28, 29). Por sus esquinas redondeadas hay una distribución del sonido, por la inclinación de los adobes hay una reflexión de los sonidos hacia arriba, evitando el efecto de reflexión al centro. Por los huecos y las uniones excavadas hay un efecto de absorción del sonido. El resultado es una acústica óptima para conciertos.

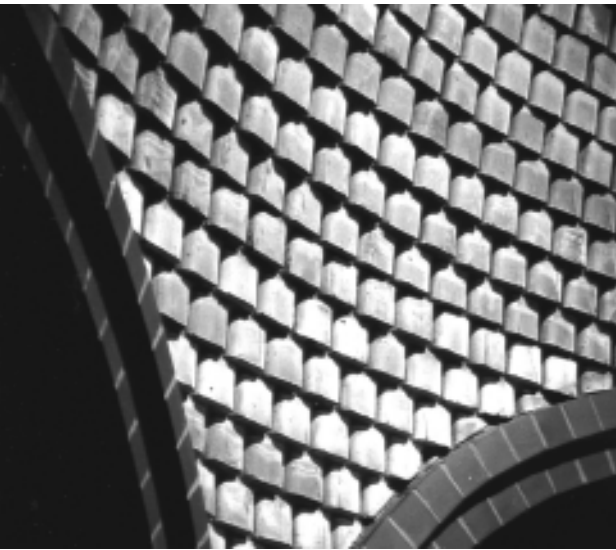


fig. 28

La cúpula más grande construida hasta ahora es la del Kindergarten en Oranienburg-Eden en Alemania, tiene un diámetro de 11 m.

Una nueva técnica que desarrollamos es la del barro empacado en mangueras de algodón (fig. 30). El barro se mezcla con agregados livianos como arcilla expandida o piedra pómez, y se bombea en las mangueras. Estos se colocan sin mortero en estado plástico. Cuando están frescas son flexibles y pueden ser colocadas de manera creativa, ver fig. 31, 32.



fig. 29

Más informaciones sobre las técnicas y proyectos mencionados se pueden ver en la literatura (2).

(1) Gernot Minke: Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Kassel 2001, 50 páginas. Se puede descargar de la dirección www.gtz.de/basin/publications/

(2) Gernot Minke: Manual de construcción en tierra, la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual, Editorial Nordan, Montevideo, Uruguay, 2001, 222 páginas



fig. 31



fig. 30



fig. 32

PRIMERA SESIÓN

LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA ACTUAL Y LA VIVIENDA SOCIAL

Célia Maria Martins Neves

A construção com terra em Ibero América e a vivenda social

Emilce Alfonso y otros

Vivienda económica con bloque CTA

Suely Benevides de Carvalho Brasileiro

Prohabit – um projeto piloto: uso de tecnologias apropriadas Tamandaré - Brasil

Alberto Calla García

La tierra, símbolo social y económico En la construcción de viviendas

Jean d’Aragon

A Terra e a Habitação Social como Ferramentas De *Empowerment* das Comunidades Locais – Uma Experiência em East London, na Africa Do Sul

Jean d’Aragon / Rosa Flores

La reconstrucción de comunidades a través del uso de la tierra

Rosario Etchebarne

Una alternativa a la ocupación: la arquitectura de tierra en el Uruguay de hoy

Wilza Gomes Reis Lopes / Akemi Ino

O emprego da terra crua em edificação de baixo custo. Adaptada ao clima do nordeste do Brasil

Rodolfo Rotondaro / Rafael F. Mellace / Augusto Pereyra / Alex Schicht

Tecnología de tierra para mejorar aspectos constructivos de la vivienda de interés social

PRESENTACIÓN

CONFERENCIA INAUGURAL

1ª SESIÓN

2ª SESIÓN

3ª SESIÓN

4ª SESIÓN

II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid 18 y 19 de septiembre de 2003

A CONSTRUÇÃO COM TERRA EM IBERO-AMÉRICA E A VIVENDA SOCIAL

Eng^a, M.Sc. Célia Maria Martins Neves

Coordenadora PROTERRA/HABYTED/CYTED
CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
Universidade do Estado da Bahia
Km 0 da BA 512 42800-000 Camaçari – BA
Tel: (5571) 6347300 Fax: (5571) 6322095
cneves@superig.com.br cneves@ceped.br

RESUMO

Ressalta o uso da terra como material de construção desde épocas remotas e comenta a expectativa do seu emprego para a produção de habitações, especialmente para atender a demanda nas faixas da população de baixa renda. Relata sumariamente alguns trabalhos desenvolvidos nos países ibero-americanos e cita pesquisas que contribuíram e que contribuem para o avanço da tecnologia, assim como as atividades desenvolvidas pela Rede Temática HABITERRA do Programa Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento - CYTED. Apresenta o projeto PROTERRA/HABYTED/ CYTED, seus objetivos e formas de atuação no sentido de estimular o uso da terra como material de construção em programas de vivendas de interesse social. Informa as diretrizes adotadas pelo PROTERRA para inovar e difundir a tecnologia de construção com terra e comenta sua coerência com os tempos atuais, dentro do contexto da modernidade e sustentabilidade. Conclui relacionando as algumas das atividades que atualmente são desenvolvidas nos países ibero-americanos no sentido de promover a terra como material de construção, tanto no âmbito acadêmico como no setor produtivo, público e privado.

LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN IBEROAMÉRICAY LA VIVIENDA SOCIAL

RESUMEN

Destaca el uso de la tierra como material de construcción desde épocas remotas y comenta la expectativa de su empleo para la producción de habitaciones, visando atender especialmente la demanda de los estratos de la población con escasos recursos. Relata en forma sucinta algunos trabajos desarrollados en los países iberoamericanos y cita investigaciones que han contribuido y que contribuyen para el avance de la tecnología, así como las actividades desarrolladas por la Red Temática HABITERRA del Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED. Presenta el proyecto PROTERRA/HABYTED/CYTED, sus objetivos y formas de actuación en el sentido de estimular el uso de la tierra como material de construcción en los programas de viviendas de interés social. Informa las directrices adoptadas por el PROTERRA para innovar y difundir la tecnología de la construcción con tierra y comenta suya coherencia con los tiempos actuales, dentro del contexto de la modernidad y sostenibilidad. Concluye relacionando algunas actividades que están siendo desarrolladas actualmente en los países iberoamericanos en el sentido de promover la tierra como material de construcción, tanto en el ámbito académico como en el sector produtivo, publico y privado.

EARTH CONSTRUCTION IN THE IBERIAN PENINSULA AND AMERICAS IN REGARDS TO SOCIAL HOUSING

SUMMARY

This paper highlights the use of earth as a building material from remote times and discusses the potential of its contemporary application in the production of dwellings to respond particularly to the housing demand of the lower social strata of the population. The paper briefly describes housing projects undertaken in the Iberian Peninsula and Latin America and refers to investigations which have contributed – and/or do contribute – to the advancement of the technology as for the activities developed by the Thematic Network HABITERRA part of the *Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo* (Science and Technology Program for Development) – CYTED. The paper presents the project PROTERRA/HABITED/CYTED, its objectives and methods to stimulate the utilization of earth as a building material in social housing programs. It explains the guidelines adopted by the PROTERRA to innovate and disseminate the earth construction technology and comments on the coherence of earth construction in present times, in the context of modernity and sustainability. The paper concludes in describing some activities that are presently carried out in Latin America in order to promote earth as a building material, in the academic sphere as much as in the public and private productive sectors.

Palavras-chave: construção com terra; vivenda de interesse social; acervo tecnológico.

Palabras clave: construcción con tierra; vivienda de interés social, acervo tecnológico.

Keywords: Earth construction, social housing, technological heritage.

INTRODUÇÃO

O uso da terra como material de construção remonta de épocas quando o homem sentiu a necessidade de construir seu abrigo ao invés de usar apenas aqueles oferecidos pela Natureza. No Antigo Testamento, muitos séculos antes de Cristo, encontram-se referências sobre a fabricação de adobes com os quais os egípcios levantaram provavelmente muito dos seus edifícios e monumentos (Êxodo 5, 18). Ainda no Egito, blocos de adobe foram usados pela primeira vez para construção de arcos e domos.

As técnicas de construção com terra têm mostrado sua versatilidade através dos séculos. Em todos os recantos do mundo, a construção com terra sempre esteve presente, passando pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender às necessidades do homem e de seu ambiente construído. Os antigos souberam como explorar as boas propriedades da terra e utilizá-la em belíssimas construções. O conhecimento e habilidade necessários para construir com terra foram transmitidos gradativamente para outras regiões.

Na Península Ibérica, a técnica de construção com terra, introduzida pelos romanos, foi enriquecida pelos árabes. Livros publicados em 1870 descrevem várias estruturas de terra para fortificações na área de Valencia, na Espanha, que haviam sido construídas há dois mil anos (Cytrin 1959:68).

Nas Américas, os métodos de construção com terra existiram desde épocas remotas, em forma totalmente independente. As ruínas comprovam que a construção com terra era praticada em grande escala nesta parte do mundo, especialmente no Peru, México e no sudoeste dos Estados Unidos, regiões mais favorecidas por suas características de clima quente e seco. Em Joya de Céren, El Salvador, foi encontrada uma edificação de taipa que fora coberta de cinzas vulcânicas em 600 DC (Viñuales 1994:25).

As técnicas nativas uniram-se às técnicas trazidas pelos colonizadores, portugueses e espanhóis, e pelos africanos, com numerosas combinações entre elas, adaptando-se e organizando as formas mais adequadas de construir.

No Brasil, onde as construções com terra constituem a grande maioria da nossa arquitetura colonial, o processo construtivo foi trazido seguramente pelos portugueses e africanos, uma vez que não se tem notícia que o índio tivesse empregado a terra como material de construção (Milanez 1958:16).

AVANÇOS DA TECNOLOGIA

As primeiras notícias sobre tentativas de formulação de uma tecnologia de construção com terra ocorreram no final do século XIX, quando também se iniciaram programas de investigação científica sobre o assunto. Já no século XX, a partir dos promissores resultados obtidos do comportamento de misturas compactadas de terra e cimento, desenvolveram-se também investigações sobre o uso do solo estabilizado com aglomerantes químicos para fabricação de tijolos e blocos comprimidos, denominados BTC.

Atualmente o uso da terra na construção pode ser distinguido em dois níveis: por um lado, a sobrevivência dos sistemas construtivos mais primitivos gerados pela carência em que vivem algumas populações; por outro lado, pelas investigações e incentivos de instituições de pesquisas para o uso de técnicas inovadoras coerentes, caracterizadas pela simplicidade, eficácia e baixo custo.

As contribuições para o avanço de tecnologia de construção com terra são inúmeras, vêm de todas as regiões do mundo, de profissionais de diversas áreas, estimulados, criativos e extremamente dedicados. Nos países ibero-americanos, principalmente no continente americano, existe um intenso e árduo trabalho desses especialistas na busca de aperfeiçoar e incentivar o uso da terra como material de construção (Neves 1995:51).

Na década de 50, por exemplo, o *Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento* da Colômbia realizou um interessante programa de investigação e construção com terra, desenvolvendo um modelo bastante simples de uma prensa manual para fabricação de blocos de solo-cimento, hoje muito conhecida pela denominação CINVA-RAM. Além de envolver também atividades de construção comunitária em programas de ajuda mútua, o CINVA publicou “Suelo- Cemento: su aplicación en la edificación” (Colômbia 1963), que é um clássico no assunto.

Já na década de 70, a *Pontificia Universidad Católica del Perú* iniciou um intenso trabalho de investigação sobre o comportamento das construções em adobe frente às solicitações provenientes de abalos sísmicos; desenvolveu técnicas construtivas adequadas, principalmente quanto aos reforços das paredes. Já em 1977, o *Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda* incorporava o uso do adobe na regulamentação de construções como parte das Normas de Projeto Sismo-Resistente; em 1985, o *Ministério de Vivienda y Construcción* aprovava e publicava a norma ADOBE, incorporando-a às Normas Técnicas de Edificações, cuja publicação (revisada em 2000) é referência por excelência para os especialistas que atuam nesta área (ININVI 1985).

Ainda no Peru, foi criado o *Centro de Apoyo Técnico* com objetivo de revalorizar as técnicas tradicionais de construção com terra, investigando e propondo melhorias construtivas, e assessorar às comunidades, principalmente da Zona Andina, quanto ao uso das técnicas na execução de seus edifícios. O *Centro* se

dedicou a inovar e implantar basicamente três técnicas construtivas: o adobe e a taipa, tradicionais na região, e o bloco de solo comprimido. As técnicas, evoluções e detalhes da implantação foram relatados na publicação “Seguir Construyendo con Tierra”(Centro 1984).

No Paraguai, o CTA – *Centro de Tecnologia Apropriada* desde sua criação, em 1981, dedica-se a investigações relativas à habitação popular. Implantou um interessante trabalho para melhoria das habitações na área rural, principalmente as de taipa de mão, visando eliminar o temível barbeiro (*vinchuca*) que habita as casas e cercanias, responsável pela transmissão do “mal de Chagas”. Diversas publicações sobre técnicas de construção com terra e melhoria de habitações foram elaboradas e distribuídas pelo CTA.

Uma importante contribuição vem do Equador com os estudos realizados pela *Pontificia Universidad Católica*, pela *Escuela Politecnica Nacional* e pela *Fundación Ecuatoriana del Habitat* abrangendo métodos de ensaios em laboratórios, recomendações para identificação de solos e processos de fabricação de adobe melhorado com asfalto, além da descrição de técnicas tradicionais da taipa de pilão e da taipa de mão. Um grupo de especialistas elaborou documentos que resumem idéias e métodos de construção com terra, apresentando também os resultados obtidos nos laboratórios, com objetivo de reunir as informações existentes e determinar um roteiro para elaboração de Normas em Terra.

O INTER-ACCIÓN – Amigos de la Arquitectura Autoctona y Tradiciones Populares – dirige suas investigações ao povoado abandonado de Navapalos, próximo a Burgo de Osma na província de Soria, Espanha, que procura resgatar as técnicas tradicionais da arquitetura rural espanhola, inclusive tecnologias de terra e autonomia energética. Contando com a contribuição de especialistas de vários países ibero-americanos, nas mais diversas áreas, está restaurando as construções existentes no povoado, com especial destaque à casa Pinariega, e promovendo cursos e encontros técnicos. Identifica-se hoje Navapalos como um centro de intercâmbio de tecnologias autóctonas relacionadas com o Habitat no seu mais amplo sentido.

No Brasil, os estudos de construção em terra são dirigidos especialmente ao uso do solo estabilizado. Com o apoio dos institutos de pesquisas, já se dispõe de um volume significativo de conhecimento sobre solo-cimento, solo-cal e solo-borra de carbureto (resíduo industrial resultante da produção do acetileno) e com treze normas técnicas publicadas relativas ao uso do solo-cimento. As técnicas empregadas constituem-se basicamente de tijolos e blocos comprimidos, em equipamentos manuais ou automáticos, e painéis, moldados no local. A publicação “Dez Alternativas Tecnológicas para Habitação” (1989), elaborada por diversos especialistas, reúne um número significativo de informações sobre os estudos realizados e técnicas aplicadas. Atualmente, constata-se um forte movimento para a utilização de entulho reciclado na fabricação de tijolos e blocos de solo estabilizado com cimento.

É um projeto internacional e multilateral de cooperação técnica que promove a transferência de tecnologia de construção com terra aos setores produtivos e às políticas sociais dos países ibero-americanos mediante as seguintes linhas de atuação:

- capacitação e transferência da tecnologia a distintos níveis;
- apoio técnico a projetos de pesquisa aplicada;
- intercâmbio de informações e experiências;
- serviços de assessoria e consultoria;
- informação e difusão da tecnologia de construção com terra;
- elaboração de normas e procedimentos de execução;
- publicações especializadas sobre o tema.

A primeira ação do projeto foi identificar e convidar profissionais envolvidos com o tema construção com terra a se integrarem ao PROTERRA, cuja estrutura é definida em função das diversas especialidades dos seus participantes. Suas atividades são desenvolvidas por estes especialistas, provenientes de universidades, centros de pesquisas e demais empresas dos países ibero-americanos, dedicados ao estudo e aplicação da terra como material de construção. O PROTERRA conta atualmente com mais de 50 membros procedentes de 15 países ibero-americanos com especialidade em estudo do material, desenvolvimento de sistemas construtivos, divulgação e transferência de tecnologia, planejamento e execução de habitação, recuperação e restauro de monumentos.

A transferência tecnológica é dirigida à capacitação de profissionais e técnicos e ao desenvolvimento do suporte tecnológico, principalmente no que se refere à elaboração de normas e procedimentos de execução. Além disso, busca desenvolver mapas que indiquem zonas de riscos naturais e sua incidência nas construções com terra. As ações, desenvolvidas por membros do PROTERRA e compatíveis com as necessidades de cada país, visam apoiar os setores públicos e privados e concretizam-se a partir de solicitações de organismos de países ibero-americanos interessados e envolvidos em programas de construção de vivendas de interesse social.

Em setembro de 2002, promoveu o I Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra e a Exposição Construção com Terra, realizado em Salvador, Bahia, Brasil. Após esta data, a Exposição foi apresentada em San Miguel de Tucumán, Argentina, em Montreal, Canadá, em João Pessoa, Brasil, em Assunção, Paraguai e, ainda este ano, deverá ocorrer em Montevideú, Uruguai, e em outras cidades brasileiras.

Ao preparar a Exposição, a intenção foi utilizar mais um instrumento de transferência de tecnologia para facilitar a divulgação do grande conhecimento em construção com terra disponível nas diversas regiões dos países ibero-americanos. Foi surpreendente comprovar como a diversidade e riqueza das técnicas

Não se pode deixar de registrar a contribuição dada pelos especialistas em restauro e preservação de monumentos; as observações e registros do antigo, principalmente aquelas construções que bem sobreviveram aos séculos, e as investigações realizadas visando sua restauração têm apontado soluções também eficazes para os sistemas atualmente empregados.

O CYTED E A CONSTRUÇÃO COM TERRA

Em 1991, o *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo* - CYTED, dentro do *Subprograma Tecnologia para Vivienda de Interes Social*, identificado como HABYTED, implantou a Rede Temática HABITERRA com o objetivo de sistematizar o uso da terra na produção de habitações de interesse social através da recopilación da tecnologia já existente, catalogação das técnicas construtivas, normalização, difusão dos conhecimentos e execução de projetos pilotos de construção em terra. A rede temática HABITERRA contribuiu significativamente no processo de inovação tecnológica, principalmente com a identificação de especialistas e de técnicas utilizadas nos países ibero-americanos, no intercâmbio destas informações através dos seus representantes e na divulgação da tecnologia. Em outubro de 1993, durante a III Reunião Plenária realizada em Havana, Cuba, foi inaugurada a ExpoHABITERRA, uma exposição itinerante que mostra obras em terra na ibero-américa, apresentada também na publicação “Habiterra. Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra” (1995); além disso, publicou “Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica” (Viñuales 1984) que apresenta técnicas construtivas consolidadas e em desenvolvimento, endereços de instituições, bibliografia e glossário sobre construção em terra, além de textos sobre recomendações para elaboração de normas técnicas de edificações com adobe, taipa, tijolos e blocos de solo-cimento (HABITERRA 1993).

Em 2001, foi criado o Projeto de Investigação PROTERRA, em continuidade às atividades da Rede HABITERRA. Amplia-se o número de especialistas envolvidos, agregam-se novas atividades e, principalmente, renovam-se esperanças e lutas para proporcionar, no contexto tecnológico, habitações mais dignas para uma população carente. Assim, o PROTERRA veio no sentido de divulgar e aplicar o conhecimento disponível sobre o uso da terra como mais uma alternativa para o enfrentamento do nosso grande déficit no que se refere à produção de habitação de interesse social.

O PROJETO PROTERRA

O Projeto de Investigação PROTERRA fundamenta-se na necessidade de promover a terra como material de construção que, por atender às exigências de qualidade, durabilidade e segurança estrutural, inclusive sísmica, é adequada para sua utilização na produção de habitações de interesse social em todos países ibero-americanos.

construtivas, as experiências e as investigações realizadas puderam ser tão bem representadas, graças à colaboração de todos os membros do Proterra.

No momento, está em fase de conclusão a biblioteca eletrônica PROTERRA com a editoração em CD de “Técnicas Mistas em Construção com Terra”, um livro composto de artigos de diversos especialistas em taipa de mão, *quincha*, *bahareque*, o “Catálogo da Exposição Construção com Terra”, os “anais do I SIACOT”, além das publicações HABITERRA e a edição revisada em versão digital, inédita, de “Arquitectura de Tierra em Iberoamérica”, entre outras. Estas publicações visam, além da difusão da tecnologia, fornecer fundamentos para elaboração de normas técnicas nos diversos países de modo a proporcionar a aplicação das técnicas de construção com terra.

Além de participar das jornadas de transferência tecnológica e capacitação, ainda este ano, o PROTERRA promove dois Projetos Demonstrativos: o Projeto *Villa Tecnológica YUGUARON*, no Departamento de Paraguari, em Paraguai, e o Projeto *Cooperativas de Viviendas GUYUNUSA*, no Departamento de Canelones, em Uruguai.

O Projeto Yuguaron trata da apresentação de diversas técnicas de construção para vivendas de interesse social, inclusive as que utilizam a terra como material de construção.

O Projeto Guyunusa trata do projeto e construção de 10 vivendas em regime de ajuda mútua. Utiliza adobe no primeiro piso, um entramado de madeira com enchimento de terra, denominado *fajina*, no segundo piso, e adobe e palha, no teto. A gestão do projeto é realizada por uma ONG e uma arquiteta, membro do Proterra, é encarregada de elaborar o projeto construtivo e de capacitar os cooperativistas e demais pessoal contratado. Este empreendimento é financiado pelo *Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente* e conta também com a participação da *Universidad de la Republica*, através do *Laboratório de Ensayo de Materiales de la Facultad de Arquitectura*.

Este Projeto Demonstrativo servirá de exemplo e prática de técnicas construtivas e, em dezembro de 2003, os estudantes e profissionais serão convidados a conhecê-lo através do *Seminario Sexto evento sobre ARQUITECTURAS EN TIERRA*, realizado conjuntamente com outros organismos promotores.

A CONSTRUÇÃO COM TERRA EM IBERO-AMÉRICA E O SÉCULO XXI

Em que pese todo o avanço tecnológico adquirido até o final do século XX, a humanidade enfrenta crises complexas, como a pobreza e os problemas do meio ambiente. A revitalização do uso da terra como material de construção é de extrema importância face aos desafios que os países em desenvolvimento vêm enfrentando, notadamente porque o elevado déficit habitacional está diretamente associado à carência de recursos da população.

Nos países ibero-americanos, continua o esforço de pesquisadores em promover inovações tecnológicas fundamentadas em modernos conceitos de racionalidade e qualidade, adotados na construção civil em geral, e em transferir a tecnologia com o foco voltado, principalmente, para a produção de vivendas de interesse social. Como exemplo, vale a pena citar algumas das atividades que estão em desenvolvimento, no momento, que confirmam o envolvimento de todos os agentes envolvidos no processo da produção de vivendas de interesse social.

Na Argentina, por exemplo, o *Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda – CRIATiC*, recentemente criado na *Universidad Nacional de Tucumán*, dedica-se ao desenvolvimento da tecnologia, sistematização de técnicas, formação de recursos humanos especializados e em oferecer um avanço conceitual relativo a construção de baixo custo e seu impacto no desenvolvimento econômico, social e cultural da comunidade. Defende a capacitação da comunidade para a criação de fontes de trabalho, a autoconstrução e a autogestão de suas vivendas.

Em El Salvador, a *Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima – FUNDASAL*, instituição privada de promoção humana voltada para os setores sociais economicamente menos favorecidos, desenvolve, de forma sistemática, a investigação de materiais alternativos de construção, inclusive a terra. Entre 1979 e 1996, a Fundasal construiu 284 vivendas em 5 projetos, tanto na área urbana como rural. Após a devastação causada pelos terremotos do ano 2001, a Fundasal montou um programa de transferência tecnológica com o objetivo de capacitar, assessorar e prestar assistência técnica às famílias desabrigadas para a construção de suas vivendas em regime de ajuda mútua, utilizando a terra como principal material de construção e com técnicas de construção sismo-resistentes. O Programa adotou os sistemas denominados adobe sismo-resistente, bahareque tipo ceren e baraheque melhorado e, mediante um bem ajustado processo de transferência em que foram construídos de doze protótipos, mais de 300 vivendas foram construídas por famílias devidamente capacitadas.

Sobre este programa, Hércules (2002:68) comenta: “*En términos de la participación comunitaria, el programa ha sido exitoso ya que logró cambiar el esquema de trabajo individual por un trabajo colectivo y solidario, fortaleciendo la capacidad organizativa de las comunidades y por consiguiente todo el tejido social que se genera a partir de la solidaridad*”.

Em diversos países – Brasil, Chile, Equador, Honduras, Portugal, entre outros – existem empresas privadas, geralmente escritórios de arquitetura, que elaboram projetos e executam ou orientam a construção de edificações em terra. As técnicas adotadas – adobe, taipa, *tierra aligerada*, *bahareque*, *estanteo*, *quincha* – são apropriadas à cultura da região e ao conhecimento dos profissionais.

Por outro lado, constata-se a preocupação das escolas e universidades em informar e capacitar seus alunos em relação a arquitetura e construção com terra, fato pouco valorizado em passado recente. Têm-se notícias de disciplinas sobre arquitetura de terra e de materiais alternativos, principalmente em cursos de pós-graduação, e, de grande importância ao acervo tecnológico, a elaboração e apresentação de dissertações e teses cujo tema corresponde ao uso da terra como material de construção ou a sistemas construtivos em terra. Mais interessante ainda é que estas disciplinas são oferecidas tanto em cursos dirigidos ao restauro e preservação de monumentos como em cursos de temas atuais, principalmente aqueles relacionados com o aspecto ambiental.

E finalmente, ressalta-se a importância da tecnologia de comunicações no avanço da tecnologia em terra: as redes via internet, as páginas web e o correio eletrônico permitem encontrar e contatar pesquisadores e demais profissionais, trocar informações e conhecimentos, num mundo atemporal, sem fronteira e sem distâncias, inimaginável em gerações próximas passadas.

COMENTÁRIOS

A crescente e assustadora demanda habitacional dos países menos desenvolvidos é um dos maiores desafios que o Poder Público enfrenta na área social. O problema habitacional passa invariavelmente por aspectos políticos, tecnológicos, econômicos e sociais. Embora sem o poder de decisão, a variável tecnológica possibilita, através do uso racional de espaços e de materiais e processos adequados, produzir habitações mais dignas e de custo menos elevado.

A construção com terra apresenta vantagens de ser facilmente assimilada, de ter baixo dispêndio de energia, de apresentar bom desempenho climático, de usar materiais renováveis e de não poluir o meio ambiente.

As inovações tecnológicas relativas ao material e sistema construtivo na Ibero-América constituem-se basicamente no aperfeiçoamento de componentes da alvenaria, adobes e blocos, e no desenvolvimento de sistemas de painéis monolíticos, associados ou não a outros materiais, principalmente a madeira. Nesse sentido, os estudos realizados abordam resumidamente os seguintes aspectos:

- identificação de solos apropriados e de outros materiais;
- estudos sobre estabilização, impermeabilização e dosagens;
- estabelecimento de parâmetros e métodos de ensaios de laboratório;
- desenvolvimento de métodos de controle de fabricação/execução visando a garantia da qualidade dos produtos - adobes, blocos e painéis;

- sistematização do processo construtivo visando aumentar a produtividade e diminuir o esforço humano no ato de construir; e,
- elaboração de recomendações técnicas e projetos adequados às condições ambientais da região e tradição cultural.

Pela sua abundância, e conseqüente custo mais baixo, pela facilidade de execução e tradição de uso, a terra será sempre um dos materiais de construção contemplado na produção de habitações de interesse social. Assim, através de assessoria técnica, publicações, participação e promoção de eventos, apoio a pesquisas em desenvolvimento e capacitação de operários e qualificação de técnicos, o PROTERRA espera contribuir para a revitalização do uso da terra como material de construção. A disponibilidade deste material e o conhecimento de técnicas adequadas de construção permitirão sempre ao ser humano, principalmente aqueles desprovidos de recursos financeiros, a oportunidade de construir seu abrigo e criar sua família.

BIBLIOGRAFIA

CENTRO de Investigación y Aplicación - Tierra. (1984): "Seguir Construyendo con Tierra. Realidad socio económica de la construcción con tierra en Zona Andina", CRATerre, Lima.

COLÔMBIA. Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. (1963): "Suelo-cemento; su aplicación en la edificación", Bogotá.

CYTRYN, S. (1959): "Construcción con Tierra", Centro Regional de Ayuda Técnica. Administración de Cooperación Internacional, México.

"DEZ Alternativas Tecnológicas para Habitação", (1989) Projeto Bra 85/005. MINTER/PNUD. Brasília.

HABITERRA (1993): "Recomendaciones para la elaboración de normas técnica de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos e bloques de suelo-cemento", Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED, Lima.

HABITERRA (1995): "Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra". Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED, Bogotá

HERCULES, Delmy (2002): Transferencia de tecnología para la vivienda rural en El Salvador, em *I Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra*, Anais, Salvador

ININVI – Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda. (1985): "Adobe. Norma técnica de edificación E-800", Lima.

MILANEZ, A. (1958): "Casa de Terra", Ministério da Saúde. Serviço Especial de Saúde Pública, Rio de Janeiro.

NEVES, Célia Martins. (1995) "Inovações tecnológicas em construção com terra em Ibero-América", em *Workshop Arquitetura de Terra*. Anais, São Paulo.

VIÑUALES, G. M. et al. (1994): "Arquitecturas de tierra en iberoamérica", Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. HABITERRA. Buenos Aires.

VIVIENDA ECONÓMICA CON BLOQUE CTA

Acción interinstitucional en Programas de Viviendas Popular: Centro Tecnología Apropriada CTA/Universidad Católica y Comité de Iglesias Para Ayuda de Emergencias CIPAE, 1er. premio vivienda popular 2000-

Emilce Alfonso (1) y otros (2)

(1) Arquitecta, Centro de Tecnología Apropriada-Facultad de Ciencias y Tecnología-Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción-Sede Regional Asunción cta@uca.edu.py, alfonso@uca.edu.py. Miembro Proyecto Proterra.

(2) Apoyos: a)Centro de Tecnología Apropriada CTA Ejecución: Arq. Emilce Alfonso - b)Comité de Iglesias Para Ayuda de Emergencias CIPAE - Cooperación: Programa de Vivienda Popular del Cipae: Lic. Ramón Cardozo, responsable del Programa; Sra. Georgina González, Documentación y Sr. Miguel Sanabria; Comunidades construidas por ayuda mutua.

Resumen

Innovaciones tecnológicas para viviendas de bajo costo en el Paraguay, a través del trabajo Interinstitucional de dos entes de carácter complementarios, investigación-acción, en la búsqueda de alternativas de vivienda popular. Difundiendo la experiencia del trabajo por ayuda mutua y del uso de la tierra, utilizando como instrumento bloquera manual, como respuesta a un problema habitacional.

Palabras claves: Innovaciones tecnológicas, ayuda mutua, bloquera manual, tierra, viviendas de bajo costo.

Introducción

La presentación de esta experiencia presentada en el Premio Vivienda Vivienda Popular 2000, es a fin de poner de manifiesto cómo la cooperación de Instituciones que buscan soluciones a realidades de la sociedad, puede desencadenar procesos de gestión comunitaria.

Dar énfasis a la aplicación de una investigación efectuada en el Centro de Tecnología Apropriada-CTA, bloque de suelo cemento, el cual se dió inicio con el acercamiento de grupos de la iglesia, para buscar soluciones a la necesidad de vivienda. El CTA tiene ejecutado con esta alternativa programas de desarrollo comunitario a nivel de Escuelas, Centro de Salud, y Prototipo con el Bloque para programa de viviendas de interés social

El Comité de Iglesias Para Ayuda de Emergencias-CIPAE tomó esta tecnología para aplicar en sus programas de viviendas populares proceso descripto a lo largo de la siguiente propuesta. Actualmente desarrolla un programa de Cooperativa por ayuda mutua.

Antecedentes de la investigación y el desarrollo de la aplicación de la técnica del bloque de suelo cemento compactado.

El Centro de Tecnología Apropriada, desde 1981 trabaja investigando la aplicación de materiales de construcción de bajo costo, para ser utilizados en programas de vivienda popular. En 1984 fue aplicada por primera vez en forma masiva la tecnología del CTA, en programas de reubicación de familias de damnificados, mediante proyectos llevados a cabo, entre otros, por el Comité de Iglesias, siendo proyectado y construido por el CTA el Prototipo "A" que hasta hoy día permite, donde se puede observar las investigaciones técnicas y económicas de la aplicación del bloque de suelo prensado, entre otras innovaciones.

La investigación del análisis del desarrollo de programas de viviendas de interés social existentes en ese entonces, determinó la conclusión de la necesidad de abaratar al máximo los costos de construcción por unidad de vivienda y también utilizar métodos de producción de materiales y construcción que empleen la mano de obra de los beneficiarios de los programas, pues constituye el único aporte con que cuentan debido a sus escasos ingresos.

En 1982 fue presentada una bloquera mejorada, a partir de una tecnología existente en el país. Con esta bloquera CTA se aumenta más de tres veces la producción diaria de bloques, pasando de 400 a 1500 bloques. Con esta tecnología de bloques se construyó un prototipo en el Campus de la Universidad Católica.

Con la experiencia acumulada del CTA, se asesoró con técnicos del Centro al Proyecto Toledo Cañada, llevado a cabo por Acción Social del Colegio San José y el Equipo Arquidiocesano de Pastoral Social para el programa "Solidaridad Cristiana, Mano Abierta".

Luego el Comité de Iglesias de Ayuda para Emergencias CIPAE, adquiere cinco bloqueras con la instrucción de un técnico para la fabricación de los bloques. Estas fueron utilizadas en el Proyecto Koe`mbotá para la ejecución de 62 viviendas con bloques, de las cuales 56 unidades fueron construidas sobre la base de bloques fabricados por los propios beneficiarios y 6 unidades con bloques proporcionados por la Institución.

Desde entonces, con la capacitación de sus beneficiarios en esta tecnología, el Comité siguió construyendo a través del sistema de auto ayuda, llegando a generar soluciones habitacionales para un buen número de familias, que hoy día conocen y son capaces de transmitir este sistema tecnológico iniciado con las investigaciones del CTA.

Proceso bloquera cta

El Centro de Tecnología Apropiada de la Universidad Católica (1981) se ha preocupado de la investigación en el área de producción de viviendas de interés social, utilizando materiales de construcción nacionales conocidos y experimentando nuevos materiales, así como la utilización de tecnologías fáciles y adecuadas a los sectores a ser beneficiados. En esa búsqueda, la tierra, constituye la materia prima básica, disponible en la naturaleza, y con la ayuda de una prensa manual, en nuestro caso, para fabricar tres bloques por vez, según un procedimiento sencillo y realizado por mano de obra no especializada.

La **investigación** de optimizar una máquina utilizada hacia el año 1981 en la ciudad de San Lorenzo para la construcción de viviendas, llamada CINVA-RAM, del Centro Latinoamericano de Vivienda y Planeamiento–Bogotá, Colombia llevó a plantear la idea de aumentar el rendimiento y mejorar la calidad, cuyo resultado final fue la MÁQUINA BLOQUERA CTA, con una producción de tres (3) bloques por cada prensada, el cual reduce el esfuerzo muscular en un 60 %, además del aumento de la productividad.

La **productividad** es elevada, pues se pueden producir 1500 bloques por día, trabajando cuatro personas, en una jornada laboral de ocho horas, equivalente a una cantidad para construir una mampostería de 50 m² con un rendimiento de 30 bloques por metro cuadrado, con rendijas horizontales de 1,2 cm y 1 cm en vertical. Es decir, lo necesario para construir una pared de 20 ml. de 2,50 m de altura, o bien una habitación de 25 m² (5 m x 5 m). Lo que demuestra que es factible producir en un día (sábado, domingo, feriado) el material requerido para levantar las paredes de una habitación de gran dimensión.

Con la bloquera CTA no sólo se logró mejorar la cantidad, sino también la **calidad**, pues los bloques son producidos en base a medidas normalizadas DIN (Normas Alemanas para Industria), con lo cual se prepara al bloque para la construcción de viviendas en serie. El control de calidad se rige por la norma paraguaya en proceso de ser publicada con el nombre de “Ladrillos y bloques de suelo-cemento para uso en construcciones. Especificaciones”. (17 053 95), lo cual constituye uno de los primeros materiales no tradicionales que tendrá una norma paraguaya, a pedido de la Universidad Católica, quien solicitó la misma.

Con la máquina Bloquera CTA, se pretende obtener el **máximo rendimiento de la mano de obra** en función al tiempo de producción, es decir fue proyectada con miras a la aplicación en viviendas de interés social, con el **sistema de ayuda mutua** de los usuarios, para disminuir los costos de las viviendas económicas, dado que la bloquera no necesita mano de obra especializada

Bloquera CTA. Descripción

La Bloquera CTA es una versión mejorada de la conocida bloquera CINVA-RAM. Básicamente es una caja rectangular diseñada para fabricar tres bloques por cada prensada. En el fondo de la caja de la bloquera se

encuentra una chapa desmontable a la cual van fijados pedazos de metal que sirven para ahuecar los ladrillos al ser prensados, y a la vez para comprimir mejor los lados laterales del bloque.

Dimensiones de la máquina:**Bloquera con Palanca:**

Ancho:	0,48 metros.	Largo:	2,00 metros.
Largo:	0,36 metros.	Alto:	1,92 metros.
Alto:	0,56 metros.	Peso	121 Kg.

Las medidas del bloque son: de 11,5 cm de ancho, 11,3 cm de alto y 24 cm de largo (Normas DIN, Nro. 2).

Características

Producción por carga y prensado:

3 Bloques

Producción diaria: (con 4 personales y 8 horas de trabajo)

1.500 bloques

La bloquera puede ser transportada por 3 personas a corta distancia. A mayores distancias es necesario contar con un transporte, ya que por su capacidad de producción fue necesario un diseño de mayores dimensiones para conseguir mayor fortaleza.

Para lograr una mayor durabilidad de la bloquera se requiere poco mantenimiento. Debe limpiarse la parte interior de la caja con estopa humedecida con aceite usado o kerosén, después de cada trabajo, a fin de eliminar todas las partículas de suelo que pudieran haber quedado adheridas e impedir así la oxidación del metal. Deben lubricarse las partes móviles y luego de cierto tiempo de uso regular los tornillos de la guía del pistón, de manera que la base móvil de la caja pueda deslizarse fácilmente, quedando siempre paralela a la tapa. La base de la caja no debe asimismo rozar las paredes laterales de la misma para que el bloque tenga siempre el mismo tamaño, según normas establecidas.

La máquina debe ir montada sobre un tablón de madera dura de 5 cm de espesor, 35 cm de ancho y 3 metros de largo, dejando 1,20 metros del lado opuesto de donde se sitúa el operador que realiza el prensado. Para el prensado, es suficiente la fuerza de una persona (70 Kg.).

El hueco que se forma en el bloque le da innumerables ventajas como:

- Reducción de peso de los bloques;
- Posibilita al bloque para su utilización en el adintelamiento de aberturas, aprovechando el hueco para el colocado de varillas;
- Mejora la disponibilidad para el corte de los bloques;
- Mejora las características de aislamiento térmico y contra la humedad.

Aplicación de la tecnología del bloque en un Prototipo "A"

La construcción del Prototipo "A" surge como alternativa para el reasentamiento de familias en zonas no inundables, y tiene como objetivos:

- La búsqueda de materiales de fabricación nacional a bajo costo;
- La utilización de mano de obra de los damnificados en el sistema de autoayuda voluntaria.

Se consideró la posibilidad de que los mismos propietarios de las viviendas puedan fabricar los materiales de construcción, las aberturas, los cielorrasos y utilizar la menor cantidad posible de materiales importados, de manera a disminuir costos de construcción.

Se proyectó una vivienda económica que pueda ser fácilmente construible con sistemas de autoayuda voluntaria, ampliable en etapas, partiendo de un módulo básico que tenga incluidos cocina y baño, y que permita vivir a la familia mientras prosiga la construcción de las siguientes etapas.

En la construcción del Prototipo "A" se experimentó la tecnología de construcción con bloques, a la vez que se desarrollaron tipos de aberturas factibles de ser construidas sin otras herramientas que serrucho, martillo y destornillador, disminuyendo a la vez el costo de los marcos al utilizar alfajías. También se experimentó en este prototipo un sistema de aislamiento de techos en base a expeller de algodón y viruta de madera.

Es decir, sintetiza las formas de aplicación de las técnicas desarrolladas por CTA; la máquina bloqueadora CTA, de tres bloques a la vez, aberturas alternativas, aislamiento para techo en base a residuos industriales llegándose a muy buenos resultados con el linter de algodón.

Ventajas:

- Facilidad de fabricación de los bloques de suelo compactado. Buen manejo de los mismo y rápida elevación de las mamposterías de bloques;
- Facilidad de construcción de aberturas de madera con materiales locales económicos y uso de equipo común de herramientas de carpintero;
- Facilidad de construcción de cielorrasos aislantes térmicos con la utilización de residuos industriales de obtención local;
- La producción de bloques en forma industrial y comercial incide en el precio del mismo, haciendo muy poco significativa la diferencia entre el costo de una mampostería de bloques y una de ladrillos comunes, por lo que el CTA recomienda el uso de bloques solamente cuando su producción y uso se realizará por sistema de autoayuda voluntaria de los propios usuarios de las viviendas económicas,

trabajando en sistemas de “Minga” o de grupos familiares que realizan sus actividades fuera de sus horas normales de trabajo diario y los sábados de tarde, domingos y días feriados;

- Dependiendo del sistema de financiación y de la organización comunitaria elegida para la construcción de viviendas en serie en nuevos asentamientos poblacionales pueden utilizarse métodos mixtos de fabricación de bloques como el que la fabricación de los mismos se haga a través de un grupo especializado de vecinos que se dedique exclusivamente a hacer bloques en cada lote donde se erigirán las viviendas, utilizando lo obtenido en ese trabajo como medio de vida, solucionando el problema de los usuarios que no pueden o no les conviene abandonar sus trabajos para fabricar sus propios bloques.

Como Conclusión final, después de analizar nuestros trabajos teóricos y prácticos, podemos afirmar que el Prototipo “A” del CTA fue proyectado para construirlo con sistemas de autoayuda voluntaria de los usuarios, buscando disminuir los costos de las viviendas económicas, comúnmente ofrecidas en el país, mediante la máxima utilización de materiales locales, sencillos métodos constructivos y adecuación del clima del país.

Costo de la Construcción:

A modo de financiamiento de la construcción se implementa el sistema de autoayuda de mano de obra, que disminuye el costo en 40% a 60% en comparación con una vivienda convencional.

Con la Tecnología del CTA. están en condiciones de abaratar costos de materiales, aberturas, etc., entre un 40% a 100% (adobe para paredes).

Pruebas en el Laboratorio:

En el Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC) los bloques fueron sometidos a ensayos para medir la resistencia de los mismos en las condiciones de su utilización.

El primer ensayo fue el de absorción y su comparación con diferentes bloques y ladrillos.

Un segundo ensayo, y uno de los más importantes, es el de resistencia y se realiza para conocer la capacidad del bloque al ser sometido a esfuerzos de comprensión.

Determinando que los bloques reúnen las características de resistencia para su uso en la construcción de Viviendas de Interés Social.

DIFUSION:

Desde 1.981 el C.T.A. ha producido material utilizable para docencia en forma de audiovisuales (5), boletines (12 Números), Informes (5 Números) y varios documentos de materiales alternativos, tierra y otros.

PROYECTO KO'EMBOTÀ Y TOLEDO CAÑADA – PROTOTIPO “C”***Una acción Interinstitucional posibilitó el acceso a la vivienda por el sistema de ayuda mutua:***

En 1.984 fueron encargadas por dos instituciones eclesiales 5 maquinas bloqueras el tiempo que el CTA era encargada de la construcción de un Prototipo “C” que serviría de modelo para la posterior construcción de 700 viviendas en los Proyectos de Ko'embotà y Toledo Cañada. La tecnología desarrollada por el CTA fue de esta manera utilizada por primera vez en proyectos concretos. El Cta fue encargado del asesoramiento técnico y control de la fabricación de los bloques.

INVESTIGACIÓN + DESARROLLO: _ Programas de Viviendas Populares por el Sistema de Ayuda Mutua construidas con bloques de suelo-cemento, ejecutada por el CIPAE:

La metodología por el CIPAE adoptada en estos programas se fundamenta en el sistema de **ayuda mutua**. Este sistema consiste, en la participación de las familias integrantes del proyecto, en la construcción de las viviendas y del futuro barrio, aportando su mano de obra a través del trabajo en equipos, conformados por los miembros de todas las familias. Los equipos conformados por un promedio de 6 familias, **construyen conjuntamente** todas las viviendas para todas las familias que integran el equipo y una vez terminadas las viviendas, se sortean entre las mismas y se adjudican a las familias del mismo equipo.

Atendiendo la experiencia del CIPAE, a fin de evitar mayores costos sociales a las familias beneficiarias, se opta por que las mismas se muden al lugar del proyecto, **una vez que las viviendas se hayan terminado de construir** y estén en condiciones de ser habitadas, con todos los servicios básicos instalados y en funcionamiento.

Para la ejecución de los trabajos, los beneficiarios se trasladan los días domingo, desde sus lugares de origen al lugar Proyectado.

Se conforman equipos de trabajo para la ejecución de las actividades, tanto de construcción de las viviendas familiares como la infraestructura comunitaria.

Cada equipo cuenta con un coordinador, elegido por los integrantes del mismo equipo, que se reúne con los demás coordinadores y los técnicos periódicamente, a fin de recibir las directrices técnicas y coordinar los trabajos comunitarios con los demás equipos de trabajo.

El equipo operativo del Proyecto, controla la asistencia al lugar del proyecto, de los miembros de los equipos de trabajo y supervisa el nivel de participación en la ejecución de las actividades. Asimismo, acompaña técnica y socialmente todo el proceso de construcción y organización comunitaria.

Las razones por las que el CIPAE emplee este sistema son las siguientes:

- Los limitados recursos de financiación para compra de terrenos y materiales de construcción;
- Los inestables y reducidos ingresos familiares de los estratos sociales más pobres, que son el nivel social a la cual va orientado el proyecto;
- Las bajas cuotas, que por consiguiente, dichas familias pueden pagar;
- El ahorro que significa construir viviendas con participación de los mismos beneficiarios, aportando la mano de obra;
- El valor que dan a la vivienda y al barrio, por el hecho de haberla construido ellos mismos, lo que influye en el sentimiento de aprobación de los mismo, dando estabilidad y arraigo a las familias en el lugar y responsabilidad en el mantenimiento y mejoramiento de la vivienda.

Aprendizaje Técnico:

Es importante señalar que a través de la ayuda mutua, los pobladores reciben el conocimiento para la construcción de la vivienda y además entre ellos se transmiten recíprocamente técnicas variadas aprendidas anteriormente en el mismo proyecto o en el barrio. De esta manera, los que ya conocían la técnica de la construcción van aprendiendo nuevas formas y técnicas, capacitándose más profesionalmente; asimismo, aquellos que por primera vez realizan la tarea de construir adquieren un nuevo oficio, convirtiéndose en profesionales en el área de la construcción. En cada equipo de trabajo se trata de que un albañil profesional coordine los trabajos.

Viviendas construidas con la tecnología del bloque de suelo cemento compactado.

Nombre	cant. viv. con bloques	Total construidas	Localidad
Ko'embotá	60	(235)	(J. Agosto Saldivar) CTA-CIPAE
Villa Salvador	150	(310)	(Areguá) CIPAE
Villa Tajy Poty I	100	(100)	Areguá) CIPAE
Villa Tajy Poty II	100	(100)	(Areguá) CIPAE

Del total de viviendas construidas en los cuatro emprendimientos, el 55 % fueron realizadas con bloques.

Es decir representan el 55% del total de viviendas construidas bloques.

Tecnología y transferencia tecnológica:

El aporte de una tecnología de acuerdo a las características de la comunidad beneficiada, mano de obra disponible, uso de la tierra como material de construcción, participación y gestión comunitaria, posibilitó la apropiación de este sistema y por ende la transferencia de tecnología.

Conclusión: La búsqueda de alternativa conjunta al problema de viviendas populares, a través de las investigaciones y asesoramiento del CTA de la Universidad Católica por un lado, y la ejecución por parte del CIPAE por otro lado, dieron como resultado, 410 soluciones del hábitat por el sistema de Ayuda Mutua. ES DECIR LA ACCIÓN INTERINSTITUCIONAL DESCENDADENA PROCESOS DE GESTIÓN COMUNITARIA - AUTOGESTIÓN.

BIBLIOGRAFÍA

CIPAE- Comité de Iglesias Para Ayuda de Emergencias (2000): Programa de Vivienda Popular del Cipae, archivos y fotos, Asunción, Paraguay

CTA- Centro Tecnología Apropriada /Universidad Católica (1984.2000): Centro de Documentación en Tecnología Apropriada CDTA."Archivos de fotos"

CTA- Centro Tecnología Apropriada /Universidad Católica (1985): Boletín N° 2: “Bloquera del CTA”, Asunción, Paraguay

CTA- Centro Tecnología Apropriada /Universidad Católica (1985): Boletín N° 3: “Producción y ensayos de bloques de suelo prensado”, Asunción, Paraguay

CTA- Centro Tecnología Apropriada /Universidad Católica (1985) Boletín N° 4: “Construcción de vivienda económica con bloques de suelo compactado. Prototipo A”, Asunción, Paraguay

CTA- Centro Tecnología Apropriada /Universidad Católica (1986) Boletín N° 6: “Viviendas económicas. Estudio comparativo de costos y análisis de proyectos que aplicaron tecnología desarrollado por CTA”, Asunción, Paraguay

PROHABIT – UM PROJETO PILOTO: USO DE TECNOLOGIAS APROPRIADAS TAMANDARÉ - BRASIL

Suely Benevides de Carvalho Brasileiro

Associação Pró-Habitar – HABITEC e Escritório de Arquitetura
End. Av. Prof. José dos Anjos, nº 541 Tamarineira 52 110 130 Recife - PE – Brasil.
FONES: 55 81 32660377 - 81 91161683
suelybrasileiro@hotmail.com
www.suelybrasileiro.arq.br

Resumo

Este trabalho apresenta a proposta de uso de tecnologia apropriada no Projeto Urbanístico das Praças e Equipamento Comunitário e sua aplicação no Programa Habitacional – PROHABIT, em Tamandaré, Pernambuco, Brasil.

Resumen

Este artículo presenta la propuesta de uso de la tecnología apropiada en el Proyecto Urbanístico de las plazas e equipamientos comunitarios y suya aplicación en el Programa Habitacional – PROHABIT, en Tamandaré, estado de Pernambuco, Brasil.

Abstract

This works presents Appropiates Technologies uses on the Urban Project of squares, community's equipments and application on the Habitation Program – PROHABIT in Tamandaré, Pernambuco, Brasil.

Palavras-chave: Tecnologias Apropriadas; Baixo Custo; Desenvolvimento Sustentável.

Palavras claves: Tecnologías Apropriadas; Bajo Costo; Desarrollo Sostenible

Key words: Appropiates Technologies; Low Cost; Sustainable Development

Introdução

A construção sustentável, a preservação dos recursos naturais do planeta e o equilíbrio do ecossistema impulsionam a pesquisa por alternativas tecnológicas apropriadas, ecológicas, e pelo resgate e apropriação do uso de técnicas tradicionais.

Nas áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil, tem sido constante a busca por tecnologias mais adequadas à natureza, à conservação e exploração dos recursos renováveis, à minimização do consumo energético e à redução da poluição. Tudo isso porquê, na atualidade, 15% das reservas energéticas são

consumidas pela Construção Civil, que utiliza os métodos construtivos convencionais, tais como tijolo cozido, concreto armado, aço, entre outros.

Neste contexto, dois materiais se destacam como material de construção alternativo e sustentável: a TERRA e o BAMBU.

A TERRA apresenta-se como o material:

- mais abundante na natureza
- baixo custo energético
- reciclável
- baixa dependência econômica
- relevantes qualidades bioclimáticas
- grande identidade cultural
- perfeita integração à natureza.
- durabilidade

Embora 1/3 da humanidade use a Terra para produzir suas habitações na atualidade, ainda que sem o conhecimento técnico adequado, ainda existem desafios e preconceitos a serem vencidos para o incentivo do uso da terra.

No Brasil, existe um fator complicador para as construções com terra: uma vez que a preferência é para seu uso na fabricação de tijolos de solo estabilizado com cimento e como o custo do cimento eleva-se constantemente, a construção com solo-cimento, também encarece e dificulta o seu acesso pelas populações de menor recurso.

Para sair deste impasse, buscam-se soluções que vão desde o uso de outros estabilizantes, a cal ou a cal residual de carbureto (resultante da produção do gás acetileno a partir do carbureto de cálcio e contém composição química semelhante a da cal, possuindo 70% de óxido de cálcio), bem como a justificativa pela análise da relação custo/benefício do ponto de vista: climático, térmico, estético, cultural e impacto ambiental. Outra solução é introduzir novos formatos de intervenções em Programas Habitacionais que busquem parcerias entre as iniciativas Públicas, Privadas e ONGS para sua viabilização.

O BAMBU apresenta-se como material potencialmente utilizável na construção pelas seguintes razões:

- encontra-se em quase todo o mundo em uma larga variedade de espécies, e é extremamente adaptável a vários tipos de solo e clima

- apresenta uma das mais baixa energia de produção na construção civil¹
- corresponde a um material produtivo, de fácil propagação e manuseio
- é material renovável e adequado para uso após 3 (três) anos de idade, tempo curto se comparado ao do crescimento das árvores
- sua cultura tem duração de cem anos, em média, para replantio.
- durabilidade, que será alcançada através de tratamentos específicos.

Para desenvolver uma aplicação correta do bambu como material de construção deve-se ter o cuidado de propiciar sua integridade e perenidade com cura e tratamento adequados. A durabilidade é um aspecto importante, pois evita gastos extras de energia e de recursos naturais.

O uso da terra e bambu em equipamentos comunitários

A utilização da terra e do bambu em Tamandaré se justifica pela existência de solo adequado, da unidade produtora de tijolos de solo estabilizado e grande quantidade de bambu no Município. Embasando-se na adoção de Tecnologias Apropriadas² e Sustentáveis, e na necessidade de estimular o uso de materiais alternativos, foi proposto seu uso em um Equipamento Comunitário a ser construído dentro da área de Urbanização do Programa Habitacional PROHABIT.

A área disponibilizada corresponde ao Loteamento Santo Inácio, que está inserida no perímetro urbano da cidade de Tamandaré e já é servida por equipamentos instalados nas proximidades, tais como escolas, posto de saúde, além do serviço de transporte público. Os espaços urbanos do Loteamento serão preenchidos por praças, destinadas ao lazer (ativo e passivo) e a práticas esportivas, horta comunitária e outro equipamento, destinado às reuniões da comunidade, com a seguinte programação:

- Praça 01 (1.960 m²) – playground, área para eventos e apresentação ao ar livre e o santuário Santo Inácio.
- Praça 02 (1.890 m²) – playground e quadras poli esportiva.
- Praça 03 (7.845 m²) – equipamento destinado a reuniões da comunidade (salão, banheiros públicos, copa/bar e administração).
- Horta Comunitária (1.878 m²) contendo edificação para serviço de administração, banheiro, depósito.

¹ Ghavani, K. REVISTA DO INSTITUTO DE ENGENHARIA Nº 192. Engenho Editora Técnica Ltda. São Paulo, 1992. pgs 13-27.

² O Comitê Consultivo da ONU para Aplicação da Ciência e Tecnologia ao Desenvolvimento descreve Tecnologia Apropriada como aquela que emprega recursos disponíveis localmente com o mínimo de capital e mão-de-obra.

A proposta para o uso da terra como material corresponde, inicialmente, na utilização de tijolo de solo estabilizado para construção de uma área reservada para o santo do loteamento – Santo Inácio – e em outros detalhes nos projetos das praças. O que se pretende é explorar as potencialidades estéticas da Arquitetura e Construção com Terra, sensibilizar as instituições públicas, privadas e não governamentais e buscar parceiros para viabilizar estas construções, em ações conjuntas com a Prefeitura de Tamandaré, esperando assim usar a terra na construção de outros equipamentos.

A proposta para o uso do bambu corresponde à construção da estrutura de cobertura na qual se obterá os dados necessários para a análise comparativa de custo com relação ao da madeira, normalmente empregada em coberturas. O resultado servirá como parâmetro para a continuidade de sua utilização na estrutura de cobertura em outros equipamentos das praças ou ainda em outra etapa do referido Programa Habitacional, servindo também para viabilizá-la em outros empreendimentos.

Em relação ao bambu, estudos sobre o tratamento mais adequado para a espécie encontrada na região, *Bambusa vulgaris*, e o respectivo apoio técnico estão sendo viabilizados pelo Instituto de Bambu e da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

Comentários

Evidentemente estes dois materiais se constituem alternativas para a construção sustentável. Entretanto, ressalta-se que existem várias questões a serem resolvidos com relação a estas tecnologias, e para a sua consolidação faz-se necessário:

- desenvolvimento de pesquisas
- conhecimento das limitações dos materiais
- intercâmbio entre as Instituições Acadêmicas e Governamentais
- difusão destas Investigações em todos os seguimentos da Sociedade

Cada vez mais se faz presente a necessidade de conscientizar a sociedade a respeito das questões ambientais, ao exercício da reflexão sobre estes tradicionais materiais, a TERRA e o BAMBU, que nos remetem a técnicas milenares e tradicionais e para a importância fundamental do “Ato de Construir”, mesmo que pequenas obras, pois fazendo é que se difunde, resgata e valoriza estas tecnologias.

“Ao lançar um olhar para o futuro, rever conceitos, pensar novas formas, buscar novas maneiras de expressão para as necessidades de sobrevivência do Planeta e da Humanidade”.

LA TIERRA, SÍMBOLO SOCIAL Y ECONÓMICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

Alberto Calla García

Licenciado en Arquitectura, Universidad Mayor San Andrés, La Paz Bolivia, 1980.
Master's Degree - Tecnologías para Vivienda. La Habana Cuba, 1989.
Jefe Estudios y proyectos – Consejo Nacional de Vivienda, Bolivia 1981 – 1987
Investigador, Instituto de Investigaciones de Arquitectura UMSA – 1990 – 2002.
Coordinador Internacional de la Red XIV A-CYTED Habiterra – 1993 – 1998
Presidente del Servicio de Asentamientos Humanos en Bolivia (ONG) 1999-01
Asesor del Consejo Directivo de HABYTED – 1998 – 2002.
Coordinador Proyecto de investigación “Territorio Andino y Hábitat Rural”,
Instituto de Investigaciones y Agencia de Cooperación Sueca – 2000-023
E-mail: habiterr@ceibo.entelnet.bo - betocalla@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo plantea un conjunto de reflexiones acerca de los problemas actuales, tanto sociales como tecnológicos, del uso de la tierra en la construcción de viviendas en la región andina y su vigencia a partir de experiencias de proyectos contemporáneos, que son aceptables y exitosos en el marco de los principios del desarrollo humano, la realidad de la sociedad andina contemporánea, que aún mantiene una obsesión discriminatoria de la tierra frente a los actuales materiales llamados modernos, y la influencia de la racionalidad modernista sobre la identidad cultural, la tradición, el patrimonio y los programas de enseñanza en las universidades, que hacen que el uso de la tierra como material de construcción, resulte un tema de bastante complejidad al momento de incorporarlo en programas de construcción de viviendas.

Summary

The present work outlines a set of reflections about the current problems, both social as technological, in the use of earth in the housings construction in the Andean region and its validity starting from experiences of contemporary projects, that are acceptable and successful in the area of principles of human development, the reality of the contemporary Andean society that still maintains a discriminatory obsession in the use of earth as construction materials versus the modern materials, and the influence of the modernist rationality over the cultural identity, tradition, possession of property and the programs in the universities which make that the use of earth as construction material , becomes a complex topic when over you want to include it in the programs of housings construction.

El contexto social de las Construcciones con Tierra

Si partimos de la frase de John F.C. Turner de que “ Un material no es interesante por lo que es, sino por lo que puede hacer por la sociedad”, podemos encontrar valores sociales y culturales de la tierra, como material de construcción, y su importancia histórica en el desarrollo de la civilización humana; es así que, al igual que en otras latitudes del mundo, la sociedad andina reconoce en este material un símbolo social y un recurso histórico que permite una lectura de sobre vivencia de las culturas que aún habitan la región andina del continente suramericano. Un estudio mayor sobre esto requeriría de un repaso holístico Inter disciplinar con dimensiones espacio-temporales distintas que permiten valorar el rol de este material en los procesos del desarrollo humano de nuestra civilización.

Desde el inicio, el hombre tuvo que construir su cobijo en la medida de su necesidad de sobre vivencia, así es como de las cavernas pasa a la construcción de espacios independientes en forma de cabañas o grutas hechas de bloques de tierra, ramas, hojas y otros materiales, simbolizando la tercera piel del hombre¹ después de su cuerpo y su ropa, hasta construir su hábitat y su vivienda que evoluciona en el tiempo como expresión genuina de su cultura.

Las antiguas sociedades de nuestra civilización fueron históricamente sociedades sostenibles, cuyas comunidades humanas regeneraban las especies y el hábitat de un modo natural, rehabilitan la calidad de los ambientes naturales y construidos y transformaban las condiciones de habitabilidad con equidad y equilibrio, porque el concepto de desarrollo social estaba asociada a la NATURALEZA y su lógica de desarrollo interno, con ella interactuaban en una visión sistémica. La naturaleza es un sistema cerrado de recursos, el agua, aire y tierra que no se destruyen, se transforman y reciclan para transformarse en otros recursos. Sólo el sol es un recurso natural externo. La sociedad también es un sistema cerrado con categorías individuales y colectivas que transforman la naturaleza, produciendo materiales que dependen fundamentalmente de la preservación del hábitat.

El conocimiento en la Cultura Andina

La sociedad andina, de origen Aymara, estableció largos períodos de florecimiento del conocimiento de la naturaleza, del dominio tecnológico y de la organización social que, debatiéndose en problemas propios de toda sociedad humana imperfecta, preservaban sus conocimientos basados en la cosmovisión del mundo y garantizaban el equilibrio de medio ambiente.

Desde las culturas prehispánicas, la civilización andina fijaba su atención en la naturaleza y sus leyes de transformación probabilística relacionada con la periodicidad de los fenómenos celestes, concebían el universo como un ser vivo y la tierra donde vivían y producían era parte inseparable de él. Esta forma de ver el mundo es la base de la Cosmovisión Andina, caracterizada por el pensamiento dual de opuestos complementarios y la ritualidad en el origen de la vida, donde el hombre respeta las fuerzas naturales del Sol y la Luna y venera la Tierra o “*Pachamama*”², y en esa reciprocidad el cosmos se mantiene en equilibrio. Esta visión cósmica de las cosas es aplicada también en la concepción espacial del territorio, el emplazamiento arquitectónico, las técnicas constructivas y el lenguaje oral, que son reflejos de integridad y equilibrio aún vigentes en gran parte de la población andina.

¹ SALINAS, Fernando. 1988, “La Cultura de la Vivienda Cubana”, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil.

² Término Aymara utilizado para designar a la Madre Tierra o Diosa de la Tierra.

La concepción espacial de la vivienda era considerada en dimensiones filosóficas menos cosificadas y menos objetuales, más allá de las entidades que estudia la metafísica; Martín Heidegger acuerda con esto cuando ve el espacio de vivienda como la esencia del ser humano; según él, “*la vivienda representa el cielo, la tierra, las divinidades y los mortales, resumidos en forma y espacio, lo sagrado y lo profano, creencias y cotidianidad, cuerpo y espíritu, fuego y agua, ritos y mitos, vida y muerte*”³, que se diferencia de la concepción moderna de la sociedad industrial que estudia la vivienda en una lógica cartesiana, donde el espacio es la extensión constitutiva de las cosas, “*es el espacio donde las cosas están, es matemático, calculable, medible, operable en función de los entes que lo ocupan*”⁴.

De estos conocimientos quedan todavía muchos ejemplos en la región andina, especialmente en edificaciones hechas en base a tierra; de estos ejemplos podemos citar: la vivienda productiva de la cultura *Chiripa*⁵, (Foto 1) viviendas circulares de la cultura *Wankarani*⁶, la vivienda *Chipaya*⁷, espacios sagrados de Chan Chan⁸ en Perú, recintos mortuorios de *Chullpares Aymaras*⁹; en cada caso se aplicaron altos conocimientos técnicos cuyos resultados podemos verificar en los restos arqueológicos del territorio andino. Asimismo estos conocimientos se extendieron a infraestructura básica como los acueductos construidos con mampostería de piedras, los “*sucakollos*”¹⁰, actualmente en uso, y los “*andenes*”¹¹ para el cultivo en terrenos

³ Citado por Roberto Segre en su libro *Hábitat Latino Americano*, 2001. Pag. 26.

⁴ RIVERA E. Jorge. 2001 “Heidegger y Zubiri”, Ed. Universidad Católica de Chile. Cap. 5 “El Espacio en Ser y Tiempo”. Pág. 79.

⁵ Construcciones uni habitacionales, (año 200 d.c.) levantadas sobre plantas rectangulares con dobles muros separados a unos 50 cm. a modo de alacenas llegando hasta la altura del techo para almacenar alimentos para el autoconsumo. Los materiales utilizados eran piedra y “*tepes*”, bloques de tierra de formas regulares e irregulares, extraídos del mismo sitio (“*Arquitectura Prehispánica*”, Arq. Javier Escalante, 1998).

⁶ Habitaciones de geometría circular (año 200 d.c.) que sintetiza la concepción de espacio sagrado y adecuado a la naturaleza. Esta forma tenía la finalidad de protegerse de las corrientes de viento evitando un impacto directo, los materiales eran “*tepes*” o bloques de tierra extraídos del mismo sitio. (“*Arquitectura Prehispánica*”, Arq. Javier Escalante, 1998)

⁷ Los CHIPAYAS son habitantes que pertenecen a la Nación originaria URU. Actualmente viven al sur oeste del departamento de Oruro cerca del Salar de Coipasa. Las características espaciales y formales de sus viviendas guardan mucha relación con la vivienda “*wankarani*” en cuya esencia se encuentra gran parte de la simbología del la cosmovisión andina.

⁸ Ciudadela construida con tierra (s. XIII y XV) en la cultura Chimú. Ubicada en el valle del Moche a orillas de la costa norte del Perú. Utilizando adobes rectangulares y trapezoidales en los muros, estampados con figuras de barro en altorrelieve.

⁹ Construcciones funerarias de forma de paralelepípedo abovedada en la parte interior. Utiliza enrollados de barro y paja en forma de panes alargados. Se encuentra a lo largo del altiplano de Bolivia y Perú.

¹⁰ Los Sucakollos son técnicas de riego que consisten en pozos y ductos naturales, excavados cerca de las áreas de cultivo, que sirven para almacenar agua y humedecer las raíces de los cultivos por absorción natural de la tierra.

¹¹ Los andenes son construcciones de áreas de cultivo en forma de terrazas en las zonas altas y con pendiente. El drenaje de las aguas evita la erosión de los suelos.

de alta pendiente, con los cuales se evitaba la erosión de los suelos; *“la agricultura del Imperio Incaico era altamente productiva, menos del 30% de la población producía para todo el imperio”*¹².

La llegada de los españoles a América, a diferencia de la relación de respeto e independencia cultural que tuvieron anteriormente con las civilizaciones africanas, islámicas y orientales, se caracterizó por una actitud de conquista, destrucción y sustitución de las culturas locales, esto generó cambios económicos, sociales y un sincretismo cultural profundo; en el cual prevalecen aún los conocimientos y saberes del pensamiento andino con su compleja y a la vez sencilla forma de concebir el mundo.

Hoy, la población andina, enfrentada a un desarrollo económico desigual, se debate entre el modernismo y la tradición de su cultura; esta dicotomía se manifiesta, por una parte en el crecimiento de las ciudades con múltiples problemas sociales, culturales y de servicios y por otra la sociedad rural, con una arraigada tradición cultural donde parecería haberse estancado el desarrollo y donde los beneficios de la modernidad no llegan.

La población rural en Bolivia vive con una economía de subsistencia en áreas ambientalmente frágiles y una profunda pobreza local expresada en su estilo de vida y principalmente en la precariedad de sus construcciones hechas de adobes, tapias, pajas y otros materiales naturales, precariedad que se reproduce en las periferias de las ciudades como consecuencia de las migraciones; en esta realidad la población campesina debe afrontar la necesidad de sobrevivir en medio de modelos económicos de mercado con fuerte influencia de la racionalidad modernista especialmente en la forma de consumo cultural. (Foto 2)

Esta situación se presenta como un desafío a todos nosotros, trabajar para preservar y fortalecer los valores de los saberes de la tradición andina que son posibles de mantener e incorporar conocimientos nuevos y válidos para el presente, sin dejar de considerar el factor humano y los recursos naturales como principales capitales sociales y protagonistas del mejoramiento de la calidad de vida de los asentamientos humanos urbanos y rurales.

Experiencias contemporáneas

El problema de proporcionar vivienda en los países de escaso desarrollo, en gran parte se debe a las reformas políticas y económicas orientadas a la privatización, que afecta al mercado de la construcción con la promoción de nuevos materiales “modernos”, que se diferencian de los materiales naturales por su alto costo, mayor consumo energético y por ser contaminantes del medio ambiente si no son bien empleados, esta situación ha tenido un impacto culturalmente negativo en sectores de la población rural que, olvidando sus

¹² EARLS John / GRILLO Eduardo / ARAUJO / KESSEL Jan Van, – 1990, TECNOLOGIA ANDINA Una Introducción, Editorial ISBOL, La Paz. 226 pp.

tradiciones y costumbres, prefieren utilizar estos materiales pretendiendo mostrar una imagen de mayor estatus económico y social en desmedro de su propia identidad. (Foto 3)

En esta realidad y atendiendo los principios de la cumbre de HABITAT +5 que en junio de 2001, aprueba la actualización del Plan de Acción Regional de América Latina y el Caribe para los Asentamientos Humanos, en cuyo documento se incluye un compromiso por “*Abordar, de manera integral, la precariedad de los asentamientos informales existentes en nuestras ciudades y áreas rurales, facilitando el acceso a los servicios básicos y vivienda...*”¹³, en Bolivia se están desarrollando proyectos de transferencia tecnológica de construcción con tierra y de mejoramiento de vivienda para comunidades peri urbanas y rurales, que podrán ser exitosos en la medida en que tengan impacto en el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores:

a) Proyecto Lak’a Uta.-

El proyecto fue iniciado en 1991 en el altiplano del departamento de La Paz; es ejecutado actualmente bajo la responsabilidad de dos organizaciones, la ONG Servicio de Asentamientos Humanos en Bolivia SAHB y la ONG Servicio Danés Internacional de Asentamientos Humanos DIB, con el financiamiento de la secretaría de Desarrollo del Gobierno de Dinamarca, DANIDA. Inicialmente el proyecto se desarrollo en forma experimental con el uso de adobes cuya característica principal fue adecuar su forma y tamaño a la construcción de bóvedas auto sustentada de forma parabólica con una técnica cuyo origen se remonta a la antigua Mesopotamia y a la arquitectura de Hassan Fathy. (Foto 4)

El proyecto Lak’a Uta (Casa de Tierra), pretende trascender la concepción de proyecto experimental y convertirse en un verdadero concepto de vida expresada en la vivienda ecológica, utilizando mano de obra de los usuarios, recursos materiales y energéticos naturales para mejorar la calidad ambiental y aportar en el desarrollo sostenible rural. Después de varios programas de capacitación de la técnica constructiva, aparentemente ajena a la tradición local de la población, ha permitido la diseminación del proyecto por gran parte de la región del altiplano donde, utilizando la técnica se construyeron viviendas, escuelas, postas sanitarias y centros culturales en base a esta técnica y tienen finalmente una aceptación social, que solamente puede ser explicado por el reconocimiento de que la tierra como material de construcción fue y es parte intrínseca de su cultura.

b) Programa de Mejoramiento de Viviendas contra el Chagas.-

El Chagas es una enfermedad de larga duración que contraen las personas por la picadura de un parásito – Trypanosoma cruzi- comúnmente conocido como Vinchuca. Los niños que lo contraen pueden vivir sin

¹³ DOCUMENTO Objetivos Generales del Plan de Acción Regional de América Latina y el Caribe sobre Asentamientos Humanos (HÁBITAT + 5), 2001, Pág. 6.

mayores síntomas hasta los 40 años que se manifiesta produciendo alteraciones cardíacas y del esófago hasta llevarlo a la muerte. En Bolivia se encuentra en un 60% de su territorio, principalmente en las zonas de los valles, afectando a cerca de un millón y medio de personas con una incidencia de hasta un 70% en zonas rurales y peri urbanas. Las construcciones precarias hechas de adobes o tapias agrietados, son un buen alojamiento para la Vinchuca, insecto que escapa a la luz y se alimenta de residuos orgánicos.

El mejoramiento de las condiciones de habitabilidad con el uso adecuado de los materiales y un plan de mantenimiento y acondicionamiento técnico de las viviendas, es una tarea fundamental para prevenir la enfermedad del chagas, esto es posible alcanzar asociando el proyecto a un programa educativo y de capacitación de los pobladores; Este es el objetivo principal del proyecto de Asentamientos Humanos que desarrolla la fundación PRO HÁBITAT, que a través de programas de capacitación fomenta la participación comunitaria para convertirse en protagonistas del mejoramiento de sus condiciones habitacionales.

La intervención del proyecto abarca asistencia técnica para el mejoramiento de las viviendas para el control y prevención del Chagas; micro crédito, capacitación y asesoramiento permanente para la manutención de la vivienda saludable con tareas básicas de mejoramientos de la calidad de los adobes, revoques y pintura de muros, mejoramiento de cimientos, techos, aleros y cornisas, apoyados por talleres de albañilería, talleres de construcción de fogones y cocinas, seguimiento de promotores comunitarios del proyecto para el buen uso de los materiales. (Foto 5)

El trabajo que ha estado realizando Pro Hábitat ha sido reconocido a nivel internacional con la obtención del Premio Mundial de Hábitat del año 1999 otorgado por la Building and Social Housing Foundation en sociedad con el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UNCHS-Hábitat) de Nairobi, al Programa Chagas 2000, seleccionado como el mejor proyecto en el campo de mejoramiento habitacional llevado a cabo en países en desarrollo.

c) Innovación Tecnológica y Diseño constructivo.-

La innovación es un proceso que necesariamente genera algún cambio, por tanto, detrás de toda innovación hay un acto de creatividad. Este es un aspecto de mucha preocupación y muy extendida en América Latina por la formación para la innovación, bajo el principio de aprender a innovar, a participar y anticiparse a futuros acontecimientos. En el caso de los centros de educación superior como las facultades técnicas, arquitectura y construcciones, nos enfrentamos a una preferencia generalizada de estudiantes y profesores por aprender y preservar conocimientos convencionales; con tendencia a proteger acciones y prácticas de ideologías dominantes en la actividad profesional que tiene una razón de ser porque protegen intereses económicos de un mercado de la construcción que privilegian la comercialización de materiales llamados

“modernos” en desmedro de otros materiales naturales, ecológicos como es el caso de la tierra como material de construcción.

En esta línea conceptual se ha desarrollado en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes¹⁴, prácticas curriculares de enseñanza y aprendizaje del diseño constructivo con la participación de los estudiantes en la producción de elementos constructivos para vivienda de bajo costo. El concepto fundamental de esta experiencia esta basado fundamentalmente en los principios de la formación para la innovación; este tema no puede desarrollarse al margen de la teoría y la proyectación arquitectónica, por tanto, es un proceso que toma como motivación y complemento principal al diseño arquitectónico de viviendas de interés social. (Fotos 6)

Los objetivos principales de esta experiencia fueron: a) El diseño de componentes constructivos con el uso de la tierra como principal material constructivo; b) El diseño bajo los principios de la prefabricación para el proceso de producción de los componentes diseñados a fin de adecuarlos a una producción masiva y c) La reducción de los gastos de energía en la producción de los materiales.

La experiencia es desarrollada por los estudiantes de tercer año en la asignatura de Procesos Constructivos III, en grupos de seis personas; se inicia con la justificación de una idea primaria que culmina en un anteproyecto, bajo la dirección del docente y tomando en cuenta la experiencia acumulada en el Instituto de Investigaciones durante varios años, se desarrolla el proyecto final para concluir con la fabricación del elemento a escala natural y con los materiales previstos.

Consideraciones Finales

A la par del desarrollo del conocimiento humano y social, es necesario profundizar las investigaciones de carácter tecnológico, tanto en los materiales de construcción con normas técnicas para su utilización, como en la evolución de las energías que transforman los materiales y mejoran la calidad de los espacios construidos.

Las transferencias de tecnología deben hacerse tomando en cuenta las raíces culturales, la idiosincrasia, las costumbres y tradiciones de la población, ya que también se transfieren valores culturales que se reproducen con las tecnologías.

Felizmente en América Latina existe una larga experiencia y práctica en la producción social; en las últimas tres décadas han surgido movimientos de la sociedad civil contribuyendo a las prácticas comunitarias y populares que van perfilando proyectos distintos, rescatando la relación hombre-naturaleza para articularlos con los beneficios de la innovación y los avances científicos y tecnológicos.

¹⁴ Practicas de Investigación sobre Diseño Constructivo con materiales alternativos en la Facultad de Arquitectura de La Paz, asignatura de Procesos Constructivos desde 1998 hasta 2003

BIBLIOGRAFÍA:

ESCALANTE Javier, (1994): “Arquitectura Prehispánica”, Editorial CIMA, La Paz Bolivia.

RED HABITERRA - CYTED (1995): “Catálogo construcciones con tierra”, Editorial ESCALA, Bogotá Colombia.

GISBERT DE MESA Teresa (1995): “Los Chullpares del Río Lauca”, Editorial de la Academia Nacional de Ciencias. La Paz.- Bolivia.

MILLA VILLENA, Carlos (1992): Génesis de la Cultura Andina”, Editorial Amautica, Lima - Perú

EARLS John / GRILLO Eduardo / ARAUJO / KESSEL Jan Van (1990): “Tecnología Andina”, Editorial ISBOL, La Paz. - Bolivia.

SEGRE, Roberto (1999): “Hábitat Latinoamericano, Fuego y sombra, opulencia y precariedad”, Editorial Arquitectura, Río de Janeiro – Brasil.

BACHELARD, Gastón (2000): “La poética del espacio”, Fondo de Cultura Económica de México.

PLAN DE ACCION NN.UU. (2001): “Plan de Acción Regional América Latina y el Caribe” Nueva York – EE.UU.

RIVERA, Jorge (2001): “Heidegger y Zubiri”, Editorial Universitario Santiago de Chile.

HÁBITAT II, NN.UU (1996): “Conferencia de las NN.UU. sobre los Asentamientos Humanos”, Estambul – Turquía.

VAN DEN BERG, Hans y SCHIFFERS, Norbert (1993): “La Cosmovisión Aymara”, Hisbol / UCB, La Paz – Bolivia.

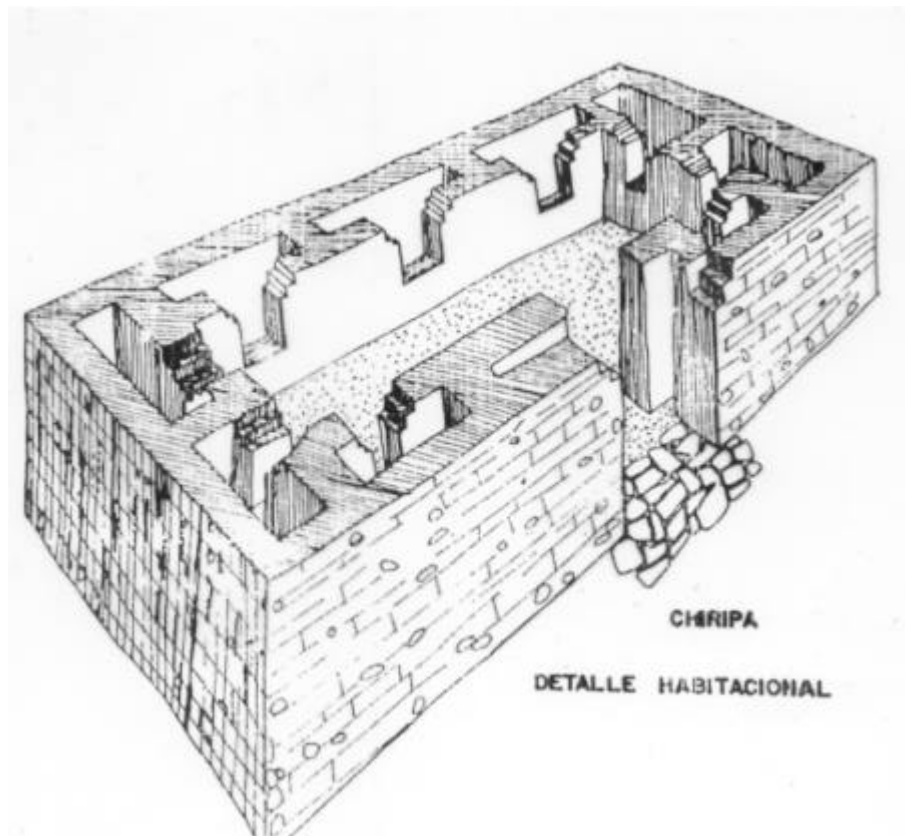


Foto 1: Restos arqueológicos reconstruidos de una vivienda productiva de la Cultura Chiripa hecha de adobes y piedra. (Arquitectura Prehispánica, Arq. Javier Escalante, 1998)



Foto 2: Precariedad constructiva en una vivienda rural en el Altiplano de Bolivia (Foto: A. Calla)



Foto 3: Viviendas de la periferia urbana con planta baja edificada con adobes, planta alta de ladrillo y cubierta de calamina. (Foto: A.Calla)



Foto 4: Prototipo de Lak'a Uta - Casa de Tierra en la localidad de Lahuachaca, del departamento de La Paz - Bolivia. (Foto: A. Calla)



Foto 5: Vivienda mejorada con revoque de cal sobre adobe para prevención contra la enfermedad del Chagas (PRO HÁBITAT 2003)



Foto 6: Innovación y creatividad en cursos de capacitación en la Facultad de Arquitectura de La Paz.

A Terra E A Habitação Social como Ferramentas De *Empowerment* das Comunidades Locais – Uma Experiência em East London, na Africa Do Sul

Jean d'Aragon

Mcgill University School of Architecture, Macdonald-Harrington bldg, 815 Sherbrooke W. Montreal, Canada H3a 2K6.
Telefone: (1) 514-935-9293. correio eletrônico: jean.daragon@mail.mcgill.ca

Resumo

O artigo trata de um projeto de habitação de baixo custo em East London, África do Sul. Através da introdução da tecnologia dos Blocos de Terra Comprimida (BTC), o projeto reintroduziu, com sucesso, o uso de um material tradicional na construção de moradias em áreas urbanas. Maximizando o uso de recursos locais (materiais e humanos), o projeto visou utilizar a habitação como meio de promover o desenvolvimento local e de trazer mudanças sócio-econômicas positivas para a comunidade, com um mínimo impacto negativo no meio ambiente local e global. Fazendo uso da terra, o projeto introduziu a noção de terra como um material nobre local. Essa nova percepção de um material simples e facilmente acessível ajuda as comunidades a reduzir sua dependência de componentes, tecnologia e materiais manufaturados e/ou importados. Buscou-se favorecer soluções que respeitassem e correspondessem ao “know-how” local e aos valores culturais da comunidade que irá beneficiar-se do projeto.

Abstract

This paper is about a low cost housing project in East London, South Africa. Through the introduction of the Compressed Earth Block technology, the project successfully reintroduced the use of a traditional material in housing built in urban areas. By maximising the use of local (material and human) resources, the project aimed to use housing as a way of promoting local development and of bringing positive socio-economical changes to the community, while having a minimal negative impact on the local and global environment. By using earth, the project introduced the notion of earth as a noble local material. This new perception of a humble and easily obtained building material is helping the communities to reduce their dependency on foreign and/or manufactured materials, components and technology. It tried to favour solutions that are respectful and correspond to the local know-how and the cultural values of the community that will benefit from such project.

Palabras clave: Moradia económica; Desenvolvimento local; Blocos de terra comprimida (BTC)

Key words: Low-cost housing; Local development; Compressed earth blocks (CEB)

Este artigo trata de um projeto de habitação de baixo custo em East London, África do Sul. Através da introdução da tecnologia dos blocos de terra comprimida (btc), o projeto reintroduziu, com sucesso, o uso de um material tradicional na construção de moradias em áreas urbanas. Maximizando o uso de recursos locais (materiais e humanos), o projeto visou utilizar a habitação como meio de promover o desenvolvimento local e de trazer mudanças sócio-econômicas positivas para a comunidade, com um mínimo impacto negativo no meio ambiente local e global. Fazendo uso da terra, material que abriga mais de um terço da humanidade, na construção de edifícios modernos, o projeto introduziu a noção de terra como um material nobre local. Essa nova percepção de um material simples e facilmente acessível ajuda as comunidades a reduzir sua dependência de componentes, tecnologia e materiais manufaturados e/ou importados.. O projeto visou contribuir na busca de soluções locais para o problema universal da habitação mais do que procurar soluções universais para os problemas de habitação locais. Também tentou demonstrar como a habitação, se bem concebida, pode ser um agente poderoso na sustentação de outras necessidades locais, como educação, saúde e economia. A solução de utilizar os recursos locais seria simples o suficiente para facilitar a transferência de tecnologia enquanto enraíza uma tecnologia saudável que serviria para propósitos educativos. Por essas razões, buscou-se favorecer soluções que respeitassem e correspondessem ao “know-how” local e aos valores culturais da comunidade que irá beneficiar-se do projeto.

Ao longo da história de co-habitação com os brancos, os negros, mestiços e índios da África do Sul sempre foram impedidos de dirigir seu próprio destino. Apesar do otimismo que seguiu à eleição de 1994, o país ainda tinha que enfrentar um gran desafio de recuperação e reconstrução em vários níveis. O resultado da primeira eleição democrática da África do Sul em abril de 1994 foi o início de um importante desafio para as populações negra (75%), mestiça (8,6%) e índia (2,6%) da jovem república Sul-Africana. Somando-se aos desafios já enormes desses grupos, resultado da pouca atenção dispensada à educação, saúde, água e saneamento, o fornecimento de moradias adequadas foi outra das prioridades do novo governo Sul-Africano. A nova administração herdou do antigo regime *apartheid* um déficit de 1.5 milhão de casas. Além disso, existia também uma demanda de 220.000 novas moradias todos os anos face ao crescimento regular da população sul-africana de 42,5 milhões de habitantes (2,26% anualmente), 66% dos quais vivem nas cidades e suas periferias. Aproximadamente 61% das famílias urbanas vivem em moradias formais ou dividem uma moradia formal com outra família; estima-se que 13.5% vivam em habitações invadidas através do país e aproximadamente 5.2% vivam no setor privado, setor nebuloso (alojamentos privados construídos em áreas públicas) e o setor público de alojamentos (Department of Housing White Paper 1995). O projeto foi o resultado de um acordo entre a *Van der Leigh Habitat Foundation* (VLH) de Amsterdam, a *East London Municipality* (ELM) e o *CRATerre-EAG* (International Centre for Earth Construction-École d'Architecture de Grenoble) da França, estabelecendo um programa de Transferência de Tecnologia para transmitir e disseminar a tecnologia francesa de construção com terra para os parceiros locais de East London.

East London situa-se na foz do rio Buffalo e é a segunda cidade mais importante do Eastern Cape, depois de Port Elisabeth. Suas conexões ferroviárias para King William's Town e Johannesburg evocam o passado de East London como uma importante cidade portuária do Oceano Índico. Esparsamente populada quando da sua fundação em 1947, serviu como porto para as tropas imperiais habitantes, e o seu crescimento populacional projetado de 5% poderia ser atribuído principalmente à imigração oriunda de Ciskei and Transkei - territórios rurais criados respectivamente em 1981 e 1976 nas porções oriental e ocidental de East London, onde a população Xhosa foi forçada a reintegrarse no tempo do apartheid. A população não-européia de East London, da qual 80% é Xhosa (incluindo Nelson Mandela e Thabo Mbeki, os dois primeiros presidentes da nova democracia), é altamente politizada. Não é surpreendente saber que East London estava envolvida nas primeiras batalhas contra a *apartheid*. Enquanto o *Central Business District* (CBD) de East London se deteriora, novas construções e novos bairros habitacionais surgem na periferia. É nesse novo ambiente que a população branca e a nova burguesia negra vivem longe da extrema pobreza que é tão evidente na área da cidade, onde os *hawkers* (vendedores ambulantes) descem das favelas, dando vida às calçadas do CBD.

Embora tenha havido melhorias na vida dos residentes de East London, somente 2/3 da força de trabalho estão empregados, e desse grupo, o 16% trabalha no setor informal. Em 1997, a necessidade de moradias entre todos os residentes, incluindo aqueles assentados informalmente, aumentou para 30.000 (Makalima 1997). Outros relatórios mais realistas, que consideram outras formas de habitação informal como quartos alugados e barracos de fundo de quintal (moradias informais no terreno ao redor de uma casa, pelas quais os moradores pagam um aluguel), re-estimaram as necessidades habitacionais de 2002 num total de 50,000 unidades (Cidade de East London 1998a). Também constatou-se que 30% das famílias na periferia da cidade não tinham escritura do imóvel. As áreas do centro e do setor industrial estão hiper-populadas e são freqüentemente ocupados por assentamentos ilegais. As autoridades locais são muito tolerantes com esses arranjos provisórios para habitação, particularmente desde que o processo de entrega das moradias formais não dá conta da demanda.

East London é certamente uma das regiões mais dinâmicas na aplicação do *Programa de Reconstrução e Desenvolvimento* conhecido como RDP (ANC 1994). Sendo uma das regiões mais pobres da África do Sul, está entre as prioridades do RDP's. Embora diversos projetos habitacionais tenham sido implementados a fim de promover melhores condições de moradia para as pessoas que vivem nos bairros de East London e seus arredores, a maioria deles jamais se preocupou com o planejamento do espaço em termos arquitetônicos e urbanos. Os arquitetos parecem ter sido ejetados do processo de planejamento há muito tempo pelos engenheiros que freqüentemente vêem a parte habitacional desses projetos como um produto secundário das estruturas a serem construídas. Não é incomum que os custos de infra-estrutura representem mais de 50% do orçamento total de tais projetos. Além disso, parece que cada aumento do custo se traduz numa habitação de dimensões mais reduzidas e de qualidade inferior, enquanto que a escala dos custos de infra-estrutura não é

nunca questionada. Esta situação reflete o fato de que, por muito anos as condições de vida da África do Sul pobre eram vistas em termos do mínimo possível a ser fornecido – a existência dos alojamentos ¹(*hostels*) são uma testemunha de tal período.

Nas áreas urbanas da África do Sul como East London, as casas subsidiadas são comumente feitas com blocos de concreto. Para os beneficiários, esse material de construção modular industrializado representa um elevado nível de desenvolvimento. Isso assegura aos moradores de que eles fizeram uma transição bem-sucedida de suas propriedades rurais para a cidade. Isso representa que eles completaram a jornada do *rondavel* (*rontawuli em Xhosa*) – uma cabana cilíndrica com telhado em forma de cone, feita com barro (tijolos de lama seca ao sol), taipa, folhas ou pedras, dependendo da região – para as cabanas feitas com materiais descartáveis e, finalmente, para uma casa subsidiada pelo governo, feita de blocos de concreto e com telhado de metal galvanizado ou folhas de amianto. Apesar da perda de qualidade da calefação e do conforto comparados ao das cabanas que eles haviam construído no campo, os residentes ficam orgulhosos das suas novas moradias de cidade e da importante imagem de sucesso que ela acarreta. O contraste entre o material local, simples e adequado ao clima e a qualidade inferior dos blocos de concreto e seu acabamento parece não importar aos novos moradores da cidade.

O fascínio pelo cimento e concreto livres de manutenção não justifica a falta de consciência crítica dos residentes com relação ao trabalho inferior. A erosão gradual do *know-how* de construção tradicional que prevalece particularmente na África do Sul desde a *apartheid* contribuiu indubitavelmente para esta atitude.

A condição de deterioração das moradias das cidadezinhas rurais ilustra como, mesmo quando casas tradicionais são construídas, os conhecimentos sobre métodos de construção tradicionais não são mais tomados como certos. Podemos tomar como exemplo os telhados de palha, que duravam de sete a dez anos, mas devido ao tratamento inferior, agora duram apenas por volta de dois anos.

Algumas vezes, materiais novos e importados acrescentam mais confusão ou mesmo perigo, quando misturados aos locais já existentes. Mesmo na área rural, não é incomum encontrar camponeses fazendo barro para construir suas casas como eles têm feito há gerações, mas usando o cimento como um agente estabilizador para os tijolos de argila crua, que podem secar ao sol. Naturalmente, alguém poderia argumentar que esses detalhes não são tão importantes em vista da tremenda carência habitacional desses

¹ A importância dos alojamentos (*hostels*) na África do Sul é inegável. Esses dormitórios enormes onde os trabalhadores migrantes viviam longe de suas famílias quase o ano todo aparecem como tristes testemunhas da era da *apartheid*. Eles são parcialmente responsáveis pela rejeição dos esquemas de habitações alinhadas e outras formas de densificação pela população que reclama o direito de viver em uma casa no meio do lote. Além, hoje não é sem problemas nem indignação da população que o governo sul africano está tentando reabilitar esses prédios (*hostels*), mesmo de forma imaginativa, para torná-los moradias familiares ou casas de cômodos, oferecendo aos mais pobres alternativas de acomodações compartilhadas.

grupos. Existem, entretanto, sérios problemas de segurança nesse método de construção, às vezes com conseqüências desastrosas. Quando os materiais e suas técnicas inerentes são incompatíveis, é possível causar tanto dano quanto um tremor de terra. Contudo, é difícil convencer os construtores disso, porque eles acreditam que o cimento deixa a estrutura mais forte. Esta situação não se restringe à África do Sul. Em muitos países em desenvolvimento, o desaparecimento do *know-how* tradicional – o processo de aculturação – começou há muito tempo com a chegada dos missionários que “consideraram o abandono de práticas econômicas tradicionais e da cultura material, incluindo a arquitetura, como mais um sinal visível das conversões, e esforçaram-se por promovê-lo” (Japha 1997: 8).

Identificação prévia e estudos bem fundamentados levaram em consideração a disponibilidade de materiais e as necessidades locais nesse contexto urbano. Notando o nível moderado de industrialização e os altos níveis de desemprego, descobriu-se que a tecnologia dos Blocos de Terra Comprimida era a mais adequada para East London porque se acreditava que o CEB daria a melhor resposta aos objetivos comuns dos três grupos (Garnier 1997).

O nível criticamente alto de carências habitacionais tem forçado governos a procurar assistência técnica e financeira externas para ajudá-los a desenvolver e implementar programas habitacionais. Não obstante a maioria dos políticos saiba que a falta de moradias nunca é um problema isolado, seu afã em manter o poder os impele a buscar resultados visíveis em curto prazo. A pressão de instituições de ajuda estrangeiras força a produção acelerada de moradias. Isso encoraja os administradores governamentais a escolher materiais e tecnologias estrangeiros, e mesmo balizar seus padrões de habitação e construção naqueles dos países industrializados. As conseqüências são um devastador impacto social, econômico e ambiental. Além de tudo, as condições habitacionais já miseráveis pioram porque o produto acabado está fora das condições financeiras dos grupos-alvo e desabona os recursos locais, tanto humanos quanto materiais. (UN 1976; UN 1990).

O objetivo por trás deste projeto era oferecer um programa de treinamento e habitação envolvendo a tecnologia do BTC (Blocos de Terra Comprimida), que não só ajudaria a reduzir a dependência de materiais e tecnologias importados, mas também a demonstrar a viabilidade de um modelo alternativo para programas habitacionais de baixo custo. O ideal seriam casas com qualidades espaciais, materiais e de acabamento melhores do que as normalmente encontradas no mercado. Elas seriam oferecidas a custos competitivos e criariam mais empregos para trabalhadores habilitados ao interior das comunidades. O uso de materiais locais contendo menos poluentes e/ou menos energia agregada que a normalmente utilizada, reduz o impacto negativo da indústria habitacional sobre o meio ambiente. Nesse projeto, nós utilizamos o material local, a terra *Sabungga* que é um material inerte, encontrado diretamente abaixo da superfície do solo. Como o solo da superfície é inútil para a construção, ele é colocado de lado para a extração e então recolocado para que possa ser normalmente utilizado para a agricultura como antes. O solo *Sabungga* pôde ser manualmente

extraído. Embora precise ser passado manualmente em uma peneira para ser purificado dos pedriscos maiores e das pedras, ele não requer nenhuma outra transformação para tornar-se o componente principal dos Blocos de Terra Comprimida.

Com poucas exceções, os recém-chegados relutam em utilizar os materiais e técnicas tradicionais quando eles se mudam da área rural para as cidades. Sua forma tradicional de construir os lembra da miséria deixada para trás. Todavia, olhando de perto o lixo e os barracões de sucata que compõem os assentamentos informais, é possível ver indícios da tradicional cultura de construção camponesa. Esses assentamentos, embora diferentes em tamanho e densidade, compartilham similaridades como os anteriores em termos espaciais ou uso, detalhes de construção ou soluções para problemas ou necessidades diferentes. Por exemplo, uma porta de estábulo de dois painéis é uma vantagem para uma cabana na área rural. O painel inferior pode ser fechado impedindo os animais de escapar, e o superior pode ser mantido aberto para entrada de ar e luz fornecendo arejamento necessário para o fogo. Essa não parece entretanto, ser uma vantagem óbvia para habitações em bairros informais. O pequeno número de animais encontrados nos assentamentos informais não justificaria o uso de tais portas nas choupanas da periferia. Por outro lado, esse tipo de porta é enormemente útil para facilitar a ventilação, ajudando a sair a fumaça de parafina que, caso contrário, acumularia. O painel inferior, quando fechado, previne alagamentos dentro da choupana quando de chuvas fortes imprevistas, função que exerce também nas áreas rurais. Esse e outros exemplos parecem sem importância, mas fazem parte da cultura de construção do grupo, que foi se adaptando através do tempo para responder a novos problemas e necessidades. Para os moradores, eram significativos o suficiente para que investissem tempo projetando soluções eficazes. Arquitetos ou engenheiros que pretendem projetar casas mais saudáveis e amigáveis ao ambiente para pessoas que vivem no assim chamado padrão habitacional inferior deveriam considerar tais detalhes no seu projeto. Se através do seu estudo eles não encontram soluções, terão ao menos uma idéia mais clara dos problemas.

Embora a terra seja provavelmente o material de construção mais antigo utilizado pelo homem—ela ainda abriga 1/3 da humanidade—os Blocos de Terra Comprimida estão associados à idéia de um produto novo e industrializado, um papel chave na aceitação do produto tanto por trabalhadores como por residentes, num contexto urbano como o de East London.

A primeira intervenção teve lugar entre setembro e dezembro de 1997, em seis favelas diferentes de East London e periferia: *C.C. Lloyd, Cambridge, Duncan Village, Scenery Park, West Bank* e *Mdantsane*, esse último, um bairro fora de East London que foi criado no começo da década de 70, o segundo maior da África do Sul depois de Soweto. Desses 6 bairros, 30 homens não habilitados foram selecionados para participar do BTC (Blocos de Terra Comprimida)-programa de treinamento para produção e trabalho de alvenaria. O local do *C.C. Lloyd Community Centre Township* tornou-se nosso quartel general e primeiro lugar de treinamento. Eles nos forneceram um teto sob o qual pudemos ensinar o ofício do CEB (Blocos de

Terra Comprimida), e estocar os blocos para o treino do trabalho de alvenaria. Compartilhar o espaço do *C.C. Lloyd Community Centre* com um dos nossos parceiros locais, *Buffalo Flats Community Development Trust*, uma ONG muito ativa nas comunidades, forneceu uma base muito consistente para compreender a realidade das necessidades e do cotidiano dos bairros.

Como parte da nossa estratégia para envolver o tanto quanto possível os parceiros locais no nosso projeto, os *trainees* (aprendizes) foram para o *East Cape Training Centre*, cuja base é em East London, a fim de receber as noções básicas do ofício da alvenaria. Poucas semanas mais tarde, os *trainees* voltaram para o *C.C. Lloyd Township* para o seu treinamento *in loco*, erigindo suas primeiras paredes de alvenaria, fechando a estrutura de aço aberta que havia no *C.C. Lloyd Community Centre*. Além de acomodar os 30 *trainees* ao mesmo tempo, isso foi uma oportunidade para consolidar os equipamentos comunitários. Depois de completar o centro comunitário, os 30 *trainees* estavam prontos para se dividir em pequenos grupos para construir casas iniciais para demonstração nos cinco bairros remanescentes.

No fim desse primeiro estágio do projeto, com duração de quatro meses, nós havíamos construído somente três das seis casas iniciais previamente planejadas. Pelas primeiras intervenções *in loco* era evidente que a população local estava começando a aceitar que os Blocos de Terra Comprimida eram um material de construção superior ao concreto. As pessoas experimentaram um grande conforto físico nas casas construídas com blocos de terra, que não se tornavam desconfortavelmente quentes no sol do meio dia como as casas de bloco de concreto. Por conta da alta qualidade do trabalho de assentamento dos blocos e, como consequência, o fato de que as paredes feitas com dessa forma não precisavam de acabamento com massa, as pessoas tendem a comparar as casas feitas com Blocos de Terra Comprimida às feitas com tijolos. Estas casas têm mais prestígio, com um padrão de acabamento de nível mais alto. Além do mais, o material em si é um símbolo de permanência que pode ser traçado voltando aos padrões de assentamento dos pioneiros *Boer*. (Hilton 1998: 226).

A fim de garantir a permanência do projeto, nós aplicamos uma série de testes nos Blocos de Terra Comprimida, procedimentos necessários para ter o novo material aprovado pelo governo Sul Africano. Isso significaria que as casas construídas com os Blocos de Terra Comprimida seriam elegíveis para o esquema de subsídios habitacionais do governo, abrindo o mercado para a nova indústria local. Depois de construir uma parede de demonstração com os Blocos de Terra Comprimida, a última etapa, com sucesso passou por uma série de testes sob a supervisão do *South African Bureau of Standards (SABS)* no *C.C. Lloyd Township* em East London, em dezembro de 1997. Esse passo foi significativo para receber a aprovação para as moradias CEB por toda a África do Sul.

Como consequência dos resultados positivos da nossa abordagem, o projeto prosseguiu nas fases subsequentes de implementação. Um novo protótipo de casa geminada foi construído em maio de 1999 e foi

então avaliado e re-adaptado. Algumas casas mais tarde, o projeto, agora dividido em dois componentes - Produção de Blocos de Terra Comprimida e Construção de Casas - tinha agora atingido uma capacidade de mais de 150 casas por ano com a perspectiva de eventualmente atingir sua capacidade total de 450 casas por ano.

Esses números podem não impressionar quando comparados com a carência tremenda do setor ou com os programas de habitação em massa em outras regiões de países em desenvolvimento. Tendo em mente metas de longo prazo, este projeto de moradias tem o potencial de dar às comunidades maior independência de materiais e tecnologias importados tanto quanto de ajuda estrangeira. Muitos projetos de moradia em massa alegam produzir casas mais eficientemente, mas a tecnologia empregada em nosso projeto é, de fato, mais adequada para ser adotada por construtoras e empreiteiras locais. É importante salientar aqui que, falando de maneira geral, os salários nos países em desenvolvimento são baixos demais para justificar uma abordagem de construção envolvendo métodos de alta tecnologia. Nesse contexto, o uso de maquinaria deveria ser reduzido ao mínimo, gerando mais oportunidades de emprego para trabalhadores braçais do interior das comunidades. Da mesma maneira, o tamanho dos componentes da construção deveriam ser pensados para ser compatíveis com os componentes de construção existentes localmente, utilizados pela maioria. Seguindo essa idéia, as casas deveriam ser projetadas e construídas de um jeito que facilitasse modificações pelos usuários no decorrer do tempo. Um sistema de construção complicado não oferece esta possibilidade. (Spence 1993).

Apenas ceder abrigo para os pobres que vivem em assentamentos invadidos não é suficiente para aliviar os problemas decorrentes da pobreza. Se nós insistimos que a maior parte do dinheiro envolvido num projeto habitacional deve ficar na comunidade onde o projeto se estabelece, é porque isso funcionaria como se estivéssemos investindo quatro vezes o montante inicial na economia local. O dinheiro investido na comunidade irá multiplicar e gerar uma economia interna, ajudando os residentes a funcionar como um grupo autônomo. Neste projeto, o produto não são somente casas mas também um mecanismo que fortalece a comunidade. Assim, inicia-se um movimento através do qual as pessoas que realmente necessitam não estão apenas recebendo uma casa passivamente, mas, de alguma forma, estão tornando-se parceiras na indústria da construção de moradias, enquanto não são excluídos dos benefícios do negócio de construção de casas com baixo custo. A habitação deixa de ser uma coisa pela qual eles estão implorando e torna-se uma oportunidade de trabalho bem remunerado, com ganhos em qualificação profissional e orgulho pelo bom trabalho.

A importância da participação do usuário tem sido destacada nos últimos 30 anos. Do papel passivo do receptor, o usuário é promovido ao papel ativo de construir sua própria moradia. Sem sermos contra tal posição, acreditamos que ela deva ser cuidadosamente considerada de acordo com o contexto. Embora a auto-ajuda tenha tido muito apoio nos anos 60 e 70 (Turner 1972; 1976), é difícil acreditar que possa

encontrar lugar em um contexto urbano de países em desenvolvimento hoje. (Ward 1982). Já nos anos 60 Charles Abrams questionava a sua eficiência, argumentando que os moradores urbanos seriam sempre pegos por um ciclo interminável de procura por oportunidades de trabalho e emprego, e conseqüentemente, a moradia nunca seria completada. (Abrams 1964: 164-181). Compartilhando esta linha de pensamento, treinar pessoas como construtores para si próprios estava fora de vista para o nosso projeto. É improvável que seja um bom investimento gastar dinheiro em treinamentos dispendiosos para construtores que construiriam pra si mesmos produzindo apenas uma ou duas casas durante suas vidas. Nossa posição é que, num contexto urbano, teria um impacto maior na economia local se o tempo e habilidades usadas em programas de treinamento fossem investidos em ensinar técnicas de construção para talvez um número menor de pessoas, mas concentrando energia em ajudá-los a tornar-se empreiteiros ou sub-empreiteiros. Nós não nos sentimos desconfortáveis com nossa posição pois a nossa experiência com os setores formal e informal nos mostrou que, à parte o fato de que este é o melhor jeito de trazer impacto positivo na economia local, esta opção tem alta probabilidade de promover grande disseminação do *know-how* na comunidade. Por exemplo, nós sabemos que os novos empreiteiros e sub-empreiteiros irão treinar seus ajudantes, a maioria vinda da comunidade. Existem chances de que depois de um tempo os ajudantes se apropriem da tecnologia para construir suas próprias casas, até o ponto em que eles irão começar a trabalhar nos seus primeiros contratos em fins de semana ou feriados, e eventualmente, tornar-se-ão empreiteiros e/ou sub-empreiteiros.

Outro aspecto importante desse argumento diz respeito a programas de treinamento e/ou habitação e a escolha de tecnologia a ser empregada em projetos de desenvolvimento. Muitos arquitetos e engenheiros envolvidos em projetos habitacionais para países em desenvolvimento trabalham intensamente para projetar e desenvolver sistemas de construção muito sofisticados para “facilitar” a vida dos trabalhadores, que de acordo com as suas predições, não têm que saber nada sobre construção porque vão somente “montar as peças”, como um jogo de criança, até que a casa esteja construída como que por mágica. Nós discordamos desta abordagem. É nossa responsabilidade conceber treinamentos e/ou programas habitacionais que desenvolvam nas pessoas conhecimentos e habilidades, ajudando-os a apreciar o bom trabalho. Nós preferimos investir em pessoas habilitando-as a fazer um bom trabalho e orgulharem-se dele. Se por alguma razão o projeto termina abruptamente, os trabalhadores que estão treinados na alvenaria convencional estarão adequadamente qualificados para procurar um bom trabalho no mercado convencional. Dessa maneira, o investimento em ensinar as pessoas não é desperdiçado, como acontece algumas vezes em muitos projetos de habitação e desenvolvimento que utilizam tecnologias sofisticadas e pouco práticas.

Trabalhar com os setores informais nos mostrou como é difícil planejar metas de longo prazo para pessoas que estão lutando pela sua sobrevivência dia após dia. Um jeito de assegurar a permanência do projeto e de dar conta das metas que foram estabelecidas é planejar a sua implementação em vários estágios autônomos, de modo que os participantes tenham sempre um nível definido de qualificação, sendo gratificados com o recebimento de um certificado. Este tipo de treinamento de estágios curtos atende particularmente às

necessidades da maioria dos participantes vindos dos assentamentos informais (favelas). Com esta abordagem, os *treinees* que tenham que interromper o treinamento por razões econômicas, como quando eles encontram um trabalho temporário com um salário melhor, são incentivados a reintegrar o treinamento quando for possível sem ter que começar tudo de novo.

Tanto quanto discutir um projeto de habitação e treinamento na África do Sul, através deste artigo nós também tentamos demonstrar a importância do maior envolvimento do arquiteto na escolha da tecnologia e dos materiais utilizados no projeto de suas construções, sejam ou não moradias. Embora a importância de ser um arquiteto eficiente deva estar mais claramente evidente nos meios em desenvolvimento, onde as carências são tão tremendas e os recursos, tão escassos, nós acreditamos que isso também se aplica aos meios mais ricos. Os arquitetos, onde quer que estejam, não devem fazer suas escolhas de materiais e tecnologias limitados a cores, formas, texturas ou imaginários assim evocados. Se eles realmente querem um papel ativo no desenvolvimento sustentável, devem buscar sua inspiração em elementos práticos, como as qualidades estruturais, econômicas e ambientais do sistema construtivo escolhido. Enquanto discutindo o *empowerment* dos países pobres em desenvolvimento, esse artigo faz a reflexão sobre a noção de *empowerment* como um princípio geral. O artigo também destaca a importância do conhecimento do arquiteto, que deveria ser colocado ao serviço dos mais necessitados. É importante lembrar também que a escolha do material ou da tecnologia nunca será sem impacto, pois sempre afeta um país, uma região, uma comunidade, o meio ambiente ou a vida de alguém.

Bibliografía:

ABRAMS, C. (1964): *Housing in the Modern World*. London: Faber and Faber.

AMIS, Philip and Peter Lloyd. (1990): *Housing Africa's Urban Poor*. Manchester: Manchester University Press..

ANC (African National Congress) (1994): *The Reconstruction and Development Programme. A Policy Framework*, Johannesburg: ANC (African National Congress).

Building Advisory Service and Information Network (1998): "A South African solution to Standards". *BASIN NEWS*. No. 15. St. Gallen, Switzerland. May.

CARBONELL, G. ed. (1989): *Alvaro Ortega: Prearquitectura del bienestar*. Bogotá: Escala.

City of East London: Directorate of Development Planning.(1998) *Haven Hills South*. East London, South Africa. February.

City of East London – Directorate of Urban Planning (1998a): *Haven Hills South Demonstration Project: A new approach towards sustainable urban planning in East London*. February.

City of East London: Directorate of Development Planning (1998b): *Draft Brief and Terms of Reference: Haven Hills South Demonstration Project*. East London, South Africa. September.

Department of Housing / National Business Initiative (1995): *White Paper : A new policy and Strategy for South Africa*. Johannesburg : Department of Housing.

D'ARAGON, J. and ELOUNDOU, L. (1998): *East London High Rendement Housing Project : Mission Report*. Grenoble: CRATerre-EAG. January.

D'ARAGON, J. (2000): *Low Cost Housing Models, Local Resources and Empowerment: A project in the periphery of East London, South Africa : Mission Report*. Montreal: McGill University. (Master's Thesis).

(The) Duncan Village Planning Team (1996): *Evaluation Report of the Model Houses in N4 Section C Extension, Duncan Village*. East London. June.

GARNIER, P. (1997): *East-London Low Cost Housing Project: Identification, Feasibility Study and Definition of Project First Phase* (Mission Report) . Villefontaine (France): CRATerre-EAG. April.

GILBERT Alan and Josef Gugler (1981): *Cities, Poverty, and Development: Urbanization in the Third World*. Oxford: Oxford University Press.

HILTON, Judin and Ivan Vladislavic eds. (1998): *Blank__Architecture, Apartheid and After*. Rotterdam: Netherland Architecture Institute.

MAASDORP, Gavin and A.S.B. Humphreys eds. (1975): *From Shantytown to Township: An Economic Study of African Poverty and Rehousing in a South African City*. Winberg, South Africa: Juta and Company Limited.

MOSIENYANE, L.M. (1997): *Duncan Village B-Hostel Redevelopment and Upgrading*. East London: Osmond Lange Mosienyane.

SMITH, David (ed.) (1982): *Living Under Apartheid: Aspect of urbanization and social change in South Africa*. London: Georges Allen & Unwin.

SPENCE, R., WELLS, J., DUDLEY, E. (1993): *Jobs from Housing: employment, building materials, and enabling strategies for urban development*. London and Cambridge: It Publications / ODA (Overseas Development Administration).

TURNER, J.F.C. (1972): *Freedom to build: Dweller Control of the housing Process*. New York: J.F.C. Turner & Robert Fitcher, Eds. Macmillan.

TURNER, J.F.C. (1976): *Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments*. New York : Pantheon.

United Nations Centre for Human Settlements (Habitat) (1976): *The Vancouver declaration on Human Settlements*. Vancouver: UNCHS.

United Nations Centre for Human Settlements (Habitat) (1990): *Un logement pour tous: La Stratégie Mondiale du Logement jusqu'à l'an 2000*. Nairobi: UNCHS.

WARD, P. (ed.). (1982): *Self-Help Housing: A Critique*. London: Mansell.

LA RECONSTRUCCIÓN DE COMUNIDADES A TRAVÉS DEL USO DE LA TIERRA

Jean D' Aragon

Universidad McGill, Escuela de Arquitectura, *Minimum Cost Housing Group*
McDonald-Harrington Building, 815 Sherbrooke Ouest, Montréal (QC) H3A 2K6, Canadá
Teléfono : (514) 935-9293, Correo electrónico: jean.daragon@mail.mcgill.ca

Rosa Flores

Universidad de Montreal, Instituto de Urbanismo, *Faculté de l'Aménagement*
2250 Saint Jacques, Montreal (QC) H3J 2M7, Canadá
Teléfono : (514) 935-9293, Correo electrónico: rosa-amelia.flores-fernandez@umontreal.ca

Resumen

Este artículo presenta diversas experiencias de capacitación en el dominio de la construcción con tierra en los diferentes países de América. Se trata de experiencias llevadas a cabo en dos niveles: una al interior de los asentamientos humanos precarios realizada con los habitantes de las *favelas* (barriadas) en Brasil; y la otra, en el ámbito universitario en centros universitarios tanto en América del Norte como en el Sur. Respecto a los asentamientos humanos, el artículo trata de la implantación de la primera cooperativa de adolescentes (involucrados en problemas de drogas, pandillas y hasta en prostitución y), en la producción de materiales de construcción en el Brasil, particularmente en el dominio de los bloques de tierra estabilizada. Dentro del ámbito universitario, se presentan dos experiencias de capacitación, ambas realizadas con la participación de estudiantes y profesionales (de ingeniería y arquitectura): la primera en la universidad de Brasilia-Brasil y la segunda en la Universidad McGill en Montreal-Canadá. A la luz de estas experiencias se pretende avanzar hacia el conocimiento del uso y manejo de la tierra en los diferentes niveles como una alternativa (técnica y social) de calidad y abordable para los más necesitados.

Abstract

This paper presents diverse training experiences in the domain of earth construction, which happened in different countries of America. The paper is developed two fold: in a first part, the paper discusses an

experience inside the squatters settlements with the inhabitants of *favelas* in Brazil. Secondly, the paper deals with experiences at University level, taking place in both contexts of North and South America. With respect to the squatters, this article deals with the implantation of the first cooperative of teenagers (with problems of drugs, gangs and prostitution), in the production of small building components in Brazil, particularly in the area of stabilized earth blocks. Within the university scope, two experiences of qualification, both made with the participation of students and professionals in the field of engineering and architecture: first at the University of Brasilia-Brazil and second, at the McGill University in Montreal-Canada. To the light of these experiences it tries to advance the knowledge about the use of Earth handling at different levels, as a viable technical and social alternative of quality, and that is accesible and for the people most in need.

Palabras-clave: Capacitación técnica; asentamientos humanos; habitación económica.

Key words: Technical qualification; squatters settlements; low-cost housing.

Introducción

Con el propósito de reabrir diálogos que estaban cerrados, de buscar puntos de convergencia comunes en grupos (comunidad – profesionales) que por diversas circunstancias se encuentran habitualmente desvinculados, fueron realizadas algunas experiencias de capacitación técnica en el área de la construcción con tierra en diferentes países de América, países con realidades sociales, económicas, políticas y culturales propias. Dentro de esta perspectiva, se presenta en primer lugar, la experiencia de capacitación técnica en el *Entorno* (periferia) de Brasilia, realizada con la participación de los pobladores de los asentamientos

humanos, particularmente un grupo de 25 adolescentes en situación de 'riesgo' (desde el punto de vista social). Enseguida, se presentan 2 experiencias llevadas a cabo dentro del ámbito académico, la primera en la Universidad de Brasilia-Brasil y la segunda en la Universidad McGill en Montreal-Canadá.

En el caso particular de Brasilia y de su periferia, las experiencias tanto al nivel de las comunidades como en el área académica tenían múltiples razones, pero las principales residían en poner a disposición de los profesionales y de los miembros de las comunidades más herramientas para ayudar al sector habitacional, y también de encontrar respuestas frente al problema de desempleo elevado en esta región (problema amplificado por la utilización de materiales importados). A esto se sumaba la pretensión de enfrentar el problema del medio ambiente provocado por la producción de ciertos materiales locales. Otro de los desafíos no menos importante tenía que ver con la sensibilización de los profesionales de la 'ciudad del concreto' en el dominio de los materiales alternativos. El objetivo era conseguir que ellos pudiesen responder a las demandas de los hogares de escasos recursos, que en el caso de la periferia de Brasilia constituyen la gran mayoría. ¿Es posible hablar de un déficit cuantitativo y cualitativo de viviendas en una ciudad moderna y planificada como Brasilia?. A fin de explicar este fenómeno es importante mencionar algunos aspectos relacionados con su creación y con su posterior ocupación .

Brasilia: la imposible utopía?

Brasilia (*Plano Piloto*) considerada como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO a partir de 1987, es reconocida mundialmente por las contribuciones urbanísticas de Lucio Costa y arquitectónicas de Oscar Niemeyer. La construcción así como la consolidación subsecuente de la nueva capital, implicó desde el inicio, una contradicción importante puesto que esta ciudad planificada para albergar un máximo de 500 000 habitantes, debería funcionar también como capital del País, y al mismo tiempo, servir como base estratégica de desarrollo de la región Central del Brasil. Actualmente, Brasilia-*Distrito Federal* cuenta con una población de 2 millones de habitantes donde los 75% viven al exterior del *Plano Piloto*, en las 15 *ciudades satélites*, localizadas alrededor de este último, la más próxima situada a 14Kms del *Plano Piloto*. El llamado *Entorno* de Brasilia (constituído por las ciudades que se localizan en las proximidades de Brasilia-*Distrito Federal*), también absorbe ésta población excedente y es víctima de una extensión urbana desmesurada y caótica. Esta situación es remarcable, cuando comparamos Brasilia con San Paulo, que es conocida como la segunda ciudad mas poblada en el mundo, y donde 40% de su población vive en la periferia. Otro hecho no menos remarcable en San Paulo, como en la mayoría de las grandes ciudades de los países en desarrollo, los barrios pobres son vecinos de las zonas residenciales de las élites, sin embargo en el caso de Brasilia, la ciudad expulsa sistemáticamente los más pobres a la periferia (Holston 1989: 293).

...with the nearest satellite city separated from the Plano Piloto by a fourteen-kilometer greenbelt, the whole of Brasilia's poor had been effectively (if artificially) eliminated from the city (Vale 1959: 120)

Esto demuestra una contradicción fundamental entre el pensamiento del urbanismo modernista y el del poder político. Dos años antes de la inauguración de la capital, el gobierno ya había decidido fundar legalmente *Taguatinga*, la primera ciudad satélite que debería albergar entre 4 000 y 5 000 personas, y que formaban parte de la mano de obra que había comenzado a tomar raíces en la proximidad del *Plano Piloto*. Así, contrariamente a las intenciones de Costa, la expulsión de la clase obrera fuera de los límites de la ciudad central es una forma de segregación comparable al *apartheid*, que en éste caso no se funda sobre la raza sino sobre la clase social. Los pobres tienen el derecho de trabajar y servirla (*Plano Piloto*) pero deben dejarla una vez la tarea está cumplida. Irónicamente, esta relación centro-periferia es el reflejo de la segregación de los espacios de trabajo y de residencias, que se encuentran en el propio plano de zonificación de Brasilia realizado por Costa. Al final de cuentas, Brasilia es un microcosmos de la situación que prevalece en Brasil. Como lo señala Vale (1959: 121), mismo si Costa la quería igualitaria, Brasilia es finalmente el lugar donde las distinciones de clases son las más marcadas de todo el Brasil. Este acontecimiento es calificado por Holston (1989) como la *Brazilianisation de Brasilia* que identifica la ciudad no solamente por una clara segregación física, espacial sino también económica donde los salarios de Brasilia resultan ser los más altos respecto a su periferia así como en relación a las otras ciudades brasileñas.

Los asentamientos humanos en el *Entorno de Brasilia*

Santo Antônio do Descoberto (SAD) es una Municipalidad de aproximadamente 100 000 habitantes y se localiza en los límites de Brasilia-Distrito Federal. Por su proximidad con el *Plano Piloto* (a solamente 40Kms), forma parte del llamado *Entorno de Brasilia* (RIDE 2000). Como la mayoría de las ciudades del Entorno, SAD presenta un alto porcentaje de crecimiento demográfico (aproximadamente 8% anual), siendo precisamente los jóvenes los que presentan los índices más representativos entre la población total. Sin embargo, no hay que sorprenderse si la mayoría de ellos están involucrados en problemas de drogas, pandillas y hasta en prostitución, como consecuencia del déficit y/o inexistencia de programas y actividades orientadas a ellos.

En el año 2000, SAD fue una de las municipalidades seleccionadas por la *Secretaria do Estado de Assistência Social (SEAS)* vinculada al gobierno federal de Brasilia, para iniciar el programa *Agente Jovem de Desenvolvimento Social e Humano*, cuyo objetivo principal era la preparación de jóvenes (provenientes de familias con escasos recursos), para el futuro. Es así que un grupo de adolescentes estudiantes provenientes de familias muy pobres, algunos presos a los problemas de drogas y de pandillas, iniciaron este programa paralelo a la carga normal de la escuela durante la semana. Según el programa, una vez terminada la parte

teórica, el grupo debería participar en actividades prácticas a fin de prepararlos para enfrentar el mercado del trabajo.

Es en este contexto que el SEAS, nos hizo extensiva la invitación para ministrar el primer curso de formación técnica al grupo de jóvenes. En el mes de junio del 2000 llevamos a cabo el primer curso denominado: 'Técnicas de producción de elementos modulares para la construcción', cuyo objetivo era favorecer el desarrollo social de estos jóvenes, enfocando particularmente el item generación de renta. Para obtener los útiles de trabajo y los materiales para la realización del curso, fue necesario establecer un convenio con la prefectura municipal de SAD, que tenía el proyecto de pavimentar las calles principales de la ciudad. Según este acuerdo, la prefectura nos prestaría la máquina vibradora de producción de bloques para pavimentación (que estaba abandonada hace muchos años), y nos daría gratis la mayor parte de los materiales necesarios para la fabricación de estos elementos. En contrapartida, el grupo produciría estos bloques que los ofrecería posteriormente a la prefectura a un precio cómodo. En ésta primera experiencia de trabajo en equipo, el grupo recibió informaciones sobre organización, procesos de producción y control de calidad (tipos de suelo, estabilización, cura), despertando en ellos el sentido no solamente de compartir sino también de sumar esfuerzos en el proceso productivo y en la obtención de un producto elaborado por ellos mismos.

Poco tiempo después, con el objetivo de reforzar las nociones de organización y de trabajo en equipo, los jóvenes recibieron un curso de cooperativismo contando para ello con el apoyo de la 'Organização das Cooperativas do Distrito Federal – Brasilia (OCDF)' y do SESCOOP. En éste curso, el grupo recibió contenidos relacionados con ética, derechos y deberes, remarcando siempre el valor de la fuerza que ellos poseen cuando están debidamente organizados

Desgraciadamente, unos meses después el programa *Agente Jovem de Desenvolvimento Social e Humano*, fue interrumpido y clausurado. Cómo en la primera experiencia de formación el grupo demostró poseer un gran potencial, el SESCOOP a través la OCDF-Brasilia, financió el segundo curso de capacitación técnica: 'Perfeccionamiento en la producción de elementos modulares para la construcción', a fin de reforzar y ampliar los conocimientos adquiridos en el primer curso de formación en el dominio de los materiales de construcción. Entre el mes de octubre y noviembre del 2000, llevamos a cabo el segundo curso de formación de mano de obra, priorizando en esta oportunidad la utilización de recursos locales, particularmente la tierra (Foto 1). La idea era capacitar a estos jóvenes para que fabricasen productos que utilizasen recursos locales pero que tuvieran un impacto menos negativo sobre el medio ambiente. A esto se sumaba la idea de crear una dinámica que tuviera efectos positivos en la economía local (actualmente los materiales vienen del exterior, son caros y de baja calidad).

Surge la pregunta ¿Por qué utilizar la tierra como materia prima en la producción de materiales de construcción en SAD? Es importante destacar que en la tradición constructiva de ésta ciudad están presentes diversas técnicas como el tapial, el adobe y la quincha. En el primer caso, podemos destacar como testimonio principal la iglesia matriz localizada en el centro de la ciudad de SAD (data de 1718) que es construida enteramente en tapial. El adobe y la quincha se encuentran diseminadas principalmente en el área rural del municipio (en viviendas, depósitos, escuelas, etc.). En la actualidad, las personas de SAD utilizan en la construcción los bloques de concreto, los ladrillos con huecos, (de fabricación industrial, importado del exterior de la municipalidad), o los ladrillos macizos (de fabricación artesanal, producido localmente). En el último caso, las fábricas de ladrillo artesanales se localizan a menudo a lo largo de los ríos de donde retiran directamente la arcilla. Como los ladrillos deben pasar por un proceso de cocción, son los árboles que se encuentran en las orillas de los ríos los que proveen el material para la combustión. Como consecuencia de la deforestación, éstos sectores presentan a menudo erosiones profundas y deslizamientos. En fin, los impactos sobre el medio ambiente resultan desastrosos a causa de la deforestación y la excavación abusiva de las orillas, a las cuales se suma la gran contaminación del aire con la producción de CO₂ provocada por la combustión de la madera.

Frente a ésta situación y tomando en consideración que hoy en día las técnicas tradicionales con tierra (quincha, tapial, adobe) no son aceptadas en el área urbana de SAD, escogimos como proceso constructivo para la formación de los jóvenes la fabricación de ladrillos de tierra comprimida (estabilizados con un mínimo de cemento). Esta técnica además de resultar económica (debido a la utilización de recursos materiales y humanos locales) en comparación con los otros materiales normalmente utilizados en SAD (el ladrillo cocido), favorecería la minimización de impactos nefastos sobre el medio ambiente (no necesita pasar por un proceso de cocción).

Una vez terminado el curso de capacitación técnica y contando siempre con la colaboración de la OCDF-Brasilia, conseguimos constituir una cooperativa de producción de materiales de construcción, la primera cooperativa de jóvenes (UNIJOVEM) en ese dominio en todo el territorio brasileño.

El paso siguiente sería la creación de una dinámica económica al interior de SAD para favorecer económicamente la propia comunidad local. Con el propósito de divulgar e introducir el uso de éstos ladrillos de tierra estabilizada (producidos por la cooperativa de los jóvenes) en el mercado de la construcción local, iniciamos la formación de 1 albañil (de 60 años de edad) utilizando como estrategia la construcción de algunos kioscos de comercio localizados en el mercado central de la ciudad ([Foto 2](#)).

Esta experiencia de formación en SAD, favoreció la preparación de los jóvenes para el futuro y ayudó también a aumentar su auto-estima. Como consecuencia muchos de ellos al sentirse respetados por su propia

familia y la comunidad y con una nueva perspectiva de vida dejaron de lado las drogas y su participación junto a las pandillas.

Sensibilizar a los futuros 'genios' del concreto: una experiencia en la Universidad de Brasilia

A partir de la experiencia de capacitación llevada a cabo con los jóvenes en SAD, en agosto del año 2000, fuimos invitados por el Departamento de Tecnología de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Brasilia para ministrar el primer workshop en el área de las técnicas alternativas, particularmente en el área de la construcción con tierra (Foto 3) y con paja (Foto 4). El curso fue abierto a estudiantes de la graduación y pós-graduación así como a los profesionales de las diferentes especialidades. El objetivo era llegar a sensibilizar a los participantes del curso en el uso de otros materiales que no fuera únicamente el concreto. La idea era poder terminar con el preconcepto de que la tierra es sinónimo de pobreza y que por el contrario la tierra con sus propiedades físicas intrínsecas que posee puede llegar a competir con los otros materiales del mercado de la construcción. Asimilar la tierra como un material económico, ecológico y estéticamente agradable a los ojos de cualquier persona (ricos o pobres).

Como en el mismo periodo del curso Brasilia experimentaba una fuerte presión por parte de los asentamientos de los llamados 'sin tierra' que se localizaban precariamente en sus proximidades, fue discutida en el 'Núcleo de Pesquisa Habitacional' (NPH) de la UnB, la posibilidad de aplicar estas técnicas (tierra y paja) como alternativas constructivas para las viviendas de los referidos asentamientos. Con el objetivo de llegar a concretizar esta idea realizamos varias reuniones con los coordinadores del núcleo de investigación, representantes de la rectoría, representantes de los 'sin tierra'. Infelizmente la burocracia fue tan grande que el tiempo transcurrió rápidamente y nosotros tuvimos que dejar el Brasil. En consecuencia no conseguimos llevar al frente esta propuesta que al parecer ofrecía una nueva respuesta para el problema de vivienda de los habitantes de éstos asentamientos.

En términos generales, la experiencia fue positiva y muchos de los participantes aprendieron no solamente a familiarizarse con el uso de la tierra en la construcción (tipos de suelo, resistencia, control de calidad) y a maniobrar adecuadamente los útiles básicos de la construcción (nivel, plomo), sino también y principalmente a respetar el trabajo que desempeña un obrero en la construcción.

En el Norte: la Universidad McGill y la arquitectura de tierra

En lo que se refiere a la Universidad McGill en Montreal, vale la pena destacar que esta universidad acoge en su estructura académica uno de los primeros programas universitarios de vivienda económica (*Minimum Cost Housing*) en el mundo, donde más del 80% de sus estudiantes son provenientes de los países en desarrollo. Desde los inicios de este programa (de vivienda) hasta los años 80, la atención de los enseñantes estuvo fijada particularmente en las cuestiones relacionadas con los aspectos técnicos de la vivienda, siendo

precisamente en éste periodo que consiguieron realizarse diversos módulos aplicándose en tales experiencias materiales como el metal, concreto, vidrio, plástico, etc.. Toda esa preocupación técnica, sin embargo, va ser dejada de lado a partir de los años 80, prevaleciendo desde entonces la preocupación con el lado social de la vivienda.

Con el objetivo de reintegrar y asociar lo técnico y lo social, en mayo 2002 realizamos el primer curso de capacitación en el manejo de la tierra al interior de la Facultad de Arquitectura de la Universidad McGill: 'Community Rebuilding and appropriate Technologies: Earth as a sustainable material' (Foto 5). Es importante destacar que el uso de la tierra no resulta extraña a la tradición constructiva del Canadá y particularmente de Montreal. Técnicas como el tapial, la quincha y los terrones de tierra fueron introducidas en este País aproximadamente en el siglo XVII por los colonos franceses y posteriormente en el siglo XX por los inmigrantes de Europa del Este. A pesar de estar presentes en el Patrimonio arquitectónico Canadiense, éstas edificaciones todavía no han sido objeto de estudios exhaustivos.

A propósito del curso ministrado en McGill, debemos destacar que se trató de la primera experiencia teórica y práctica en el ámbito de la construcción con tierra realizada en el área académica en todo el territorio Canadiense. El curso que fue dirigido a estudiantes de la graduación y pós-graduación tuvo una gran acogida consiguiéndose completar todas las vacantes disponibles solamente en el primer día de su divulgación.

Fue importante mostrar en detalle las diversas técnicas de construcción con tierra en los diferentes países del mundo, así como el vasto y monumental patrimonio edificado en tierra en nuestros países del Sur. A través del curso conseguimos ampliar la sola idea de miseria que se tiene con respecto a éstos últimos. Contando con la participación de los estudiantes conseguimos construir un módulo en adobe y diferentes arcos en ladrillos (Foto 6).

Paralelamente a esta actividad y con el propósito de continuar nuestro trabajo de sensibilización frente a los estudiantes y profesionales tanto del norte como los del sur (que viven en Canadá), realizamos en marzo del 2003 a través de la FAECUM de la Universidad de Montreal, la primera exposición en el manejo de las técnicas de construcción con tierra: 'L'architecture de terre: de la Péninsule Ibérique aux Amériques'. En esta ocasión fueron expuestos 20 fichas que mostraban las experiencias de especialistas (en el manejo de la tierra) de 15 países de Ibero-América, los cuales son miembros del proyecto de investigación denominado PROTERRA con sede en el Brasil. La calidad de los trabajos presentados fue elogiada por diferentes especialistas que trabajan no solamente en el dominio de la arquitectura e ingeniería sino también en el ámbito de la historia y la antropología en las diferentes universidades Canadienses.

Conclusiones:

Las experiencias de trabajo con la comunidad de SAD, a pesar de su nivel de educación poco elevado y los escasos recursos disponibles, han demostrado que esta población está dispuesta a colaborar siempre y cuando les proveamos las herramientas necesarias. En el caso de SAD, el trabajo en equipo, en colaboración con la prefectura y la comunidad ha contribuido a la sensibilización de la población en relación a cuestiones relacionadas con el medio ambiente (dimensión natural), a la creación de empleo a partir de la formación de la mano de obra (dimensión humana), todo articulado a la mejoría de sus condiciones de vida (dimensión humana).

Desde el punto de vista académico, podemos decir que la semilla llamada 'sensibilización' ha sido plantada entre los estudiantes y profesionales de los diferentes ramos de la construcción tanto en América del Norte como en el Sur. Esperamos que este tipo de actividades de capacitación técnica continúen multiplicándose en pro de los más desfavorecidos que actualmente representan la gran mayoría en nuestros países en desarrollo.

Bibliografía:

COSTA, Lucio (1995): *Lucio Costa : Registro de uma vivência*. São Paulo : Empresa das Artes.

D'ARAGON, Jean (1996): *Towards Materiality : The Use of Straw as a Building Material*. Halifax, N.S.(Canada) : Technical University of Nova Scotia.

HARDOY, Jorge Enrique and David Satterthwaite (1989): *Squatter Citizen: Life in the Urban Third World*. London: Earthscan Publications Ltd.

HOLSTON, James (1989): *The Modernist City: An anthropological Critique of Brasilia*. Chicago et Londres: University of Chicago Press. 369 p.

NIEMEYER, Oscar (1963) : *Mon expérience à Brasilia*. Paris: Forces Vives. 83 p.

PRÉFECTURE MUNICIPALE DE SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO (1997): *Plano Director Urbano de Santo Antônio do Descoberto*, 60p.

RIDE (2000): *Região Integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno: dados basicos*. Brasilia.

VALE, Lawrence J. (1992): *Architecture, Power and National Identity*. New Haven and London: Yale University Press.



Foto 1: La producción de ladrillos de tierra estabilizada a cargo de la cooperativa de jóvenes UNIOVEM en SAD (*Jean D'Aragon, 2000*).



Foto 2: La introducción de los ladrillos de tierra estabilizada en el mercado de la construcción local (*Jean D'Aragon, 2000*).



Foto 3 : Proceso de identificación y reconocimiento de las propiedades intrínsecas de la tierra como material de construcción (*Márcio Buson, 2000*).



Foto 4 : Construcción de un módulo aplicando la técnica constructiva de la paja (*Márcio Buson 2000*).



Foto 5: El manejo de las diferentes técnicas de construcción con tierra (en este caso la fabricación de adobes) (*Donald Chang, 2002*).



Foto 6: Construcción de muros en adobe y diversos arcos en el curso ministrado en la Universidad McGill, el primero en el ámbito académico dentro de todo el territorio Canadiense (*Jean D'Aragon, 2002*).

UNA ALTERNATIVA A LA OCUPACIÓN: LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL URUGUAY DE HOY.

Rosario Etchebarne

Arquitecta
universidad de la República – ruetche@adinet.com.uy

Dentro de la Universidad de la República y la *Uregh (Unidad Regional de Estudios y Gestión del Hábitat)*, con sede en la Ciudad de Salto (80mil habitantes) – Uruguay (3 millones de habitantes), centramos nuestra actividad académica del año 2003 – 2004 en la temática de la transferencia de tecnologías como herramienta para mejorar proyectos de hábitat popular.

El Área Tecnológica encara desde el año 1993 el estudio de las tecnologías alternativas y en especial la arquitectura en tierra. Hemos desarrollado varios proyectos de investigación, extensión y enseñanza desde el diseño, la construcción y la conservación de las Arquitecturas de Tierra, inmersos en modelos de participación interdisciplinaria e interinstitucional.

PRIMERA PARTE: Algunas obras construidas en Salto desde 1994 a la fecha. He utilizado el sistema constructivo de adobe. Se trata de mampuestos de tierra cruda de 40 x 17 x 10 cm. secados al sol. La estabilización empleada responde a tres objetivos:

- Reducir los volúmenes de vacíos entre las partículas sólidas (porosidad).
- Rellenar las vacíos que no se pueden suprimir (permeabilidad).
- Unir o mejorar los enlaces existentes entre las partículas (resistencia mecánica)

Se utilizaron estabilizantes naturales. El adobe se corta con la tierra preparada en estado plástico. El peso aproximado: 8 kilos. La densidad: 1300 K/m³. El ladrillo de adobe elaborado durante milenios, es uno de los primeros materiales de construcción utilizados por el hombre. Los adobes se hacen en una ladrillera cercana a la obra. Se selecciona la tierra:

- Arena 60%
- Limo 10%
- Arcilla 30%
- Contenido de materia orgánica menor 3%

Se realizan pruebas de campo (materia orgánica, granulometría, cinta).*

Los pasos seguidos rigurosamente, para lograr el mejor control de calidad son:

1. extracción de la tierra
2. tamizado en malla 6 a 12 mm (un hombre tamiza 4 m3 por día)
3. preparación y amasado junto al estabilizante
4. corte utilizando molde múltiple
5. secado
6. almacenado
7. levantamiento de muro
8. revoque o pañete

Luego de ensayos de laboratorio, utilizamos los adobes para resisitir estructuras que trabajan a la compresión (resistencia $20 \text{ k/cm}^2 = 2,0 \text{ N/mm}^2$, según ensayos efectuados desde el año 1994 a la fecha, según Norma UNIT 127:58, prensa e carga SOILTEST, Modelo CT- 711, con manómetro marca KyH capacidad 100Kg/cm^2).

Nuestro principal desafío tecnológico está relacionado al comportamiento térmico de nuestros edificios. No estamos en zona sísmica. Expondremos seis obras construídas en la ciudad de Salto - Uruguay:

1. casas Cueto 100m^2 . año 1994. Son 2 casas unifamiliares, económicas, construídas para alquilar. Sobre cimentación tradicional de hormigón armado, la estructura es portante de adobes de tierra sin cocer. El comportamiento térmico definió el espesor de los muros. Utilizamos los mismos valores en todas nuestras construcciones. El cálculo de la transmitancia térmica “U” de cerramientos nos permite diseñar, ajustar, corregir el tipo de barro, su composición y los espesores de los muros.

Actualmente el Banco Hipotecario del Uruguay sugiere como transmitancia máxima recomendada: $0,85 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Esto equivale a un muro doble de ladrillo con cámara de aire y aislamiento térmico tipo poliestireno expandido 3cm. Un muro de adobe macizo de 40cm. de espesor, aporta una transmitancia térmica de $1,16 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Nuestra permanente observación durante estos 9 años ha demostrado que si bien los muros de casas Cueto son de 19 cm. (17cm adobe + 2cm revoque), aportando una transmitancia de $1,60 \text{ W/m}^2\text{.K}$, el aislamiento térmico es correcto y no existen problemas de condensación debido a la propiedad de regulación higrotérmica de la tierra.***

El revoque exterior es de arena, cal y adición de cemento, sobre el adobe. No existieron problemas de adherencia al aplicar el revoque*(pág.132). Es necesario la preparación del muro y el control de la adherencia de la capa de revoque con el muro de adobe.** Foto 1 – 2.

2. vivienda económica plano municipal 70m². año 1995. Se inicia un proceso de intercambio con la Intendencia Municipal de Salto. Los propietarios participan en la autogestión, autoproducción de componentes de tierra y autoconstrucción. **
3. casa Sierra Carrere 200m². año 1996. Es una casa unifamiliar, de categoría confortable. La plana baja se construye con adobes, espesor 40 cm. La planta alta se construye con adobes, 20cm. La cocina y 4 baños tienen instalación sanitaria vista. Se resuelven estos desafíos de diseño ubicando junto al baño un vestidor u otro espacio que aloja la instalación. Durante la ejecución de la obra se prevé protección frente a la lluvia. El sistema es racionalizado en la etapa de diseño. ** Se busca un lenguaje contemporáneo integrando muros de adobe, madera, vigas reticuladas, unidades funcionales de hormigón armado. [Foto 3](#).
4. casa Rapetti 100m². año 1997. Acá innovamos en la introducción de un adobe curvo a modo de encofrado perdido de la carrera entrepiso. A su vez se incorpora tejido de gallinero entre el adobe y el revoque exterior a los efectos de aumentar la adherencia. El rendimiento de la mano de obra se optimizó a través de un diseño racionalizado. Desde los cimientos hasta el inicio de la colocación de los palos del techo: 64 jornales de 2 personas + intervención ocasional de peón. [Foto 4](#).
5. vivienda policial Habitierra 280m². año 1999. Esta obra marca un mojón en la introducción del sistema constructivo de adobe como prototipo aprobado por el Banco Hipotecario. Lamentablemente en julio del año 2002, a partir de la crisis económica del país, los expedientes de los proyectos que estaban a la espera de inicio de construcción pasan a “archivo” debido a la suspensión de préstamos y subsidios para la construcción de vivienda económica en el Uruguay.
6. casa Bimson 50m². año 2001. Planteamos una pared de adobe al interior y una doble pared de ladrillo cocido del mismo tamaño (40 x 17 x 10) al exterior. Sin capa hidrófuga, dejando que el muro respire naturalmente. [Foto 5](#).

SEGUNDA PARTE: La transferencia y el hábitat popular. Desde los años 70, los organismos internacionales han aplicado en los países del tercer mundo, modelos de política habitacional tendientes a “FACILITAR” la solución de la construcción de la vivienda. Se adopta el criterio generalizado de “SOLUCIONES HABITACIONALES” a partir de núcleos de servicios, núcleos evolutivos o lotes con servicios. El desempeño de este modelo ha demostrado virtudes solamente si valoramos el número de soluciones habitacionales construidas; sin embargo ha entorpecido el crecimiento de las comunidades, el desarrollo del cooperativismo de vivienda, el acceso al hábitat digno. Nos debemos una urgente reflexión frente a las enormes patologías constructivas generadas, frente a la inexistente participación ciudadana que generan estos modelos y frente al modelo de ciudad que se va construyendo. Este modelo ha inactivado el concepto de afincamiento que vincula el hábitat con el lugar de trabajo.

Por otro lado, la otra cara de la moneda. Desde mayo del año 70, nucleados en la Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua – FUCVAM, varios uruguayos construyen no solo su techo, su

vivienda, sino la capacidad de solidaridad y propuesta. Se consolida la práctica autogestionaria de las cooperativas en la producción y administración. Las experiencias de desarrollo social en el Uruguay, crean una alternativa al modelo de desarrollo hegemónico impuesto en nuestra sociedad.

Inmersos en este escenario donde el modelo propuesto desde los ámbitos Ministeriales es el de solución habitacional y donde coexiste a fuerza de sacrificios, gozando aún de buena salud, el cooperativismo de vivienda, nuestro equipo trabaja en la construcción de un modelo de hábitat generador de procesos de autogestión, autoproducción de componentes, autoconstrucción y ayuda mutua. De esta forma el proceso de acceso al hábitat genera la creación de micro empresas y proyectos productivos.

Expondremos estas obras:

1. proyecto de rehabilitación urbana del barrio La Tablada – Salto – Uruguay 1995 – 2000. Obra construída 350 m2. Subtotal obra construída en tecnología en tierra por el equipo coordinado por la Arq. R. Etchebarne: 1150 m2.
2. cooperativa de viviendas Guyunusa – Solymar – Canelones – Uruguay 2000 – 2004.
3. cooperativa de viviendas Vaimaca – Montevideo – Uruguay 2003 (inicio). [Foto 6](#) .

En este bloque pretendemos presentarles como fortalezas de gestión (en un país con graves problemas económicos y falta de trabajo) el recurso de la interdisciplina, la interinstitucionalidad, los convenios y el trabajo en redes que estamos desarrollando.

TERCERA PARTE: Los sistemas constructivos. Se presenta el sistema constructivo de adobe (planta baja) y fajina (planta alta), con el cual estamos diseñando y construyendo.

PROYECTO DEMOSTRATIVO

Cooperativa de Viviendas GUYUNUSA.

Solymer – Departamento de Canelones – Uruguay.

Diseño – Construcción y Transferencia Tecnológica ARQUITECTURA EN TIERRA
(ADOBE Y FAJINA)

PROPUESTA TECNOLÓGICA

1. **EN QUE CONSISTE EL PROYECTO. Se trata del diseño y la construcción de 10 viviendas utilizando arquitectura en tierra. El Cooperativismo de viviendas por Ayuda Mutua, ha marcado en el Uruguay un importante mojón de innovación tecnológica en la década de los 70. Agrupados en Fucvam (Federación Uruguaya de Cooperativas por Ayuda Mutua), este grupo de 10 familias recurre al asesoramiento técnico especializado en**

tecnologías en tierra. Un Instituto de Asistencia Técnica (ONG) se hace cargo de la gestión del proyecto y contrata a la Arq. Rosario Etchebarne (integrante de Proterra) para la tarea de diseño constructivo, capacitación / entrenamiento de la mano de obra de los cooperativistas y personal contratado. Esto implica el diseño del proyecto de transferencia tecnológica desde el equipo técnico hacia el cooperativista.

2. **DONDE ESTÁ LOCALIZADO.** En Solymar, Departamento de Canelones – Uruguay. A 25 kilómetros del centro de Montevideo. Se trata de un barrio jardín en crecimiento.

3. **INSTITUCIONES QUE APOYAN.**

- Este emprendimiento es financiado por el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de nuestro País. Está dentro del formato de Siav grupal y cuenta con un alto subsidio. Este es el segundo proyecto financiado por el Ministerio. El primero fue coordinado por nosotros, participando como Universidad de la República, en Salto, durante los años 96 al 2000. En esa primer propuesta construimos 7 viviendas en adobe, de 55m2 c/u, excelente comportamiento térmico y bajo costo en \$\$.

- Interviene una ONG : COVIMA.

- Participa la Universidad de la República, a través del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Arquitectura. Este Proyecto Demostrativo servirá de ejemplo y Taller donde Proterra realiza el adiestramiento al personal cooperativo de obra, en diciembre de 2003. Para esta oportunidad se invitará a los estudiantes y profesionales participantes del *Seminario Sexto evento sobre ARQUITECTURAS EN TIERRA.*

4. **NUMERO DE VIVIENDAS.** Se construyen 10 viviendas de 2, 3, 4 dormitorios , en 2 plantas y salón comunal.

5. **TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS.**

- **ADOBE: BLOQUES DE 40 X 17 X 10** de tierra sin cocer secada al sol. Con adición de estiércol como estabilizante. Se colocan en la planta baja.

- **FAJINA: PANELES** de madera. Estos se montan en la planta alta. Luego se coloca el techo, luego se clava el entramado y finalmente se realiza el embarrado en tres capas.

6. **EL PAPEL DE PROTERRA EN EL PROYECTO.**

- Difundir la actividad a través de una publicación y un manual de capacitación en el sistema.

- Avanzar en la definición de normas técnicas aplicables a este sistema de adobe y fajina.

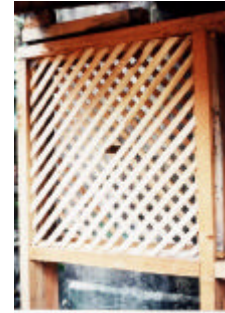
- Adiestrar a los cooperativistas en la técnica.

7. **RESPONSABLE.**

- Covima: Arq. Ana Ezeiza – Arq. Diana Spatakis, en la gestión general del proyecto ejecutivo.

- **Arq. Rosario Etchebarne - integrante de Proterra, en el diseño tecnológico, la capacitación, la transferencia, la gestión de ensayos y estudio de normas.**

- adobe curvo
- fajina: estructura
- fajina: entramado
- fajina: embarrado
- techos: colocación adobe con paja – chapa



CUARTA PARTE: Otras propuestas nacionales. TIERRAURUGUAY: presentamos la obra de arquitectos en el Uruguay de hoy. [Foto 7.](#)

1. arq. Cecilia Alderton : ha construido desde inicios de los años 80, más de 2000m2, utilizando la tierra y otros materiales naturales a través de un lenguaje donde rescata paradigmáticamente el rancho rural uruguayo. Ha incursionado una apasionada investigación y construcción de técnicas de arquitectura en tierra.
2. arq. Kareen Hertzfield : con 500 m2 construídos desde inicios de los 90, aporta un enfoque tecnológico recurriendo a técnicas mixtas, en especial el leicht lehm alemán.
3. arq. José Luis Mazzeo : vincula la docencia con la experimentación constructiva.

4. varios arquitectos jóvenes han construido una docena de propuestas en diferentes rincones del país.
5. y nosotros pretendemos aportar desde la Academia y a través de la obra construída , el trabajo de transferencia tecnológica como una urgente , comprometida y necesaria “ alternativa a la ocupación”, permitiendo sinérgicamente incidir en procesos de desarrollo de las comunidades.****

Bibliografía:

* CRATerre (1997): “Construir con Tierra . Tomo I y II”. Francia. Traducción español realizada en Colombia.

* ETCHEBARNE, Rosario y otros(1997): “Manual de Construcción con tierra”. Uruguay.

* MINCKE, Gernot (2001): “Arquitectura en tierra”. Alemania. Traducción español realizada en Uruguay.

* KRUK, Walter y otros (2002): “ Capacitación y transferencia tecnológica” . Ecuador. Publicado por el programa Cytel.



Foto 1: adobe de 40 x 17 x 10: tierra + cáscara de arroz + estiércol.



Foto 2: casas Cueto año 1994.



Foto 3: casa Sierra – Carrere año 1996.



Foto 4: casa Rapetti año 1997.



Foto 5: casa Bimson año 2001.



Foto 6: La Tablada. Hábitat popular. Financiación Ministerio de Vivienda. Inauguradas agosto 2000.



Foto 7 : Arq. Cecilia Alderton: techo quincha, paredes de adobe, fajina y terrón.

O EMPREGO DA TERRA CRUA EM EDIFICAÇÃO DE BAIXO CUSTO. ADAPTADA AO CLIMA DO NORDESTE DO BRASIL

Lopes, Wilza Gomes Reis

Prof. Dra. do Departamento de Arquitetura e Construção Civil, Universidade Federal do Piauí
Rua Major Manoel Lopes, n.1714. Morada do Sol, Teresina, Piauí, Brasil
CEP: 64 056-570. Fone: 55 – 086 - 233 1274
E-mail: izalopes@uol.com.br

Akemi Ino

E-mail: inoakemi@sc.usp.br

Resumo

Este trabalho apresenta a descrição e análise de uma construção em taipa de mão (pau-a-pique, *estaqueo*, *quincha*), na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil, planejada para funcionar como estúdio fotográfico, galeria para exposição de fotografias e como residência do proprietário. A escolha da taipa de mão ocorreu por se tratar de uma técnica construtiva que utiliza materiais de baixo custo, por ser flexível, podendo ser construída por etapas, e também, ser facilmente reformada, com adição ou retirada de paredes, conforme as necessidades, e ainda por além de empregar a terra, que funciona como um bom isolante térmico. O resultado final foi uma habitação adaptada ao clima quente do local, de baixo custo, e realizada com uma técnica construtiva tradicional da região.

Palavras chave: taipa de mão; arquitetura de terra; construção sustentável

Abstract

This work was developed to describe and to analyze a construction in wattle and daub technique (*estaqueo*, *quincha*), in the city of Fortaleza, State of Ceará, Brazil. This construction was draw to operate as photographic studio, gallery for exhibition of pictures and as the proprietor's residence. The choice of the wattle and daub technique happened for treating of a constructive technique that it uses materials of low cost, could be built by phase, being very flexible. The wattle and daub construction can be reformed easily, with addition or removal of walls, to according to the needs of the users. It a technique that it uses earth, that it operates as a good thermal insulating. As final result was obtained a low cost house and accomplished by a quite popular technique in the area.

Key words: wattle and daub; earthen architecture; sustainable building

Introdução

A arquitetura de terra vem sendo utilizada para resolver o secular problema de habitação, desde os tempos mais remotos, nos mais diferentes recantos do planeta e a partir de técnicas diversas. Dethier (1993: 15) afirma que, desde que os homens constroem cidades, há cerca de dez mil anos, a terra crua tem sido, por meio de tradições eruditas e populares, um dos principais materiais de construção utilizados, podendo-se afirmar que, atualmente, mais de um terço da população mundial vive em construções de terra crua. De acordo com Maldonado Ramos e Rivera Gámez (2002: 69), é conhecido que a terra apresenta comprovada

capacidade de adaptação ao meio ambiente e qualidades térmicas que os materiais modernos não têm conseguido substituir.

Segundo Faria (2002: 4), a terra crua, em qualquer das suas modalidades, apresenta-se como excelente material, no que diz respeito ao isolamento térmico/acústico e ao baixo, ou praticamente nulo, consumo de energia para sua produção, em contraste com os materiais convencionais de construção. Sabe-se que, estes materiais além do alto consumo de energia para sua produção, provocam grandes impactos ambientais, com elevada degradação da paisagem.

No Brasil, as técnicas mais usadas foram a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão, tendo sido utilizadas tanto em construções rurais, como em áreas urbanas. Dentre estas, a taipa de mão foi bastante usada no Brasil, encontrando-se exemplares em todo país. Seu emprego generalizado se deve a diversas vantagens, tais como a facilidade de sua construção, que segundo (Vasconcellos, 1979:33) foi um dos motivos que levou este sistema construtivo a ser um dos mais difundidos no Brasil. Para Schmidt, (1946:137), esta técnica foi amplamente utilizada, pois ao contrário da taipa de pilão, dispensava o trabalho de taapeiros especializados, não deixando de ser uma técnica durável, de grande resistência às intempéries e de menor custo. E ainda, de acordo com Alvarenga, (1984: 31), uma das principais vantagens da taipa de mão é o tempo rápido para sua execução.

Bastante utilizadas, durante o período colonial, as técnicas de construção com terra foram esquecidas e abandonadas após a chegada dos novos materiais, ficando quase que restritas às aulas de história da arquitetura e consideradas ultrapassadas e sem durabilidade. Segundo Segawa (1988:34) a madeira e a terra ou são tratados em uma aula de técnicas construtivas tradicionais, ou são desprezados, como símbolos de arcaísmo e precariedade, primitivismo, subdesenvolvimento, pobreza crônica, no senso comum das pessoas e dos códigos sanitários

Para Casal Iglesias (1993: 579), o maior desafio, para o uso das construções em terra, é puramente subjetivo. Trata-se do preconceito generalizado que associa as obras de prestígio às técnicas e materiais modernos e considera a arquitetura de terra como precária e símbolo de baixo “status social”. Calla Garcia (2002: 34) afirmou que a precariedade das construções com terra resulta da falta de conhecimento científico no uso deste material. O autor observa ainda que, o errado conceito de modernidade faz com que se considere o material terra como símbolo de antigo e pobre, associando suas construções à pobreza e ao precário, enquanto que, os materiais como cimento, polímeros e ferro são considerados como símbolos de materiais modernos. Na visão de Souza (1996:115), o que ocorre é que o antigo “saber fazer” tem sido substituído e adulterado e o que resta hoje é só um arremedo do que outrora se praticava.

Entretanto, várias edificações antigas, realizadas em taipa de mão, que persistem até nossos dias, desafiando às intempéries e ao próprio tempo, demonstram o potencial de seu uso e de sua durabilidade. Porém, não só exemplos históricos comprovam a viabilidade desta técnica. Lopes (1998: 128-164), a partir de um levantamento de construções em taipa de mão no Brasil, apresentou diversos exemplos contemporâneos, localizados em várias partes do país, em que foram respeitados procedimentos construtivos adequados que atestam a versatilidade e o excelente desempenho técnico deste processo construtivo. Neste trabalho é apresentada uma dessas construções, localizada na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. Trata-se de uma residência e estúdio fotográfico, idealizada e executada pelo proprietário, que apresenta excelentes desempenhos técnico e estético e comprovada durabilidade, a partir da utilização de uma técnica milenar e de materiais locais e recicláveis.

Descrição da técnica

A taipa de mão, também conhecida como taipa de sopapo, de sebe, barro armado ou pau-a-pique, é uma variedade de construção em terra crua, que consiste basicamente de uma trama de madeira, bambu, ou outro material, formada por paus, na vertical e varas na horizontal, unidas através de cipó, sisal, tiras de couro, prego ou arame, dependendo do material mais disponível no local. Depois de pronta, a trama é preenchida com terra, jogada do lado de dentro e do lado de fora ao mesmo tempo, e apertada sobre a trama da parede. É uma técnica de uso corrente em quase todo território brasileiro, amplamente utilizada, desde os primórdios de nossa colonização, e integrada à nossa cultura, principalmente, à do caboclo da zona rural.

A taipa de mão, também conhecida como taipa de sopapo, taipa de sebe, barro armado ou pau-a-pique, (*estaqueo, quincha*) é uma variedade de construção em terra crua, que consiste, na definição de Vskoncellos (1979: 45), em paus colocados perpendicularmente entre os baldrames e os frechais, nele fixados por meio de furos ou pregos. Perpendicular a estes são colocados outros mais finos, ripas ou varas, tanto de um lado como de outro, amarrados por meio de tiras de couro, prego ou arame, de cipó, barbante de sisal, tucum, imbé, buriti e outros gêneros próprios para cordas. Depois de feita a trama ou armação é jogado o barro e apertado sobre ela, trabalho que se faz apenas com as mãos, dando origem ao seu nome. Segundo Mello (1985: 256), ao secar, a parede tem boa resistência e peso relativo pois funciona como vedação, ficando as cargas concentradas na estrutura autônoma de madeira.

Na construção em taipa de mão, o processo básico, normalmente empregado, consiste em levantar toda a estrutura das paredes, colocar o madeiramento do telhado e a cobertura, para então, se proceder a colocação da malha interna e o preenchimento com terra, sob proteção da chuva e do sol. Trata-se de uma técnica versátil, comprovado por sua grande adaptabilidade às condições locais, com a utilização de materiais encontrados na natureza (Lopes e Ino, 2001: 9).

Relato das etapas de execução

A idéia desta construção teve início com o sonho antigo do proprietário, o fotógrafo José Cordeiro Albano, que consistia em possuir seu próprio estúdio fotográfico, um espaço que, além das condições ideais de trabalhar, atendesse ao mesmo tempo, a função de morar com prazer. O terreno escolhido fica em Fortaleza, cidade perto do mar e das dunas, região de poucas chuvas, de ventos fortes e de luminosidade alta, e que apresenta um clima de verão em quase todo ano, com temperatura média de 27^o C.

O projeto foi idealizado pelo proprietário, com a ajuda de amigos arquitetos, Régis Freire e Brandão. Trata-se de uma planta retangular, de 12,00 por 7,50 m, com telhado em duas águas, que caem no sentido do maior comprimento, resultando em um alto pé direito, possibilitando a criação de um mezanino, com a função de dormitório. Os espaços do térreo estão divididos em estúdio com fundo infinito, sala de produção, biblioteca, sala para foto acabamento, arquivo e escritório, laboratório fotográfico, cozinha, banheiro e varanda, apresentando uma área total de 156,00 m². Sua opção foi por uma estrutura alta, com janelas amplas que proporcionassem uma boa ventilação e entrada de luz, possibilitando dessa forma o aproveitamento da luz natural, inclusive no estúdio fotográfico. Além das janelas

A taipa de mão foi escolhida como técnica construtiva, pelo proprietário, pela sua vantagem econômica, pois utiliza a terra do local, matéria prima sem custos, mas também por possibilitar uma construção por etapas, com paredes que podem ser reformadas ou removidas sem ameaçar a estrutura. Além disso, tem a vantagem de ter um bom desempenho térmico, pois o barro funciona com isolante térmico, mantendo a temperatura mais baixa no ambiente interno (Albano, 1986:62). A construção teve início em 1980, sendo construída por etapas de acordo com os recursos financeiros disponíveis.

Foi utilizada a madeira roliça da espécie sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), encontrada no local, tanto para os esteios principais como para o entramado interno. A amarração das madeiras do entramado foi feito com barbante de sisal. Para o enchimento foi utilizada a própria terra do local, acrescida de pedaços de telhas e de tijolos, colocados na medida em que se executava o barreamento.

As forquilhas foram fixadas com concreto, para proteger suas bases contra os efeitos da umidade. Já, para a proteção dos paus-a-pique, após sua colocação, foi executada uma cinta de concreto magro, fundamentando-se nas recomendações do PROAFA (1979:9), com a finalidade de evitar infiltração de água do solo, por capilaridade, nas paredes. Este procedimento é muito importante visto que, a umidade é o principal inimigo das construções com terra.

A madeira foi tratada com a aplicação de cupinicida diluído em querosene, através de pulverização nos caibros e linhas do telhado. Já, para a preservação das forquilhas, suas bases foram descascadas e mergulhadas em emulsão asfáltica, antes de sua colocação. Foram utilizadas 50 forquilhas de madeira roliça

da espécie sabiá, enterradas no solo a 80 cm de profundidade. Depois da fixação das forquilhas foram colocadas as linhas, também em madeira roliça. Houve a preocupação de se colocar a emenda das linhas sempre próxima às forquilhas, para evitar problemas de flexão

A partir da estrutura pronta, iniciou-se a colocação dos caibros roliços com distância regulada pela largura das telhas, dispensando-se o uso de ripas. Foram deixados grande beirais, com dimensão de 1,25 m, auxiliados por mão francesa, para proteção da incidência direta dos raios solares e da água das chuvas. Depois de armada a estrutura (Figura 1), teve início a colocação das telhas artesanais de cerâmica, tipo colonial, e de telhas de plástico, usadas na parte do estúdio, objetivando aproveitar a iluminação natural.



Figura 1. Vista da estrutura de madeira pronta

Foto: José Albano

O sistema de vedação usado foi o tradicional da taipa, consistindo em enchameios verticais (paus-a-pique) de madeira roliça de sabiá, fincados no solo, distantes entre si de 25 cm, e por varas horizontais, com aproximadamente 2 cm de diâmetro, amarradas por meio de barbante de sisal, sempre em dupla, uma por dentro outra por fora, no mesmo alinhamento.

Segundo Albano (1987), a mão de obra foi constituída por dois pedreiros, familiarizados com o processo da taipa, mais um ajudante. Ressalta, ainda o autor e proprietário da obra, que acompanhou todas as etapas do processo construtivo, persuadindo os pedreiros a usarem o esquadro, o nível e o prumo, para garantir o bom acabamento, pois segundo eles, tais instrumentos seriam dispensáveis, nas construções em taipa.

Na trama de madeira, foram embutidos os canos de água e eletrodutos para instalação elétrica. Antes de barrear, foram ainda, colocadas 172 garrafas cheias de água, com ecoline de cores diversas, amarradas na estrutura de madeira do entramado, formando três vitrais, localizados na sala de produção, no banheiro e no

escritório. Neste estágio, foram colocados também, as grades de ventilação e batentes das portas e janelas, para dar início, a aplicação do barro (Figura 2), que é realizada com as mãos, por duas pessoas ao mesmo tempo, uma na parte interna e outra no exterior da construção.



Figura 2. Processo de barreamento e vista das garrafas colocadas para funcionar como vitrais

Foto: José Albano

A terra utilizada foi a do próprio local, amolecida com água e amassada com os pés descalços. Na medida em que se processava o barreamento acrescentou-se pedaços de telhas e de tijolos, como pode ser visto na figura 3.



Figura 3. Processo de barreamento com colocação de pedaços de tijolos

Foto: José Albano

A espessura final da parede ficou em torno de 25 cm, tendo sido barreada em duas camadas, onde a segunda teve a função de corrigir as trincas e preencher os vazios. Nas paredes externas, foi aplicada mais uma camada de barro, deixada aparente, sem pintura, com textura executada, com os dedos, pelos pedreiros (Figura 4), enquanto que, nas paredes internas foi utilizado reboco com argamassa de cal, areia e cimento, e acabamento final de pintura em cal.

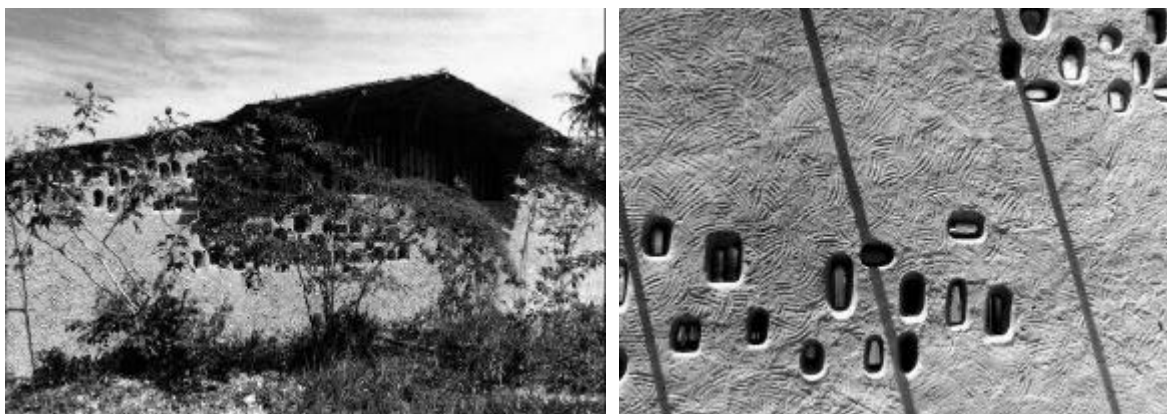


Figura 4. Fachada posterior(oeste) e detalhe dos vitrais de garrafas e da textura da parede de terra.

Foto: José Albano.

O piso foi executado em cimento queimado alisado com colher e colorido com pigmento em pó, dividido por perfis de plástico. No banheiro, empregou-se cerâmica no piso e azulejo, como revestimento das paredes de taipa. As instalações hidráulicas elétricas foram embutidas, na própria parede de taipa, antes da colocação do barro.

As janelas foram executadas utilizando-se grandes painéis de plásticos transparentes, estruturados por quadros de madeira, que podem ficar totalmente abertas, presas ao telhado por fios de nylon, deixando, assim, o vento correr livremente. Foram deixadas, ainda, pequenas aberturas abaixo das janelas, que aliadas aos espaços abertos, localizados no alto da construção, proporcionam uma constante ventilação cruzada.

Percebe-se que, procurou-se tirar o máximo proveito da ventilação e iluminação naturais, por meio de grandes janelas, largos beirais, uso de telhas transparentes, em alguns trechos e ainda soluções originais, como uma abertura no piso do mezanino, protegida por grade de madeira, que se comunica com a cozinha, arejando e iluminando este espaço.

Após dez anos de uso, o madeiramento do telhado apresentou o problema de ataque de cupins. A construção, nesta época, passou por uma reforma, em que foram substituídos as linhas, os caibros, alguns pilares internos e todos os pilares da varanda, por madeira serrada da espécie maçaranduba (*Manikara. ssp*). No entanto, as madeiras do entramado, protegidas pela terra não foram trocadas, continuando com o madeiramento original.

Na figura 5 pode ser visto o estúdio fotográfico, após a colocação da madeira serrada, e detalhes do fundo infinito e das telhas transparentes, que proporcionam maior entrada de iluminação natural.



Figura 5. Vista do estúdio fotográfico, onde se vê fundo infinito e as telhas transparentes para a entrada de iluminação natural.

Foto: José Albano

Na figura 6 pode ser vistas as fachadas frontal (leste) e lateral (sul), com destaque dos beirais largos, apoiados em mão francesa, que protegem as paredes da insolação direta e da incidência das chuvas. Também aparecem os vitrais, executados com garrafas contendo líquido colorido e ainda, o aparelho de ar condicionado, perfeitamente instalado na parede de taipa.

Pelas fotos da figura 6, que foram tiradas em 1999, o que corresponde a quase 20 anos de uso, observa-se que, a construção encontra-se em excelente estado de conservação, distante da idéia associada, injustamente, à taipa de mão de casa precária, de paredes tortas e de ambientes mal iluminados e sem ventilação. Ressalte-se, ainda, a satisfação sentida pelo proprietário, pelo bom desempenho de sua moradia, construída por uma técnica, que mesmo, sendo de conhecimento milenar, o homem, ao longo dos anos, tem restringido o seu uso



Figura 6. Vistas das fachadas frontal (leste) e lateral (sul)

Foto: Wilza Lopes

Considerações finais

A Casa Estúdio de José Albano é um exemplo da versatilidade e da simplicidade da técnica de taipa de mão. Nela foram utilizados materiais locais e renováveis e com baixo consumo de energia, o que resultou em uma edificação de reduzido impacto ambiental, além de apresentar satisfatórios desempenhos técnico e estético.

Comprova-se, assim, que a taipa de mão pode ser mais uma alternativa na solução dos problemas de habitação, dado à facilidade de execução, inclusive por mão de obra não qualificada, e ainda por ser facilmente assimilável e transmissível, apresentando resultados excelentes desde que, seguidos os parâmetros técnicos necessários.

Bibliografía :

ALBANO, José Cordeiro (1986). Estúdio tropical. *Fotoptica*, n.127, p.50-7, jan/fev.

ALBANO, José Cordeiro. (1987). *Construindo em taipa minha casa estúdio*. Fortaleza. /folder/.

ALVARENGA, Maria Auxiliadora Afonso (1984). *Arquitetura de terra _ Técnicas Construtivas*. Belo Horizonte, 1984../Digitado.

CALLA GARCIA, Alberto. (2002) La Constrcción com Tierra en la Cultura Andina. In: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 1. 2002, Salvador, *Anais...*Salvador: Projeto PROTERRA, 2002. p. 27-36.

DETHIER, Jean. (1993). *Arquiteturas de Terra*. Trunfos e potencialidades de um material de construção desconhecido: Europa – Terceiro Mundo - Estados Unidos. (1993). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 218 p.

FARIA, Obede Borges. (2002). *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana – SP)*. 2002, 200p. Tese (Doutorado)– Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

CASAL IGLESIAS, Francisco Tomás. (1993). *Arquitectura de terra no século XXI: uma utopia ?* In: 7ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, Silves,1993. *Anais*. Lisboa, DGEMN, p. 577-80.

LOPES, Wilza. Gomes Reis. (1998). *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções..* Dissertação (Mestrado em Arquitetura, área de concentração Tecnologia do Ambiente Construído) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 232p.

LOPES, Wilza. Gomes Reis; INO, Akemi (2001). Construções com Taipa de Mão no Brasil. *Revista Baiana de Tecnologia - TECBAHIA* (ISSN 0104-3285), Camaçari, BA, v. 16, n. 2, p.7–14, maio - ago. 2001.

MALDONADO RAMOS, Luis; RIVERA GÁMEZ, David (2002) La arquitectura construida com tierra en el umbral del Siglo XXI. In: *Arquitectura y Constrcción com Tierra. Tradición e Innovación*. Madrid: Maireia Libros.

MELLO, Suzy de. (1985). *Barroco Mineiro*. São Paulo: Brasiliense.

SOUZA, Renato César José de. (1996). Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. *Cadernos de arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, 1996. n.4, p. 103-120.

SCHMIDT, Carlos Borges. (1946). Construções de Taipa: Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica. In: *Boletim de Agricultura*. série 47A, 1946.

VASCONCELLOS, Silvio de (1979). *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

TECNOLOGIA DE TIERRA PARA MEJORAR ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

Rodolfo Rotondaro

M. Arquitecto

CONICET/Universidad de Buenos Aires

Cochrane 2292-C1419FMB-Buenos Aires / e-mail: rotondar@escape.com.ar / tel.: (54.11)45740398

Rafael F. Mellace

Arquitecto

LEME FAU - Universidad Nacional de Tucumán

Av. Roca 1800-4000 Tucumán / e-mail: rfmellace@infovia.com.ar / tel.: (54.381)4364093 int. 123

Augusto Pereyra

Téc. Químico

e-mail: varefo@hotmail.com.ar

Alex Schicht

Arquitecto

CONICET/Universidad de Buenos Aires - e-mail: alexschicht@hotmail.com

Resumen

En este trabajo presentamos resultados de la investigación sobre componentes y elementos constructivos de bajo costo para muros, pisos, solados y protecciones de muros, que se lleva a cabo en Buenos Aires y Tucumán, Argentina. La hipótesis general plantea la idea de que mediante la gestión participativa de elementos constructivos de tierra, de muy bajo costo y alta replicabilidad, para población que se encuentra bajo la línea de pobreza, podrá generar mejoramientos de pequeña escala en la vivienda y su entorno próximo.

Hay diseños y prototipos de muros de bloques comprimidos de tierra-cemento; contrapisos; pisos con tierra estabilizada en paños; baldosas y baldosines; solados con productos poliméricos; bases y sub-bases de veredas, patios y calles vecinales con tierras estabilizadas; pinturas y protecciones de superficie para bloques y muros de tierra. Se experimentan también prototipos de moldes manuales desarmables. Las actividades incluyen ensayos simples y normalizados; selección de tierras y pruebas de estabilización; aplicación y transferencia de técnicas con comunidades barriales; y organización de microempresas locales.

La investigación es posible gracias al apoyo material y financiero del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET; las Universidades Nacionales de Buenos Aires y de Tucumán (Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda); Secretariado de Enlace de Comunidades Autogestionarias, SEDECA; ONG Agenda Joven.

Abstract

Authors presents the results of a research focused in the improvement of the social housing in urban and peri-urban areas of Buenos Aires and Tucumán, Argentina. Work is now developing earth prototypes of components and constructive elements to build walls, plasters and floors with the use of stabilized soils and polymere products.

Proposals privilegates low cost alternatives based in the use of local ressources, earth components and wooden demountable moulds. Were built experimental prototypes of manual compressed blocks, floors, peatonal ways, plasters, surface wall protections, cement paints, and moulds with the use of differents local soils, Portland cement and other chemical stabilisers.

Urban poor people work together with researchers and technicians of universities and with non governmental organisations. The research is supported by local communities, NGOs (Secretariado de Enlace de Comunidades Autogestionarias, SEDECA; Agenda Joven) and by the Scientific and Technological National Conseil, CONICET; the University of Buenos Aires and the National University of Tucumán (Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda).

Palabras clave : elementos constructivos / alternativos / habitat social

Marco general de la investigación.

Las cifras oficiales a Febrero de 2003 indicaron 20,8 millones de pobres en Argentina y un porcentaje aproximado del 57,7% de la población urbana bajo la línea de pobreza. Un 27,5% apenas puede conseguir los alimentos mínimos necesarios para subsistir.

Esta situación de pobreza se manifiesta en las grandes ciudades del país y sus periferias. Aparece en forma clara en el Gran Buenos Aires, conglomerado de alrededor de 8 millones de personas, el sector urbanizado más grande del país. En la última década se incrementaron los asentamientos pobres y se pauperizaron aún más los existentes, inmersos en la exclusión que ni el Estado ni la sociedad en su conjunto hemos podido aún mejorar o revertir.

Este fenómeno trajo consecuencias, entre otros ámbitos, en la estructura física de la vivienda urbana: mayor déficit habitacional y carencia casi absoluta de medios y recursos para mejorar la calidad de la vivienda, para mantenerla, o para crecer.

La gente con este estado de pobreza y de indigencia tiene muy poco tiempo y fuerzas para hacer y mantener su propia morada.

En este trabajo resumimos una serie de iniciativas de investigación-acción que se inscriben en el campo de la vivienda para los sectores poblacionales bajo la línea de pobreza en áreas urbanas, con experimentación de laboratorio y una incipiente transferencia en Buenos Aires y Tucumán. La investigación tiene dos objetivos principales:

A- elaborar modelos de gestión adecuados a los contextos de aplicación de alternativas constructivas de muy bajo costo y replicabilidad posible; y

B- diseñar y transferir componentes y elementos constructivos de muy bajo costo con el empleo de tierras estabilizadas.

En esta etapa del trabajo participan y brindan apoyo material y financiero la Asociación Civil El Progreso, barrio Bancalari; Comunidad Toba de Derqui; SEDECA (Secretariado de Enlace de Comunidades Autogestionarias); ONG Agenda Joven; el Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda (Universidad Nacional de Tucumán); el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas); y la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (Universidad de Buenos Aires).

Gestión y diseño de prototipos.

Se han realizado distintas actividades: diagnósticos locales, diseño de prototipos de componentes y elementos, construcción de prototipos experimentales, ensayos de laboratorio, capacitación en barrios, organización de microempresas y transferencia de técnicas constructivas. La gestión de estos elementos constructivos alternativos presenta matices diversos que dependen y se articulan con las ONGs que intervienen en las comunidades barriales; los autores se suman a los procesos de gestión que ya funcionan en varios de los casos aquí presentados, tratando de contribuir con pequeñas mejoras que sean posibles en el campo de la vivienda autoproducida.

Los principales diseños y prototipos se describen a continuación:

1. Componente básico con tierra cruda estabilizada comprimida para muros de mampostería.

El componente es en este caso un bloque de tierra-cemento (IACP 1991; Mellace et al 2001) comprimido con dos métodos distintos: prensa del tipo Cinva-Ram (fuerza de compactación de aprox. 15 tn) y pisón manual de madera con molde de madera desarmable. El material está compuesto por tierra “tosca” (mediana plasticidad) tamizada con tamiz 4 (4,8 mm), cemento tipo Portland en un 3% (vol), aditivo químico en 1% (vol) diluido en agua de amasado, y agua en un 12% (vol). El bloque se experimenta en dos lugares del Gran Buenos Aires, con el enfoque de “proyectos piloto” de ambos trabajos.

Uno de los barrios está en Bancalari, a una hora al Norte de Buenos Aires. Dentro del barrio se trabaja con una organización vecinal llamada Asociación Civil El Progreso, bajo la coordinación de SEDECA. (padre Meisegeier y Lic. Julio Clavijo). Los objetivos son: (a) colaborar con la organización de una microempresa barrial para organizar una pequeña fábrica local de bloques de tierra-cemento; (b) generar mejoramientos de muy bajo costo para las viviendas del barrio; (c) construir hornos de tambor para mejorar el equipamiento doméstico.

Se analizaron tierras locales y adquiridas de otra zona (“tosca”) y se fabricaron bloques de prueba con tierra-cemento y aditivo químico (figura 1). La Asociación construyó moldes manuales desarmables de madera y metálicos desmontable (figura 2) con los cuales se fabrican bloques y se están construyendo muretes de prueba y un horno de tambor horizontal revestido con bóveda de los mismos bloques.

Cada actividad se acompaña con tareas de capacitación, dentro del plan de SEDECA.

El otro lugar está ubicado en un sector periurbano de la localidad de Derqui, donde se trabaja con una colonia de Tobas, comunidad indígena del Noreste del país asentada en este lugar.

Se trabaja con una comisión representante de la comunidad, bajo la coordinación de la ONG Agenda Joven (Lic. Luis Guzmán C.). Los objetivos son: (a) colaborar con la organización de una microempresa barrial para organizar una bloquera local de bloques de tierra-cemento; (b) mejorar a muy bajo costo para las viviendas del barrio; y (c) construir un templo (capilla) para la comunidad (figura 3). Se realizaron el proyecto de la fábrica de bloques y posterior Capilla; identificación de tierras locales y adquiridas ("tosca"); tareas de capacitación en el barrio y en la Universidad de Buenos Aires (curso de fabricación de bloques de tierra-cemento con bloquera y y charlas sobre las posibilidades de emplear la tierra cruda para construir).

En ambos barrios se ha adquirido (con fondos gestionados por las ONGs actuantes) una bloquera similar al modelo CINVA-RAM con el fin de iniciar la etapa piloto de fabricación y venta de bloques. Un 50% de la producción será destinada al mejoramiento o ampliación de las viviendas existentes.

2 -Componentes básicos y elementos constructivos con tierras estabilizadas para y bases y sub-bases de veredas y calles vecinales.

2.1- Paquete estructural suelo-cemento compactado con aditivo y concreto polimérico.

Las calles y accesos a los barrios del Gran Buenos Aires son de tierra y están en malas condiciones por la falta de mantenimiento. Esta situación genera problemas para la circulación y para una habitabilidad normal, tales como (a) el desprendimiento de excesiva cantidad de polvo fino; (b) condiciones resbaladizas por efecto de las lluvias, críticos en suelos arcillosos ("toscas", "gredas" suelos limosos y arcillosos); c) intransitabilidad en algunos casos.

Se investiga una solución alternativa a la pavimentación o las carpetas asfálticas, de menores costos, consistente en la consolidación de las calles vecinales mediante un paquete estructural compuesto por dos capas: una de tierra-cemento con aditivo estabilizante químico, de entre 10 y 20 cm de espesor; y una de terminación con concreto polimérico.

Las ventajas derivadas del uso del aditivo en la capa de tierra-cemento son las siguientes: costo inferior comparado con el de capas similares sin aditivo o con calles sin tratamiento (reduce la cantidad de cemento al 50% en volumen; reduce los costos de mantenimiento); aumenta la rapidez de ejecución de obra; la calle puede ser usada una vez terminados los trabajos de compactación; reducción de polvo fino en el ambiente en más del 90%; resiste temperaturas de hasta -10 grados centígrados sin deterioro en los deshielos; permite carpetas de rodamiento de menor espesor.

El líquido estabilizante contiene productos químicos de origen nacional, es de color azul, con pH: 10-11; tiene 60% de sólidos; no es tóxico ni inflamable; totalmente miscible en agua. Se diluye con agua (potable)

variando la cantidad de agua de acuerdo al grado de humedad del suelo existente, en un porcentaje aproximado del 1% en volumen en el agua de amasado.

La tierra-cemento se elabora con suelos areno-arcillosos con 60% o más (vol) de arenas finas y entre 15 y 20% (vol) de arcillas. La construcción de la capa se realiza con técnicas viales para sub-base de calles y el curado correspondiente.

En prototipos ensayados con probetas cilíndricas de 5cm por 10cm a 28 días, con una tierra de mediana plasticidad ("tosca" con 16% de arcilla) estabilizada con 3% de cemento en volumen y 1% de aditivo en volumen en el agua de mezcla, se han obtenido resistencias de rotura por compresión de 38 a 67kgf/cm², valores superiores a los de la tierra-cemento sin aditivo (29 a 40kgf/cm²). Una tierra-cal con 4,5% (vol) de cal hidratada con el mismo suelo, sin aditivo, presenta resistencias mucho menores, de alrededor de los 8kgf/cm².

2.2- Concreto polimérico.

Elemento constructivo para terminaciones de solados y pisos de tierra-cemento compactados y como revestimiento de muros exteriores. Es un líquido polimérico cuyos componentes son gravas y arenas finas, cemento, agua, pigmentos y una mezcla de polímeros acrílicos, vinílicos y estirénicos de base acuosa, que se aplica en dos o más capas y en espesores variables.

Se investiga como terminación para solados y pisos de vivienda (contrapisos, paños de piso, baldosas, capa de desgaste final, pisos interiores, patios, veredas), y para pisos de uso público en edificios institucionales, en sendas peatonales y en calles, aplicado en espesores que varían entre 2 mm a 50 mm.

Se está experimentando y evaluando su performance en cuanto a su resistencia a la intemperie, adherencia y fisuración. Se realizarán ensayos normalizados de resistencia a la abrasión y de dureza, y se evaluará su mantenimiento.

No necesita curado y en menos de 48 hs. de aplicada se puede habilitar al uso. Tiene una gama de 20 colores y su costo de mantenimiento es menor comparado con el de las terminaciones convencionales para la vivienda de interés social (revoque grueso, revoque fino y pintura en el caso de muros; carpeta cementicia de 1cm en pisos).

Las ventajas de su aplicación como elemento constructivo para pisos y solados de la vivienda de bajo costo radican en que es un material resistente al desgaste climático y por abrasión; de mayor flexibilidad que las soluciones tradicionales en uso; no necesita de juntas de dilatación; es apto para el tránsito peatonal intenso (por ello el interés en investigarlo para su uso en el habitat social).

2.3- Endurecedor.

Elemento endurecedor para pisos y solados. El producto es una mezcla endurecedora en polvo de aplicación para superficies y solados de alta transitabilidad, experimentado en capas de desgaste de pisos de salas de juegos y en playas de estacionamiento descubiertas, en áreas urbanas del Gran Buenos Aires. Está compuesto por gravillas finas, arenas cuarcíticas, cemento, agua, pigmentos no metálicos y aditivos fluidificantes.

Se puede aplicar sobre pisos de tierra-cemento con capa de desgaste de concreto polimérico y sobre pisos y pavimentos de hormigón. Se investigan su aplicabilidad, costos y mantenimiento en pisos y solados de la vivienda de interés social para el Gran Buenos Aires y Tucumán con prototipos en etapa de ensayo.

3 – Prototipos de revoques y protecciones de superficie.

3.1 - Revestimiento de concreto polimérico.

Es el mismo material mencionado más arriba, aplicado varias capas de 0,5 a varios milímetros de espesor, sobre la pared de tierra. Su consistencia tiene la plasticidad adecuada para su manipuleo como una pintura espesa que se aplica y alisa con llana.

Se construyeron prototipos de prueba sobre bloques de tierra-cemento (3% de cemento en volumen y aditivo químico) para muros de mampostería, con espesores de entre 2 mm y 5 mm de espesor, aplicados con llana.

3.2 - Protecciones para muros exteriores.

Tanto en Tucumán como en Buenos Aires se investiga la durabilidad, el comportamiento al desgaste por erosión de agentes atmosféricos, la adherencia al sustrato, aspectos técnico-constructivos (trabajabilidad, herramientas necesarias, mano de obra) y costos relativos de materiales para protección de superficie en cara exterior de los muros exteriores de tierra cruda.

En el campo experimental del Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda (Universidad Nacional de Tucumán) se ensaya una lechada cementicia (cemento tipo Portland y arena fina en proporción 1:1 en volumen) de promedio 2,5 mm de espesor. El material se aplicó en dos manos sobre prototipos de muretes de mampostería de adobe tradicional, de adobes cuadrados reforzados con caña tacuara, y de bloques de tierra-cemento Cinva-Ram (Mellace et al 2001)(figura 4), luego de 15 días de fabricados. Las variables de evaluación son el material del sustrato y la orientación de las caras, y la comparación se efectúa en el mismo murete ya que cada cara se protegió sólo en el 50% de su superficie para poder monitorear las lesiones del muro con y sin protección.

Los resultados después de dos años de evaluación enseñan que en el caso del muro de adobe se produce un descascaramiento de la lechada por falta de adherencia y una rápida fisuración por el diferente trabajo (contracción y dilatación, flexibilidad) de la capa y su sustrato. En el caso del muro de bloques comprimidos estabilizados con cemento hay buena adherencia y muy poca fisuración, coincidiendo con el trabajo de juntas, y en general el objetivo de proteger el muro del lavado y erosión por lluvias y humedades se cumple con buen pronóstico. Esta performance se cumple aún para la orientación Sur, la más castigada por la acción de lluvia con vientos fuertes.

En Buenos Aires se ensaya una pintura sobre bloques de tierra-cemento (en dosajes cercanos a 10:1 en volumen). Se aplica con llana, rodillo o proyectado a pistola, en dos manos, sobre el muro; éste, a su vez, puede estar preparado con las juntas enrasadas o bien estar revocado con grueso cementicio alisado.

Se investigan los resultados de su aplicación sobre bloques de tierra-cemento (3% cem. vol) con aditivo químico, en cuanto a resistencia mecánica, fisuración, adherencia, impermeabilidad, costos y estética. Presenta una ventaja de costos significativa comparado con la terminación tradicional de los muros de bloques de hormigón, ladrillo cerámico hueco o ladrillo macizo cocido, ya que elimina el revoque fino o de terminación, el enduido y el fijador de pintura. Se puede terminar liso o texturado, en una gama amplia de colores, en espesores de hasta 1 mm en dos manos.

4- Componentes básicos y elementos constructivos con tierras estabilizadas para contrapisos, pisos, solados y veredas de la vivienda.

Algunas de las soluciones observadas en la vivienda popular incluyen a un alisado y apisonado simple y rústico del piso natural, a modo de “compactado mínimo” del piso con el fin de su limpieza y evitar material suelto en el interior de la vivienda. También es frecuente observar pisos de hormigón de cascotes con un simple alisado cementicio de terminación, de 8 o 10cm de espesor. A partir del diagnóstico se investigan elementos similares con empleo de bajos dosajes de cemento para pisos continuos en forma de fajas, construidos con tierras locales.

En Tucumán y en Santiago del Estero se ensayan prototipos para pisos de tierra-cemento de 8 cm de espesor sobre el piso natural, previamente nivelado y compactado con pisón manual de 15 kg. de peso. Se emplean tierras locales de características areno-arcillosas, tamizadas con malla de 4 mm de lado, estabilizadas en proporciones de entre 6:1 y 9:1 de tierra-cemento en volumen. El material se prepara con la plasticidad necesaria para poder construir fajas de 0,80 m a 1,20 m de ancho por el largo de la habitación (2,60 m a 4,60 m) con ayuda de reglas, y con agua en un 24% al 28% (vol) aproximadamente. Una vez construida cada faja se realiza un alisado final con llana agregando apenas agua, espolvoreando cemento antes que seque, y luego

se realiza el curado durante cinco días. El piso se termina con una pintura lavable aplicada a rodillo en dos manos cruzadas.

En Buenos Aires se trabaja actualmente en el diseño de componentes básicos y elementos constructivos para el ensayo de prototipos de laboratorio.

Estos prototipos comprenden a dos grupos de pisos y solados que en general se basan en la idea de un piso de tierra-cemento continuo con alisado final, y componentes de baldosas y baldosines de varias dimensiones (IACP 1946; IRAM 1972), simples e ínter trabados, de tierra-cemento empleando tierras locales corregidas (figura 5).

La evaluación técnica de los prototipos de laboratorio comprende ensayos normalizados de desgaste por abrasión, permeabilidad por goteo, dureza y resistencia a compresión con probetas y componentes. En la etapa siguiente se prevee el diseño y construcción de prototipos de campo en barrios del Gran Buenos Aires, con participación de comunidades y ONGs.

Este trabajo se realiza desde el Centro Experimental de la Producción de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo-UBA, con el apoyo del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

La gestión, el hábitat social, los prototipos y su transferencia.

En los resultados obtenidos durante las etapas iniciales de la investigación, tanto en contextos urbanos y peri-urbanos del Gran Buenos Aires como de Tucumán, el diagnóstico de situación concluye que el tema de resolver el piso de la vivienda y su entorno no es tan fácil como parece. La situación de pobreza e indigencia que afecta a la población se traslada a cuestiones tales como la terminación, el mantenimiento y el mejoramiento de la vivienda, con repercusiones significativas en cuanto a la higiene, la salud, el confort, la habitabilidad, la estética.

En el caso que trata este trabajo, la resolución de los pisos y solados en la vivienda de interés social, son aspectos que se dejan para lo último, o no se hacen; no se tienen en cuenta o no se valoran. Algunos proyectos y planes estatales, incluso, promocionan la autoconstrucción parcial de la vivienda y dejan que la familia realice las terminaciones de la misma, lo cual incluye con frecuencia a los pisos, solados y veredas.

También los diagnósticos revelan que la iniciativa popular es abundante en temas constructivos, y que se puede observar una gran cantidad de soluciones alternativas de cierta eficacia para resolver este problema.

El fin último de la investigación es insistir con nuevas experiencias sistematizadas para apoyar a los procesos de autoproducción de la vivienda, en particular la de la población bajo la línea de pobreza. La forma de intentarlo se basa en una estrategia de gestión muy participativa, que considere las posibilidades en cada contexto local, articulando los esfuerzos de pobladores, asociaciones comunitarias, ONGs y el sistema científico-tecnológico argentino.

La idea central es seguir trabajando, esta vez con el empleo de la tierra cruda, en la construcción de modelos de tecnología y arquitectura apropiados a los contextos locales en Latinoamérica.

Bibliografía :

IACP-INSTITUTO ARGENTINO DEL CEMENTO PORTLAND (1991). “Suelo-cemento. un material con muchas aplicaciones”. Boletín ICPA N° 139. Buenos Aires.

IACP-INSTITUTO ARGENTINO DEL CEMENTO PORTLAND (1946). “Pliego de condiciones minimas de baldosas”. Rev. Técnica Cemento-Hormigón N° 147. Bs. Aires.

IRAM-Instituto Argentino de Racionalización y Normalización de Materiales (1972). “Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana”. Norma IRAM 1522. Buenos Aires.

MELLACE, Rafael; ROTONDARO, Rodolfo. (1996). “Ensayos de suelos-Proyecto de componentes constructivos de tierra cruda. Etapa I: Región NOA, altiplano de Jujuy”. Publicaciones LEME FAU UNT. LEME/PID CONICET 318-92. Tucumán.

MELLACE, Rafael; ROTONDARO, Rodolfo; LATINA, Stella; ALDERETE, Carlos; SOSA, Mirta; ARIAS, Lucía. (2001). “Mejoras de bajo costo para muros de tierra cruda. Tucumán , Argentina.Etapa II: Prototipos de muros”. Publicaciones LEME FAU UNT. Tucumán.

SEGUNDA SESIÓN

ASPECTOS DE DISEÑO Y PROYECTO

Luis Alfonso Basterra Otero

Contaminaciones constructivas: Transferencias de tecnología entre la arquitectura popular y la construcción convencional

Luis Alfonso Basterra Otero / F. Jové Sandoval / Montserrat Calleja de Castro

Comportamiento de bloques de tierra comprimida sometidos a diferentes condiciones de humedad

Lucia Esperanza Garzon

Talleres de construcción con tierra en villa de Leyva - una forma de educación informal y de recuperación patrimonial

Rafael Francisco Mellace

Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATIC)

Hugo E. Pereira Gigogne

La enseñanza universitaria en la carrera de arquitectura de la tecnología de construcción con tierra cruda - una experiencia chilena

PRESENTACIÓN

CONFERENCIA INAUGURAL

1ª SESIÓN

2ª SESIÓN

3ª SESIÓN

4ª SESIÓN

II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid 18 y 19 de septiembre de 2003

CONTAMINACIONES CONSTRUCTIVAS. TRANSFERENCIAS DE TECNOLOGÍA ENTRE LA ARQUITECTURA POPULAR Y LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL

Luis Alfonso Basterra Otero

Dr. Arquitecto., basterra@arq.uva.es
Departamento de Edificación
E.T.S.Arquitectura Avda/Salamanca, s/n
47014 Valladolid (Spain)
Tfno+fax: +34 983 423 442

Resumen

Esta ponencia analiza características esenciales de dos maneras de construir bien diferenciadas y con condicionantes apriorísticos igualmente distintos: la construcción vernácula y la más convencional y extendida actualmente en España; la más conocida por operarios y técnicos.

Se analiza críticamente como la pérdida de contacto intelectual, que no físico o personal, entre ambos mundos hace que las transferencias entre ellos se realicen por osmosis acrítica y desorientada, cuando no rigurosamente desinformada o inculta.

Se concluye la necesidad de reconocer y aceptar el valor universal de los principios (pocos) a los que deben someterse las decisiones y adoptar pautas de razonamiento adecuadas (actitudes) para poder rentabilizar críticamente la inmensa cantidad de información que se produce y divulga actualmente, desconfiando de las supuestas ventajas que, en muchas ocasiones de forma sesgada, pueda esperarse de ellas en contextos distintos

Abstrac

This communication analyzes essential characteristics of two ways to build, well differentiated and with equally different aprioristics conditions: traditional building and the most conventional and extended and at the moment in Spain; most well-known by workers and technicians.

It is analyzed critically like the intellectual contact lost, that nonphysical or personal, between both worlds causes that the transferences among them are made by acritic and disoriented osmosis, when not rigorously disinformed.

Again we need to accept the universal value of the principles (few) to which must be put under the decisions and to adopt suitable guidelines of reasoning (attitudes) to be able to critically make profitable the immense amount of information that takes place and discloses at the moment, distrusting of the supposed advantages that, in many occasions of slanted form, can be expected of them in other contexts.

Palabras clave

Construcción, arquitectura popular

Key words

Construction, popular architecture

Este trabajo tiene el propósito de poner en relación las soluciones constructivas que caracterizan a la arquitectura popular y la construcción convencional. Ante la posible ambigüedad de ambos términos convengamos primero a que pretendo referirme, pasando luego a analizar las

contaminaciones que se producen entre las soluciones constructivas y materiales de un mundo y el otro.

La arquitectura tradicional, popular o vernácula, aunque múltiplemente redefinida, tiene algunas referencias bibliográficas esenciales que la encuadran¹. En este trabajo nos restringiremos a la más próxima², por ser para mí la más conocida, sin perjuicio de que la mayor parte de lo que se va a decir pueda extenderse a otras.



Fig. 1. Vista parcial de la localidad de Navapalos (Soria)

Su construcción se caracteriza por el empleo, con distintas intensidades parciales según las zonas geográficas, casi exclusivamente de tres (3) materiales³:

- **La piedra:**
 - Natural: para cimentaciones de mampostería y, en ocasiones, machones en los muros.
 - Cocida en hornos: yeso (deshidratación del aljez a 120° C) y cal (calcinación a 1000° C de calizas, carbonato cálcico).

¹ FLORES, 1978, FEDUCHI, 1986, GARCÍA MERCADAL, 1981, BAILS, 1983, CEA et al., 1990, Revista Arquitectura COAM, n° 192, 1974.

² ALCALDE CRESPO, 1989; OLCESE, 1993; ALONSO PONGA, 1994; MALDONADO y VELA, 1996; ROLDÁN, 1996; DE BENITO, 1998.

³ En algunos casos incluso menos como en las casas cueva: arquitectura de un solo material, conformada por sustracción, en vez de por adición. JOVÉ, F: “*Las casas-cueva de Aguilar de Campos; origen y razón constructiva*”. Tesis Doctoral Universidad de Valladolid, 2003. Inédita.

- La **madera** y otros elementos vegetales: cañas, cuerdas, tejidos, etc.
- La **tierra**:
 - Cruda: puzolanas, áridos, **arcillas**: adobe, tapial, tapia real (con cal⁴), tapial con machones y mixto, muros armados y entramados cuajados de adobe; morteros y revocos de diversos tipos.
 - Cocida: ladrillos, baldosas y tejas cerámicos.

Es notable su compatibilidad tecnológica y el preciso conocimiento de sus propiedades que sus usuarios han venido demostrando a lo largo del tiempo. Quizá por ser tan pocos, entre otras razones. Con ellos se han ido lentamente decantando fundamentadas soluciones multifuncionales, conocidas y probadas durante siglos de pruebas y errores, imitaciones y correcciones, que son expresión patente de la técnica alcanzada y de un elevado refinamiento empírico, con resultados tan fascinantes y variados como las mismas culturas que los acogen. El acondicionamiento climático se resuelve con técnicas que se pierden en el tiempo, tanto en la **utilización** de los distintos materiales y sistemas constructivos como en la correcta **relación espacial** entre las distintas dependencias de los edificios, respecto a las posibilidades de soleamiento y aireación naturales, así como en los sistemas de aislamiento y de aprovechamiento de los recursos de energía disponible en cada caso.

Se atribuye a Oscar Wilde la frase que dice: “*Con una naturaleza más benigna, el hombre nunca hubiera inventado la vivienda*”. La necesidad ancestral de guarecerse de la intemperie, consideraciones esencialmente **económicas** y la ausencia de transporte provoca que en los pueblos sedentarios la construcción sea básicamente vernácula, empleando exclusivamente los elementos disponibles a pie de obra organizados entre sí de la forma más barata posible. En el mejor de los casos se introducían como variables algunas reglas de proporción, basadas esencialmente en la idea de estabilidad, más que en la capacidad resistente. El fenómeno a evitar en las fábricas, como todavía ahora, era la aparición de tracciones pues estas conducen, a velocidad creciente, a la segura ruina de la construcción. Todo ello condujo a la laboriosa y lenta formación de un código de reglas, básicamente empírico, transmitido por generaciones, de la que no estuvo ausente alguna época más o menos oscurantista (gremios). Este código (*lex artis*; reglas de la buena construcción) se ha mantenido valedero y útil básicamente hasta principios del siglo pasado.

⁴ Algunos textos distinguen la tapia real no por la incorporación de cal, sino por sus dimensiones, 150 pies cúbicos, frente a los 54 de la tapia común. OLCESE (1993: 27), citando a FRAY LORENZO SAN NICOLÁS: “*Arte y uso de la Arquitectura*”, 1633.

Por su parte, la arquitectura convencional es la que, utilizando una expresión al uso en el mundo de la informática, emplea la construcción *por defecto*: la más conocida por operarios, empresas y técnicos; la que no requiere *inventos*, instrucciones o aprovisionamiento de materiales sofisticados, tareas de diseño complejas y costosas; la que permite centrarse en los defectos conocidos, no corriendo el riesgo de pérdida del control. En definitiva, la que se empleará de no mediar orden en contra. En realidad supone una decantación de la tradición limitada (no es posible lo contrario) y se beneficia de una cierta coherencia interna.

Sus antecedentes hay que buscarlos, como no, en el Movimiento Moderno. La ruptura que preconizó respecto de todo pasado reconocible tiene múltiples facetas y su complejo análisis no corresponde ni al abajo firmante ni al propósito de este trabajo. Sin embargo sí conviene recordar algunos de sus presupuestos constructivamente relevantes: la diferenciación de la estructura, su consideración como un mal necesario, algo a esconder; la fachada libre, *fenetre longeur*; ocultación obsesiva de los forjados y, su principal *desideratum*: la desaparición de la jácena, el techo plano.

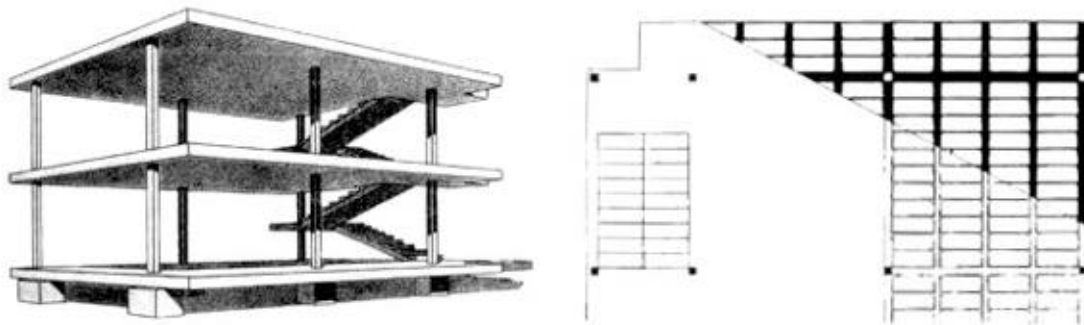


Fig. 2. Esquema de la casa dom-ino.

En las primeras etapas de asimilación de los paradigmas vanguardistas, algunos brillantes arquitectos fueron capaces en Europa, en un contexto económico e industrial extremo, de reinterpretar la tradición, diseñando auténticos procesos constructivos para hacer posibles los edificios. Se pasa de una cultura de los modelos a una cultura de los componentes. Frente a los modelos cerrados completamente definidos consecuencia de las teorías de la primera modernidad (la idea de industrialización y prefabricación pesada, por ejemplo, que no tuvo, como es sabido el éxito esperado), la condición de moderno se empieza a relacionar con la aparición de productos ligeros altamente industrializados, sin relación alguna con la geometría, adaptable a casi cualquier exigencia formal.

En la construcción convencional que estamos dibujando encontramos múltiples y variados *nuevos* (¿ya obsoletos?) y, sobre todo, **muchos** materiales. Para darse cuenta de lo extremo de la situación basta visitar cualquiera de las grandes ferias/exposiciones de construcción actuales. Sin duda el acero, el cemento artificial, el hormigón armado y, en definitiva, la estructura porticada contribuyeron a ampliar la libertad compositiva. Las telas impermeabilizantes permitieron la cubierta plana. Las mantas de aislamiento térmico, desarrolladas profusamente a partir de la crisis energética de los años '70, dieron lugar a un auténtico *lifting* constructivo, adelgazando los paramentos hasta admitir que las ventanas se sitúen en las mismas esquinas. Se desarrollan los vidrios de gran formato y de prestaciones especializadísimas, incluso estructurales. Los aplacados de materiales diversos permiten arquitecturas de texturas y colores inéditos, formando revestimientos transventilados cuyas fijaciones todavía han de evolucionar. Proliferan los metales y aleaciones metálicas en chapas y perfiles. Avanzan y se hiperespecializan los sellantes, más o menos eficaces, panacea de la chapuza constructiva. Ya así podríamos ir extendiéndonos relacionando más y más aportaciones, todas ellas bienintencionadas y válidas, pero **parciales**.

Una característica indiscutible por lo abundante en la construcción actual en España es el empleo masivo de soluciones de cerramiento estratificado, mediante multicapas delgadas e hiperespecializadas que presentan, hoy por hoy, unos cuantos problemas sin resolver de forma contundente:

- El muro se desintegra en capas separadas radicalmente por el aislamiento térmico. Este impide la disipación del calor captado por la cara exterior, que puede alcanzar temperaturas altísimas.
- Problemas en los huecos, encuentros y esquinas.
- Se conforman soluciones rígidas y poco resistentes pero encuadradas en una retícula básicamente deformable.
- La libertad de comportamiento individual que necesita la diversidad de materiales exige encuentros sofisticados y es difícilmente compatible con la estanquidad global y la estabilidad de aplacados.



Fig. 3. Solución convencional
de cerramientos.



Fig. 4. Cierre de las fachadas con ladrillo cara vista en un
edificio actual con estructura reticulada.

En definitiva, la **INNOVACIÓN** en los materiales y sus propiedades impide la aplicación de las reglas conocidas. La **DIVERSIDAD** hace que no puedan ser sustituidas por un número razonable de otras nuevas, fragmentando el conocimiento y, finalmente, destruyéndolo. Se pasa de la construcción a *las construcciones*, con una acusada y muy repetida decadencia en la maestría artesanal. Pero es en mi opinión más trascendente, aunque menos comentada, la pérdida por parte de operarios y técnicos de la capacidad de **comprensión**; en el doble sentido de entender y de colaborar o cooperar a causa común de las nuevas soluciones. Abrumados todos por la inmediatez de resolver lo urgente, se descuida lo verdaderamente importante.

Asistimos pues a una pérdida de contacto intelectual entre ambos mundos. Pero, sin embargo, nuestra sociedad moderna e intercomunicada posibilita la relación entre las personas que forman parte de uno y otro. Ello hace que las transferencias de información entre ellos se realicen por osmosis acrítica y desorientada, cuando no rigurosamente desinformada o ignara.

Para demostrarlo repasemos algunos ejemplos significativos: situaciones paradigmáticas, no limitativas ni excluyentes, que espero sirvan para ilustrar, a modo de simple fotografías, el mensaje que se pretende transmitir.



Fig. 5. Forrado de un muro tradicional con una hoja de ladrillo cara vista.

Hoy encontramos con cierta frecuencia fachadas tradicionales que están siendo forradas con una hoja de ladrillo cerámico cara-vista, para evitar el mantenimiento a que obligan los trullados o revocos tradicionales. Superficies acristaladas de gran tamaño, que no tienen en cuenta las consecuencias del soleamiento propio de nuestra latitud y de las condiciones particulares de cada edificio y no se justifican en edificios residenciales. Por su parte, el hermetismo de las carpinterías actuales junto a la excesiva impermeabilidad de algunas membranas, tendidos o pinturas impiden el equilibrio higroscópico entre el muro y el ambiente que le rodea, generando problemas de condensación inéditos en la arquitectura tradicional. En la dirección contraria es llamativa la abundancia con que a muchos de nuestros edificios contemporáneos se les otorga una apariencia exterior muraria, que se finge pasando por delante de los forjados y pilares de estructuras reticuladas delgadas plaquetas que comprometen la estabilidad de toda la hoja y son difícilmente compatibles, a medio plazo, con el desigual comportamiento de los dos sistemas que se juntan: estructura reticular deformable y entrepaños de fábrica rígidos. Lo mismo que cubiertas inclinadas, escamoteadas tras delgados acroterios para aparentar ser planas (modernas) generando un canalón perimetral candidato a problemático, en el mejor de los casos, por su difícil mantenimiento.

En la más sabia *lex artis* constructiva los encadenados o zunchos recorren la parte superior de los muros a la altura de los forjados, asumiendo varias funciones:

- Servir de cadena o enlace a los extremos de los nervios o viguetas sueltas, atando toda la estructura en cada nivel de planta.
- Garantizar el enlace y continuidad entre los muros, en las distintas direcciones en que pueden estar dispuestos. Especialmente importante resulta su papel en el caso de desequilibrio de un muro hacia fuera, en donde no puede encontrar el recurso de otros muros transversales. Los forjados se solían disponer preferentemente en paños contrapeados para ayudar a que todos los muros, con parecida proporción en las dos direcciones, reciban carga y, por lo tanto, ganen en estabilidad.
- Repartir las cargas puntuales de las viguetas que vienen a descansar sobre los muros.
- Transmitir esfuerzos horizontales provocados por las acciones de viento o sismo a los elementos dispuestos para tomarlos y bajarlos hasta la cimentación y, finalmente, el terreno.
- Eventualmente pueden servir de dinteles para apertura de huecos, debiendo ser calculados y armados para ello.

Lógicamente, su papel es primordial en los forjados de madera, o en aquellos que no tengan asegurada la rigidez en su plano (algunos metálicos para cubiertas, por ejemplo). Los forjados de hormigón armado disponen, por el contrario, de una losa superior armada que solidariza todos los nervios y confiere al conjunto una gran inercia en su plano. Para ellos **no resulta tan vital el papel de los zunchos**, que sólo son ineludibles en los extremos de las viguetas de los voladizos.

Los muros tradicionales llegan a la cota de cimentación *o fundación* con tensiones del mismo orden de magnitud que la admisible por el terreno. Era suficiente un sutil incremento de anchura para apoyarse con seguridad en casi cualquier terreno inalterado (la diferencia con la desproporción en las zapatas actuales ha hecho a más de uno pensar equivocadamente en patologías graves porque el edificio *carecía de cimentación*). Además, con muros y soportes de madera la estructura es desarmable. Ello y la ausencia de solera (se pavimentaba directamente sobre el terreno compactado) imponía una trama de zanjas en las dos direcciones que rigidizaba la geometría del arranque de todos ellos. Los pilares de hormigón y el forjado que soportan están unidos con nudos rígidos. Su constitución, con una armadura en forma de jaula, hace muy difícil (con más de un forjado, casi imposible) que se puedan mover en su arranque. Intuitivamente esto lo sabe cualquier encargado de obra que, mientras no está construido el forjado superior, no acodala los pilares de hormigón y sí lo hace con los muros no arriostrados. Por si fuera poco, la existencia generalizada de solera los enlaza más eficazmente que cualquier viga de atado, pues lo hace en todas las direcciones. A este nivel es

igual de efectivo acodalar que atirantar. El argumento de que pueden evitar asientos diferenciales se demuestra equivocado sin más que calcular las dimensiones y armado que requeriría una viga de atado ante un asiento imperceptible en un edificio de tamaño moderado.

Las anteriores referencias a algunas de las contaminaciones desorientadas deben completarse con otras en las que las transferencias de conocimiento entre ambos mundos ha derivado ventajosas.

Apoyado en la vulgarización de los ordenadores, el explosivo desarrollo de los Métodos numéricos (destacando entre ellos el Método de los Elementos Finitos) permite el análisis no lineal (mecánico y geométrico) del comportamiento de sistemas estructurales complejos: grandes estructuras masivas, fábricas (Roca et al., 1998), etc. También análisis térmico (Pérez Arroyo, 2001) impensable hasta su puesta a disposición de investigadores y técnicos. El MEF se ha constituido en una poderosa herramienta para representar la realidad de forma más compleja que las conocidas hasta ahora, sustituyendo eficazmente ya a pruebas y ensayos destructivos con modelos. Todavía hay que esperar mucho de estos métodos, actualmente en frenética ebullición: se calcula en unos 15.000 la producción mundial anual de artículos científicos sobre el MEF.

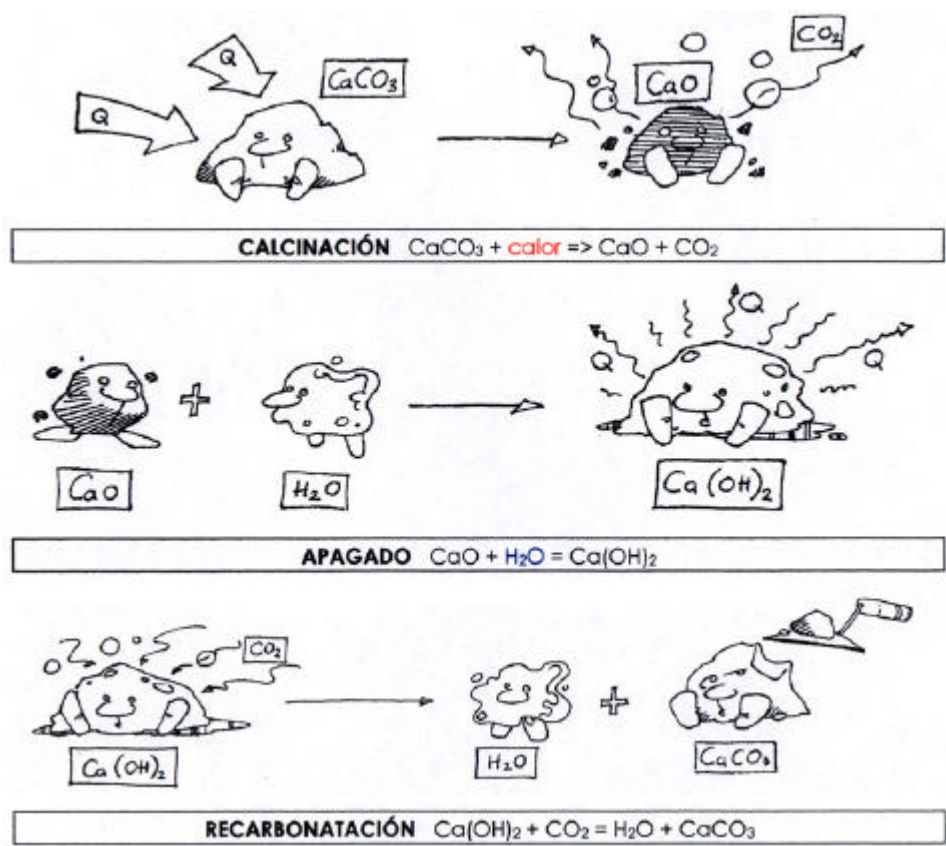


Fig. 6. Esquema del ciclo completo de la cal.

Tras una época de cierta oscuridad, asistimos felizmente a la incorporación y desarrollo de nuevos sistemas de producción de materiales tradicionales, destacando la recuperación de la cal y sus renovadas posibilidades en combinación con otros materiales actuales. Aunque todavía costará recuperar la plasticidad de los antiguos morteros, sustituidos hoy por extrañas mezclas denominadas irónicamente “monocapa”⁵.

Hoy todavía en proceso de investigación, en mi opinión se puede esperar mucho de las tecnologías ultrasónicas para evaluación de la resistencia residual de piezas grandes de madera antigua parcialmente degradadas mediante ensayos no destructivos “in situ”. La dificultad y el grado de pericia que requieren las técnicas de clasificación visual condenan hoy a la demolición a muchos sistemas y barras estructurales de madera, perfectamente solventes para su conservación y, en su caso, rehabilitación. Además, la mayoría de las normas internacionales en la materia han sido desarrolladas para la clasificación del producto de primera transformación más extendido -el tablón procedente del aserrado- y de especies comunes de cada mercado. Por consiguiente, existen dificultades evidentes a la hora de aplicar dicha información para la evaluación de estructuras existentes. Aquellas se extienden y agravan en casos como:

- Barras estructurales tales de grandes escuadrías.
- Especies y/o variedades y/o prácticas silviculturales y/o procesos industriales no habituales (o inexistentes) actualmente.
- Barras estructurales de sección circular (o segmentada), de fustes más o menos irregulares.
- Zonas parcialmente degradadas.

Precisamente los tipos más frecuentes en las estructuras que podemos hallar en el patrimonio inmobiliario de cierta antigüedad y en el de carácter monumental o histórico-artístico en particular. Para su evaluación algunos grupos estamos investigando en diferentes líneas, de las que esperamos poder publicar resultados en próximos encuentros como este en los próximos años. Entre ellas podrían destacarse:

- Protocolos de inspección y análisis probabilista o pseudo-probabilista de estructuras que permita obtener conclusiones fiables mediante la inspección de una población limitada de barras, complementados con sistemas de representación post-analítica basado en técnicas

⁵ El revestimiento exterior constituye sólo la más epidérmica de la multitud de capas que integran los muros de cerramiento actuales. Un muro de fábrica del orden de un metro de grosor era, mucho más rigurosamente, un monocapa.

gráficas convencionales y ficheros digitales sobre información heterogénea: fotografía, video, infografía, hipertexto, etc. integrados en su caso con motores de base de datos y sistemas de navegación por la información basados en estándares web⁶.

- Protocolos de aplicación e interpretación de lecturas ultrasónicas obtenidas mediante equipos ligeros y portátiles, aplicables directamente sobre puntos de la pieza, sin necesidad de preparaciones especiales (RODRÍGUEZ LIÑÁN et al. 2000) . Permiten la determinación del módulo de elasticidad dinámico de la madera, que tiene también relación con la densidad, aunque tratándose de ensayos no destructivos, la obtención de la densidad puede ser de dificultad práctica. La medición se hace en dirección perpendicular (directo) y casi paralela a la fibra (semi-directo).
- Resistencia a la penetración de un taladro especial, denominado resistógrafo, que parte de la correlación entre dicha resistencia y aspectos tales como la configuración anatómica interna de la madera, la densidad, o la existencia de degradaciones. Una aguja penetra a lo largo del material, obteniendo lo que se denomina un perfil *resistográfico*.



Fig. 7. Resistógrafo de resistencia

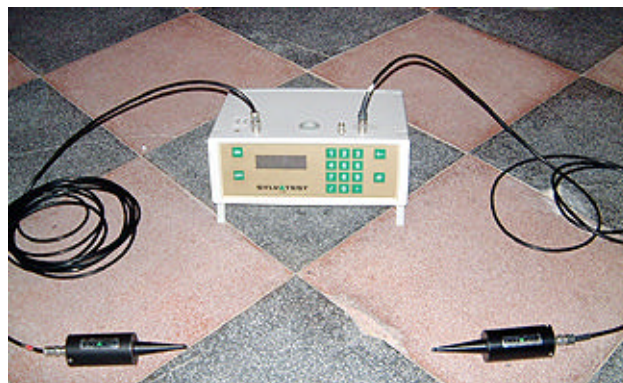


Fig. 8. Medidor de ultrasonidos Sylvatest.

En conclusión, el variado y heterogéneo contacto entre los conocimientos constructivos heredados de la tradición y de la historia, empíricamente modelados a lo largo de los siglos mediante el trabajoso procedimiento de la prueba y el error, y los proporcionados por la más reciente experiencia apoyada en la innovación y los conocimientos tecnológicos y el desarrollo de la

⁶ Durante el año 2002 la Dirección General de Patrimonio de la Junta de Castilla y León ha financiado a nuestro grupo de la Universidad de Valladolid un trabajo de investigación (12+3 BIC) con esta finalidad. Como consecuencia se han aplicado experimentalmente protocolos de inspección y técnicas instrumentales de reconocimiento sobre quince monumentos declarados Bien de Interés Cultural BIC de Castilla y León. El resultado principal es una base de datos diseñada como el embrión de un futuro sistema de información en el que se aloje toda la información relevante relativa a las estructuras de madera en el Patrimonio Histórico de Castilla y León, sí como una serie de inspección especializadas sobre los monumentos.

industria contemporánea, debe acrisolarse reinterpretando el edificio como un sistema global en el que se redefine el papel de cada material y sistema constructivo y sus relaciones con los vecinos en base a los principios universales (los vitrubianos –que son fines y no medios para alcanzarlos⁷– se han quedado un poco escasos, aunque nos sigamos empeñando en hincharlos como un pellejo de vino):

- La conveniencia cultural, que tiene que ver con el momento y el contexto.
- La utilidad de los espacios en relación con los usos previstos.
- La adecuación ambiental de los espacios generados a dichos usos.
- La eficiencia –eficacia a coste mínimo– de los costos.
- La integridad a largo plazo.

Reconociendo y aceptando el valor universal de los principios (aún menos) del conocimiento técnico a los que deben someterse las decisiones.

Cambiando de actitud ante el proyecto, mediante la incorporación a la serie compleja y abundante de parámetros intervinientes, los de la adecuación constructiva a las peculiares y delicadas condiciones de este tipo de materiales y sistemas constructivos.

Postulamos para ello no la obtención y manejo sobreabundante de referencias sino la adopción de pautas de razonamiento (**actitudes**) adecuadas para poder rentabilizar críticamente la inmensa cantidad de información que se produce y divulga actualmente, sin confiar simplemente en las supuestas ventajas que, en muchas ocasiones de forma sesgada, pueda esperarse de ellas en contextos distintos.

Ello permitiría (y es una responsabilidad ineludible de cada uno en la medida de sus posibilidades) destruir algunos supuestos erróneos y, a la vez, enriquecer legítimamente lo heredado con lo más valioso de lo que le ha seguido.

Quizá el mayor inconveniente para este planteamiento general es el exigir que el proyectista tenga - y además lo utilice- algo tan sutil como es el **CRITERIO**, al servicio del cual debería someterse todo lo demás.

⁷ Muy posteriormente, Claude Perrault fijó más adecuadamente los medios en su menos conocido: “*Abrégé des dix livres d’architecture*”, París, 1674. Sin embargo, sigue dejando fuera algunos factores esenciales y, sobre todo, la complejidad de casi todos. Cfr. GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, J.L.: “*El legado oculto de Vitrubio. Ader constructivo y teoría arquitectónica*”. Alianza Editorial. Colección Forma. 116. Madrid, 1993.

COMPORTAMIENTO DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA SOMETIDOS A DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD

Basterra Otero, L.A.

Dr. Arquitecto

Departamento de Edificación. Universidad de Valladolid (Spain) basterra@arq.uva.es

Jové Sandoval, F.

Dr. Arquitecto

Departamento de Edificación. Universidad de Valladolid (Spain)

Montserrat Calleja de Castro

Becaria investigadora

RESUMEN

Este trabajo estudia el comportamiento de una serie de bloques prensados a mano y fabricados con tierra mejorada con una proporción de cemento, tal como se fabricaron en su día para la construcción de 10 viviendas bioclimáticas en Amayuelas de Abajo (Palencia, Spain).

Se analiza su comportamiento y resistencia a compresión bajo distintas condiciones de humedad. Se observa pérdida de resistencia de los bloques cuando aumenta su contenido de humedad

ABSTRACT

This paper studies the behavior of a series of hand pressed blocks made with natural earth improved with a proportion of cement. The same one that made for the construction of 10 bioclimathics houses in Amayuelas de Abajo (Palencia, Spain).

The behavior and resistance to compression under different conditions of humidity is analyzed.

Loss of resistance of the blocks is observed when it increases his content of humidity

PALABRAS CLAVE

Construcción con tierra, bloques de tierra, Amayuelas

KEY WORDS

Earth construction, earth blocks, Amayuelas

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende estudiar el comportamiento de una serie de bloques prensados a mano y fabricados con tierra mejorada con una proporción de cemento, sometidos a compresión bajo condiciones variables de humedad.

Los bloques fueron fabricados por la empresa CEDAZO S.L. en el mes de enero de 2001 en la localidad de Amayuelas de Abajo (Palencia) con barro de la mencionada localidad. El mismo que se ha utilizado en la

construcción de 10 viviendas bioclimáticas que, en ese momento, se estaban construyendo por la misma empresa para la cooperativa ENTRAMADO, según proyecto de los arquitectos doña M^a Jesús González, don Jorge Silva y don Francisco Valbuena. La actuación forma parte de una amplia y ambiciosa iniciativa socioeconómica que pretende demostrar su rentabilidad y la posibilidad de generar riqueza, pudiendo servir de referencia a otras iniciativas, cumpliendo así un efecto multiplicador en una zona bastante deprimida de la región de Castilla y León. Se basa en un principio de sostenibilidad y adecuado uso de los recursos locales, en equilibrio entre la tradición vernácula y la posibilidad de incorporación de nuevas tecnologías de bajo o nulo impacto ambiental.

Para la confección de los bloques se utilizaron técnicas tradicionales y, en este caso, al barro se le añadió una pequeña proporción (6%) de cemento común. Con una máquina Altech Int. GEO 50 se les sometió manualmente a compresión para mejorar la compactación y la regularidad dimensional. Los bloques así fabricados se dejaron en reposo durante tres meses, almacenados a cubierto en el exterior.



Fig. 1. Máquina manual de prensado

Fig. 2. Bloques fabricados y acopiados

Posteriormente se transportaron al laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid en abril de 2001, y los ensayos se realizaron durante el mes de mayo y junio del mismo año.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO UTILIZADO

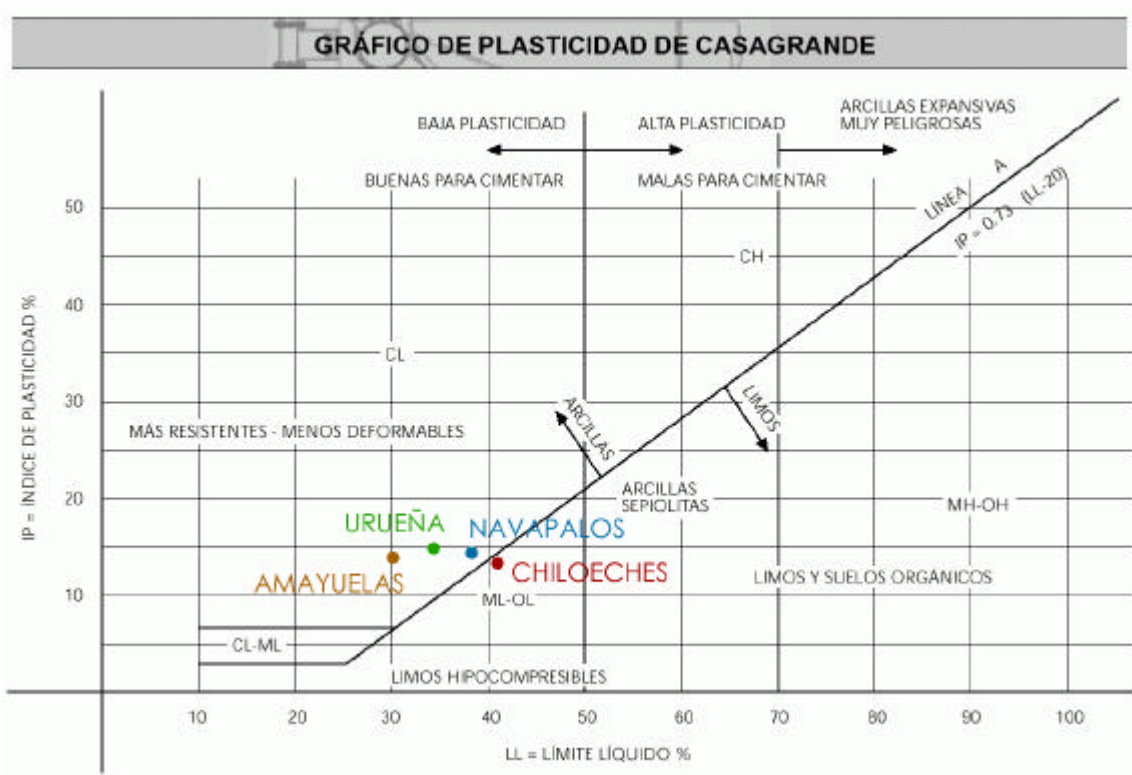
Con una muestra alterada del suelo empleado para la fabricación de los bloques se realizaron ensayos de caracterización para obtener propiedades que pudieran ponerse en relación con otros conocidos de zonas en las que tradicionalmente se ha construido con tierra cruda. Concretamente se analizó su granulometría y plasticidad (límites de Atterberg). Estos ensayos se realizaron de acuerdo a las normas UNE correspondientes y arrojaron los resultados siguientes:

Granulometría (tamizado UNE 103.101:95)									
Tamiz UNE	10	5	2,5	2	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08
AMAYUELAS	100	99,1	97,1	96,6	95,1	93,7	90,5	82,4	68,6
						NAVAPALOS			63,1
						CHILOECHES			64,8
						URUEÑA			70,3

Resultados que avalan la conocida regla empírica: la arena que reposa en la mezcla con agua debe ser más del 60% en volumen.

Plasticidad (Límites de Atterberg UNE 103.103:94 y UNE 103.104:93)				
	AMAYUELAS	NAVAPALOS	CHILOECHES	URUEÑA
Límite líquido	30	38,5	40,8	34,1
Límite plástico	15,8	24,1	26,8	19,2
Índice de plasticidad	14,2	14,4	14	14,9

Puede apreciarse como dos de las características potencialmente más influyentes en la elaboración y comportamiento de la tierra como material de construcción se encuentran bastante próximas entre sí. Ello queda patente también en el siguiente gráfico de plasticidad de Casagrande.



CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Con la maquina manual citada, se obtienen bloques de unas dimensiones aproximadas de 29,4 x 14 x 9,75 cm (4 litros aprox.), y un peso de unos 8 Kg por unidad. La densidad obtenida en las diferentes mediciones arroja algo de dispersión, debido al proceso artesanal de fabricación y, especialmente, de compactación, oscilando entre 1.940 y 2.080 Kg/m³.

Para la realización de los ensayos se prepararon cuatro series, de seis bloques cada una más dos de reserva, con objeto de someterlos a distintas condiciones de humedad y temperatura antes de proceder a su rotura. Estas condiciones fueron las siguientes:

- Muestra nº 1 en condiciones estándar de laboratorio.
- Muestra nº 2 seca: 72 h en horno a 60° C y 3 h de reposo.
- Muestra nº 3 húmeda: 2 semanas en cámara húmeda a 21° C y 100%.
- Muestra nº 4 mojada: 1 h, 2 cm de inmersión 1 cara, 0,5 h de reposo invertidos.

Los bloques fueron sometidos a compresión en el Laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, con una máquina universal de ensayos del mismo tipo de las empleadas en la rotura de probetas de hormigón. La velocidad de carga fue de 4,1 KN/seg y las condiciones ambientales eran de 23°C y un 48% de humedad.

La máquina dispone de un automatismo que detiene el incremento de carga una vez que se produce la rotura por agotamiento a compresión de las piezas, registrando los valores de máxima carga resistidos. Además se anotaron los acortamientos que sufren los bloques y se valoraba visualmente la forma de rotura, en términos de regularidad de las piezas rotas. Se desprecia el no paralelismo perfecto de las caras, dada la escasa rigidez del material y las características de la prensa.

Los resultados así obtenidos fueron los siguientes:

Muestra en condiciones estándar de laboratorio

Los bloques de esta muestra se ensayaron en las condiciones higrotérmicas propias del laboratorio: 23° C y 48% de humedad:

Fecha: 24/05/01	ROTURA A COMPRESIÓN Nº 1				
Hora: 10:30					
Muestra 1	Sección	Carga	Tensión	Forma	Acortamiento
		rotura	rotura		mm
		KN	N/mm ²		
Bloque 1.1	408,80	275	6,727	3	-4
Bloque 1.2	413,13	292	7,068	5	-3
Bloque 1.3	410,20	338	8,240	5	-2
Bloque 1.4	410,20	378	9,215	4	-3
Bloque 1.5	410,20	331	8,069	4	-3
Bloque 1.6	408,66	296	7,243	3	-3,5
	cm ²	318,33	7,760		-3,08

La tensión media de rotura fue, en este caso, de 7,76 N/mm², con una dispersión muy moderada.

Muestra seca

Se sometió a esta muestra a un secado total, manteniéndola en un horno a 60° C durante 72 h. Con ello los bloques perdían unos 175 gr, equivalentes al 2,21% de su peso inicial. Tras su salida del horno se estabilizaron durante tres horas, antes de proceder a su ensayo y rotura:

Fecha: 31/05/01	ROTURA A COMPRESIÓN Nº 2				
Hora: 11:00					
Muestra 2	Sección	Carga	Tensión	Forma	Acortamiento
		rotura	rotura		mm
		KN	N/mm ²		
Bloque 2.1	410,90	481	11,706	5	-3
Bloque 2.2	410,20	322	7,850	4	-3,5
Bloque 2.3	410,20	341	8,313	4	-2,5
Bloque 2.4	410,20	387	9,434	4	-2
Bloque 2.5	410,20	438	10,678	3	-2,5
Bloque 2.6	410,20	396	9,654	2	-3
	cm ²	394,17	9,606		-2,75

La tensión de rotura ha crecido un 23,80%, hasta casi alcanzar los 10 KN/mm² observándose, también, un incremento de la rigidez.

Muestra húmeda

Para el ensayo de esta muestra se mantuvieron los bloques durante dos semanas en una cámara húmeda, a 21° C y 100% de humedad, de manera que esta pudiera penetrar en toda su masa. Con ello los bloques ganaban unos 600 gr, equivalentes al 7,81% de su peso inicial.:

Fecha: 07/06/01					
Hora: 11:00					
ROTURA A COMPRESIÓN N° 3					
Muestra 3	Sección	Carga rotura	Tensión rotura	Forma	Acortamiento
		KN	N/mm ²		mm
Bloque 3.1	413,00	80	1,937	3	-3,25
Bloque 3.2	420,32	39	0,928	2	-3,75
Bloque 3.3	411,60	117	2,843	3	-3,125
Bloque 3.4	413,00	44	1,065	2	-1,625
Bloque 3.5	411,60	196	4,762	4	-2,625
Bloque 3.6	412,30	88	2,134	2	-2,375
	cm ²	94,00	2,278		-2,79

La tensión de rotura desciende dramáticamente, en el orden del 70%, bajando a 2,28 KN/mm² e incrementándose la dispersión. Sin embargo el módulo de elasticidad no resulta igualmente afectado, pues los acortamientos están en el mismo orden de magnitud que en la muestra anterior.

Muestra mojada

Los bloques de esta muestra estaban en condiciones estándar de laboratorio pero antes de su ensayo se mojaron por una de sus caras. Este proceso se hizo sumergiendo los bloques en agua por su canto, a una profundidad de 2 cm durante una hora. A continuación se mantenían los bloques invertidos otros treinta minutos. Con ello la ganancia en peso era muy pequeña: de 63 gr equivalentes al 0,81% de su peso original.

Fecha: 14/06/01					
Hora: 10:30					
ROTURA A COMPRESIÓN Nº 4					
Muestra 4	Sección	Carga rotura	Tensión rotura	Forma	Acortamiento
		KN	N/mm ²		mm
Bloque 4.1	410,20	248	6,046	2	-4
Bloque 4.2	410,20	323	7,874	3	-2
Bloque 4.3	410,20	291	7,094	2	-3,25
Bloque 4.4	410,20	164	3,998	4	-1,75
Bloque 4.5	410,20	305	7,435	3	-2,375
Bloque 4.6	408,66	253	6,191	1	-3,75
	cm ²	264,00	6,440		-2,85



Fig. 4. Muestra 4 sumergida



Fig. 5. Muestra 4 en reposo invertido

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como es sabido, las condiciones ambientales higrotérmicas influyen en el comportamiento de los bloques de tierra comprimida. La presencia de agua en cualquiera de sus formas afecta significativamente a la resistencia a compresión y a la rigidez (módulo de elasticidad o de Young), de manera que los mejores resultados se obtienen cuando el material se encuentra totalmente seco.

La resistencia media a compresión de los bloques ensayados en condiciones estándar, muestra nº 1, alcanza unos valores en el entorno de los 8 N/mm², que equivalen a la de un mortero de cemento y arena

convencional tipo M-5a (1:6). Cuando se seca completamente el material, muestra nº 2, esta resistencia aumenta casi un 24%, hasta rozar los 10 N/mm².

En ambos casos la forma de rotura arroja valores muy aceptables, lo que denota que el proceso manual de prensado de los bloques confiere a estos una adecuada compactación y homogeneidad. La densidad media obtenida se encuentra en el orden de los 1.986 Kg/m³, frente a 1.875 Kg/m³ obtenidos para adobes fabricados con barro de la misma procedencia, moldeados de la forma tradicional y secados al sol. La compactación y, más secundariamente, la adición de cemento, produce un incremento de densidad de un 6% aproximadamente. También aumenta, proporcionalmente más, la rigidez de las piezas.



Fig. 6. Piezas rotas de la muestra nº 2

Con las muestras húmedas la resistencia desciende, haciéndolo de forma significativa en las muestras en las que la humedad ha podido alcanzar la totalidad de la masa. No es una situación asimilable a la exposición, pues este hecho tiene relación con la adecuación de este tipo de técnicas y materiales al entorno en el que profusamente ha sido históricamente utilizado, y a sus condiciones medioambientales. Los valores obtenidos en húmedo expresan una dramática bajada de la resistencia a compresión, que apenas ha superado los 2 N/mm²; la cuarta parte de la tensión alcanzada por las muestras en condiciones normales y un solo 20% de la correspondiente a los valores en seco. Además, en estos casos es mucho mayor la dispersión de resultados, y la forma de rotura difiere bastante entre sí.

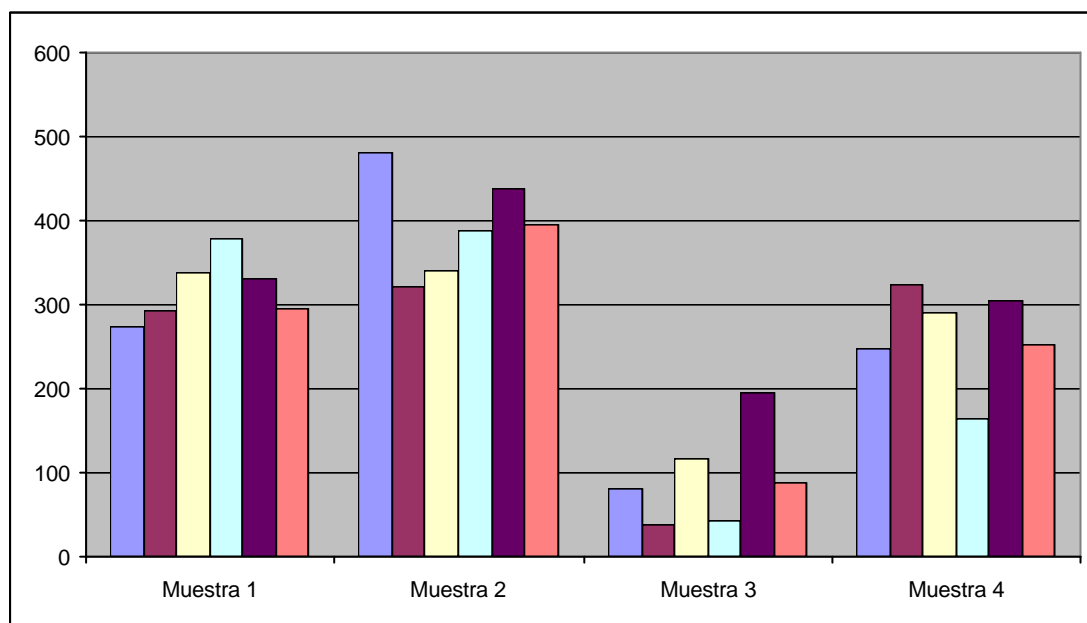


Gráfico 1. Carga de rotura de las muestras ensayadas (en KN)

Sí puede ser alcanzado en la realidad, aunque en casos extremos, un estado similar al de la muestra denominada nº 5, en la que el agua actúa sobre una cara hasta mojarla completamente. En estos casos, las piezas mantienen un comportamiento aceptable. Se rompen a una tensión de unos 6,7 N/mm², con una pérdida porcentual de un 15% sobre la lograda por las muestras en circunstancias normales. No obstante, las condiciones a que ha sido sometida esta muestra perjudican a la forma de rotura de forma aún más acusada que en el caso anterior, alejándose anárquicamente de los resultados esperados en términos morfológicos. Ello es coherente con que la rigidez obtenida no resulte tan perjudicada como la resistencia, bajando de los 261 N/mm² de la muestra en condiciones normales a unos 238 N/mm² en este último caso.



Fig. 7. Piezas rotas de la muestra nº 3



Fig. 8. Piezas rotas de la muestra nº 4

REFERENCIAS

DIAZ ROMERAL, J. et al.: *Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción, en el IETcc*. Informes de la Construcción, Vol. 37, nº 377, enero/febrero. 1986.

G. BARRIOS, L. et al.: *Comportamiento de los suelos para la confección de adobes (behavior of the soils for de adobe manufacturing)*. Informes de la Construcción, Vol. 37, nº 377, enero/febrero. 1986.

ESTRADA, E., ROHMER, E.: *Comprobaciones resistentes de elementos constructivos de tierra*. Informes de la Construcción, Vol. 38, nº 385, noviembre.1986.

MALDONADO, L., CASTILLA,F.J.: *La técnica del tapial en la Comunidad de Madrid. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia*. Informes de la Construcción, Vol. 49, nº 452, noviembre.1997.

TALLERES DE CONSTRUCCION CON TIERRA EN VILLA DE LEYVA - UNA FORMA DE EDUCACIÓN INFORMAL Y DE RECUPERACION PATRIMONIAL

Lucia Esperanza Garzon

"Y tiene tierra el porvenir, todas las cosas son de tierra. Es de tierra el pan, el silencio, el fuego es el polvo que arde, el agua es la tierra que corre y todos los sueños nocturnos vienen del fondo de la tierra."

Pablo Neruda

INTRODUCCION



Colombia, en este tercer milenio como todos los países latinoamericanos pasa por un momento crucial en su historia, las diferencias entre la riqueza y la pobreza acrecientan la brecha y esto conlleva múltiples comportamientos en nuestra sociedad que están afectando la convivencia humana con consecuencias que nadie puede pronosticar.

El país es de una fertilidad incalculable con una geografía física y humana rica, diversa y de gran valor, motivos por los cuales sigue siendo de interés internacional y esto acarrea como consecuencia las contradicciones de un sistema desequilibrado y salvaje.

El Centralismo, el abandono del campo y por ende la concentración urbana, la corrupción y la mala administración, la violencia, la ignorancia, el desconocimiento de nuestra historia, nos han llevado a un camino incierto, a refugiarnos en las grandes ciudades, y hoy con 45 millones de habitantes en el país, los conflictos siguen día a día acrecentándose.

A partir de mi retorno a Colombia después de vivir por mas de diez años fuera y visualizando la realidad económica y social del país y de la región, tome la decisión de cambiar el contexto de mi hábitat y reiniciar mi vida y mis labores profesionales desde una perspectiva diferente.

Mi experiencia ha sido urbana, soy capitalina pero desde mi formación universitaria me propuse vivir en pueblos pequeños, donde la relación hombre- tierra fuese más cercana y con la convicción que en el tercer milenio los profesionales tenemos una deuda con el conocimiento y deberíamos proyectarnos mas hacia lo rural y empezar a asumir cambios más coherentes con la realidad, con el desarrollo sostenible y por ello emprender actividades de sensibilización y re-educacion con el tema ecológico, concebido desde la arquitectura y con una visión integral que después de varios años de ejercicio profesional tome como opción y es por esta razón que decidí llegar a vivir en este lugar: VILLA DE LEYVA, donde ya tenia antecedentes profesionales al haber realizado el diseño y la construcción de mi primer proyecto en arquitectura de tierra con la sociedad profesional Angel, Garzon y Salamanca, hace doce años atrás.

Es así como llegue a vivir en este pequeño pueblo, municipio del dpto. de Boyaca, asentamiento colonial andino al interior del país y donde se concentran por diversas razones una serie de factores físicos, sociales y culturales que lo hacen patrimonio y es reconocido como MONUMENTO NACIONAL desde hace mas de 50 años.

CONTEXTO HISTORICO

Este pueblo esta localizado al interior del país en la zona andina, entre la cordillera central y la oriental, sobre 2000 metros sobre nivel del mar y con una humedad relativa del 45 %, haciéndolo un lugar saludable y acogedor para los asentimientos humanos.



Históricamente es un lugar único en su genero en el territorio nacional, por haber sido mar en épocas prehistóricas, geológicamente dejó la huella de la formación planetaria, posterior a ello quedaron vestigios fósiles encontrándose un Cronosaurio fosilizado entre otros y que hace parte de los miles de animales fosilizados que se encuentran bajo los suelos descubiertos, por esta misma razón fue creado el único museo Paleontológico de Colombia.

Posee una geografía andina con diferentes pisos térmicos que lo hace un paisaje diverso y con potenciales productivos amplios, tiene un microclima que promedia los 20 grados centígrados durante todo el año, con dos épocas de lluvias que le permiten producción agrícola variada, pues aquí se pueden producir diversos alimentos: maíz, papa, frutales y también caña de azúcar y frutos de climas templados y más cálidos.

Mitológicamente posee una de las montañas sagradas más importantes de Colombia, donde se encuentra la laguna de Iguaque que esta a 3.800 m.s.n.m. y allí fue donde cosmogónicamente se creó el mito de la creación de la cultura Muisca, desde este lugar según este mito se inició el poblamiento de la tierra. (Este lugar esta ubicado a 12 Km. del poblado.)

En la época precolombina se asentaron otras culturas de Colombia, antes de que lo habitaran los indígenas Muisca, esta región hizo parte del "valle de SAQUENCIPA" de ello quedan vestigios patrimoniales como un observatorio astronómico y otros vestigios menos visibles que quedan en el saber popular, en el patrimonio intangible de esta cultura campesina andina.

En la época colonial fue cruce de caminos y posteriormente en los albores de la república se reunió en la plaza principal el primer congreso neogranadino de la provincia, también en este lugar nació Antonio Nariño, desde los inicios de la colonización tuvo su propia vocación como lugar de descanso y hoy es espejo cultural de las diferentes etapas de la historia y un espacio para el ocio productivo.

Villa de Leyva es un pueblo colonial fundado en el año de 1.572 por Andrés Venero de Leyva y de allí surge su nombre, fue trazado urbanísticamente con los parámetros españoles de las leyes de indias con el damero, esta construido en un 90% en tierra, con las técnicas coloniales del adobe y sigue siendo un lugar donde se ha conservado esa atmósfera de antaño, en una escala humana con balcones, calles empedradas, casas pintadas de blanco y techos con teja de barro cocido colonial, en el también riñen la modernidad manifiesta en la imposición de tecnologías constructivas con materiales actuales del mercado que son disfrazados con tierra para hacerlas parecer coloniales pero que por normativas se logran regular la introducción de nuevas tecnologías.

Actualmente habitan 6.000 habitantes, la población que hoy reside esta conformada en parte por ancestros del lugar y por migrantes de otras partes del país, incluyendo algunos extranjeros que encuentran en este lugar un espacio de paz y novedosa convivencia.

En el panorama de un país violento y congestionado es una burbuja de paz que se conserva así por varias razones y la principal obedece a factores geográficos, pues es una zona de Colombia con poca vegetación exuberante ya que por la historia geológica de haber sido mar tiene suelos ácidos y salinos factores que le generan una vegetación baja y pobre, además en la época colonial la explotación de monocultivos de trigo de grandes extensiones degradó los suelos y depredó bosques para la producción dejando daños a los ecosistemas locales, estos y otros factores naturales, han empobrecido la vegetación hecho que hoy refleja un paisaje semidesértico que permite un fácil control visual. (Siendo poco apto para proteger y esconder a los diversos grupos insurgentes).

Actualmente es un hito turístico en el ámbito nacional, al estar tan solo a 200 Km de la capital, brinda al turismo nacional una alternativa de recreación y hace parte de las rutas turísticas importantes en Colombia creando una dinámica económica dada en este sector, el público que viene a descansar a este lugar asiste a algunos eventos como la fiesta de las luces (diciembre), el festival nacional de cometas (agosto) y el festival del árbol (octubre) entre otros.

Es un pueblo que conserva un escenario arquitectónico colonial con cambios permanentes hecho que ha generado un espacio diverso. En el tipo de residentes desde su fundación ha brindando un panorama contrastado con españoles, criollos, campesinos, ciudadanos, hoy comerciantes y residentes que ofrecen: Galerías, centros comerciales, hoteles. Restaurantes y casas de recreo donde muchos ciudadanos buscan y refugio de descanso y otros como los artistas buscan un lugar de inspiración, y así el pueblo vive de la economía del turismo.

En síntesis, potencialmente es un lugar único al poseer una serie de características muy valiosas donde se puede tener una visión histórica relacionadas con el PATRIMONIO CULTURAL de nuestro país y de la región.

PROPUESTA

Evaluando la situación mundial y nacional, opte por buscar una alternativa de vida que me propicie la armonía al habitar en un pequeño pueblo y continuar mi desarrollo personal y profesional de una forma más coherente con mi filosofía, donde pudiese entregar mis conocimientos, para canalizar mis ideales, aportando al mejoramiento y transformación de nuestro contexto y así explorar nuevas formas de vida sostenible con el medio ambiente y con la realidad latinoamericana.



Colombia es un país con grandes potenciales para su desarrollo autosostenible, pero por la falta de conocimiento de las propias riquezas, por las facilidades de ser un país tropical donde la tierra es generosa desde su clima hasta su producción, además de los problemas de la educación formal que prepara a las personas para una vida urbana en un país esencialmente agrícola, donde existen miles de profesionales desempleados y de que genera frustraciones en la proyección social de los mismos. Todos estos factores hacen que sigamos viviendo en un país "subdesarrollado", más dependiente y cada vez depredando más los valiosos recursos.

Por esta razón es necesario entrar a re-educarnos y a re-educar nuestros compatriotas para mirar con otra óptica lo que poseemos y empezar a aprovechar nuestra gran riqueza.

La educación informal es uno de los caminos para empezar en este proceso de mejoramientos social, ofreciendo oportunidades a los que no las han tenido y partir de la motivación y el interés personal para cualificarse sobre diversos temas, en este caso la construcción y la arquitectura.

La idea de la capacitación es un tema que desde hace años rondaban en mis intereses; en nuestro contexto se hace necesario asumir roles pedagógicos en cada actividad, pues uno de los principales flagelos para encontrar algo de equidad en nuestro desarrollo y sostenibilidad es la educación, pero no la educación

formal sino la que tenga un sentido práctico, humanista y comprometido con la conservación de la especie y del planeta.

En un continente con múltiples riquezas en biodiversidad, culturas, sabidurías y en un país como Colombia: tropical, ecológicamente generoso, fértil,..... la ignorancia y la falta de una educación integral y la polarización entre los ricos y los pobres hace que la brecha sea cada vez mayor y en la práctica hacen que hoy nuestra condición este empeorando, nuestros niños está creciendo con carencias en la alimentación, viven dentro de una relación cotidiana de violencia donde aprenden como forma de relación este esquema, y crecen en un mundo donde falta la esperanza. Necesitamos urgentemente conocer lo que poseemos, crear interés por nuestros propios valores, potencializar y reconocer nuestras sabidurías ancestrales, aceptar y aprovechar este mestizaje cultural para empezar a convivir con los recursos que tenemos en este lugar y más en este momento de globalización planetaria. Por ello, generar espacios de colectivización del conocimiento a través de una labor que reforzara el tema valorico de lo que tenemos, en este caso: los materiales, la tecnología y la Construcción, desde la óptica cultural, ecológica y patrimonial.

Aunque es un camino de trabajo que recién esta comenzando, las formas de participación autosugestionadas requieren buscar espacios institucionales para permear algunas instituciones que se interesen en el tema y por eso se trabajo con la Escuela de Artes y Oficios para sondear el interés de los pobladores de realizar talleres de Construcción con tierra y recuperación patrimonial; con el apoyo de la alcaldía se procedió a difundir este tipo de talleres, encontrando una positiva recepción por parte de los habitantes del lugar.

Es importante resaltar que por la experiencia profesional he venido descubriendo que los técnicos (arquitectos, ingenieros, constructores) solo intervenimos en muy pocas de las construcciones en el planeta, además dentro de cada ser humano existe en su interior un deseo enorme de ser el propio arquitecto de su hábitat.

Cuando el hombre vuelve a establecer un contacto directo con la tierra, en este caso con el “material de la tierra” se conecta atávicamente con algo que nos une a todos los humanos en una comunidad planetaria, más sensible y humana, (en todos los talleres he tenido la experiencia que cuando se realizan las prácticas y cada asistente se “unta” y se embarra ocurre algo especial donde todos somos iguales, es algo espiritual que aflora en cada tallerista.)

Estas motivaciones generalizadas, me han estimulado continuar y compartir esta experiencia con otros profesionales del área, ya que con el desarrollo de esta propuesta se abre otra brecha de proyección profesional para los desempleados en nuestro país.

El perfil de los asistentes a estos talleres que hasta el momento vienen realizándose es muy diverso y heterogéneo, asisten a el amas de casa, campesinos, Obreros, maestros de obra, estudiantes de arquitectura e

ingeniería, profesionales de todas las áreas, artistas, empleados públicos, jóvenes y adultos de todas las edades, con niveles educativos diversos.

La educación informal es una forma pedagógica de colectivizar conocimientos integrales y desarrollar una sociedad donde el principal eje sea la motivación personal. Donde el crecer y aprender es parte de la colectividad. Esta variable de que sea una actividad libre, sin instituciones, ni requisitos previos, facilita y propicia una forma diferente de interacción humana al aprender y de adquirir conciencia planetaria frente al tema de Habitar, pues en este tipo de colectividades con intereses, deseos y desarrollos tan diferentes las personas que asisten son las encargadas de generar su propia dinámica de conocimiento y así exigir y respetar los valores culturales de las diferentes sociedades.

CARACTERISTICAS DE LOS TALLERES



Los talleres se plantean como educación informal, se han realizado de varias formas, con diversas intensidades horarias: algunos en 40 horas, otros en 80 horas, de acuerdo a las necesidades e intereses se

programa la intensidad horaria que se requiera y existe una temática a tratar que esta planteada con elementos teóricos, filosofía y principios generales y una parte practica.

La asistencia ha sido cerca de 50 personas capacitadas en cinco talleres realizados en catorce meses aproximadamente. los participantes han sido profesionales, técnicos y personas heterogéneas en su profesión que les interés el tema.

La metodología que se ha utilizado es a partir de lo deductivo aprovechando las experiencias vivenciales y la sensibilización con el tema; se ha recurrido a diferentes recursos pedagógicos como son material audiovisual (diaporamas y videos), experiencias practicas, visitas a obras, exposiciones publicas proyecciones para el pueblo en general y recorridos por los lugares patrimoniales: que como monumento, histórico son aprovechadas como un laboratorio vivo y se enseña a mirar las construcciones con una óptica diferente, aparte de recrearse con lo pintoresco se aprende a ver mas analíticamente el entorno, observando y detallando el lenguaje de las obras como memoria dentro del contexto que cada espacio transmite sentir un lugar vivo para recupera de forma colectiva el patrimonio de una forma recreativa.

Los talleres son teóricos-prácticos y en los talleres introductorios se programan las siguientes temáticas:

- Intereses personales y expectativas
- Conocimiento del lugar
- Recorridos patrimoniales
- Investigación participativa con levantamientos de construcciones que sean consideradas patrimonio
- Visitas a obras experimentales en tierra
- Laboratorios caseros
- Practicas de las diferentes tecnologías
- Exposiciones a la comunidad

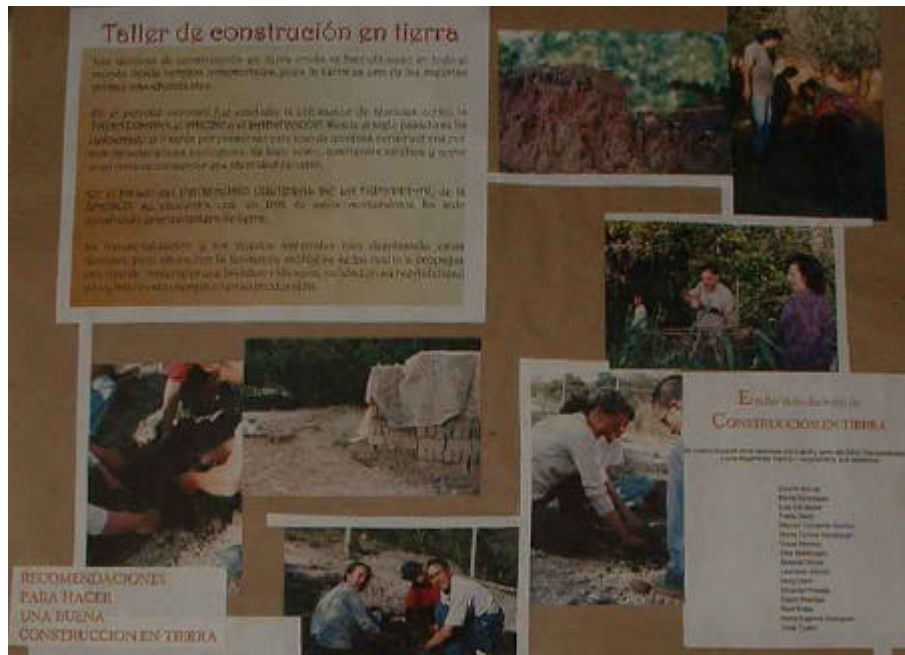
Objetivo general de los talleres

Acercarse a la arquitectura y la construcción desde una óptica ecológica que nos permita entender de forma practica el valor patrimonial y hacer que nuestra intervención como constructores y como seres transformadores se realice de una forma más consciente, autosustentable y acorde a la cultura del lugar.

Objetivos específicos

- 1- Acercarse a principios y conceptos arquitectónicos y constructivos relacionados con la arquitectura de tierra.
- 2- Conocer diferentes tecnologías de construcción con tierra en el mundo y en nuestro contexto del lugar, valorando los elementos patrimoniales y mirando desde la óptica de la historia esta arquitectura popular en tierra como una posibilidad mas dentro de los materiales, accesibles como tecnología y ver las posibilidades e innovaciones en estos tiempos (cultura).
- 3- Hacer practicas donde se apliquen conceptos, proporciones, pruebas sobre materiales y técnicas relacionadas con la construcción de una vivienda dentro del concepto de lo autosostenibilidad con el medio ambiente (evitar impactos negativos), investigando tecnologías apropiadas, complementando el concepto integral del hábitat con otros recursos tecnológicos alternativos (saneamiento básico, recursos hídricos, reciclaje, energías alternativas)
- 4- Conocer el tipo de suelos y las diferentes tecnologías como son el ADOBE, EL BTP- BLOQUE DE TIERRA PENSADO, EL BAHAREQUE PREFABRICADO Y LA TAPIAPISADA. (realizando maquetas de estos sistemas)





RESULTADOS

La experiencia hasta el momento ha resultado muy positiva y abre una nueva forma de educación informal, proyectándose en diferentes aspectos:

Con relación a la arquitectura y específicamente a la arquitectura en tierra los talleres han propiciado acercar e ilustrar a un público neófito en el tema para que adquieran argumentos y conocimientos básicos, los difundan y así tengan como una opción real para construir su habitación en este material, reconociendo tanto por valores ecológicos, técnicos, culturales como los económicos.

Al capacitar la población residente en este lugar se empieza a generar un grupo de multiplicadores de estos sistemas tecnológicos, creando así en un futuro, un espacio físico y mental propicio para la investigación, la proyección y difusión de nuevas propuestas tecnológicas ecosostenibles.

Con el proyecto demostrativo de la construcción de mi vivienda, que se encuentra en la primera etapa del desarrollo progresivo, los alumnos han visto un laboratorio concreto y tangible donde pueden observar la aplicación de la energía solar pasiva, de la energía solar para calentamiento de agua (panel con materiales reciclados), de las técnicas de reciclaje de residuos líquidos, (drenajes al huerto) la aplicación de la cámara de compostaje para los residuos sólidos (letrina Vietnamita) y han descubierto estéticamente otra posibilidad más de diseñar y habitar espacios humanos, orgánicos, acogedores y confortables.

Con relación a lo patrimonial sé esta educando, reconociendo y aceptando por parte de la población residente de este pequeño poblado la importancia del lugar, para que colectivamente vean con una nueva óptica este espacio, lo aprecien, lo cuiden y lo desarrollen, ya que se necesita de manera urgente reconocer los valores culturales integrales dentro de los que poseemos (y protegerlos.)

Ecológicamente sé esta ampliando la capacidad analítica de los participantes no solo con relación al tema de hacer arquitectura sana y sustentable, sino también comprender el hábitat integralmente, la incidencia y el impacto individual (ya sea por los costos energéticos para el planeta como los propios) y a través de esta forma de educación se están descubriendo múltiples posibilidades para asumir otras formas de vida, como propuesta de descongestionamiento de las ciudades ya, que en este momento, muchas de ellas no cumplen con las condiciones para las que fueron creadas.

Aunque estas tecnologías se proyectan más hacia sectores rurales y se hacen poco viables en las áreas urbanas por las condiciones de los terrenos y la accesibilidad de los materiales, este tipo de propuestas replantea y amplía la visión y filosofía de los asistentes para optar por múltiples formas de vivir, propiciando de forma indirecta a buscar alternativas de retornar al campo al aprovechar los recursos locales y que en pequeña escala es otra forma de aportar a la problemática latinoamericana.

La educación informal hace parte de una forma de participación social de los profesionales que han tenido la fortuna de acceder a ciertos conocimientos y que en una sociedad que intenta crecer equitativamente es una alternativa real de crecimiento social.

La colectivización de las experiencias y el desarrollo de la capacidad de autogestión de los individuos debe ser un recurso de trabajo permanente, descubrir nuestros potenciales, estimular la capacidad transformadora del hombre y proyectarla al mejoramiento del hábitat es una labor lenta pero muy motivante.

Al evaluar los resultados de las experiencias realizadas en estos talleres, parte de los estímulos recibidos, ha sido este tema, pues aunque los efectos no se sienten en los plazos inmediatos, poco a poco se están viendo el impacto en una pequeña sociedad, donde la vibración y el cuestionamiento sobre las formas de vivir y las tecnologías apropiadas ya hacen parte de los temas de conversación de la gente del lugar

CONCLUSIONES y PROYECCIONES

Las personas que han adquirido esta capacitación inciden en el medio con temáticas arquitectónicas y conceptualizaciones más coherentes con relación al concepto de habitar; son multiplicadores de diversas ideas alternativas de técnicas constructivas y en un proceso variable están realizando sus proyectos de construcción de sus viviendas e irradian una forma diferente de construir hábitat. Abren su mentalidad a otras posibilidades y descubren alternativas tecnológicas cercanas y muy pertinentes culturalmente.

Los grupos de participantes en el proceso de capacitación durante el tiempo de los talleres desarrollan un sentido de colectividad que ha generado trabajos y proyectos posteriores relacionados con el tema, en especial en investigación o en la experimentación de construcciones con tecnologías de tierra, sintiéndose así partícipes de un grupo de habitantes que aportan a la protección del planeta y a una vida más ecológica, pues muchos participantes aunque han pensado en opciones alternativas no tenían antes elementos concretos para realizar ese sueño y al salir de los talleres descubren múltiples herramientas para hacerlo.

Específicamente en el último taller con la participación de un arquitecto, empleado público, director de la oficina de Obras de un municipio vecino se está visualizando un trabajo hacia la comunidad campesina al proponer proyectos demostrativos que revaloricen las técnicas ancestrales de construcción con tierra. Él está construyendo su propia vivienda de forma vernácula con adobe y se siente el impacto de estos talleres en la aplicación práctica de experiencias.

Un par de estudiantes de ingeniería civil de la capital del Dpto. motivados con el tema han iniciado una investigación para el proyecto de grado sobre la VULNERABILIDAD SISMICA DEL CONVENTO DE SAN FRANCISCO, construcción importante y patrimonial de esta ciudad que en la actualidad está en un proceso de deterioro progresivo por falta de mantenimiento. La construcción es en adobe y pertenece a las obras patrimoniales coloniales.

Esta investigación está auspiciada por la alcaldía municipal y la facultad de Ingeniería de la Universidad pedagógica y tecnológica de Tunja.

Otro grupo de estudiantes de arquitectura que están en vísperas de salir de su facultad en la capital del dpto. (que esta a 40 Km de distancia), han iniciado un trabajo grupal de carácter investigativo relacionado con la cultura local incluyendo la construcción vernacular y el intercambio con sus coterráneos sobre valores culturales y arquitectónicos locales; ellos están complementando sus estudios académicos con este tema de la construcción con tierra e irradian este interés en las facultades universitarias ya que no esta inserto dentro del pensum de las escuelas de arquitectura de la zona.

Como este tipo de talleres no existe en el país los talleres han empezado a atraer participantes de la capital del departamento y de escala nacional, en este momento se esta ofertando este tipo de capacitaciones en el ámbito de los profesionales del colegio de arquitectos, escuelas de arquitectura, proyecto que busca brindarle a los asistentes además del taller de capacitación un fin de semana recreativo, educativo y diferente, en un laboratorio vivo con un escenario de construcciones de tierra centenarias. Haciendo de la arquitectura un conocimiento colectivo, lúdico , accesible a cualquiera y no solo como tema de especialistas.

Con la Escuela de Artes y Oficios se están visualizando nuevos proyectos para generar en este municipio una nueva escuela: denominada “Talleres de Paz”, donde la idea ese través de recursos internacionales consolidar una escuela de oficios relacionados con la construcción, en esta se desarrollarían áreas como la construcción con tierra, la lapidación de piedra, la ornamentación de hierro, el torneado de la madera y los calados y todas deben ser actividades artesanales relacionadas con la arquitectura y la construcción para que dentro de ellas se desarrolle un grupo de personas capacitadas con alternativas laborales en diferentes técnicas y que hagan parte de una escuela técnica para la formación de jóvenes útiles socialmente que ofrezcan personal técnico capacitado laboralmente para estos servicios.

Con los talleres que se realizan con personas residentes en el municipio al concluir cada taller se vienen realizando una exposición para los habitantes del pueblo, donde se ilustra temas relacionados con la construcción con tierra y en estas experiencias se ha sembrado el interés en el tema por parte de los diferentes estamentos , tanto institucionales como particulares. introduciendo esta temática como objeto de interés y conversación en el lugar

La idea para una futura proyección de los talleres además del proyecto de la Escuela de Artes y oficios es continuar educando informalmente a grupos de personas que estén interesados en el tema, realizar diferentes niveles de otros talleres de acuerdo a las tecnologías y sistemas, capacitar maestros y obreros con relación a las tecnologías de tierra y generar en este municipio un centro piloto de estudio, investigación y practicas constructivas relacionadas con la TIERRA, además de otras tecnologías alternativas.

Como alternativa profesional se abre un espacio independiente y de proyección para otros profesionales del área que se encuentren desempleados y que pueden con capacitación realizar este tipo de propuestas en

diferentes lugares dentro de nuestro contexto latinoamericano, realizando una labor de mejoramiento y aporte al medio.

Mi casa construida con bloque de tierra prensado parte de un proyecto diseñado por desarrollo progresivo, esta en la primera etapa y para ella, existe una cúpula de 7 metros de diámetro, realizada con los mismos bloques, esta vivienda ha sido el laboratorio para crear estos talleres, la construcción se realizó durante 5 meses en el año 2001 y sé esta realizando por etapas, hasta ahora va la primera terminada y habitable, donde además del uso de la tierra la vivienda cuenta con otros recursos tecnológicos que han sido factores fundamentales para abrir esta brecha de credibilidad y de posibilidades reales en nuestro medio, donde en un momento de recesión se descubren posibilidades accesibles a la economía es el lugar donde se realizan las practicas como laboratorio, pues existe formas de sustentar la propuesta con datos económicos, técnicos y estéticos evidentes, tangibles y funcionales y es un proyecto demostrativo.

El proceso aun esta incipiente, lleva un año y algunos meses y la idea es tener un grupo amplio de residentes convencidos e ilustrados sobre el tema y desde la base, proponer nuevas formas de intervención urbana y políticas de desarrollo local, aprovechando las potencialidades existentes y reforzando las debilidades y así fortalecer un proyecto de investigación y participación relacionado con las tecnologías alternativas ecológicas y auto sostenibles.

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE ARQUITECTURA DE TIERRA CRUDA (CRIATiC)

Rafael Francisco Mellace

Arq. Director LEME - CRIATiC - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán
e-mail: rfmellace@herrera.unt.edu.ar - rfmellace@inf.ovia.com.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se resumen los primeros resultados de un proyecto de innovación tecnológica financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT), que se incorporan en la construcción del Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), un prototipo arquitectónico y tecnológico en el que se combina el uso de materiales naturales locales y técnicas tradicionales, con materiales y técnicas urbano-industriales.

El CRIATiC, órgano académico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNT), tiene como principal objetivo la realización de todas aquellas actividades de investigación difusión y transferencia vinculadas al desarrollo de materiales, componentes y elementos constructivos basados en tecnología de tierra, propendiendo a su aplicación masiva en la resolución de viviendas de interés social, tanto en el medio urbano como rural. Se pretende ofrecer alternativas tecnológicas que contribuyan a la reducción del actual déficit habitacional en la región y en el país. Tiene por finalidad además, la formación de recursos humanos en la disciplina, mediante la capacitación, actualización y perfeccionamiento continuo de técnicos y profesionales, participando en proyectos experimentales de investigación, cursos, seminarios-taller, jornadas etc. Complementariamente, se prevé la instalación de exposiciones de trabajos que en el campo del diseño arquitectónico y de la producción y transferencia de tecnologías alternativas se realicen tanto en la FAU, como en como en centros u organismos nacionales e internacionales de ciencia y tecnología con los que el CRIATiC mantiene directa vinculación.

Palabras clave: Construcción con Tierra / Tecnología Apropriada / Bajo Costo

ABSTRACT

Preliminary results on the construction of the Centro Nacional de Tierra Cruda (CRIATiC), a new architectonic and technological prototype, in which natural, native materials and traditional building techniques are combined with urban and industrial means of construction, are presented in this work in the setting of a technological innovation project. The Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) and the Consejo de Investigaciones de Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) financially support and participate on the building process.

The CRIATiC, an academic organization of Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNT) has, as the essential purpose the study, diffusion and transference of knowledge concerning to the development of new materials, components and constructive elements, in the search for technological alternatives tending to reduce housing deficits in the NOA region, extended to whole country. It pursues, as well, to train new professionals and technicians specialized in this field, through experimental research projects, seminars, work-shops, etc. The accomplished results will be shown, in addition, in several national and international scientific and technological centres, directly involved with CRIATiC.

Key words: Construction with Earth/ Suitable Technology/ Low Cost

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

La Construcción con Tierra Cruda en el Mundo

Desde tiempos inmemoriales la tierra, soporte y sustento de la vida, ha sido empleada como principal, cuando no único, material de construcción por las diferentes culturas desarrolladas alrededor del mundo. Partiendo originariamente de una concepción primaria de supervivencia, la tecnología de construcción con tierra, fue evolucionando en distintos países y épocas hasta alcanzar en muchos casos, altos niveles de desarrollo. Innumerables ejemplos históricos que perduran desde hace siglos confirman que, bajo ciertas condiciones, las construcciones de tierra cruda conservan al resguardo del tiempo, sus cualidades físicas, mecánicas y ambientales. Prueba de ello son las centenarias ciudades de Shibán o Sanná en Yemen, África; Paquimé o Casas Grandes en México; Chan-Chan en Perú, o Tulum en Chile, importantes testimonios arquitectónicos y arqueológicos que hoy se valoran como un singular patrimonio de la Humanidad.

En Ibero América, la construcción con tierra cruda fue el sistema dominante durante el período colonial, habiendo alcanzado su máximo desarrollo tecnológico a fines del siglo XIX hasta las primeras décadas del siglo XX. Tiempo mas tarde, la aparición de nuevos materiales desarrollados por el avance de la industrialización y el crecimiento del consumo, entre otros factores, marcaron un lento y progresivo período de pauperización hasta la década de los 70 en que, considerado como un fenómeno marginal y precario, su aplicación se redujo casi exclusivamente al medio rural.

Hasta entonces en la Argentina, aún cuando se siguió construyendo con tierra en forma espontánea en prácticamente todo su territorio, principalmente en zonas áridas y semiáridas, la intervención de organismos estatales (Institutos Provinciales de Vivienda; Direcciones de Arquitectura, Universidades o Centros Autónomos de Investigaciones Tecnológicas) para apoyar su desarrollo fue marcadamente insuficiente.

Como en el resto del mundo, en Ibero América y en la Argentina en particular, se registra desde los años 60 un acelerado proceso de urbanización al incrementarse las corrientes migratorias campo-ciudad integradas por pobladores ávidos de oportunidades y mejores condiciones de vida que esperaban satisfacer en áreas industriales, comerciales y de servicios. Sin embargo los centros históricos, insuficientes para alojarlos, terminaron por marginarlos en la periferia de las ciudades carentes, la más de las veces, de los servicios elementales. La pobreza y el hacinamiento dificultan el desenvolvimiento social y exponen a las familias a rigurosas condiciones ambientales. En este contexto, la vivienda, centro estratégico de la calidad de vida de la población se encuentra por lo general, en las más deficientes condiciones.

Por otra parte, el marcado déficit habitacional y el creciente aumento de la población provocan una mayor demanda de viviendas, exigiendo en consecuencia el uso intensivo de materiales “naturales” y el desarrollo de técnicas constructivas simples, rápidas y de bajo costo para la producción del hábitat humano.

Coincidentemente, en la segunda mitad del siglo XX, diversos factores -económicos, culturales, tecnológicos, ambientales- concurren para modificar las condiciones existentes, propiciando una progresiva revalorización de la tecnología de construcción con tierra cruda y su aplicación en la ejecución de planes de viviendas de interés social. Es así que, a partir con los trabajos de Bernard Rudofsky (Arquitectura sin Arquitectos), la década de los 80 marca un nuevo interés por el estudio de la arquitectura vernácula de tierra o “arquitectura geo-vernácula” (Alan Hays. 1995).

Las investigaciones, obras y proyectos desarrollados en las últimas décadas testimonian el interés existente por promover el potencial que significa la construcción con tierra en todo el mundo. La difusión corre, principalmente, por cuenta de organismos internacionales orientados al área de la preservación y conservación de monumentos y sitios (ICOMOS; ICROM; Getty Institute; UNESCO). Actualmente en el continente americano se registra en ámbitos científicos y tecnológicos, un notorio desarrollo y franco apoyo a esta tecnología que se traduce, en aquellos países con fuertes políticas oficiales, en planes masivos de vivienda. Estados Unidos, México, Cuba, Venezuela, Colombia y Perú entre otros, vienen diseñando y ensayando en laboratorio y campo, propuestas para el mejoramiento de los sistemas constructivos, apropiados para resistir acciones sísmicas. En tal sentido se han elaborado recomendaciones y normas en las que se enfatizan los factores que condicionan el diseño arquitectónico, constructivo-estructural y ambiental de los edificios.

La Red HABITERRA del Programa Iberoamericano de Ciencia y Técnica para el Desarrollo (CYTED) dio impulso en los años 90 al intercambio de investigadores y constructores y produciendo numerosas publicaciones, exposiciones itinerantes y cursos internacionales de capacitación (Bolivia 1995; Colombia 1996). La Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y el CEPRODES en Bolivia y el Centro de Tecnología Apropiada (CTA) de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción en Paraguay, realizan importantes aportes en investigación y docencia

MARCO DE REFERENCIA

Contexto Actual en la Argentina

En la Argentina el problema del hábitat hoy, es consecuencia directa del problema de la pobreza; en consecuencia, su solución pasa en primer término por combatirla considerando toda la complejidad que ésta supone y reconociendo la dimensión y la riqueza de las fuerzas sociales que subyacen.

La pobreza está relacionada básicamente con los mecanismos de distribución y jerarquización social, con las desigualdades y con las necesidades materiales y simbólicas que éstas generan. Durante la última década se produjo en el país un impresionante fenómeno de expulsión-exclusión social y económica que abarca aspectos de índole cultural, educativo, laboral, alimentario, habitacional etc. Según datos oficiales del

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC. 2001), el índice de pobreza alcanza en la actualidad al 54% y de indigencia al 27%. En Tucumán y el NOA entre el 35% y 45% de la población tiene sus necesidades básicas insatisfechas (NBI); el 40% se registra como desocupada o subempleada y el 90% de los sectores de menos recursos padece de serios problemas habitacionales. Sin embargo, las necesidades no sólo son carencias; también son potencialidades humanas -individuales y colectivas- que deben considerarse al momento de pensar en soluciones y satisfactores. El creciente déficit de viviendas, las críticas condiciones socioeconómicas actuales y el evidente desequilibrio ecológico, propician la continuidad de las investigaciones para preservar, desarrollar y difundir la tecnología de construcción con tierra como una excelente alternativa de producir el hábitat del futuro. Por otra parte, los cambios en la lógica de desarrollo y de producción del hábitat popular ponen de manifiesto la necesidad de repensar el enfoque conceptual del problema, involucrando las nuevas variables que surgen de la situación contextual actual, con el fin de aportar las soluciones apropiadas para su construcción.

Aún cuando el apoyo oficial es todavía reducido, numerosos organismos de ciencia y tecnología trabajan en la búsqueda de aportar soluciones, sistematizando los estudios sobre el material, componentes básicos, elementos y sistemas constructivos de tierra cruda. Con la creación en 1995 de “PROTierra” Red Nacional de Promoción y Desarrollo de la Arquitectura de Tierra (LEME-UNT / CITAR-UNJu / UNIR-UNT cofundadores), se impulsó la difusión de obras y promover proyectos, organizándose un banco de datos nacional y la realización de encuentros y talleres de trabajo.

Desde el año 1990 en Tucumán se realizan en el Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (LEME-FAU-UNT), diversas actividades de docencia, investigación y extensión, las que a partir de 1995 se sistematizan con el dictado regular de la asignatura “Arquitecturas de Tierra Cruda” y la ejecución de proyectos de investigación tecnológica enmarcados en los programas del Consejo de Investigaciones de la UNT (CIUNT) y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT).

EL CRIATiC

Institucionalización

Recientemente institucionalizado como órgano académico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNT) mediante Resolución del Honorable Consejo Directivo), el Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) representa por un lado, la culminación de los trabajos iniciados en 1990 por el LEME en relación al diseño, producción y transferencia de tecnologías alternativas para la construcción de viviendas de interés social y, por otro, el reconocimiento de la Agencia Nacional de

Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) respecto a la pertinencia y calidad del hasta la fecha, único Proyecto de Investigación sobre el tema, financiado por un organismo nacional en la Argentina.

Fundamento

En la inteligencia de que la tecnología de construcción con tierra representa en la actualidad un gran potencial de desarrollo, el propósito central que fundamenta la creación del Centro es generar nuevos conocimientos sobre las propiedades de materiales y técnicas no contaminantes aplicables en el diseño y la construcción de viviendas y edificios de interés social, propendiendo a la sistematización y normalización de componentes básicos y elementos constructivos, en el marco de una acción sustentable en términos de cuidado y respeto del ambiente natural, de la riqueza cultural y la progresividad en el hábitat popular.

Proponer y perfeccionar nuevas tecnologías en un tema aparentemente humilde, pero a la vez complejo y de innegable dimensión social, cultural, económica y política, supone por tanto, contribuir a la concreción de un hábitat ecológico, mas acorde con las necesidades de la especie humana. Con tal finalidad se establecen los siguientes objetivos:

Objetivos Generales

Ofrecer un avance conceptual del problema de la construcción de bajo costo y su impacto en el desarrollo económico, social y cultural de la comunidad, apoyado fundamentalmente la capacitación de los propios usuarios en la autoconstrucción y autogestión de sus viviendas y favoreciendo la creación de nuevas fuentes de trabajo.

Formar RRHH especializados en el tema, mediante la realización de cursos de capacitación, actualización y perfeccionamiento para estudiantes universitarios, técnicos y profesionales de la región como medio de proyectar a la comunidad los logros del CRIATiC.

Objetivos particulares

Generar y desarrollar, mediante la realización de proyectos de investigación, nuevos conocimientos sobre materiales, productos, sistemas y técnicas apropiadas para mejorar el comportamiento estructural, ambiental (higro-térmico) y la durabilidad de los elementos constructivos involucrados en la construcción con tierra cruda.

Verificar y evaluar experimentalmente, el comportamiento físico, mecánico y de uso, las cualidades estético-ambientales de los distintos sistemas y técnicas constructivas y su aceptación social, comparados técnica y

económicamente con otros sistemas “convencionales” aplicados usualmente en la construcción de edificios de bajo costo.

Elaborar y proponer normas y recomendaciones técnicas específicas, referidas a los materiales, elementos y procesos constructivos involucrados en las tecnologías de tierra cruda. Transferir los conocimientos y resultados obtenidos, tanto al sector educativo universitario y no universitario, a organismos estatales y no gubernamentales, como al sector de la producción.

Actividades Concretadas

Desde el inicio de las actividades en 1993, son múltiples las gestiones llevadas a cabo y los logros obtenidos en forma individual y colectiva en ámbitos regionales, nacionales e internacionales por el Grupo Tierra Tucumán (GTT), núcleo fundacional del CRIATiC, en mérito a las cuales se basa su reconocimiento institucional. En el campo de la docencia, investigación y extensión, se destacan entre otras, las siguientes actividades sistemáticas:

Cursos, Seminarios y Talleres de Capacitación

Dictado regular de la asignatura “Arquitectura de Tierra Cruda”, única materia incorporada al currículum de la carrera de arquitecto en todo el país. Seminarios de Iniciación en la docencia e investigación sobre “Tecnología de Construcción con Tierra” dirigidos a estudiantes del último ciclo de la carrera y a recientes egresados. Seminarios-Taller Internacional de posgrado y Cursos con crédito para la obtención de títulos de posgrado, con la participación de profesores nacionales y expertos de México y Uruguay.

Proyectos de Investigación

Se destacan los proyectos plurianuales de investigación realizados desde 1995, financiados por el Consejo de Investigaciones de la UNT (CIUNT) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), referidos al diseño, producción y transferencia de tecnologías alternativas de tierra aplicables en la construcción de viviendas de interés social.

Extensión

En el marco de programas de extensión universitaria, el GTT realiza la transferencia de conocimientos y tecnologías desarrolladas, mediante convenios de cooperación y asistencia técnica, celebrados con diversas instituciones regionales.

Publicaciones periódicas

Desde el año 2000, el GTT (LEME-FAU) publica un boletín de informaciones para difundir las actividades programadas y desarrolladas en los respectivos campos de actuación, consignando además las actividades de otros centros regionales con los que mantiene vínculos e intercambio académico.

Actividades Previstas

En línea con los objetivos enunciados, se prevé realizar desde el CRIATiC un completo relevamiento, análisis y catalogación del patrimonio arquitectónico de tierra en la región del NOA primero, y del país después, en el que se registren todos los datos vinculados a los materiales, sistemas y técnicas constructivas utilizados, con el propósito de elaborar un Atlas de la Arquitectura de Tierra que, en el mediano plazo contribuya a la aplicación de conceptos normativos en diferentes contextos regionales .

Complementariamente a las actividades de docencia e investigación desarrolladas por el GTT-LEME hasta el presente, se prevé continuar las acciones de extensión y transferencia dirigidas a la formación y capacitación de particulares, de profesionales y técnicos de organismos públicos y de representantes de organizaciones del tercer sector de la población. Igualmente, con la publicación y difusión de los avances registrados en el CRIATiC como en otros centros de investigación de la región.

Sede Institucional

Para alojar al CRIATiC se construye actualmente en el campo experimental de la FAU, el edificio sede en el que se centralizará la ejecución de todas las actividades previstas. Cuenta con locales para laboratorio, taller; aulas y oficinas para el personal académico y técnico, patio de exposiciones y torre de servicios. Dado el carácter de prototipo arquitectónico y constructivo, en el que pretende verificar las pautas de diseño y tecnológicas desarrolladas, todos los cuerpos que lo integran se basan en la aplicación de diferentes técnicas de construcción con tierra, combinando el uso de los materiales naturales y procedimientos tradicionales con materiales “urbano-industriales”.

Impacto Académico, Social, Economico, Cultural

Basado en los antecedentes preexistentes, la institucionalización de CRIATiC contribuirá a consolidar las acciones realizadas por el GTT-LEME en el dominio de la arquitectura de tierra, a ampliar la infraestructura académica de la FAU fortaleciendo la integración de la docencia y la investigación en torno a un tema de absoluta actualidad y a intensificar las acciones de extensión que la FAU y la UNT desarrollan en el medio.

En relación con aspectos económicos y sociales, aportará a los esfuerzos por disminuir el déficit habitacional en la región y mejorar el nivel y calidad de vida de amplios sectores de la población, hoy carentes de techo. Asimismo, propiciará el re-conocimiento materiales y técnicas constructivas tradicionales y la recuperación de olvidados valores de identidad cultural. propiciando un acercamiento entre importantes sectores de la sociedad y la Universidad.

Relacionado con la preservación del ambiente natural, al promover el uso de los materiales y técnicas constructivas que no requirir procesos de transformación industrial con fases de altas temperaturas y consecuentes emanaciones contaminantes del entorno- el PICT contribuye, desde el punto de vista ecológico, a la gestión ambiental.

La enseñanza universitaria en la carrera de arquitectura de la tecnología de construcción con tierra cruda - una experiencia chilena

Hugo E. Pereira Gigogne .

Abstract :

The present paper contains de experience of teaching earth building architecture and construction for students of schools of architecture at the city of Santiago of Chile since 1993 .

The character of the course , objectives , pedagogical methods and contains are the result of the cooperation of traditional architecture , practical and field teaching building construction prototypes and parts of buildings by the students themselves .

Very important to the positive result of these courses has been the information that came from CYTED program , specifically net HABITERRA since 1990 until year 2000 and now PROTERRA project from the same program .

1.- La enseñanza de la arquitectura :

Se comienza enseñando generalmente el uso del ladrillo cocido y la madera....pasando luego al hormigón armado y concluyendo en materiales modernos tales como el acero " . Este es el hilo conductor generalizado de la enseñanza de la tecnología constructiva en la mayor parte de los curriculums docentes de la carrera de arquitectura .

Desde los albores de la teoría de la arquitectura , el componente tecnológico constituye uno de los principales contenidos del quehacer arquitectónico . Enseñar tecnología constructiva en forma mecánica , sin evaluar las consecuencias ambientales de la opción de determinada vertiente tecnológica , hoy día , no tiene sentido .

El modelo de enseñanza de la arquitectura en nuestro país , proviene del modelo "beaux arts" de la escuela francesa (Claude Francois Brunet Debaines funda en Chile la 1ª escuela de arquitectura, durante los albores del siglo XIX) .

De allí la explicación de porqué se privilegia la forma arquitectónica sin investigar o valorizar adecuadamente los aspectos tecnológicos que la originan .

La presencia de tecnologías constructivas en tierra cruda modernas es prácticamente desconocida en ese ámbito . Luego del análisis de esta situación , se puede concluir de que bajo una mirada holística referida al medio ambiente , cualquier tecnología que economice recursos y especialmente que dilapide menos energía (hidrocarburos) en su producción , es moderna " per - se " .

2 . La valorización del patrimonio arquitectónico mundial y nacional edificado en tierra cruda :

En Chile, cerca de un tercio de los monumentos nacionales registrados por el Estado , utilizan algún sistema de construcción en tierra cruda. Por tratarse de monumentos que datan del siglo XVII y XVIII , son estos además los más antiguos. Este hecho constituye un motivo suficiente para conocer el comportamiento del material tierra cruda .

La mayor parte de estos monumentos han cobijado importantes hechos históricos y son sede de relevantes instituciones .Los currículums de la enseñanza de la carrera de arquitectura , debieran incluir esta materia en forma obligatoria por su inmensa importancia cultural .

3. Objetivos generales del curso de arquitectura en tierra cruda :

3.1 Instruir sobre los antecedentes históricos acerca del uso de este material en Chile .

3.2 Conocer las principales características físicas del material .

3.3 Conocer los principales sistemas constructivos que utilizan el material , con especial énfasis en las recientes innovaciones tecnológicas .

3.4 Adiestramiento en la aplicación de estos conocimientos en los procesos de diseño arquitectónico .

4. Contenidos Programáticos :

4.1 Antecedentes históricos generales :

Mesopotamia, Himalaya (Tibet), Tibet Central y Oriental, China, Italia, Sri-Lanka, Marruecos, Egipto, Macedonia, Yugoslavia, España, Portugal, Gran Bretaña, Alemania, Francia, arquitectura contemporánea.

4.2 Antecedentes históricos en Ibero América :

Taos (New Mexico USA), Paquimé o Casas Grandes. México (s. VI A.C.).
La vivienda Maya , México, Chan - Chan, Perú La vivienda Chipaya.
La introducción del uso de la técnica del adobe en nuestro continente.

4.3 Antecedentes históricos en Chile :

Poblado atacameño de Tulo (s. X A.C. aprox.)
Uso del material tierra cruda en la Arquitectura defensiva atacameña : Los Pukarís .
El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del norte de Chile.
Oficina Salitrera de Chacabuco.
La Iglesia Catedral de Copiapó .
Teatro Municipal de Paihuano .
La Iglesia de Barraza .
Casa cuna del presidente Pedro Aguirre Cerda, Pucuro.

4.4 El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del valle Central de Chile.

Uso del material tierra cruda en la Arquitectura defensiva del período colonial
Fortificación de la ciudad de La Serena, fuertes españoles en el proceso de conquista.
La Arquitectura de las grandes haciendas.
Patrimonio arquitectónico urbano en base a tierra cruda. San Felipe,
Los Andes y las casas con pilar de esquina.
Casas de Lo Contador , Santiago .
Municipalidad de Lo Barnechea , Santiago .
Casas de Lo Matta , Santiago .
Iglesia y claustro de Los Dominicos , Santiago .
Iglesia del Buen Pastor de calle Rivera , Santiago .
Iglesia La Matriz , Valparaíso .
Iglesia La Merced , Rancagua .
Casa del Pilar de esquina , Santiago norte
Patrimonio de! l Barrio Poniente , Santiago .
Posada del Corregidor Za-ártu , Santiago .

Bodegas de ex - Viña San Carlos .

Hacienda San José del Carmen (El Huique), Colchagua.

Casas de Nincunlauta .

El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del valle Central de Chile , al sur de la cuenca del río Maule :

Poblado de Nirivilo.

Zona de Villa Alegre.

Hospital San Juan de Dios de Chillan.

Casa cuna de Prat en Ninhue , VIII Región .

En el curso de duración semestral se realiza a lo menos una visita guiada a unos de los anteriores edificios monumentales o conjunto arquitectónico patrimonial construido en tierra en Santiago de Chile , ubicado en Santiago .

La extensión de éste primer módulo pedagógico es de 4 sesiones .

A continuación se desarrollan once sesiones en que en forma empírica se procede al conocimiento científico del material tierra cruda :

4.5 - Estudio del material . Componentes y clasificación de los suelos . Características físico - mecánicas . Ensayo de retracción de secado . Para este ensayo se utiliza el ensayo de la cajita diseñado por el CEPED , a través del cual , el alumno / a puede constatar uno de los principales problemas de diseño constructivo en tierra cruda .

- Ensayo del cilindro de plasticidad modificado : Se realiza este ensayo creado por! el investigador Profesor Gastón Barrios Lamarque el que determina en terreno la cantidad de arcilla que debe contener un determinado suelo para su uso en la técnica constructiva del adobe.

- Aula teórica en que se explican las principales tipologías constructivas en tierra cruda distinguiendo aquellas de tipo monolíticas como el adobe y Tapial de las técnicas mixtas tierra - madera y otras . Principios y soluciones constructivas .

- Debido a lo apropiado del uso de la mixta tierra - madera en Chile, se destina un aula especialmente a éstas técnicas tales como palillaje, quincha mejorada y otras técnicas constructivas

- Chile es uno de los países más afectados por movimientos sísmicos . Es por esto que se destina un aula a desarrollar conceptos de diseño sismorresistente .

Así mismo se enfatiza en la aplicación de soluciones de diseño que aseguren una mayor estabilidad de la estructura portante . Como medio pedagógico se exhibe y se comenta video de ensayos de diversos prototipos a colapso estructural desarrollados en el laboratorio de ingeniería de la P. Universidad Católica del Perú (Lima) .

A continuación se desarrollan seis sesiones cuyo principal objetivo pedagógico es transferir al alumno / a las principales innovaciones tecnológicas en los métodos de estabilización y producción masiva en tierra cruda .

4.6 Principales innovaciones tecnológicas constructivas en suelo estabilizado :

-Estabilización físico - mecánica del material por hipercompresión .

-Estabilización química por agregación de estabilizantes de origen natural (fibras , mucilago de cactáceas, estiércol etc.) o industrial (asfalto, cal, cemento, polímeros , acronal , etc.)

4.7 Principales patologías constructivas del material. Presencia de humedad . Problemas de interfase y adherencia . Acción del medio natural. Insectos y otros agentes patógenos .

4.8 Refuerzos constructivos : cimientos , sobre! - cimientos , refuerzos internos de muros, cadenas y dinteles . Tipologías de cadenas de amarre . Refuerzos mediante la aplicación de mallas metálicas .

4.9 Revestimientos y terminaciones . Acabados en base a tierra estabilizada. Uso de la cal . Suelo-cemento . Otros estabilizantes. Fórmula COLCA 1:2:3:4 (Ecuador) . Fórmulas del J.P. Getty Institute. (U.S.A.)

4.10 Normas internacionales : Norma Peruana , Code de California y Nuevo México (U.S.A) , Recomendaciones chilenas , Recomendaciones mexicanas .
Se explica y controla lectura de la norma peruana .

4.11 Producción masiva y mecanizada con suelo estabilizado : Prensa manual CINVARAM. (ver [imagen N° 1](#) Esquema prensa manual Cinvaram) . Para efectos del curso , se ha provisto de un ejemplar de la misma con la que se confeccionaron muestras para ensayos) .

Mecanización de principales faenas productivas , plantas fijas , plantas móviles .

Se muestran imágenes en diapositivas y videos tales como el del sistema de

albañilería de bloques de suelo - cemento de junta seca denominado " TIJOLITO " de la empresa brasilera Andrade - Gutiérrez de Belo Horizonte , Minas Gerais .

5. Variantes Programáticas :

El programa anteriormente descrito se circunscribe a un curso de duración semestral . Idealmente éste curso debiera durante la temporada estival de forma de lograr un mejor resultado , tanto en las aulas prácticas como en visitas a obras.

En alguna oportunidad , éste mismo curso tuvo una duración anual lo que permitió desarrollar las siguientes actividades pedagógicas :

5.1. Diseño de un proyecto en tierra cruda . Vivienda económica, laboratorio de suelos etc.

(ver [PLANOS](#), proyecto de vivienda social en tapial , alumno Mauricio Galarze , curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile) .

5.2. Elaboración de modelos fabricados en tierra a escala 1 : 5 , 1 : 10 con desarrollo planimétrico constructivo .

5.3. Visitas a obras de construcción en tierra cruda con entrega de informes de la misma .

5.4. Desarrollo de detalles constructivos en tierra . Escantillones y detalles varios de proyectos que el alumno/a aporta . En algunos casos éstos proyectos provienen de los que están desarrollado o han desarrollado en el taller de diseño arquitectónico .

6. Restauración del patrimonio arquitectónico :

Aproximadamente un treinta por ciento (30 %) de los monumentos nacionales de Chile , emplean uno o más sistemas de construcción con tierra cruda . Se estima que este material está presente en más del cincuenta por ciento (50 %) de éstos mismos monumentos nacionales . De aquí la importancia de relacionar pedagógicamente estos conocimientos que tienen aplicación tanto en el ámbito de la vivienda social como en el de la conservación y restauración arquitectónica .

7. Creación del conocimiento científico :

Habitualmente se relaciona el conocimiento de la arquitectura en tierra cruda , con un conocimiento de origen popular y ancestral . El objetivo de un curso de arquitectura y construcción en tierra cruda debiera develar la faceta científica de estos conocimientos . De allí la importancia de desarrollar con los alumnos / as , ensayos científicos cuantificables y relativamente normalizados técnicamente .

Se pueden destacar entre los más importantes :

7.1. Ensayo de plasticidad modificado o del cilindro . (Ensayo del cilindro, G. Barrios realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile).

7.2. Ensayo de desgaste al goteo de tabletas estabilizadas . (cuadro comparativo de resultados del ensayo de estabilización de suelos , Oct, 1994 , realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile)

7.3. Elaboración de muestras elaboradas con diferentes procedimientos las que son posteriormente sometidas a esfuerzo de compresión cúbica en laboratorio . (cuadro comparativo de resultados de resistencia a la compresión cúbica de suelos , Oct, 1994 , realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile)

7.4. Ensayo de retracción de secado aplicado en tecnología de suelo - cemento . (CEPED)

7.5. Ensayo de resistencia al desgaste hídrico (inmersión) .

7.6. Ensayo de efectos a la intemperie.

8. Prácticas de obra :

El más exitoso método para la comprensión de los diferentes sistemas constructivos que emplean tierra cruda , es la confección de parte de los mismos con los alumnos / as .

Es preciso planificar la ejecución de estos componentes de forma de evitar la improvisación y ayudar a entender el cómo se realizan .

En este sentido se deben considerar las actividades siguientes :

8.1. Diseño del elemento a construir . Se deben considerar los aspectos siguientes :

8.1.1. Dimensionamiento de esfuerzo físico a desarrollar .

8.1.2. Local en que se ejecutará .

8.1.3. Equipamiento de herramientas y laboratorio con que la Facultad cuenta. Es posible utilizar buena parte del equipamiento del laboratorio tradicional de hormigones (tamices, hornos de secado, balanzas , prensas , máquinas de medición de esfuerzos físicos mecánicos y otros)

8.2. Organización de las " cuadrillas " de estudiantes . Un método interactivo interesante es desarrollar en forma paralela a lo menos tres técnicas . Estas pueden ser adobe, tapial y técnica mixta tierra - madera . (Confección de bloques de porción de muro de tapial aprovechando murete de jardinera existente como sobrecimiento por alumnos del curso de la Universidad Central de Chile en el campus San Bernardo de la misma) .

8.3. Incentivar la participación activa de las alumnas , las que naturalmente propenden a tomar una posición de observación del trabajo físico - constructivo que desarrollan los alumnos .

8.4. Cuidado del registro de las prácticas desarrolladas a través de diferentes métodos . La condición de entregar un informe de cada práctica es muy relevante . En este contexto , las principales variables de dichos informes son :

8.4.1. Descripción de las faenas desarrolladas .

8.4.2. Análisis de los fenómenos que se presentan .

8.4.3. Medición de los distintos aspectos involucrados en dichas prácticas

(medidas de volumen , superficie , longitud , tiempo) .

9. Creación arquitectónica :

De gran relevancia pedagógica resulta integrar los conocimientos tecnológicos adquiridos en la proyectación de un objeto arquitectónico . Aquí cobra especial importancia el ubicar los proyectos en diferentes zonas climáticas . Chile , con una longitud de cerca de 4.500.Kms. y por su posición geográfica en el orbe , presenta importantes variaciones climáticas . Es as' como nuestro país posee las siguientes nueve zonas climáticas :

- 1) Norte litoral
- 2) Norte desértico
- 3) Norte valle central
- 4) Central litoral
- 5) Central interior
- 6) Sur litoral
- 7) Sur interior
- 8) Sur extremo
- 9) Andina

Se podría agregar las zonas siguientes :

- 10) Rapa - Nui (Isla de Pascua) inmersa en el Océano Pacífico presenta clima sub - tropical.
- 11) Antártica

Lo anterior redunda en una diversidad de condiciones climatológicas que determinan diferentes expresiones en la arquitectura de tierra. Entre estas destacan :

- Oscilación de temperatura
- Insolación
- Humedad relativa
- Precipitación
- Vientos predominantes
- Altura

(Fuente Norma chilena (I.N.N.) NCH 1079 , en Revista del Colegio de constructores civiles de Chile Nº 52 de Junio de 1980) .

10. Conclusiones :

Los cursos de arquitectura en tierra realizados en el marco anteriormente descrito se caracterizan por lo siguiente :

10.1. Despertar interés en las jóvenes generaciones de estudiantes por ésta tecnología constructiva debido a una positiva relación con el medio ambiente natural .

10.2 . Contribuir a reforzar la idea de que la arquitectura en tierra cruda es posible. Que los edificios construidos en tierra constituyen edificaciones estables y de alto estándar físico ambiental .

10.3 . Conocer el patrimonio arquitectónico mundial y nacional construido en base a éste material lo que entrega una importante base de conocimientos de entendimiento del arte de la arquitectura desde un punto de vista histórico .

10.4. Incentivar la creación del conocimiento científico del material tierra a través de los cursos impartidos .

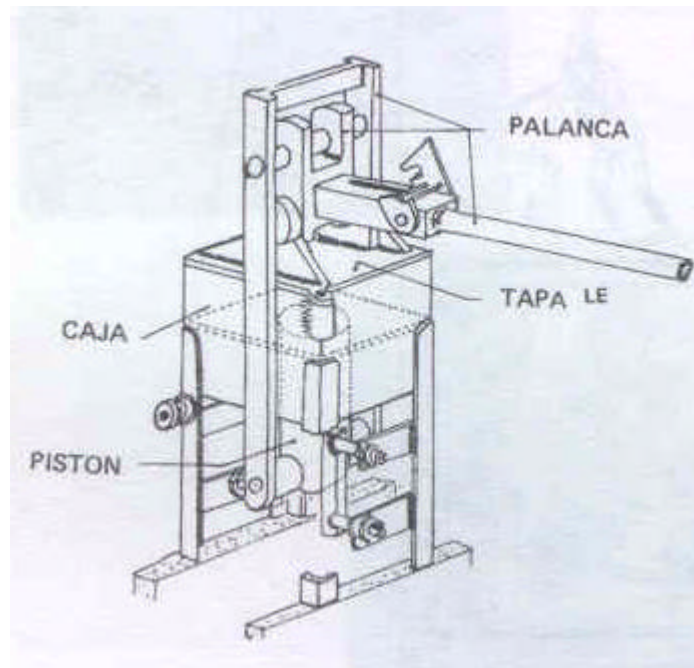
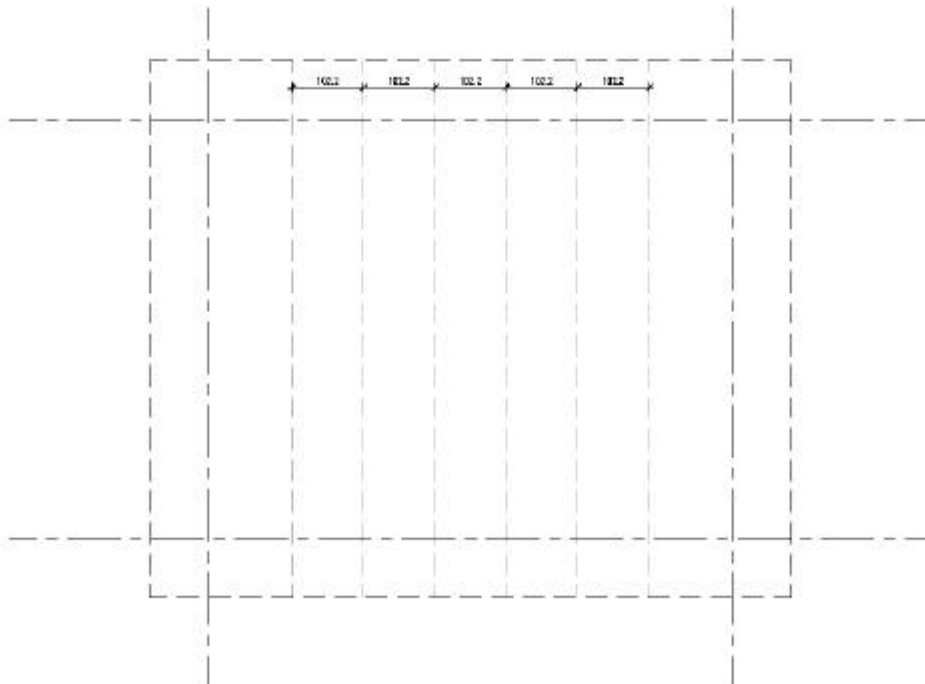
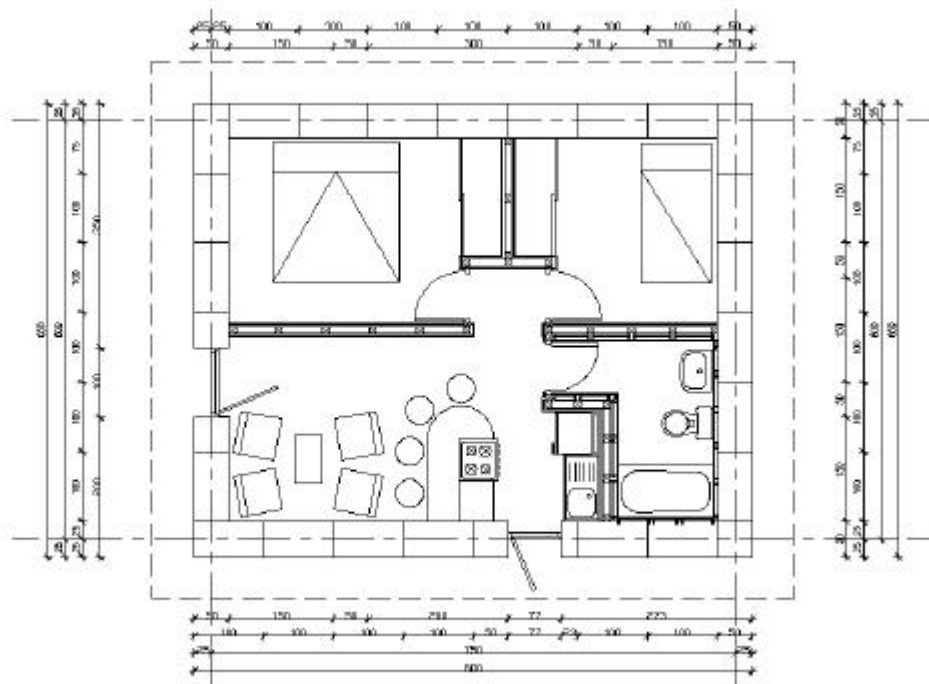
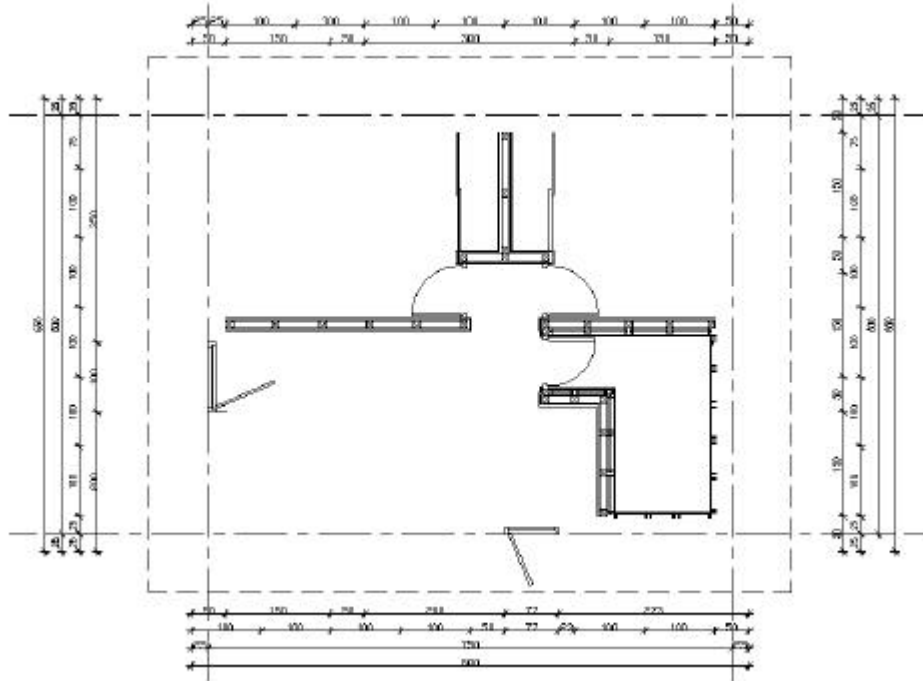
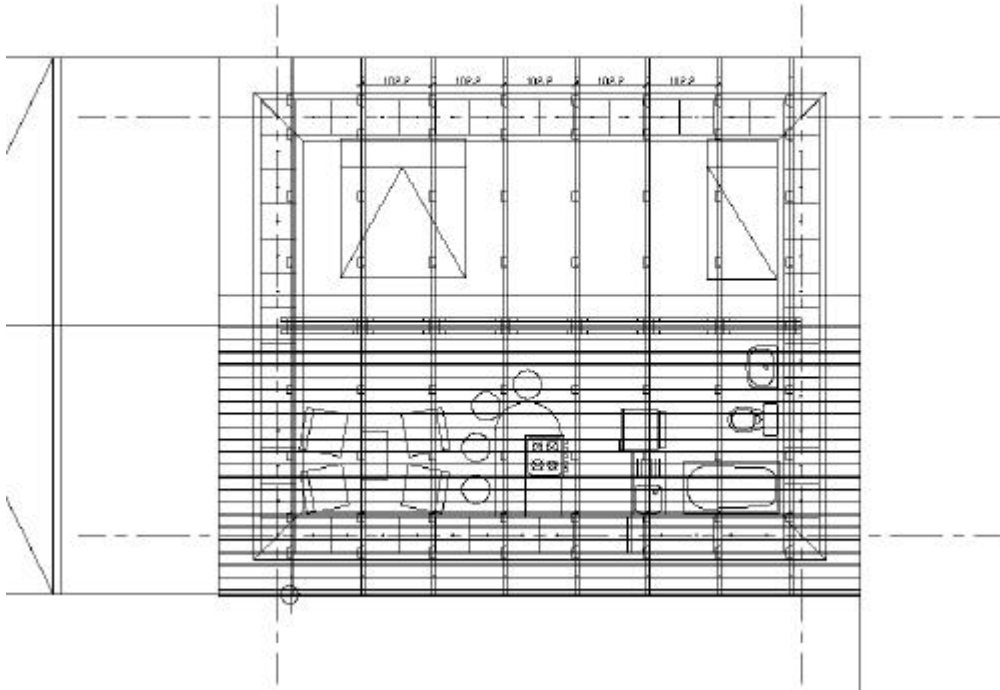


Imagen Nº 1 Esquema prensa manual Cinvaram

Planos, proyecto de vivienda social en tapial , alumno Mauricio Galarze , curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile







TERCERA SESIÓN

ASPECTOS TÉCNICO-CONSTRUCTIVOS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Lucía Elizabeth Arias / Carlos Eduardo Alderete / Rafael Francisco Mellace

Control de la absorción de agua en bloques comprimidos de suelo-cemento

Obede Borges Faria

Avaliação do uso de macrófitas aquáticas na produção de adobe

Patricio Cevallos Salas

Análisis comparativo de costos de las construcciones con tierra y convencional caso ecuador

M. A. Gálvez Huerta

Implementación de sistemas de refrigeración pasiva en un edificio construido con tierra

Santos García Álvarez / Esther Moreno Fernández

La tierra como material de construcción

Beatriz Garzón

Métodos alternativos para la conservación de cañas para su posible uso en construcciones con tierra

Stella Maris Latina

Arquitectura de tierra en el siglo XXI. Tafí del Valle, Tucumán, Argentina

Luis Maldonado Ramos

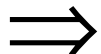
El papel liberador de la nueva construcción con tierra en la evolución de la arquitectura actual

Nelson Navarro Campos

Experiencia de cuba en el desarrollo y aplicación de bloques prensados machihembrados de suelo cemento

Rosa Delmy Núñez de Hércules

Aplicaciones de la tierra estabilizada para la construcción de vivienda social



PRESENTACIÓN

CONFERENCIA INAUGURAL

1ª SESIÓN

2ª SESIÓN

3ª SESIÓN

4ª SESIÓN

II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid 18 y 19 de septiembre de 2003

Normando Perazzo Barbosa / José Wallace Filho / Elisângela Pereira da Silva / Antonio Correia Braga

Comportamiento mecánico e térmico de paredes de tijolos prensados de terra crua incorporando
resíduos de borracha

Angela M. Stassano R.

Reintroduciendo el Adobe en Honduras

Angela M. Stassano R.

Reintroducción del Bloque de Tierra Compactado (BTC) Estabilizado en Honduras

L. Villanueva / G. Sandoval / S. García Álvarez

Consolidación de elementos de tierra en el norte del Perú



PRESENTACIÓN

CONFERENCIA INAUGURAL

1ª SESIÓN

2ª SESIÓN

3ª SESIÓN

4ª SESIÓN

II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid 18 y 19 de septiembre de 2003

CONTROL DE LA ABSORCIÓN DE AGUA EN BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO-CEMENTO

Lucía Elizabeth Arias

Ingeniero Civil, Docente-Investigador FAU-UNT, LEME-CRIATiC, ely_arias@hotmail.com

Carlos Eduardo Alderete

Ingeniero Civil, Docente-Investigador FAU-UNT, LEME-CRIATiC, calderete18@hotmail.com

Rafael Francisco Mellace

Arquitecto, Docente-Investigador FAU-UNT, Director LEME-CRIATiC, rfmellace@herrera.unt.edu.ar

Resumen

El aprovechamiento de las cualidades físicas-mecánicas de la tierra como material de construcción permite significativas ventajas económicas, energéticas y ambientales. Así lo evidencia el importante porcentaje de viviendas rurales en nuestra región que utilizan este material en sus construcciones. Sin embargo, estas cualidades son en ocasiones alteradas por la acción directa del agua, modificando la durabilidad, estabilidad estructural y condiciones de confort en perjuicio de la calidad de vida de sus moradores.

En tal sentido, el objetivo de este trabajo consiste en analizar la posible reducción de los porcentajes de absorción de agua en bloques comprimidos de suelo-cemento a partir de la adición de productos hidrófugos incorporados en su masa o aplicados superficialmente. Para ello se utilizan dos tipos de tierra diferentes y dos productos comerciales de uso frecuente en la albañilería tradicional de ladrillo cerámico.

Los resultados en laboratorio permiten concluir que, con los tratamientos estudiados es posible reducir la absorción entre el 70% y el 90 %, medida después de 24 horas de inmersión de las probetas en agua fría, en relación con muestras patrón sin tratamiento alguno.

Abstract

Significant contributions have been obtained from the use of earth as a construction material. Its physical and mechanical properties provide various advantages concerning to economical, energetic and environmental issues. A striking proof of this is the increasing percentage of rural housing in the NOA region, which include earth as a main material. This properties, however, are often altered by the direct action of water, affecting its durability, structural stability, well-being and, consequently, the quality of life of their residents.

This work aims, in that sense, to minimize water absorption rates by including non-absorbent materials, either as a surface or structural constituent of earth-cement- compressed blocks.

Two types of earth were employed -different materials frequently used in the traditional ceramic-brick construction-.

The results obtained from the procedures described in this work, allow to determine that a reduction of absorption, between 70 % and 90 %, after 24 h. immersion in cold water can be achieved. All the data collected was compared to blocks which had received no treatment, taken as reference samples.

Palabras claves: absorción/ tierra/ tecnología/ vivienda

Introducción

El hombre necesita desarrollar sus actividades y satisfacer sus necesidades en espacios físicos acordes a tal fin, delimitados por envolventes verticales y horizontales capaces de proveer privacidad, seguridad y confort. En consecuencia, estas envolventes deben ser conformadas por elementos constructivos resueltos con materiales seleccionados a partir de sus propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas, con la condición de que estas permanezcan inalterables y durables en el tiempo. Cuando el material adoptado es la tierra cruda, la condición de inalterabilidad y durabilidad cobra mayor importancia si se tiene en cuenta que el agua, en tiempos muy inferiores a los requeridos por otros materiales, la afecta severamente comprometiendo no sólo requisitos de confort sino también estructurales.

El agua actúa sobre los materiales y elementos constructivos de diferentes formas: por capilaridad; por acción directa en forma de lluvia y escorrentías superficiales o como vapor de agua. El efecto capilar se puede controlar con disposiciones constructivas adecuadas y tradicionalmente conocidas –sobrecimientos, capas aisladoras, etc.- pero la acción directa por efecto de lluvia o condensación intersticial o superficial requiere un estudio particular que considere el volumen de agua, la dirección de incidencia, el tiempo de contacto y las dimensiones de las superficies expuestas (por el costo que esto implica).

El presente trabajo reseña el comportamiento de diferentes componentes de suelo-cemento comprimido, con la inclusión y adición de materiales y técnicas de conocida eficacia en construcciones tradicionales, con el objeto de determinar comparativamente su efecto en el control de la absorción de agua.

Objetivo

Analizar la absorción de agua y su variación en función del tiempo, en probetas prismáticas de suelo-cemento comprimido de 5x5x14 cm, elaboradas con dos tipos de tierra, identificadas como Ti-I y Ti-II cuando se incorporan materiales hidrófugos en su masa, cuando son aplicados como revestimiento superficial o con la combinación de ambas técnicas.

Metodología

A los efectos señalados se siguió la siguiente metodología:

- Determinación de las características particulares de los dos tipos de tierra Ti-I y Ti-II, mediante ensayos normalizados IRAM N°s: 1520, 1050/12, 10515, 10501/2 y 10511.
- Elaboración de probetas prismáticas de 5x5x14 cm comprimidas en la máquina CINVA-RAM, incorporando en el proceso de mezclado productos hidrófugos comerciales seleccionados a partir de antecedentes de calidad, rendimiento y costos.

- Ensayos de muestras, mediante el proceso de inmersión total, a fin de eliminar variables ambientales como: temperatura, humedad, circulación del aire, etc., debido al tiempo de duración de la experiencia (7 días).
- Transformación de los valores absolutos obtenidos de cada medición en datos porcentuales, con el objeto de facilitar el análisis comparativo de resultados.

Procedimiento

1. Identificación de las tierras

Los dos tipos de tierra, de características físicas bien diferenciadas denominadas tierra I y tierra II, se identificaron mediante ensayos normalizados según normas IRAM N°s: 1520, 1050/12, 10515, 10501/2 y 10511. Los resultados se consignan en Tabla I.

2. Preparación de las muestras

Identificadas las tierras, se mezclan con cemento portland en proporciones 1:10:1 (cemento-tierra:agua), utilizando una mezcladora de paletas universal de dos velocidades y se moldea una serie de 8 probetas de 5x5x14 cm. Siguiendo el mismo procedimiento, se moldea una segunda serie de probetas, con la adición del 10 % de hidrófugo líquido –hidrófugo en pasta fabricado s/ IRAM 1572 -CERESITA-IGGAM, identificado como hidrófugo A- incorporado al agua de amasado. Una tercera serie se prepara, con idéntico procedimiento, modificando solamente el tipo de hidrófugo utilizado, Siliston-IGGAM, identificado como hidrófugo B (Impermeabilizante siliconado). Los resultados se consignan en Tabla II y III para tierra Ti-I y Ti-II respectivamente.

De la misma manera, se prepara una cuarta serie de probetas sin la incorporación de hidrófugos en su masa, las cuales se revisten con dos manos de pintura a base de resinas poliuretánicas , aplicadas cada 24 horas y se dejan secar 7 días al aire antes de ser ensayadas. Los resultados se consignan en tabla IV para Ti-I y Ti-II respectivamente.

3. Ensayos

Las probetas se pesan y colocan en un recipiente con agua asegurando que permanezcan completamente sumergidas. Con el auxilio de un reloj y una balanza electrónica (apreciación: 0,1 g), se registran los datos según los intervalos de tiempo detallados en Tabla II, III y IV durante 7 días .

Análisis de resultados

1. Identificación de tierras

EXAMEN	Muestra A "Ti - I"		Muestra B "Ti - II"	
PESO UNITARIO IRAM Nº 1520	1,06 Kg/dm ³ .		0,96 Kg/dm ³ .	
GRANULOMETRÍA IRAM Nºs 10507/12	V. Húmeda	Mf = 0,43	V. Húmeda	Mf = 0,26
SEDIMENTOMETRÍA IRAM Nº 10515	Arena = 42 %		Arena = 70 %	
	Limo = 30 %		Limo = 28 %	
	Arcilla = 28 %		Arcilla = 0,2 %	
LIMITES ATTERBERG IRAM Nºs 10501 / 2	Límite Líquido	LL = 29,4 %	Límite Líquido	LL = 45,0 %
	Límite Plástico	LP = 16,0 %	Límite Plástico	LP = 29,4 %
	Índice Plasticidad	IP = 13,4 %	Índice Plasticidad	IP = 15,6 %
PRUEBA DE ALCOK	Molde ABCP (40x85x600 mm)	21 mm= 3,5 % Nº grietas = 3	Molde ABCP (40x85x600 mm)	8 mm= 1,2 % Nº grietas = 0
	RETRACCIÓN Molde CINVA-RAM (40x40x600 mm)	20 mm= 3,2 % Nº grietas = 2	Molde CINVA-RAM (40x40x600 mm)	21 mm= 1,2 % Nº grietas = 1
COMPACTACION NORMAL (Próctor) IRAM Nº 10511	Peso unit. máx. = 1.550 Kg/dm ³		Peso unit. máx. = 1.600 Kg/dm ³	
	Humedad óptima = 21 %		Humedad óptima = 22 %	

TABLA 1 - Identificación de tierras Ti-I y Ti-II: Ensayos Normalizados

2. Variación de la absorción de agua en función del tiempo

2.1 Tratamiento con hidrófugo A y B incorporado en la masa

a) Tierra I

Probeta	Peso(g)	Tiempo de inmersión									
		1 m	5 m	10 m	15 m	30 m	1 h	2 h	24 h	48 h	7 d
I-P	811	2,5	6,1	8,5	10,31	11,12	11,13	11,14	11,2	11,2	11,2
I-A	636	4,17	8,88	11,71	13,36	14,46	14,7	14,86	15,64	16,51	16,82
I-B	637,5	4,23	8,39	11,05	12,7	13,72	13,8	13,88	14,82	15,06	15,45

Tabla II: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-I

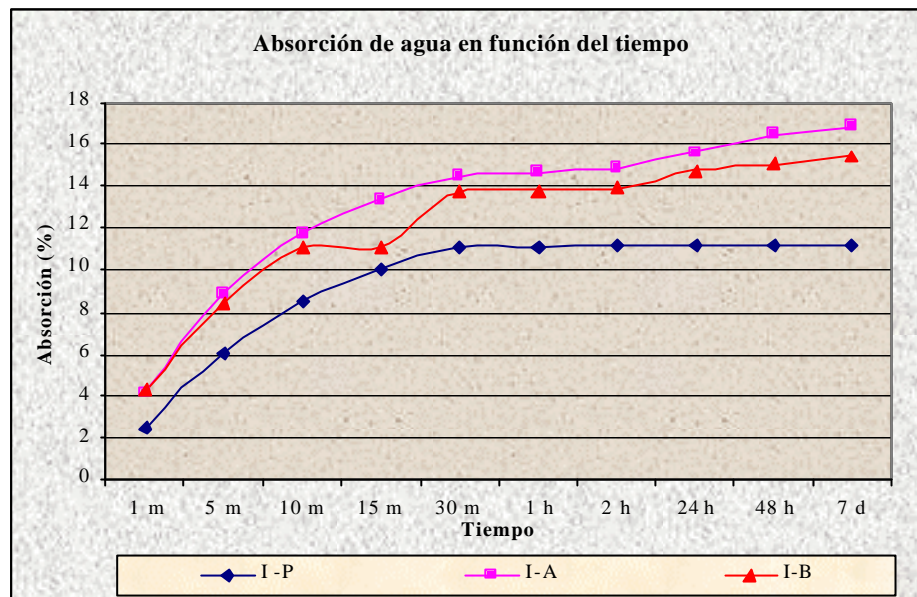


Fig. 1: Variación de la absorción para tierra Ti-I

Las curvas indican porcentualmente el comportamiento de las muestras en función del tiempo, según sean probetas con y sin aditivos (probetas patrón). En todos los casos la cantidad de agua absorbida crece rápidamente en los primeros 30 minutos, incorporando en su masa entre el 80% y el 90% del total absorbido a los 7 días. Luego, el incremento es marcadamente lento, pudiéndose lo considerar asintótico. Después de 7 días de sumergidas, las probetas sólo absorben entre el 10% y el 20%.

Las probetas elaboradas con los aditivos hidrófugos incrementan entre el 30% y el 50% la absorción, respecto de la muestra patrón (sin aditivos), según los distintos tiempos de registro realizados.

La concordancia de los resultados para ambos tipos de hidrófugos, induce a pensar que la variación registrada en el comportamiento de la mezcla suelo-cemento, no se debe a la calidad hidrófuga del aditivo sino al aumento de la porosidad.

Con el objeto de verificar esta observación, se moldean probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm, compactadas en 3 capas (según el mismo procedimiento que se utiliza en el ensayo de Próctor). Se preparan 3 series: una patrón de referencia y dos con los aditivos estudiados, con idénticos porcentajes en la mezcla de suelo-cemento y aditivos incorporados anteriormente.

Los resultados son evidentes a simple vista, tan pronto como los mismos comienzan a evaporar el agua de mezclado hasta equilibrarla con la humedad ambiente. Las probetas con aditivos, muestran porosidad superficial y pequeña expansión diametral (2 mm a 4 mm) no presentes en las muestras patrones. Se comprueba entonces que los aditivos utilizados generan un mayor porcentaje de vacíos en la masa,

incrementando la cantidad de agua absorbida por las muestras. Provocando por lo tanto, un efecto contrario al inicialmente supuesto.

b) Tierra II

Probeta	Peso (g)	Tiempo de inmersión									
		1 m	5 m	10 m	15 m	30 m	1 h	2 h	24 h	48 h	7 d
II-P	797,5	2,88	6,64	9,3	10,97	11,72	11,85	11,91	12,54	12,8	13,04
II-A	547,5	6,03	12,51	16,89	19,18	21	21,55	21,73	22,65	23,01	23,38
II-B	575,5	4,07	11,9	15,9	18,42	20,33	20,59	20,76	21,63	22,07	22,41

Tabla III: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-II

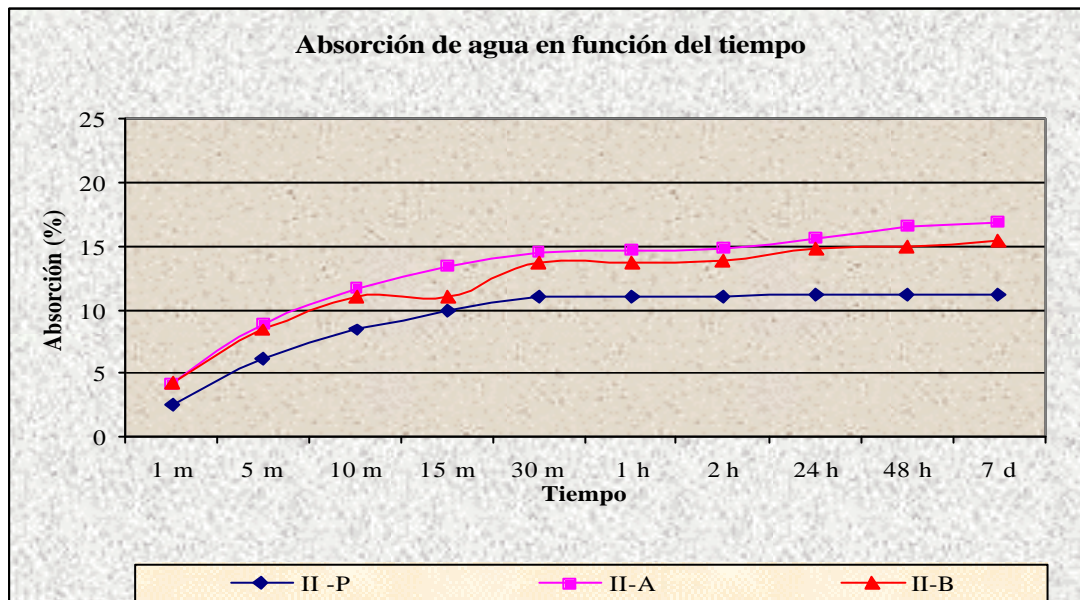


Fig.2: Variación de la absorción para tierra Ti-II

En la Fig. 2 se observa un comportamiento similar al descrito para las muestras realizadas con tierra I. Se observa un aumento de la absorción de las probetas para los tres casos, con sólo haber modificado una sola variable –el tipo de tierra–.

Las muestras patrones (sin aditivos) lo hacen en un 15 % promedio, mientras que las preparadas con hidrófugo, incrementan la absorción en un 40 % aproximadamente. La justificación se encuentra al analizar las propiedades físicas de ambas tierras:

a) Según se observa en las planillas de identificación de las tierras (Tabla I), el peso unitario de la tierra II es un 10 % más liviano que la tierra I; esto indica que se trata de partículas más livianas o de mayor

porcentaje de vacíos contenido en la masa de las muestras.

b) Del ensayo de sedimentación se desprende que la tierra II carece de arcilla, es decir, no contiene la fracción granular más fina; en consecuencia, la distribución granulométrica de la tierra II, genera una curva menos extendida que la tierra I, lo cual conceptualmente equivale a decir, que la tierra I permite obtener mayor compacidad.

c) Desde el punto de vista químico, las arcillas se comportan como un aglomerante natural que envuelven los granos de arena y limo impermeabilizándolos, disminuyendo en el caso de la tierra I el volumen de vacíos que puede ocupar el agua absorbida.

d) El uso de aditivos origina el mismo comportamiento que para la tierra I, aumentando el porcentaje de absorción en ambos casos, respecto de la muestra patrón en un 80 % aproximadamente.

Estas consideraciones refuerzan el razonamiento sobre el efecto provocado por la incorporación de hidrófugos por lo siguiente: las arcillas poseen la propiedad de aglutinar partículas generando tensiones de adherencia intergranular, responsables de la cohesión de la tierra; la cantidad y composición química de las mismas determinan la magnitud de estas fuerzas. Por lo tanto, como la tierra II no contiene arcilla, el efecto causado por los aditivos (incremento de la porosidad) resulta mayor por la baja cohesividad de la tierra.

2.2 Tratamiento superficial

Se propone estudiar el mecanismo de absorción de agua en probetas elaboradas con tierra de diferentes características (Tierra I y Tierra II), tratadas con resinas poliuretánicas de aplicación posterior a la ejecución de mamposterías.

			Tiempo de inmersión									
Tierra	Probeta	Peso (g)	1 m	5 m	10 m	15 m	30 m	1 h	2 h	24 h	48 h	7 d
Ti-I	I-P	811	2,5	6,1	8,5	10,31	11,12	11,13	11,14	11,2	11,2	11,2
	I-Pb	815	0,12	0,12	0,24	0,24	0,36	0,48	0,73	3,8	4,6	6,6
Ti-II	II-P	797,5	2,88	6,64	9,3	10,97	11,72	11,85	11,91	12,54	12,8	13,04
	II-Pb	737	0,06	0,13	0,22	0,33	0,47	0,67	0,88	3,72	4,67	7,04

Tabla IV: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-I y tierra Ti-II, para probetas patrón y son tratamiento superficial

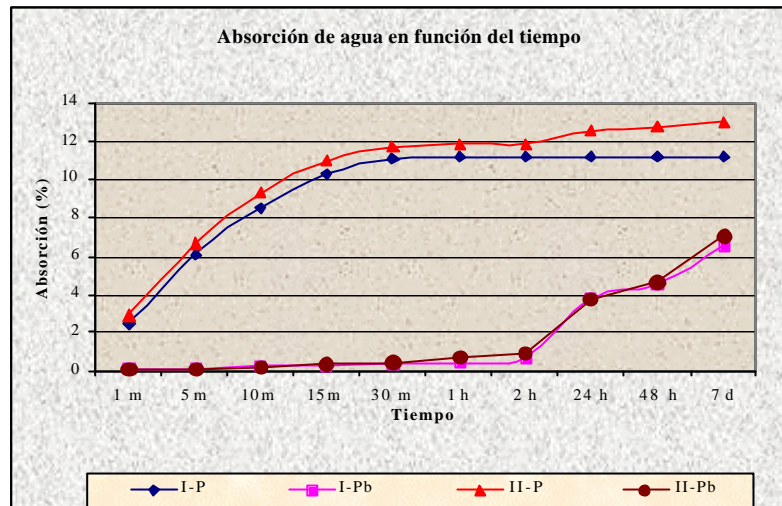


Fig. 3: Variación de la absorción para tierra Ti-I y tierra Ti-II, para probetas patrón y con tratamiento superficial

En la tabla IV se observa una importante reducción de la cantidad de agua que absorben las muestras en cada intervalo de tiempo de medición. A los 30 minutos, la absorción es inferior a 0,5 % en peso, mientras que a los 7 días no supera el 7 % para ambos tipos de tierra (50% a 60 % menos que sin tratamiento superficial).

Los valores de absorción de las muestras tratadas superficialmente responden a una variación aproximadamente lineal, mientras que en las muestras patrón se asemeja a una curva parabólica (Fig. 3), alcanzando aproximadamente el valor total a los 30 minutos. Esto resulta importante, si se tiene en cuenta el tiempo de contacto directo del agua de lluvia sobre el material respecto de la cantidad de agua medida en peso, que puede llegar a absorber en ese lapso.

Conclusiones y Recomendaciones

- La absorción de agua de probetas de suelo-cemento comprimido, sin recubrimiento o incorporación de hidrófugos en su masa (muestra patrón), alcanza valores entre el 10 % y el 14 % del peso original en estado seco del componente expuesto al aire, dependiendo del tipo de tierra empleada. Si bien estos valores son resultados a 7 días, se comprueba que el 80 % al 90 % del total de agua se absorbe hasta los primeros 30 minutos.
- La experiencia con materiales hidrófugos, de uso masivo y reconocida eficacia en el medio, incorporados en la mezcla, durante el proceso de elaboración, muestra que la acción de los mismos produce un incremento del 40 % al 50 % de la cantidad de agua absorbida con respecto a las muestras patrón para ambos tipos de tierra, por este motivo no es aconsejable el control de la absorción de agua a través de este procedimiento.
- El uso de recubrimiento exterior en bloques comprimidos de suelo-cemento, reduce considerablemente

la cantidad de agua absorbida a valores máximos del 6 % al 7 % a los 7 días, significando un 40 % menos que en aquellas probetas sin pinturas.

Bibliografía

CYTED-HABITED (1993) – Red Temática Habiterra “Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social”. Lima. Perú – Salvador, Bahía, Brasil.

GALLEGOS, Héctor (1989). “Albañilería Estructural”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 2ª Edición corregida y aumentada.

MELLACE Rafael; ALDERETE, Carlos (1996). “Ensayos Físico-mecánicos de suelos y componentes constructivos de Tierra Cruda”. Publicaciones LEME, Serie: Componentes Constructivos de la Envolvente. FAU-UNT, Tucumán.

AVALIAÇÃO DO USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA PRODUÇÃO DE ADOBE

Obede Borges Faria

(UNESP-Bauru / PROTERRA)

Prof. Dr. do Departº de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP-Bauru

Av. Eng. Luiz E. C. Coube, s/nº - Vargem Limpa CEP 17033-360 BAURU-SP – Brasil

Tel.: +55 14 230 2154 y +55 14 9792 5525 obede@feb.unesp.br

Resumen

Este trabajo busca optimizar el empleo de biomasa de macrófitas acuáticas en la producción de adobe, basado en la determinación y estudio de sus características físicas y mecánicas, así como en las características físicas y químicas de estas plantas. La pesquisa fue desarrollada en la represa de Salto Grande (Americana-SP, Brasil), localizada en un sitio careciente de viviendas de interés social, con elevados índices de urbanización y industrialización, lo que resulta en su avanzado proceso de eutrofización artificial. Las macrófitas acuáticas más abundantes en la represa (*Brachiaria arrecta*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) presentan elevadas concentraciones de metales pesados y nutrientes (N y P). La utilización de esta biomasa en materiales de construcción es presentada como una alternativa de manejo integrado del lago, además esto posibilita la autoconstrucción de viviendas de bajo costo. Otra función de la biomasa es la estabilización del suelo, que presenta alto tenor de arcilla (59%). La biomasa añadida contribuyó con la reducción de fisuras y peso volumétrico del adobe. Los resultados demostraron que esta utilización es perfectamente viable, con expresiva retirada de biomasa del sistema acuático, además de significativas mejoras en la calidad del adobe, principalmente su resistencia a la compresión. Las investigaciones han mostrado que, no obstante el adobe ser quizá lo más antiguo material de construcción manufacturado, su aplicación se muestra perfectamente viable, en el ámbito de la sustentabilidad, se presentando como un material de construcción plenamente ecológico y adecuado a las regiones tropicales.

Palabras-clave: tierra cruda; adobe; macrófitas acuáticas.

Abstract

This work intends to optimise the utilization of aquatic macrophyte biomass in the adobe (a sun-dried mud brick) production, based on the study of the physical and mechanical characteristics of these bricks and the macrophytes biomass estimate as well as their chemical characteristics. The research was developed in the Salto Grande Reservoir region, in Americana (a town in São Paulo State, Brazil). This lake is located in an area of high urbanization and industrialization level, with common dwelling deficit. The aquatic macrophytes found in that place (*Brachiaria arrecta*, *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*) present a high level of heavy metals and nutrients. The biomass utilization in the construction of materials appears here as an alternative of integrated management of the lake, in addition to the fact that it makes possible the self-building of low cost dwellings. The other biomass function is to stabilize the soil that has a high clay concentration (59%). This biomass addition was made to reduce the fissures and specific mass of the bricks. Besides, the research results show that, even though the adobe bricks are perhaps the oldest manufactured building material, their application persists practicable mainly in the sustainability hopes for being a completely ecological building material and adequate for the tropical regions.

Key words: uncooked earth, adobe, aquatic macrophytes

1. INTRODUÇÃO

Com o processo de eutrofização artificial e acelerada da Represa de Salto Grande, em Americana (Estado de São Paulo, Brasil), houve uma proliferação descontrolada de macrófitas aquáticas, “plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados com água” (Esteves 1988). Na **Fig. 1** é mostrado um dos aspectos deste problema. O reservatório, com mais de 50 anos de idade, tem superfície de 13 km², comprimento máximo de 17 km, perímetro de 64 km, profundidade média de 8m e volume de 1,06 x

10^8 m^3 . Sua finalidade é a produção de energia elétrica e oferecer uma opção de lazer à população do seu entorno, que inclusive se alimenta com os peixes que fazem parte do seu ecossistema. A situação é agravada pelo alto índice de contaminação das águas por efluentes urbanos e industriais, inviabilizando a utilização destas plantas como fertilizantes ou forragem, assim como o seu controle químico (com herbicidas), que potencializaria esta contaminação. Na década de 70 foi feita uma tentativa de erradicação destas plantas por herbicidas porém, sem sucesso. A recolonização foi imediata. A remoção mecânica também foi tentada, igualmente sem sucesso por inadequação do destino da biomassa coletada, que era disposta às margens do corpo d'água e rapidamente tinha seus nutrientes devolvidos ao sistema, agravando ainda mais o processo de eutrofização. Como parte do conjunto de alternativas para solução do problema, este trabalho apresenta o estudo da otimização do uso da biomassa destas plantas na produção de adobe (tijolos de terra crua, secos ao sol), de forma a garantir a sustentabilidade, promovendo um manejo integrado das mesmas, além de se contribuir com a diminuição do déficit habitacional da região (altamente urbanizada). O adobe foi amplamente estudado pelo arquiteto egípcio Hassan Fathy (Fathy 1976) e se mostra perfeitamente adequado para climas tropicais e regiões pobres, inclusive com sua prática ainda em uso em algumas regiões do Brasil. Foram utilizadas as três espécies predominantes de macrófitas aquáticas presentes na represa, *Eichhornia crassipes* (**jacinto d'água** ou **aguapé**), *Pistia stratiotes* (**alface d'água**) e *Brachiaria arrecta* (**braquiária**), identificadas taxonômicamente também por Lopes (2000) e apresentadas na **Fig. 2**.



Figura 1: Vista da superfície da represa, completamente coberta por macrófitas (predominando *B. arrecta*), a 50m da barragem. Tomada da margem direita, vendo-se ao fundo a margem esquerda (a). Proliferação de macrófitas aquáticas, próximo à entrada da represa (predominando *E. crassipes* e *P. stratiotes*) (b).



Figura 2: Ilustrações botânicas das três espécies de macrófitas aquáticas estudadas [a) *Eichhornia crassipes*; b) *Brachiaria arrecta*; c) *Pistia stratiote*], adaptado de Hoyer y Canfield (1997).

Foi utilizado solo proveniente do entorno do reservatório, com alto teor de argila; mais um motivo para se utilizar as fibras fornecidas pelas macrófitas. Segundo Borges (2002), o solo ideal para a produção de adobe deve ser arenoso (cerca de 30% de argila), caso contrário, ocorrerão fissuras excessivas e queda de resistência mecânica, havendo a necessidade de correção deste problema com adição de algum estabilizante.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: 1- coleta e preparação das macrófitas; 2- caracterização físico-química da biomassa; 3- produção e secagem dos tijolos e, 4- ensaios de caracterização física e mecânica dos tijolos. A seguir, são descritos os procedimentos adotados em cada uma destas etapas.

2.1. Coleta e preparação das macrófitas.

As macrófitas foram coletadas em vários pontos, distribuídos ao longo do reservatório, com auxílio de um pequeno barco motorizado e acondicionadas em sacos plásticos de 100 L, para o transporte até Bauru (outra cidade do Estado de São Paulo, a 230 km de Americana). Na coleta, a amostragem foi feita pelo método do quadrado de 0,25 m². Em seguida, foram espalhadas sobre manta plástica, para secagem ao sol e perda do excesso de umidade. Para o cálculo da biomassa (massa de vegetal seco por unidade de área de cobertura da lâmina d'água), as plantas foram colocadas em estufa (60 °C, por 72h), atingindo 0% de umidade e pesadas em balança eletrônica, com precisão de 10⁻⁵ Kg. Este material foi fragmentado em um triturador forrageiro, com peneira de ϕ 12 mm para utilização na produção dos tijolos.

2.2. Caracterização físico-química da biomassa

Após a etapa anterior, foi medida a densidade aparente da biomassa picada, para que se pudesse transformar o traço inicial (proporção entre biomassa e solo utilizados) de volume para massa e também foi medida a

umidade higroscópica do material, que em seguida foi acondicionado em sacos plásticos e identificado por espécie.

Para as análises químicas, parte do material anterior foi triturada em um moinho do tipo WILLEY (modelo TE340), com peneira de $\phi 0,5$ mm. A determinação da concentração de fósforo total (**P-TOT**) foi determinada pelo método do ácido ascórbico e molibdato, com leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (à 880 nm), de acordo com Andersen (1976). A concentração de nitrogênio total (**NKT**) foi determinada em conjunto analisador "BÜCHI", conforme o método proposto por Standard Methods (1971). A concentração de cada um dos dez metais analisados foi determinada em espectrofotômetro de absorção atômica por chama, de acordo com Standard Methods (1971).

2.3. Produção e secagem dos tijolos.

O solo utilizado na produção dos tijolos (cerca de 5 m^3) foi extraído da margem esquerda da represa, com auxílio de uma máquina retro-escavadeira e transportado para Bauru em caminhão basculante, onde foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do solo: massa específica aparente em estado solto e umidade natural; massa específica dos sólidos; distribuição granulométrica; consistência; limite de contração; adsorção de azul de metileno; determinação de pH e ensaios de MCT, além dos mesmos ensaios de determinação de concentração de nutrientes e metais, realizados para as macrófitas.

Como um dos objetivos deste trabalho, para o futuro, é divulgar o material e sua técnica de produção junto a populações carentes (visando a autoconstrução), optou-se por produzir os tijolos com o mínimo possível de máquinas, ou seja, o barro foi amassado com os pés (técnica tradicional) e os tijolos foram moldados manualmente, em formas de madeira para 4 unidades com dimensões de $0,10\text{m} \times 0,12\text{m} \times 0,25\text{m}$, cada. Foram produzidas 16 séries de 20 tijolos cada uma, sendo uma série apenas com solo (sem biomassa, tomada como padrão de referência) e as demais com adição de biomassa picada de cada uma das três espécies de macrófitas, em 5 traços diferentes de cada espécie, variando de 10 a 70%, em volume (relação entre volume de biomassa triturada e volume de solo). Em seguida, os tijolos (identificados pelo traço e pela espécie) foram postos a secar, inicialmente (por 1 semana) à sombra e depois, ao sol até se atingir a umidade higroscópica (**Fig. 3**).



Figura 3: Amassamento do barro com os pés (a); moldagem (b) e secagem dos tijolos (c).

2.4. Caracterização física e mecânica dos tijolos.

Todos os tijolos secos foram medidos e pesados para se determinar as densidades aparentes médias, as retrações lineares e os teores de umidade higroscópica. Em seguida foram realizados os ensaios de absorção de água, com 3 tijolos de cada série e os ensaios de resistência à compressão, com corpos de prova preparados a partir de 10 tijolos de cada série, serrados ao meio e as duas metades unidas por pasta de cimento. Estes ensaios foram realizados de acordo com as normas brasileiras disponíveis para tijolos cerâmicos maciços, procedimento adotado anteriormente pelo autor e detalhadamente descrito em Borges (2002), como mostrado na **Fig. 4**.

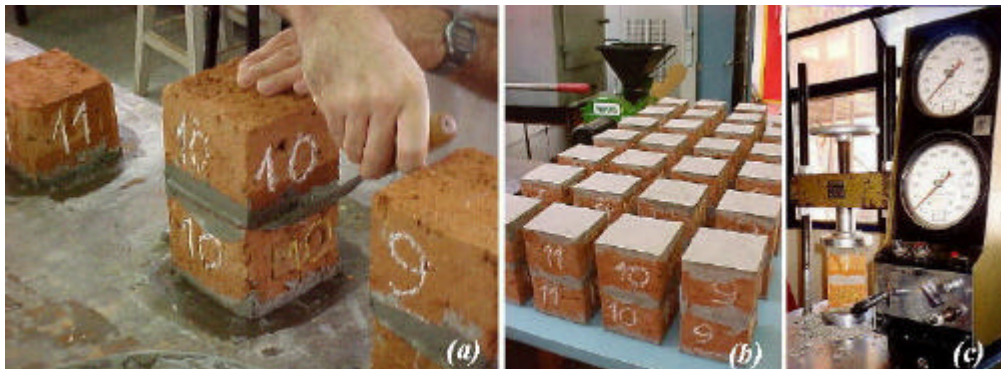


Figura 4: Preparação do corpo de prova (a); corpos de prova prontos (b) e ruptura de um corpo de prova (c).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na impossibilidade de se apresentar e discutir neste artigo todos os resultados, de todos os ensaios realizados, serão apresentados e discutidos apenas os mais significativos deles.

Na **Tabela 1** são apresentados os resultados da estimativa de biomassa das três macrófitas, assim como a concentração e o estoque de nitrogênio, fósforo e 10 metais presentes nelas. O estoque se refere à massa de

elemento químico armazenado pela planta, por unidade de área da superfície do lago. Analisando-se estes dados, pode-se observar que *Brachiaria arrecta* é a espécie que fornece maior quantidade de biomassa e a que mais retira fósforo do sistema. A *Eichhornia crassipes* é a mais eficiente na retirada de nitrogênio. Já *Pistia estratiotes* é a menos eficiente para P-TOT e intermediária para NKT, porém seu crescimento é o mais acelerado.

Tabela 1 : Concentração e estoque de metais e nutrientes nas macrófitas aquáticas (com indicação da biomassa por unidade de área da superfície do lago, abaixo do título de cada espécie).

	<i>B. arrecta</i>	<i>E. crassipes</i>	<i>P. stratiotes</i>	<i>B. arrecta</i> (1.770 g/m ²)	<i>E. crassipes</i> (1.068 g/m ²)	<i>P. stratiotes</i> (235 g/m ²)
METAIS	Concentração (Kg/Kg) x 10⁻³			Estoque (Kg/m²)x 10⁻³		
Cálcio	35,590	95,775	113,077	62,99	99,41	26,57
Ferro	22,977	39,646	39,656	40,67	41,15	9,32
Magnésio	14,856	26,858	30,127	26,30	27,88	7,08
Manganês	3,419	17,439	21,250	6,05	18,10	4,99
Zinco	0,939	0,945	1,414	1,66	0,98	0,33
Chumbo	0,308	0,381	0,396	0,55	0,40	0,09
Níquel	0,166	0,282	0,318	0,29	0,29	0,07
Cromo	0,350	0,272	0,254	0,62	0,28	0,06
Cobre	0,158	0,247	0,280	0,28	0,26	0,07
Cádmio	0,019	0,020	0,022	0,03	0,02	0,01
NUTRIENT ES	Concentração (Kg/Kg) x 10⁻⁵			Estoque (Kg/m²)x 10⁻³		
P-TOT	0,00845	0,01028	0,01138	0,15	0,11	0,03
NKT	420	3.900	4.420	7,43	41,65	10,39

Continuando com a análise destes dados, pode-se observar que *Eichhornia crassipes* é a mais eficiente na estocagem de cálcio e manganês e se equipara à *Brachiaria arrecta*, na estocagem de ferro e magnésio. Quanto à estocagem dos demais metais, todas as três espécies são pouco eficientes. No entanto, para uma conclusão mais definitiva seria preciso conhecer o aporte destes metais no sistema.

Os resultados dos ensaios de mecânica dos solos indicaram a presença de um solo argiloso laterítico rijo; medianamente plástico; com classificação H. R. B. (Highway Research Board) A-7-6; presença de argilo-minerais ativos e índice Ph de 5,07, portanto, com capacidade de retenção de cátions. A curva de distribuição granulométrica do solo indica 59% de argila, 21% de silte e 20% de areia. Na **Tabela 2** são apresentados os resultados médios de umidade higroscópica (U_h); retração relativa; traço em volume (usado na produção dos tijolos); traço em massa (calculado); densidade aparente e de resistência à compressão.

Da observação dos dados da **Tabela 2** pode-se concluir que, de uma forma geral, a influência das três espécies de macrófitas foi semelhante, com variações de amplitude nesta influência, de uma espécie para outra. Por exemplo, a umidade higroscópica teve um acréscimo com a adição da biomassa ao barro. Isto se deu porque a biomassa absorve mais umidade do ar que o solo. Por outro lado, a retração relativa apresentou redução, em todos os casos. A densidade aparente também apresentou redução significativa, o que indica a obtenção de um material mais leve e com menor sobrecarga nas estruturas da edificação. Os dados relativos à resistência à compressão estão representados graficamente na **Fig. 5**, onde é mostrada sua variação em função do traço em massa, para as três espécies e o padrão de referência (**R**).

Da observação das curvas apresentadas na **Fig. 5** pode-se perceber que a adição de biomassa provocou inicialmente (até a quantidade de 1,0%) um acréscimo de resistência à compressão, comparada com o padrão de referência. Isto se deve ao fato das fibras contribuírem com a redução da retração porque absorvem parte da água, o que também resulta em redução das fissuras, devido ao ganho de coesividade do barro, de acordo com (Minke 1995).

Tabela 2 : Resumo das características físicas e mecânicas médias dos tijolos, em função dos traços, com indicação da densidade aparente da biomassa picada (abaixo de cada espécie) e os valores relativos ao padrão de referência (R).

		MISTURA N°	R	1	2	3	4	5
<i>B. arrecta</i>	$(g_{ap} = 670 \text{ N/m}^3)$	U_h (%)	3,34	5,66	4,65	6,32	5,80	4,71
		Traço (% volume)	0	10	20	30	40	50
		Traço (% massa)	0,00	1,07	2,15	3,22	4,29	5,37
		Retração (%)	9,51	7,73	7,67	7,04	6,75	7,23
		g_{ap} ($\times 10^4 \text{ N/m}^3$)	1,78	1,69	1,58	1,61	1,57	1,51
		$f_c \pm sd$ (MPa)	2,48 \pm 0,31	2,65 \pm 0,31	2,18 \pm 0,17	2,04 \pm 0,10	1,97 \pm 0,12	1,94 \pm 0,08
<i>E. crassipes</i>	$(g_{ap} = 690 \text{ N/m}^3)$	U_h (%)	3,34	6,29	5,88	5,84	7,08	5,63
		Traço (% volume)	0	10	20	30	50	70
		Traço (% massa)	0,00	1,11	2,21	3,32	5,53	7,74
		Retração (%)	9,51	7,77	7,38	8,73	7,93	8,14
		g_{ap} ($\times 10^4 \text{ N/m}^3$)	1,78	1,67	1,58	1,60	1,51	1,43
		$f_c \pm sd$ (MPa)	2,48 \pm 0,31	2,76 \pm 0,19	2,58 \pm 0,18	2,47 \pm 0,17	2,32 \pm 0,07	2,14 \pm 0,09
<i>P. stratiotes</i>	$(g_{ap} = 1.270 \text{ N/m}^3)$	U_h (%)	3,34	4,73	4,27	2,69	7,22	5,90
		Traço (% volume)	0,00	4,44	8,88	13,33	23,33	33,33
		Traço (% massa)	0,00	0,90	1,81	2,71	4,75	6,78
		Retração (%)	9,51	8,06	7,79	7,83	8,06	7,81
		g_{ap} ($\times 10^4 \text{ N/m}^3$)	1,78	1,72	1,63	1,57	1,54	1,39
		$f_c \pm sd$ (MPa)	2,48 \pm 0,31	2,68 \pm 0,20	2,45 \pm 0,15	2,29 \pm 0,08	2,01 \pm 0,20	1,89 \pm 0,09

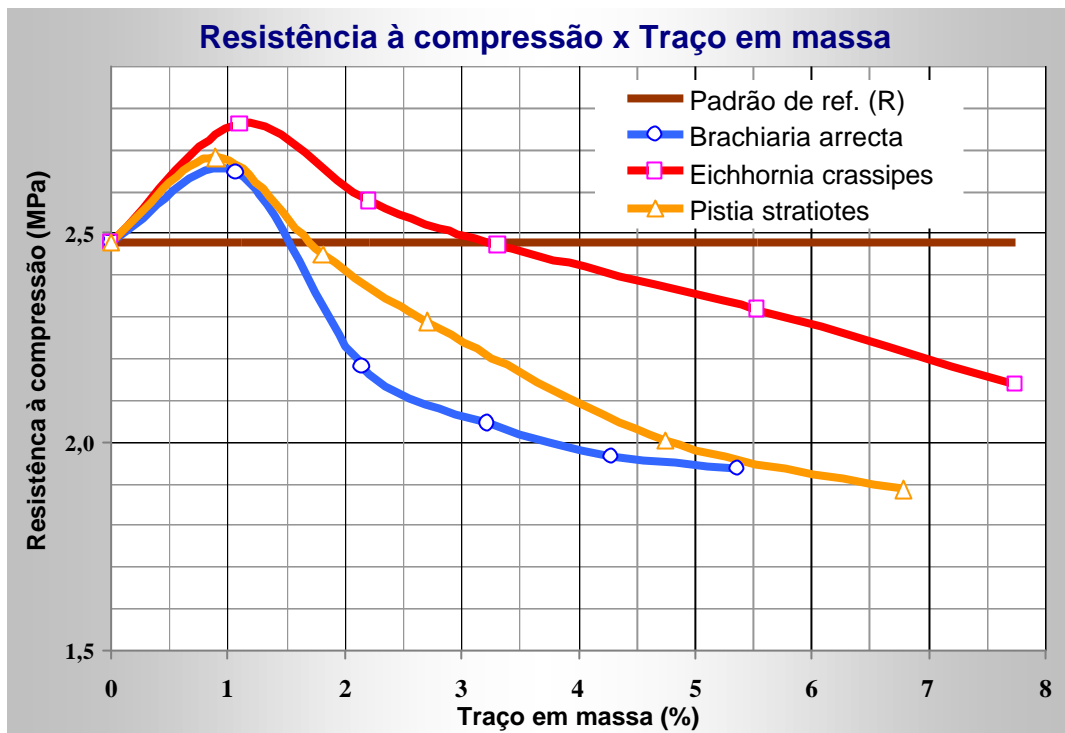


Figura 5: Resistência à compressão em função do traço em massa.

Nota-se que *Eichhornia crassipes* é sensivelmente a mais eficiente, do ponto de vista da resistência à compressão. Por exemplo, é possível se acrescentar cerca de 3,3% de biomassa de *E. crassipes* ao barro e se manter o mesmo nível de resistência do padrão de referência (2,48MPa). Para a mesma situação só é possível se utilizar cerca da metade da biomassa de *P. stratiotes* (1,7%) ou de *B. arrecta* (1,5%).

4 CONCLUSÕES

Para se decidir sobre qual a espécie de macrófita mais indicada e em que quantidade utilizá-la, deve-se levar em conta a situação real do reservatório no momento, em função da sazonalidade do aporte e concentração de nutrientes, assim como a finalidade de uso dos tijolos (se apenas para vedação ou autoportante). De uma forma geral, analisando-se as curvas apresentadas na **Fig. 5**, pode-se concluir que é possível inserir uma quantidade considerável de biomassa aos tijolos, sem que haja grande perda de resistência mecânica. Por exemplo, pode-se utilizar até 7,7%, em massa (ou 70% em volume) de *Eichhornia crassipes* e obter resistência à compressão superior a 2,1MPa, valor razoável e bem superior aos encontrados para os tijolos cerâmicos alveolares brasileiros que, além de tudo, consomem muita energia no processo produtivo, pois são queimados a altas temperaturas.

Do ponto de vista da retirada de nutrientes, *E. crassipes* também se mostrou a mais eficiente, no caso do

nitrogênio. Já para o fósforo, é superada pela *B. arrecta* (**Tabela 1**). Dos 10 metais analisados, *E. crassipes* também é a mais eficiente na retirada dos 4 mais expressivos (ferro, cálcio, manganês e magnésio, de acordo com a **Tabela 1**). A estabilidade e a eficiência desse encapsulamento de nutrientes e metais pelos tijolos, deverá ser analisada em trabalhos futuros, quando deverão ser construídas paredes com esse adobe e as mesmas deverão ser submetidas a ensaios de intemperismo acelerado, para análise química do material lixiviado.

Como comentário final, cabe salientar que o adobe, apesar de ser um dos mais antigos materiais de construção manufaturados, ainda se mostra atual e perfeitamente viável como material de construção totalmente ecológico, uma preocupação imperativa neste novo milênio, onde se busca a sustentabilidade do planeta, em todos os níveis da atuação humana. Sua utilização pode ser inserida em programas de manejo integrado de lagos eutrofizados, ou em vias de eutrofização, como alternativa de retirada e encapsulamento (ou solidificação/estabilização) de nutrientes e metais indesejados no ecossistema, além de se constituir como alternativa de autoconstrução de habitações de interesse social (baixo custo), cujo déficit é preocupante no Brasil.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, J. M (1976): *An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments*. Water Research; 10(4): 329-331.

BORGES FARIA, Obede (2002): *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. São Carlos. 200p. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ESTEVES, Francisco Antônio (1988): *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.

FATHY, Hassan (1976): *Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt*. Chicago: University of Chicago.

HOYER, Mark V., CANFIELD JR, Daniel E., editores (1997): *Aquatic plant: management in lakes and reservoirs* [livro online] Washington: North American Lake Management Society and Aquatic Plant Management Society. [capturado 1998 Jul 03]; Disponível em: <http://aquat1.ifas.edu/photos.html>

LOPES FERREIRA, Celina (2000): *Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando a elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. São Carlos. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MINKE, Gernot (1995): **Lehmbau-handbuch**: der baustoff lehm und seine anwendung. Staufen bei Freiburg: Ökobuch.

STANDARD METHODS (1971): *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 13th edition. New York.

AGRADECIMENTOS

À Luci, Marcelo e Amândio, técnicos de laboratório do CRHEA/EESC/USP-São Carlos; ao Sr. Felisberto e Israel, técnicos dos laboratórios de Mecânica dos Solos e Construção Civil, da FEB/UNESP-Bauru; À PROPP/UNESP, pela bolsa de Incentivo à Capacitação Docente e ao Projeto PROTERRA/CYTED (na pessoa de sua coordenadora, Célia M. M. Neves), pelo financiamento da viagem e apresentação.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA Y CONVENCIONAL CASO ECUADOR

Patricio Cevallos Salas

Ingeniero Civil
CASILLA POSTAL: 17-15 - 442C Quito –Ecuador
Teléfono: (593 2) 2502268/2340781
E-mail: cevallos@ecuanex.net.ec

Resumen

En el presente documento, se hace un análisis comparativo de los costos de producción de vivienda popular en el Ecuador entre las distintas tecnologías constructivas que se usan tradicionalmente y las tecnologías con tierra cruda o estabilizada.

Summary

In this document, there is a comparative analysis of cost to built popular constructions in Ecuador between different traditionally used constructive technologies and other technologies with using crude or stabilized soil.

Palabras clave

Construcciones en tierra, costos

Introducción

Un análisis de precios de la construcción permite a los usuarios orientar sus decisiones hacia la realidad económica y financiera que viven, en el caso de los sectores populares esto se torna aún más importante y decisivo dada su situación de precariedad.

En el presente documento se expone una comparación de costos de las distintas tecnologías que se utilizan en los procesos constructivos de viviendas populares, tanto por parte de inmobiliarias como por procesos de autoconstrucción que se usan de manera común en el Ecuador. Se aborda, exclusivamente, lo que sucede en el sector de la vivienda popular.

Para el análisis se ha considerado que toda construcción debe cumplir con los requerimientos de seguridad y calidad que las respectivas normas lo determinan y, en ausencia de una normativa como es el caso de la construcción con tierra, se han tomado en cuenta las recomendaciones y normas de países que experimentan sismicidad al igual que Ecuador.

Se considera el caso de una vivienda popular y se asume que las tecnologías seleccionadas para el estudio tienen elementos comunes que pueden ser construidos de manera idéntica. Sobre esta base, en una primera

reflexión se excluyen los elementos repetitivos en toda construcción, como son: pisos, cubierta, cielo raso falso, instalaciones eléctricas, sanitarias e hidrosanitarias, revestimientos, puertas y ventanas; y, únicamente se consideran los elementos básicos, que caracterizan y diferencian a cada tecnología: cimiento, estructura sismorresistente y mampostería.

Cada rubro es desglosado en materiales, herramientas y mano de obra, dejando fuera los beneficios del constructor, el transporte de materiales y asumiendo que los adobes y bastidores de madera para el bahareque, no son elaborados al pie de obra.

La canasta de materiales, cantidades y proporciones de éstos en la construcción con cada tipo de tecnología s son resultado de la investigación, experiencia y sistematización directa de la información en el campo por parte del autor del presente artículo.

Caso Pujilí

En 1996 el Estado Ecuatoriano convocó a las instituciones privadas a colaborar y apoyar el proceso de reconstrucción de aproximadamente 4.000 viviendas que habían sido afectadas severamente por un sismo.

Pese a que, un gran porcentaje de las viviendas afectadas eran de adobe y tapial y una buena parte de las críticas iban en contra de este tipo de materiales, un grupo de instituciones privadas decidimos participar en la construcción de una Aldea Modelo, para lo cual contactamos con la Comunidad de La Quesera, perteneciente a la parroquia de Pujilí (Provincia de Cotopaxi, 100 km al sur de la capital, Quito), donde se ubicó el epicentro del sismo.

La Comunidad había perdido sus 20 viviendas y la colina donde estaban asentadas había sufrido un grave desplazamiento por lo que debía reasentarse a toda la Comunidad y la colina destinarse exclusivamente a la agricultura.

La propuesta de construcción fue hecha en adobe estabilizado con el 3% de cemento. El diseño arquitectónico de la cubierta se diferenciaba respecto del establecido básicamente por el Ministerio de la Vivienda, la construimos a "3 aguas", dejando que la "cuarta agua" se la levante cuando la casa crezca. En definitiva se planteó un proyecto de vivienda progresiva, que partía de 40.00 m² de construcción y podía llegar a 60,00 m².

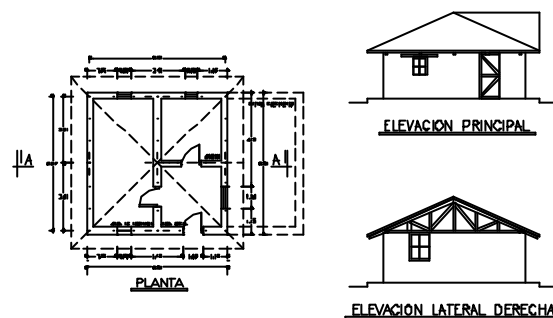
Salvo lo señalado, la vivienda implantada fue la misma en toda la zona afectada. Los materiales usados fueron cimientos de mampostería de piedra, mampostería portante de adobes estabilizados y refuerzos verticales y horizontales con acero de Ø 4mm, soleras y estructura de cubierta de madera de *eucalyptus globulus* (eucalipto) y el recubrimiento de la cubierta de teja vidriada.

Los contratistas del Ministerio de la Vivienda construyeron de manera tradicional, estructura de hormigón armado, mampostería de bloques de cemento y cubierta con estructura de madera o perfiles de tool y recubrimiento de chapas metálicas o de asbesto cemento.

Dependiendo de la distancia al centro urbano principal (Pujilí), las viviendas los valores oscilaron entre USD 2.753,62 y USD 3.623,19 y dieron como resultado costos unitarios de USD 68,84 a USD 90,58 el metro cuadrado de construcción. El valor de la vivienda en nuestro proyecto fue de USD 1.375,39, esto es USD 27,79 el metro cuadrado de construcción.

El requerimiento gubernamental era que todo constructor trabaje con el aporte de la mano de obra comunitaria, así lo hicimos y los costos, gracias al aporte comunitario y a la decisión de usar adobes, resultaron bastante bajos.

La vivienda tipo ejecutada en Pujilí, que sirve para el análisis es la que se grafica a continuación.



Análisis comparativo de materiales y precios

En el análisis comparativo de costos de la construcción de vivienda popular se utilizaron los precios de mercado de los materiales usados en las tecnologías que de manera tradicional se utilizan para esta finalidad:

- Estructura de hormigón armado y mampostería de bloque de concreto
- Estructura de hormigón armado y mampostería de ladrillo de barro cocido
- Estructura de madera y mampostería de bloque de concreto
- Estructura de madera y mampostería de ladrillo de barro cocido
- Adobe de 30
- Bahareque
- Tapial de 50
- Adobe resistente

Se comparan los elementos que caracterizan y distinguen a cada una de las tecnologías: cimientos, estructura y mampostería; y, se toma en cuenta el área útil (no total) de construcción, a fin de establecer áreas de uso similar tanto en construcciones de bahareque ($e = 12$ cm) como de tapial ($e = 50$ cm). Se excluye aquello que a la hora de tomar una decisión por alguna tecnología puede ser subjetivo para el cliente, esto es climatización, mantenimiento, etc.

En el cuadro 1 y gráfico 1, se presentan el presupuesto total y de los elementos constructivos que caracterizan a cada una de las tecnologías. En éstas, los valores y curvas de herramientas y mano de obra muestran comportamientos similares, lo que permite concluir que se trata de tecnologías blandas con poco uso de maquinaria y herramientas y un consumo de mano de obra bastante uniforme.

Cuadro 1
Presupuestos de tecnologías de la construcción
aplicadas a casas de vivienda popular, en US dólares

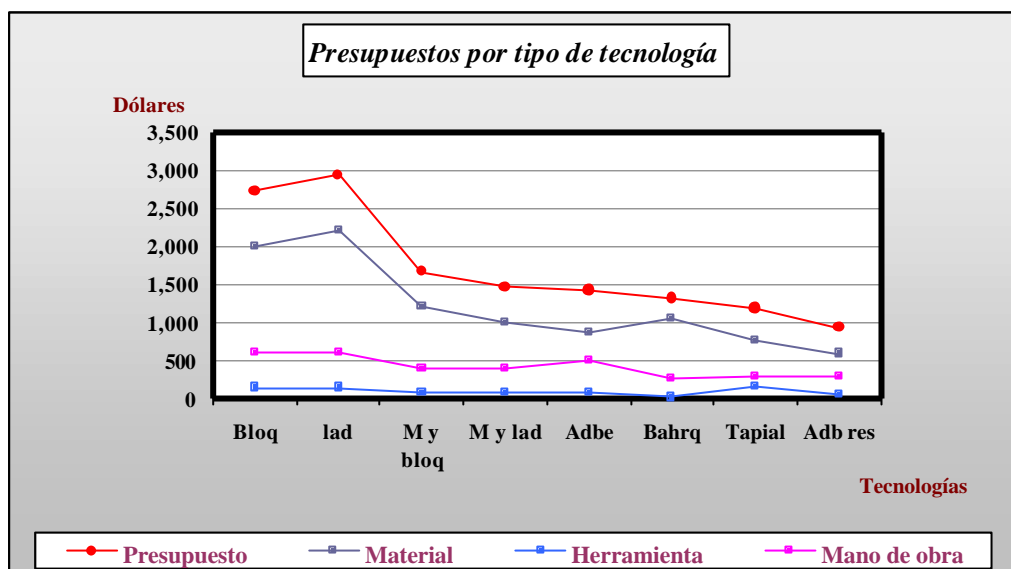
Tecnología	Presupuesto	Materiales	Herramientas	Mano de Obra
Bloque	2.726,06	2.002,13	134,02	589,91
Ladrillo	2.930,71	2.211,57	134,02	585,13
Madera y ladrillo	1.661,70	1.205,37	69,96	386,37
Madera y bloque	1.457,05	995,93	69,96	391,16
Adobe de 30 cm	1.407,87	862,25	57,95	487,67
Bahareque	1.301,70	1.047,09	5,66	248,95
Tapial	1.176,20	746,93	146,31	282,96
Adobe resistente	921,07	582,24	47,43	291,40

Fuente: Lista de materiales, Autor. Precios de materiales, Cámara de la Construcción de Quito

Elaboración: del Autor

La curva de materiales (gráfico 1), la más importante en valor después del total, deja ver que aquellas tecnologías que se basan en el uso de materiales cuya fabricación requiere de un alto consumo de energía (cemento y acero), son las más caras. Si en éstas sustituimos la estructura de hormigón armado por una de madera, los costos se reducen substancialmente y si, además, reemplazamos los materiales de los muros por tierra cruda o estabilizada, los costos se tornan atractivos para los sectores populares.

Gráfico 1



Para acelerar los procesos de construcción en tierra, mejorar calidad, aprovechar el uso de mano de obra y fundamentalmente bajar costos se incorpora procesos mecanizados que permitan lograrlo. Esto se puede apreciar con la tecnología más barata, la de adobe resistente, en la cual con maquinaria moderna adecuada a la escala de producción de vivienda popular se reducen aun más los costos y se mejora su calidad.

Al analizar el índice del cuadro 2 y gráfico 2, que relaciona los costos calculados para cada tecnología respecto de la más barata: adobe resistente, se evidencia que las de bloque y ladrillo intensivas en el uso de cemento y acero triplican el costo de la de adobe resistente; y, las de madera y ladrillo y madera y bloque son una y media veces más caras.

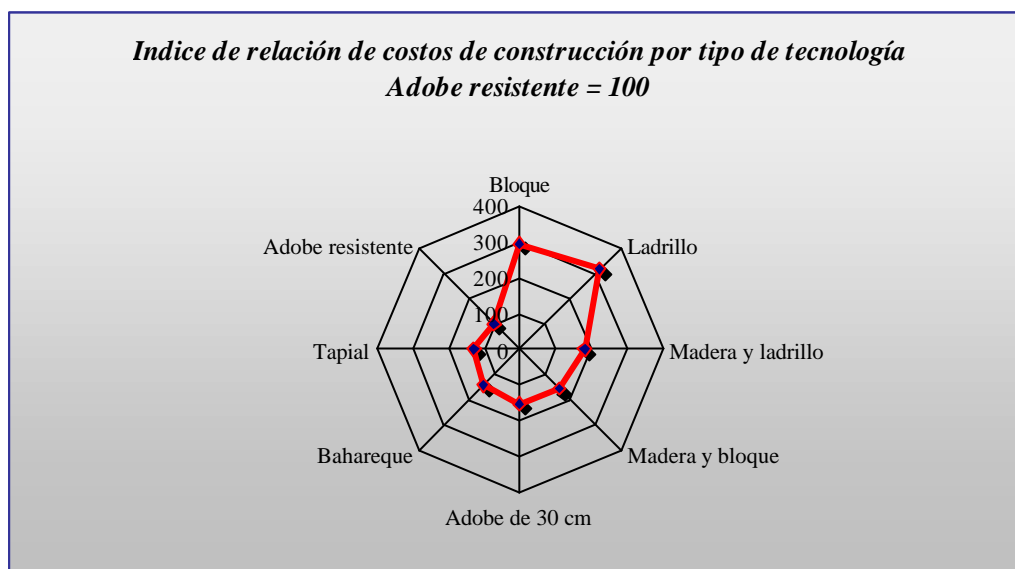
Cuadro 2

Índice de costos de la construcción por tecnología aplicada a casas de vivienda popular

Tecnología	Presupuesto US dólares	Índice Adobe Resistente = 100
Bloque	2.726,06	295,97
Ladrillo	2.930,71	318,19
Madera y ladrillo	1.661,70	180,41
Madera y bloque	1.457,05	158,19
Adobe de 30 cm	1.407,87	152,85
Bahareque	1.301,70	141,33
Tapial	1.176,20	127,70
Adobe resistente	921,07	100,00

Fuente: Lista de materiales, Autor. Precios de materiales, Cámara de la Construcción de Quito
Elaboración: del Autor

Gráfico 2



En el cuadro 3 y respectivo gráfico 3 se incluye la estructura porcentual de los elementos básicos de cada tecnología en su respectivo presupuesto total, destacándose que el comportamiento de los materiales, mano de obra y herramientas, en términos porcentuales, pesan de manera similar.

Cuadro 3

Presupuesto por elementos básicos de tecnologías aplicadas a casas de vivienda popular, estructura porcentual

Tecnología	Presupuesto	Materiales	Herramientas	Mano de Obra
Bloque	100,00	73,44	4,92	21,64
Ladrillo	100,00	75,46	4,57	19,97
Madera y ladrillo	100,00	72,54	4,21	23,25
Madera y bloque	100,00	68,35	4,80	26,85
Adobe de 30 cm	100,00	61,24	4,12	34,64
Bahareque	100,00	80,44	0,44	19,13
Tapial	100,00	63,50	12,44	24,06
Adobe resistente	100,00	63,21	5,15	31,64

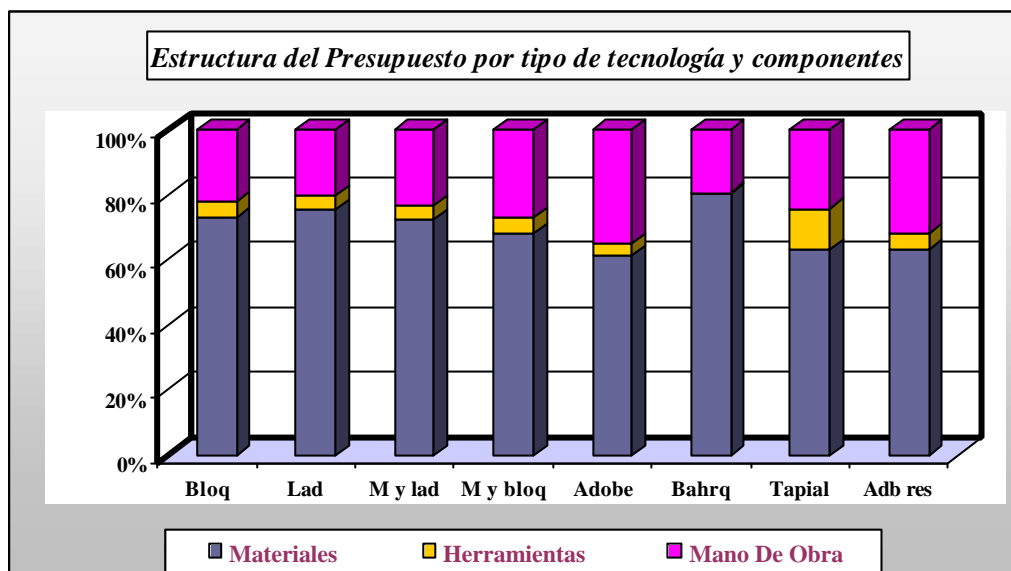
Fuente: Lista de materiales, Autor. Precios de materiales, Cámara de la Construcción de Quito

Elaboración: del Autor

Sin embargo cuando el constructor se sujeta a las recomendaciones de las entidades financieras que apoyan la construcción de viviendas para sectores marginados, tanto las instancias nacionales como las internacionales, solicitan que incluya la participación comunitaria en la construcción dentro de los presupuestos. Al hacerlo, se aprecia que si utilizamos tecnologías más baratas, el apoyo que brinda la

comunidad se constituye en el aporte más importante permitiendo reducir aún más el costo final de la vivienda. Este abaratamiento de la construcción permite, en consecuencia, que amplios sectores sociales de menores recursos económicos puedan acceder a más viviendas.

Gráfico 3



Cuando a los costos de los elementos básicos se agregan los de la cubierta, instalaciones y acabados se observa que la cubierta cobra importancia dentro del presupuesto total, por lo que gran parte de la solución al costo de la vivienda pasa por éste rubro.

Los costos especificados se analizan también desde el lado de la demanda. Al respecto, en Ecuador, la capacidad de pago del cliente está condicionada por el salario mínimo vital (120 dólares al mes) y las facilidades de financiamiento ofrecidas por la entidades oficiales. Al momento, el Gobierno ofrece créditos a largo plazo (a 5, 10, 15 y 20 años), a tasas de interés variables (equivalentes a la tasa de interés activa del Banco Central del Ecuador, 13.1 % menos 3.0%, 2.5%, 2.0% y 1,5% según el plazo) y un subsidio de USD 1.800,00 para las viviendas urbanas cuyo costo total no rebase los USD 8.000,00 y uno de USD 800,00 para las ubicadas en el área rural, a condición de que el porcentaje máximo que la persona puede comprometer para la adquisición de una vivienda sea del 35% del salario mínimo vital y tenga un ahorro del 10% del costo de la vivienda para entregarlo como primera cuota de pago de la misma.

En las condiciones descritas, establecidas el 7 de agosto de 2003 por el Instituto de Seguridad Social, se concluye que la única alternativa real de financiamiento para la mayor parte de la población ecuatoriana le permite adquirir construcciones con tecnologías adecuadas, tecnologías con materiales locales y ,en especial, con tierra cruda o estabilizada.

A partir de los referentes financieros descritos cuantificados y visualizados en el cuadro 4 y gráfico 4, se concluye que el plazo mínimo de pago de créditos contratados para financiar la compra de una vivienda urbana por un monto equivalente al costo presupuestado para cada tecnología debería ser de 15 ó 20 años, claro está siempre que los sectores populares perciban por lo menos el salario mínimo vital, puedan cancelar las cuotas mensuales en el porcentaje máximo establecido, conserven su empleo y nivel de ingresos y los precios de los demás bienes de primera necesidad no aumenten.

Es evidente también que con el 35 % del actual salario mínimo vital destinado al pago de vivienda, la población solo puede acceder a viviendas construidas con materiales locales. Actualmente dicho valor en las ciudades principales del Ecuador es insuficiente para rentar un departamento medianamente similar al propuesto como ejemplo en el presente análisis.

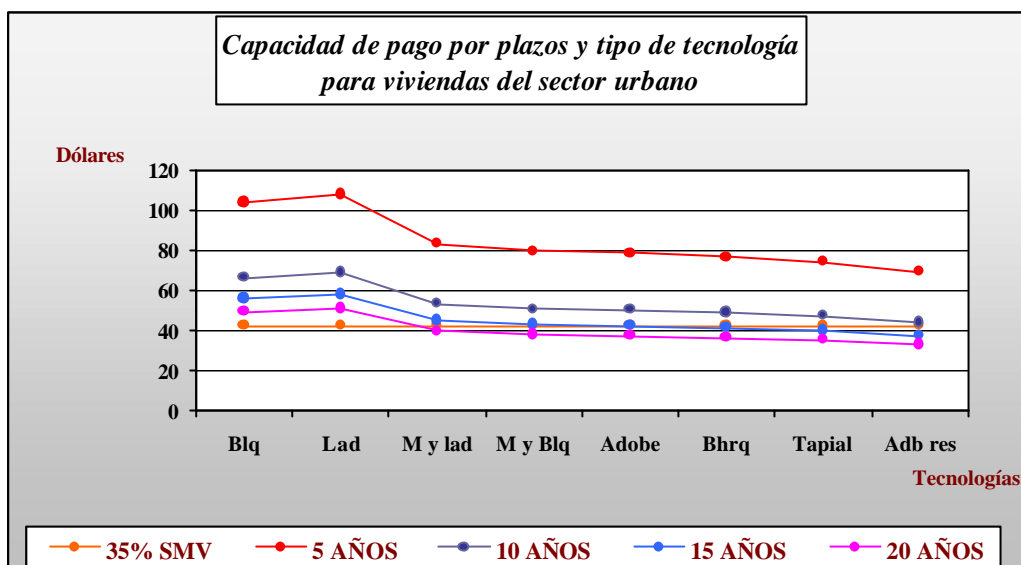
Cuadro 4

Estimación del financiamiento, forma y plazos de pago del presupuesto de construcción de tecnologías aplicadas a casas de vivienda popular urbana, en US dólares

Tecnologías	Entrada		Subsidio del Estado	Saldo a financiar	Cuota mensual a pagar en					
	Capital	10 %			35% SM	5 años	10 años	15 años	20 años	
Bloque de 15	7,444	781	1,800	4,863	120	42	104	66	56	49
Ladrillo	7,649	802	1,800	5,047	120	42	107	68	58	51
Madera y Ladrillo	6,380	675	1,800	3,905	120	42	83	53	45	39
Madera y Bloque	6,175	654	1,800	3,721	120	42	79	50	43	37
Adobe de 30	6,126	649	1,800	3,677	120	42	78	50	42	37
Bahareque	6,020	639	1,800	3,581	120	42	76	49	41	36
Tapial	5,894	626	1,800	3,468	120	42	74	47	40	35
Adobe resistente	5,639	601	1,800	3,238	120	42	69	44	37	33

Fuente: Lista de materiales, Autor. Precios de materiales, Cámara de la Construcción de Quito. Salario, tasas de interés, Banco Central del Ecuador. Elaboración: del Autor

Gráfico 4



En el caso del sector rural, cuadro 5 y gráfico 5, la población puede acceder solamente a la vivienda más barata, en un plazo de 20 años. Aquí, es evidente e importante contar con el apoyo de la comunidad y trabajar en el sistema de mingas y presta mano como tradicionalmente se construye en el campo: todos construyen la casa de todos.

Cuadro 5

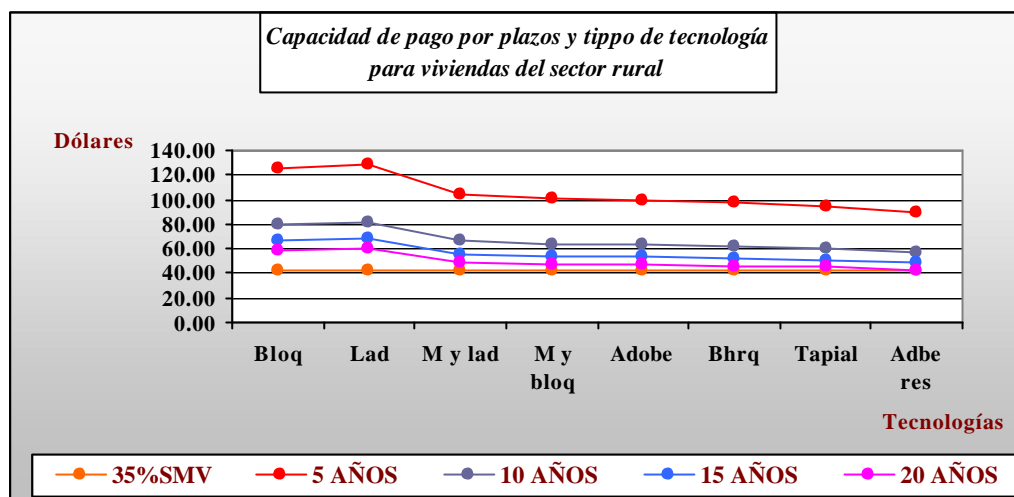
Estimación de la financiación, forma y plazos de pago del presupuesto de construcción de tecnologías aplicadas a casas de vivienda popular rural, en US dólares

Tecnologías	Capital	Cuota mensual a pagar en									
		Entrada		Subsidio del Estado	Saldo a financiar	35% SMV		V			
10 %	800	5 años	10 años			15 años	20 años				
Bloque de 15	7,444	781	800	5,863	120	42	125	79	67	59	
Ladrillo	7,649	802	800	6,047	120	42	129	82	69	61	
Madera y Ladrillo	6,380	675	800	4,905	120	42	104	66	56	49	
Madera y Bloque	6,175	654	800	4,721	120	42	101	64	54	47	
Adobe de 30	6,126	649	800	4,677	120	42	99	63	53	47	
Bahareque	6,020	639	800	4,581	120	42	97	62	52	46	
Tapial	5,894	626	800	4,468	120	42	95	60	51	45	
Adobe resistente	5,639	601	800	4,238	120	42	90	57	48	42	

Fuente: Autor y precios de la Cámara de la Construcción de Quito

Elaboración: del Autor

Gráfico 5



En la perspectiva de facilitar el acceso de la población a la vivienda rural, a manera de ejemplo, si la comunidad aporta con el 50% de la mano de obra, valor conservador de acuerdo a la experiencia, el resultado sería lo que se muestra en el cuadro 6 donde la mensualidad de pago es más cómoda para la alternativa de material en tierra, en un plazo de 20 años. En la práctica el valor presupuestado para la vivienda en cada una de las tecnologías se reduciría en aproximadamente el 10 %, y con éste el monto de crédito a solicitar.

Cuadro 6

Estimación del financiamiento, forma y plazos de pago del presupuesto de construcción de tecnologías aplicadas a casas de vivienda popular rural, con un aporte inicial del 50% de mano de obra, en US dólares

TECNOLOGIAS	Capital - 50% mano de obra	Entrada		Saldo	35% SMV	35% SMV	Pago de mensualidades en			
		10 %	Subsidio del Estado				5 años	10 años	15 años	20 años
Bloque de 15	6,595	660	800	5136	120	42	109	70	59	52
Ladrillo	6,802	680	800	5322	120	42	113	72	61	53
Madera y Ladrillo	5,633	563	800	4270	120	42	91	58	49	43
Madera y Bloque	5,426	543	800	4083	120	42	87	55	47	41
Adobe de 30	5,328	533	800	3995	120	42	85	54	46	40
Bahareque	5,341	534	800	4007	120	42	85	54	46	40
Tapial	5,199	520	800	3879	120	42	83	53	44	39
Adobe resistente	4,940	494	800	3646	120	42	78	49	42	37

Conclusiones

La construcción en tierra es un 30% más barata que la de ladrillo y bloque con estructura de hormigón armado y un 10% menor cuando se usa estructura de madera. Permite que la inversión realizada sea distribuida en la propia comunidad.

La recuperación de las formas y tecnologías constructivas ancestrales permite la valoración cultural y la mejora de autoestima en los sectores rurales del País. El aprovechamiento de la mano de obra comunitaria, además de contribuir a la reducción del costo de construcción de la vivienda, permite que ésta se capacite de forma que puede continuar con su condición y labor de constructor comunitario, cobrando independencia y capacidad de autogestión con calidad. Tiene futuro en la medida en que los procesos se industrialicen y se incorpore tecnologías que permitan competir en tiempo de construcción, costo y seguridad con las tecnologías de uso común.

La vivienda en tierra permite costos accesibles para los sectores marginados que están fuera de toda posibilidad de adquirir viviendas mediante los sistemas formales de crédito. Es necesario insistir en la difusión de la construcción con tierra a fin de erradicar el sentimiento de inseguridad creado en la comunidad, para lo cual se debe trabajar en la normativa y difusión de las experiencias, hacer ensayos a escala natural y esta información, debidamente documentada, difundirla de manera profusa.

Bibliografía

CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO. Manual de costos en la construcción. Quito, Abril de 1997. 4ta edición.

CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO. Boletín Técnico. Lista de Precios de Materiales de Construcción. Quito, Junio de 2003.

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, Información Estadística mensual, Quito, Julio 2003

INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL. Boletín de prensa. Quito. El Comercio, Agosto 7, 2003

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN PASIVA EN UN EDIFICIO CONSTRUIDO CON TIERRA: PROPUESTA DE VIVIENDA EXPERIMENTAL

M. A. Gálvez Huerta

Dr. Arquitecto ETSAM (UPM) y UAX
E-mail: aricama@uax.es

Introducción

La necesidad de desarrollar técnicas naturales de acondicionamiento higrotérmico de edificios en situaciones con temperaturas exteriores elevadas ha dado lugar a numerosos estudios teóricos y realizaciones prácticas que conforman el marco teórico-práctico de la disciplina conocida como Refrigeración Pasiva. Las decisiones de proyecto que se llevan a cabo en este contexto pueden agruparse según los tipos siguientes:

- En primer lugar, el conjunto de estrategias arquitectónicas consistentes en: Protección exterior de huecos frente a la radiación solar, evitando el sobrecalentamiento interior; Disposición de masa térmica en los cerramientos para regular en el tiempo la cesión de calor al interior del edificio; Colocación del aislamiento al exterior para evitar sobrecalentamiento interior y dotar de masa térmica al cerramiento; Ventilación con el objeto de facilitar los intercambios de calor de los ocupantes con el ambiente interior; Elección de colores claros en la envolvente; Empleo de patios sombreados interiores al edificio como reguladores térmicos de las estancias abiertas a ellos. Este conjunto de estrategias, prioritariamente de diseño, suponen una importante reducción de las cargas de refrigeración de los locales pero como máximo consiguen reducir la media de las temperaturas interiores al nivel de las medias exteriores. Son, por supuesto, las reglas mínimas aconsejables que un arquitecto debe contemplar en sus proyectos, si quiere que sean razonables desde el punto de vista energético y componen, por otro lado, el canon de soluciones que ofrece la arquitectura llamada bioclimática para climas cálidos secos.

- En segundo lugar, y en los casos de temperaturas exteriores medias elevadas y oscilaciones térmicas diarias acusadas, la única forma de aumentar la velocidad de cesión del calor al exterior es la implantación de sistemas de enfriamiento pasivo. Son éstos el conjunto de sistemas, cuyo fin último es el mismo que el de los sistemas denominados activos (refrigeración por ciclo de compresión), es decir, neutralizar las cargas térmicas interiores y mantener la temperatura interior dentro de los límites de confort, pero sin (o con el menor) gasto energético. La clasificación de estos sistemas se hace generalmente atendiendo al sumidero térmico al que se realiza la cesión de calor consiguiendo el efecto refrigerante. Asumiendo que los sumideros

considerados habitualmente son el aire, la atmósfera, el agua y el terreno se acostumbra a plantear la siguiente clasificación:

- Ventilación nocturna;
- Reirradiación nocturna;
- Enfriamiento evaporativo directo e indirecto; y
- Acoplamiento del edificio con el terreno.

En esta comunicación se propone la implementación de sistemas de refrigeración pasiva mediante ventilación y reirradiación nocturna en un prototipo de vivienda construido con tapial y adobe.

Descripción del prototipo

Se plantea la construcción de una vivienda prototipo sobre la que realizar posteriores experiencias con el siguiente programa: salón, cocina americana, cuarto de baño y dos dormitorios, en una superficie aproximada de 50 m², resuelto en una planta rectangular de proporciones ½.

Para ello se opta por un sistema constructivo de dos muros de carga en el sentido largo de la planta. Estos muros se ejecutan en tapial, con espesor de 90 cm, aunque puede modularse a espesores inferiores de 45, 60 o 75 cm. Sobre ellos se dispone una cubrición abovedada con directriz semicircular de ladrillos de adobe de espesor medio 20 cm. Sobre ella se proyecta una capa de material aislante y se dispone al exterior una cubrición de chapa metálica de onda fina pintada separada 10 cm que conforma una cámara de aire entre la chapa y el aislante.

Las aberturas para iluminación de las estancias se realizan prioritariamente en los testeros, excepto la puerta de entrada, que se sitúa en el centro de uno de los muros largos. Estas aberturas se encuentran protegidas frente a la radiación solar mediante contraventanas enrasadas al exterior. Las estancias interiores (baño y cocina americana) se iluminan cenitalmente, mediante elemento practicable que integra también la ventilación del conjunto.

La cimentación de los muros se realiza con zapata corrida y la solera se ejecuta en hormigón sobre capa de grava.

Para la definición geométrica de estos espacios se remite a la documentación gráfica (plantas, alzados y secciones) que se acompaña con este texto.

Descripción de los sistemas de refrigeración

En el prototipo anterior se implementa un sistema de refrigeración por reirradiación nocturna que funciona como sigue:

La cubierta de chapa se comporta como un radiador que disipa calor a la atmósfera durante la noche, reduciendo su temperatura varios grados hasta una temperatura de equilibrio, que se estima cuando menos 5°C inferior a la exterior. Como consecuencia de esta cesión de calor, el aire que fluye por debajo del radiador también es enfriado, alcanzando no obstante temperaturas superiores a la de equilibrio de la placa, tanto más próxima a ella cuanto mejor sea el intercambio de calor entre ambos. Este aire enfriado, si se introduce en el edificio, es capaz de enfriar el aire interior y los cerramientos, en los que se ha acumulado calor durante el día en virtud de su alta masa térmica. De esta forma, además de mantener la temperatura interior dentro de los valores de confort, permite a los cerramientos iniciar el día siguiente con una temperatura baja, óptima a los efectos de acumulación. Durante el día, todos los orificios que conectan la cámara situada bajo la chapa con el interior se mantienen lógicamente cerrados.

Sistemas parecidos se han experimentado por Givoni y Hoffman (Givoni 1994:112 y 113), siendo común a todos ellos el hecho de que el aire enfriado por el radiador se cedía directamente al espacio a acondicionar, con el inconveniente de una evidente falta de control en su intercambio de calor con los cerramientos. En este trabajo se plantea como mejora la disposición de un sistema de conductos de PVC embutidos en los cerramientos, donde efectivamente se realiza este intercambio con mayor grado de control. El movimiento del aire en todo el conjunto se lleva a cabo mediante varios ventiladores axiales de pequeña potencia que, además de forzar el paso de aire por estos conductos, dirige el flujo del mismo por aberturas en la clave de la bóveda a la cámara bajo el radiador de chapa, completando el circuito.

Tanto este sistema como los propuestos por Givoni y Hoffman se basan en la utilización del aire en un circuito cerrado, sin aporte de aire exterior. La necesaria introducción de los caudales de aire de ventilación mínimos sanitarios deben proveerse por otro procedimiento. Para ello se dispone, a lo largo de la generatriz superior de la cubierta, de un doble conducto por el que circula este aire de ventilación que es captado en la claraboya de iluminación del cuarto de baño, discurre bajo una segunda cubierta radiadora y es impulsado al interior por orificios situados sobre los armarios de los dormitorios en un testero, y por similares orificios practicados en los lados de la chimenea del otro testero correspondiente al salón.

Para un entendimiento más completo del sistema, se acompañan esquemas en sección del circuito descrito, con indicación del sentido de circulación del aire, dirección de los flujos de calor predominante y situación de los puntos de impulsión y recogida de aire tratado.

Ámbito de validez del sistema propuesto

El sistema antes descrito es válido sólo para las siguientes condiciones:

- a) Temperaturas mínimas superiores a 25°C, con oscilaciones térmicas diarias superiores a 15°C, lo que arroja temperaturas máximas superiores a 40°C. Con el sistema propuesto se pretende conseguir una evolución de las temperaturas interiores con máximos que no superen los 30 °C y mínimos lo más próximos posibles a la temperatura mínima exterior, para obtener una temperatura media interior por debajo de la media exterior. Conviene recordar en este punto que Givoni (1994:8) establece en 36°C el límite máximo de la temperatura exterior para la que son efectivos los sistemas de masa térmica y ventilación nocturna, punto a partir del que sistemas como el propuesto en este trabajo se convierten en alternativa.
- b) En condiciones de atmósfera limpia, sin nubosidad y con bajo contenido de humedad. Conocido es el efecto negativo que para el balance energético de la placa radiadora supone la presencia de agua en la atmósfera en forma de nubes, por suponer una fuente de radiación mayor que el cielo despejado. La humedad ambiental alta trae por su parte como consecuencia la formación de condensaciones en la placa radiadora, si ésta alcanza temperaturas inferiores a la de rocío del aire. No hay que olvidar que este fenómeno de la condensación se lleva a cabo con cesión de calor que es contabilizado como ganancia para la placa, reduciendo así su potencia enfriadora.
- c) Sin ventilación durante el día. La introducción de aire exterior en unos momentos en los que las temperaturas exteriores se encuentran próximas a los 40°C elevaría la temperatura interior a estos valores, imposibilitando el efecto refrigerante nocturno, por alcanzarse ya al caer la tarde temperaturas interiores superiores a las exteriores.
- d) Con cerramientos de alta inercia térmica. Disponiendo, como en este caso, cerramientos exteriores de gran espesor de tierra apisonada, se logra mantener la temperatura interior estable, sin que resulte afectada por las oscilaciones térmicas exteriores, protegiendo al ambiente interior del sobrecalentamiento. Por otro lado, el calor almacenado durante el día en los cerramientos será disipado durante la noche por el procedimiento descrito.

Condiciones que deben cumplir los elementos constructivos

- a) Placa radiadora. Para cumplir con su función prioritaria, que es la de emitir la máxima radiación, deberá conseguirse una elevada emisividad de radiación de onda larga, ϵ , superior en lo posible a 0,90. Esto se consigue fácilmente con una placa metálica pintada, sin que el color de la pintura influya en la temperatura de equilibrio nocturna (Givoni 1994:111). Acerca de las experiencias realizadas con superficies selectivas, como las analizadas por Martín (Cook 1989: 177 y ss), es evidente que el empleo de estos materiales

suponen una sensible mejora, aún con elevado coste económico, pero en ningún caso del calibre de la que se consigue en los paneles solares térmicos para calefacción y agua caliente sanitaria. El problema de la ganancia de calor por transmisión superficial como consecuencia de velocidades del aire exterior elevadas no se trata en este trabajo, aunque se es consciente de su importancia en cuanto a reductor de la potencia de refrigeración conseguida.

b) Cámara de aire bajo la placa, con un espesor mínimo de 5 cm y máximo de 10 cm. Se alimenta por la generatriz superior de la cubierta a través de una serie de aberturas regulables mediante compuerta, operada manualmente por el usuario.

c) Aislamiento de la cubierta, de 5 cm de espesor mínimo. La geometría de la cubierta y la posición relativa del aislamiento en la misma aconsejan como solución óptima la de la proyección del mismo.

d) Cerramientos de fachada, para los que se exige una elevada inercia térmica. Se denomina inercia térmica a la resistencia que presentan los cuerpos a variar su temperatura, acumulando en su interior la energía térmica que reciben. La variable que expresa esta propiedad en los materiales es la difusividad térmica, a , cuya fórmula de definición es

$$a = I/cr$$

siendo k la conductividad térmica, c el calor específico y r la densidad del material. Se mide en m^2/s . Un material es tanto mejor acumulador del calor cuanto más baja es su difusividad térmica.

Para la tierra compactada pueden establecerse los valores medios siguientes

$$I = 0,58 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$c = 836 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$r = 1500 \text{ kg/m}^3$$

con los que se obtiene una difusividad térmica, $a = 4,62 \times 10^{-7} \text{ m}^2/s$. Este valor se encuentra lejos del que tiene el agua, $a = 1,46 \times 10^{-7} \text{ m}^2/s$, el material acumulador del calor por excelencia, pero es bastante inferior a los valores de otros materiales, como la piedra, $a = 1,19 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s$, que se tienen por buenos acumuladores.

e) Conductos embutidos en los cerramientos. La ejecución de los cerramientos con tapial facilita la disposición en su interior de conductos verticales de PVC de 118,6/125 mm de diámetros interior y exterior,

con aperturas al ambiente interior en sus extremos inferior y superior. Los conductos se disponen con una separación entre ejes de 50 cm. Las características del material e los efectos de cálculos son las siguientes:

conductividad térmica, $\lambda = 0,45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

rugosidad, $f = 0,50 \text{ mm}$

Propuesta de instrumentos de cálculo y dimensionado del sistema

a) Temperatura de equilibrio de la chapa de cubierta

La aplicación de la ecuación de balance energético permite obtener la temperatura de equilibrio que alcanza la chapa en función de la temperatura exterior. Esta ecuación de balance contempla, entre las pérdidas de calor P (en W), las obtenidas por radiación, que dependen de la temperatura y de la emisividad de la placa, y se expresan mediante la ley de Stefan Boltzmann

$$P = \epsilon \sigma A T_c^4,$$

donde σ es la constante de Stefan Boltzmann, cuyo valor es $5,66 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, A es el área de la cubierta, T_c es la temperatura de equilibrio de la chapa de cubierta, expresada en $^\circ\text{K}$ y ϵ es su emisividad frente a onda larga.

Por el contrario, entre las ganancias se deben contabilizar al menos:

- La ganancia G_1 procedente del aire exterior a mayor temperatura que la chapa, intercambio de calor que se produce por transmisión superficial, y que se cuantifica mediante la expresión

$$G_1 = h_e A (T_e - T_c),$$

donde h_e es el coeficiente de transmisión superficial del calor del conjunto chapa-aire exterior (cuya determinación es generalmente problemática, pues depende, entre otros factores, de la velocidad del aire exterior) y T_e es la temperatura del aire exterior en cada instante.

- La radiación procedente de la atmósfera, G_2 . Su determinación es sumamente compleja, pues depende de muchos factores, entre los que son fundamentales la nubosidad y el contenido de humedad (generalmente caracterizado por la temperatura de bulbo húmedo o el punto de rocío). Una descripción pormenorizada de distintos modelos interpretativos de este fenómeno se encuentra en Cook (1989: 143 y ss.) En la fase de aproximación en la que necesariamente de sitúa esta ponencia se considera suficiente el empleo del modelo propuesto por Neila y Bedoya en sus guías del Máster de Arquitectura Bioclimática de la UPM, en el que se

estima la radiación procedente de la atmósfera equivalente a la de un cuerpo a la temperatura del aire, pero con una emisividad del 50%. Esto lleva a la expresión de ganancias por este concepto siguiente:

$$G_2 = 0,5 \ s A T_e^4$$

De la operación de igualar ganancias y pérdidas se obtiene una temperatura de equilibrio de la chapa que en casi todos los casos arroja un valor inferior en más de 5°C a la temperatura ambiente nocturna. Con la chapa a esta temperatura se consigue un enfriamiento del aire que circula por la cámara de aire situada por debajo y que, impulsado al interior del edificio sirve para su acondicionamiento térmico. La temperatura más baja alcanzada por este aire depende del caudal de aire impulsado (y en consecuencia de su velocidad) y de las características de la superficie de separación entre la chapa y el aire. Givoni (1994:125) propone un método de cálculo para este fenómeno que arroja como resultado general que la temperatura inferior del aire alcanzada queda sensiblemente por encima de la temperatura de la placa, tanto más cuanto mayor sea el caudal circulante.

b) Variación de temperatura experimentada por los cerramientos exteriores.

En el apartado 4a de este trabajo se consideraba como uno de los objetivos del sistema lograr unas temperaturas interiores que oscilaran entre 26-27 °C como mínima y 29-30 °C como máxima, manteniendo un rango de variación de las mismas en torno a 3 °C.

Neila y Bedoya (1997: 254) introducen la noción de masa térmica como variable indicadora de la capacidad de almacenar calor de un cerramiento, determinante además en cuanto a la estimación de la temperatura alcanzada por el mismo ante un aporte de calor determinado. Haciendo uso de este procedimiento, con la masa térmica, en kJ/°C, de la construcción propuesta, la elevación de la temperatura limitada a 3 °C conduce a una determinada capacidad de acumular calor de los cerramientos durante las 16 horas en las que hay sol. Este calor es el que debe de ser eliminado durante las 8 horas nocturnas por el sistema propuesto.

Conclusiones

El prototipo de vivienda construida con tierra y los sistemas de refrigeración pasiva propuestos se revelan, en una primera aproximación, viables para los fines deseados. Se es consciente, no obstante, de las limitaciones del análisis realizado y se proponen las siguientes vías de estudio abiertas por el trabajo:

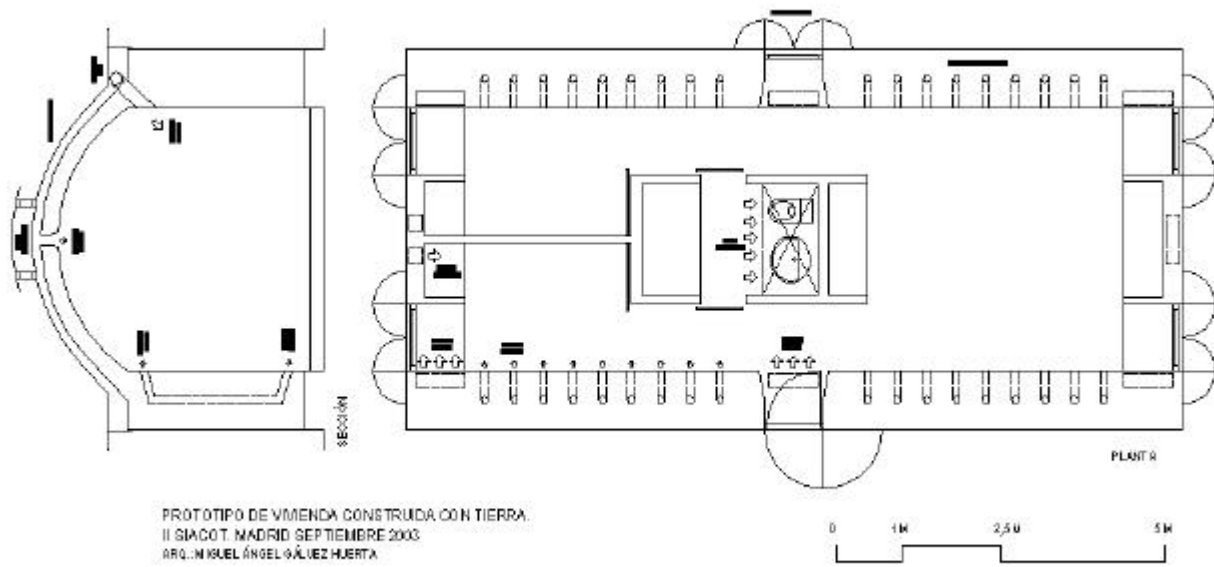
- a) Definición constructiva del prototipo y de los sistemas pasivos propuestos;
- b) Establecimiento de un modelo de evolución hora a hora de la temperatura interior; y
- c) Definición de métodos de cálculo de la potencia de refrigeración alcanzada.

Bibliografía

BEDOYA, César y NEILA, Javier (1997): *Técnicas arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental*. Munilla-Lería. Madrid.

COOK, Jeffrey (1989): *Passive Cooling*. MIT Press. Cambridge.

GIVONI, Baruch (1994): *Passive and low energy cooling of buildings*. John Wiley & Sons. Nueva York.



LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:

Seminario de Estabilización de Tierras impartido durante los cursos 2001/2002 y 2002/2003 en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Santos García Álvarez

Arquitecto

Profesor Asociado de Materiales de Construcción en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Esther Moreno Fernández

Licenciada en Ciencias Químicas

Profesora Titular Interina de Materiales de Construcción en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

La comunicación que presentamos es una exposición del programa y objetivos de la asignatura optativa de segundo ciclo "Seminario de Materiales de Construcción" así como la labor realizada durante dos cuatrimestres por los alumnos de dicha asignatura en el laboratorio de materiales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

El seminario ha supuesto el primer contacto de los alumnos de Arquitectura con la construcción con tierra, y los objetivos desde este punto de vista han sido enfocados por una parte a conseguir una formación académica adecuada mediante clases teóricas sobre el tema, y por otra parte y fundamentalmente a despertar un interés sobre las técnicas de Construcción con Tierra, desde el punto de vista del conocimiento de las soluciones constructivas y desde la introducción de una serie de pautas y metodología de trabajo en el laboratorio encaminada a mejorar el comportamiento del material tierra frente a problemas de durabilidad cuando está sometida a los agentes atmosféricos y más concretamente su respuesta al agua.

Se han realizado diferentes informes que incluyen búsqueda bibliografía y de normativa existente, realización de ensayos de laboratorio empleando diferentes estabilizadores y dosificaciones para determinar el comportamiento y variación de las propiedades del material Tierra, tanto su respuesta frente al agua ya mencionada como su comportamiento mecánico.

Por último se ha realizado una investigación sobre mejoras en la junta de la fábrica de adobe.

Summary

This work we present here shows the program and intend of the subject of second cycle "Construction Materials Seminary" and the work which has been done for eight months for the students in the laboratory of Materials of Architecture of Madrid.

The subject means the first contact of Architecture students with soil building and the aim of this point of view has been focus on getting an adequate academic formation to develop theory classes about this theme and, basically to promote an interest about the techniques of soil buildings which already exists from the point of the knowledge of the building solutions and to establish a work methodology in the laboratory focus on improving the behaviour of the soil with problems such as durability when it is exposed to weather conditions and more accurately his reaction to water.

Various reports has been done which include bibliographic and existing Normative research, development of laboratory rehearsals using different stabilizers and dosages in order to determinate the variation of properties of soil material, his reaction to the water mentioned before and his mechanical behaviour.

Finally an investigation has been done about the improvement of the mechanical join earth block.

Palabras clave

Material, Construcción y Estabilización

Introducción

La escasez de vivienda y la falta de medios en los países menos desarrollados son de gran preocupación y principal objetivo de actuación por parte de sus Gobiernos; la utilización de materiales convencionales y la aplicación de las nuevas tecnologías constructivas, son soluciones de difícil acceso para los segmentos más pobres de la sociedad. La construcción con tierra se presenta como la respuesta más apropiada para éstos países, la facilidad de obtención de las materias primas, su fuerte tradición antropológica, sencillez de puesta en obra, la versatilidad de sus sistemas constructivos, que se adaptan fácilmente a cualquier clima y latitud, junto con las técnicas elementales de producción, que requieren una inversión reducida de medios, son factores que han hecho de éste material la opción más adecuada en muchas culturas para dar respuesta al problema de la carencia de vivienda por parte de los sectores menos favorecidos de la sociedad, convirtiéndose, en algunos casos, en la única solución viable.

Los principales problemas que presenta la tierra como material de construcción aparecen fundamentalmente como consecuencia de su deterioro en contacto con el agua y, aunque menos importante, su discreta resistencia mecánica. Estos dos factores pueden ser fácilmente subsanables mediante la adición de otros materiales llamados *estabilizadores* que tienen como objeto mejorar sustancialmente el comportamiento, características y durabilidad de la tierra. Estabilizar un suelo consiste en modificar las propiedades del sistema sólido-agua-aire de los cuales esta compuesto, para así conseguir una variación de éstas que lo haga compatible con aplicaciones particulares. En esta línea de trabajo y basándose en resultados de trabajos ya publicados, se han llevado a cabo ulteriores investigaciones con la premisa de experimentar nuevos estabilizadores y determinar las dosificaciones más idóneas que permitan la mejora de la eficacia constructiva del material sin aumentar apreciablemente su costo. Los ensayos realizados han sido diseñados y adaptados a los medios técnicos disponibles, y aunque se han llevado a cabo mediante una metodología científica, pueden tener errores lógicos de carácter “cuantitativo”, pero pensamos que los resultados obtenidos son extrapolables de manera “cualitativa” a las técnicas constructivas que utilicen la tierra como material de construcción.

Contenido

Mediante esta comunicación vamos a realizar una exposición que resuma el planteamiento y metodología seguidos durante el desarrollo teórico y experimental de la asignatura optativa de segundo ciclo Seminario de Materiales de Construcción.

La idea de proponer un seminario sobre la arquitectura con tierra surgió para poder introducir en la formación del Arquitecto un tema sobre el que no hay ninguna referencia en el plan de estudios 96 (previamente, en el plan75, dentro de la asignatura de Construcción IV de 6º Curso, durante cuatro años se

había organizado un seminario donde se trataron temas de construcción con tierra a cargo del profesor Luís Maldonado Ramos).

El seminario se imparte en tres horas y media semanales durante un cuatrimestre y se lleva impartiendo dos cursos académicos. El grupo de trabajo consta de 15 alumnos distribuidos en subgrupos de 3 ó 4 miembros. Los alumnos han realizado los experimentos y ensayos en el laboratorio de materiales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Durante éste periodo de tiempo se han ensayado agentes estabilizadores de diferente naturaleza con el objetivo de conseguir mejoras en las propiedades del material tierra fundamentalmente las relativas a su durabilidad y su resistencia mecánica. Todos los ensayos han sido realizados por los alumnos del curso en el laboratorio de materiales de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Durante las primeras semanas del curso se imparten unas clases teóricas como introducción en las que se exponen las generalidades de la Construcción con Tierra, técnicas constructivas, ejemplos de proyectos realizados a lo largo de la Historia y foros de discusión sobre trabajos de investigación y publicaciones existentes. La segunda parte es experimental en la que los grupos de trabajo realizan distintos ensayos de laboratorio encaminados a analizar las propiedades del material, así como probar diferentes agentes estabilizadores y diferentes proporciones de los mismos y sacar conclusiones de los resultados obtenidos enfocados a su aplicación en la mejora de propiedades y durabilidad de la tierra.

El objetivo del curso es que el alumno adquiera una serie de conocimientos teóricos sobre el material Tierra previos a una toma de contacto real con el mismo. Debido a las limitaciones de tiempo y de recursos de laboratorio los ensayos son cualitativos, no cuantitativos, por lo que ha prevalecido la importancia del desarrollo y metodología de los mismos a la obtención de unos resultados óptimos o fiables que consideramos más importante tratar en posteriores trabajos.

Al final del trabajo experimental, los alumnos elaboran un informe de los ensayos, de forma que expusieron un resumen completo siguiendo un esquema que incluyó los siguientes apartados: búsqueda bibliografía, título y objetivos, fundamento teórico, material utilizado, desarrollo de la práctica, resultados y conclusiones.

Otro punto a destacar es el enfoque durante la realización de los ensayos en el laboratorio de algunos de los trabajos, ya que al no existir normativa específica de los ensayos para este material, se ha pretendido que los alumnos desarrollen una propuesta de adaptación de otros ensayos regulados bajo Norma de materiales similares y, ayudándose de la bibliografía publicada, realizasen su propia versión ya que, por falta de una Norma reguladora (como ya hemos dicho) en algunos casos, o bien por limitaciones de equipo y material de laboratorio en otros, dicha adaptación o variación de la metodología resultó imprescindible. Esta parte

resultó muy interesante desde el punto de vista del análisis de conclusiones acerca tanto de los datos obtenidos como del método de ensayo propuesto.

A continuación se expone un resumen de los trabajos efectuados durante los dos cursos transcurridos que pretendemos sirvan para posteriores trabajos más interesantes desde el punto de vista de obtención de datos fiables y elaboración de conclusiones.

Básicamente los trabajos se realizaron dividiéndose en cuatro apartados:

- 1) Recopilación de Normativas de ensayo españolas y otros experimentos de tierra. Búsqueda bibliográfica.
- 2) Caracterización mecánica y físico química de suelos de la Comunidad de Madrid
- 3) Ensayos de laboratorio empleando diferentes estabilizadores y distintas dosificaciones.
- 4) Investigación sobre las técnicas de mejora del sistema constructivo.

1) Las Normas UNE encontradas en relación con ensayos de Tierra son las siguientes:

UNE 103300 HUMEDAD DE SUELOS

NTL 156 DENSIDAD APARENTE DE SUELOS

UNE 7045 POROSIDAD DE TERRENOS

UNE 103101 GRANULOMETRÍA DE SUELOS

UNE 103108 CARACTERÍSTICAS DE RETRACCIÓN, SUELOS

UNE 103600 EXPANSIVIDAD POTENCIAL, SUELOS

UNE 103403 PERMEABILIDAD DE SUELOS

UNE 103601 HINCHAMIENTO LIBRE, SUELOS. CLASIFICACIÓN

UNE 103501 ENSAYO PROCTOR NORMAL, SUELOS

UNE 103502 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

UNE 103502 ÍNDICE C.B.R., SUELOS

UNE 103400 RESISTENCIA A COMPRESIÓN SUELO MEDIO

UNE 103201 CONTENIDO SULFATOS, SUELOS

UNE 103204 CONTENIDO MATERIA ORGÁNICA, SUELOS

UNE 103200 CONTENIDO CARBONATOS

2) En éste trabajo el grupo encargado de llevarlo a cabo ha estudiado diferentes suelos del entorno de la ciudad de Madrid realizando una caracterización de los cortes geológicos más significativos con vistas a un estudio comparativo de cada uno de ellos mediante la realización de ensayos. Las zonas elegidas fueron la

Casa de Campo, el Valle del Henares en Alcalá, Vicálvaro y Cuatro Vientos. Estas zonas fueron elegidas buscando contenidos mínimos de arcillas y que constituyesen un ejemplo representativo para utilización de dichos suelos como materia prima. Una vez caracterizado el material, los ensayos realizados fueron:

- 1.- Determinación de densidades
- 2.- Determinación del contenido de humedad
- 3.- Determinación de los límites de Atterberg
- 4.- Resistencias a compresión simple y esfuerzo cortante
- 5.- Contenido en sulfatos y carbonatos
- 6.- Ensayo de compactación. Próctor.

Con los resultados obtenidos se sacaron conclusiones relativas a la aplicación de los diferentes tipos de suelos, en la construcción con tierra.

3) Los grupos encargados de probar diferentes estabilizadores partiendo de una tierra ya caracterizada emplearon diferentes dosificaciones de los siguientes estabilizadores:

CONGLOMERANTES: yeso de albaracín, cemento, cal

PRODUCTOS COMERCIALES: sikalite, sika1, sikalátex, resina poliéster estratil al-100, resina epoxi castropox, resina epoxi, sikamor-g, sikamonotop-618, castrodur

PRODUCTOS NATURALES: aceite de oliva, paja, cáscara de arroz, caña de azúcar, jugo de chumbera, aceite de linaza.

OTROS: anhidrita, ceniza volante.

[Foto 1](#)

EXPERIMENTOS REALIZADOS:

Heladicidad, goteo, porosidad, capilaridad, absorción, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia a compresión, resistencia a flexotracción, retracción al secado.

[Foto 2](#)

Para la realización de los ensayos se realizaron tres probetas de diferentes dimensiones (4x4x16cm), (10x10x10) y papetas rectangulares de 2 cm. de espesor. Las probetas se fabricaron con diferentes proporciones de aditivo y se ensayaron cada una de ellas así como una probeta testigo de cada clase fabricada sólo con el material tierra. Una vez realizados los ensayos se compararon resultados y se sacaron conclusiones de los mismos.

Se ha pretendido mejorar el comportamiento de la tierra frente al agua probando distintos aditivos comerciales hidrófugos y mejorar la resistencia mecánica mediante la adición de fibras y otros materiales.

Foto 3

4) El trabajo que se realizó en este apartado fue una investigación sobre mejoras en la junta de la fábrica de adobe. Se exploró la solución constructiva de un murete recopilando información acerca del comportamiento mecánico de las fábricas de adobe, estudiando la aparición de roturas bajo deformaciones de distinta magnitud. Se construyeron tres muretes armados cada uno con diferentes materiales que fueron caña de bambú, con barras de acero de 3 mm de diámetro y con polietileno, y otro murete sin armar que sirve como referencia. Los ensayos realizados fueron de resistencia a compresión y a cortante y el ensayo de flexión.

Foto 4 y Foto 5

Durante el desarrollo de los trabajos, se ha prestado especial interés en conseguir una mejora de la resistencia del material frente al agua sin que se modifiquen de forma excesiva los valores de sus propiedades mecánicas. De los estabilizantes probados los que han dado mejores resultados han sido el látex y el aceite de linaza.

Ensayo de goteo: Consiste en la elaboración de un ensayo que determinase la erosión superficial de las probetas de adobe mejorado mediante la erosión del agua. Para ello se dejan caer durante un período de 12 horas un caudal constante de agua a un ritmo de 60 gotas por minuto. Las probetas se fabricaron con unas dimensiones de 10x10x2 cm y una vez transcurrido el tiempo establecido en el ensayo se midió el diámetro de las erosiones y la profundidad de las mismas.

El criterio establecido para la obtención de resultados fue: Profundidad ALTA a más de 1 cm. Profundidad MEDIA entorno a 0'5 cm y profundidad BAJA a menor de 0'3 cm.

Foto 6 y Foto 7

Comportamiento a la intemperie:

Se utilizó una probeta de cada dosificación de dimensiones 10x10x2 y se las sometió a exposición a la intemperie durante tres semanas. Mediante un reconocimiento visual del estado de las probetas al finalizar este período de tiempo durante el cual estuvieron expuestas a condiciones atmosféricas variables, se clasificó el comportamiento en Malo, regular y bueno según el deterioro de mayor a menor que hubiesen sufrido.

Foto 8

Conclusiones

La asignatura Seminario de Materiales de Construcción ha permitido al alumno de Arquitectura del Plan 96, un primer contacto con la Tierra como material de construcción. Durante el breve período de tiempo que dicha asignatura se lleva impartiendo se han conseguido diferentes objetivos, destacando como fundamentales: Adquisición de unos conocimientos básicos de tipo teórico, aprendizaje de diferentes técnicas de laboratorio y realización de distintos ensayos con los que establecer un conocimiento de las propiedades y comportamiento del material. Una vez iniciados dichos ensayos se pretende una continuidad de los mismos con el objeto de conseguir unos resultados fiables y aplicarlos en la mejora de las técnicas constructivas.

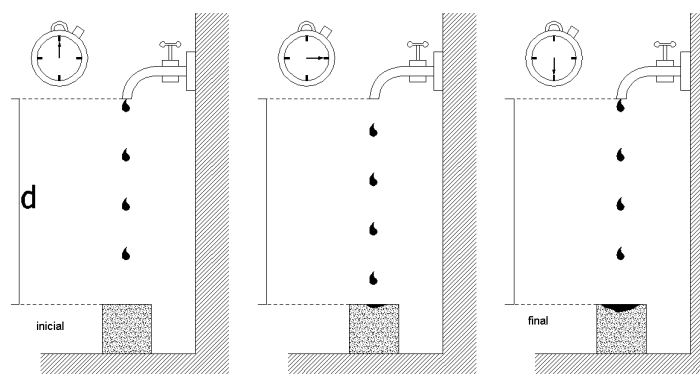
Para el siguiente curso 2003-2004 está previsto que el trabajo en el seminario se realice sobre un proyecto de construcción de dos viviendas unifamiliares en el entorno de Madrid, que utiliza como sistema constructivo la fábrica de bloque de tierra comprimido. En el laboratorio se realizarán diferentes ensayos de caracterización y mejora de la tierra utilizada para que puedan servir de apoyo técnico a la Dirección Facultativa. A partir de aquí, se abren nuevas expectativas y posteriores trabajos de investigación sobre proyectos reales en los que la Tierra sea el material de construcción.



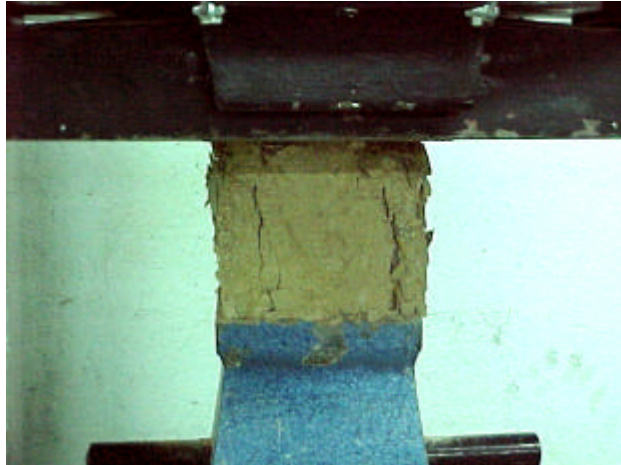
Fotografía nº1
Estabilizante utilizado. Sika-Látex



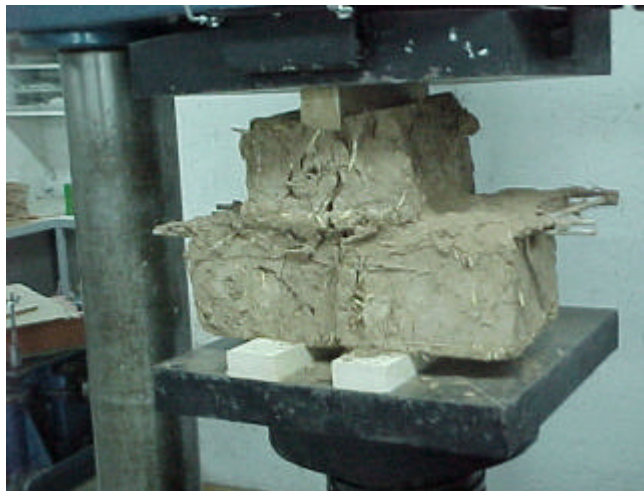
Fotografía nº2
Mezcla y homogeneización de la Tierra para la fabricación de probetas



Fotografía nº3
Erosionabilidad por goteo



Fotografía nº4
Ensayo de rotura por compresión



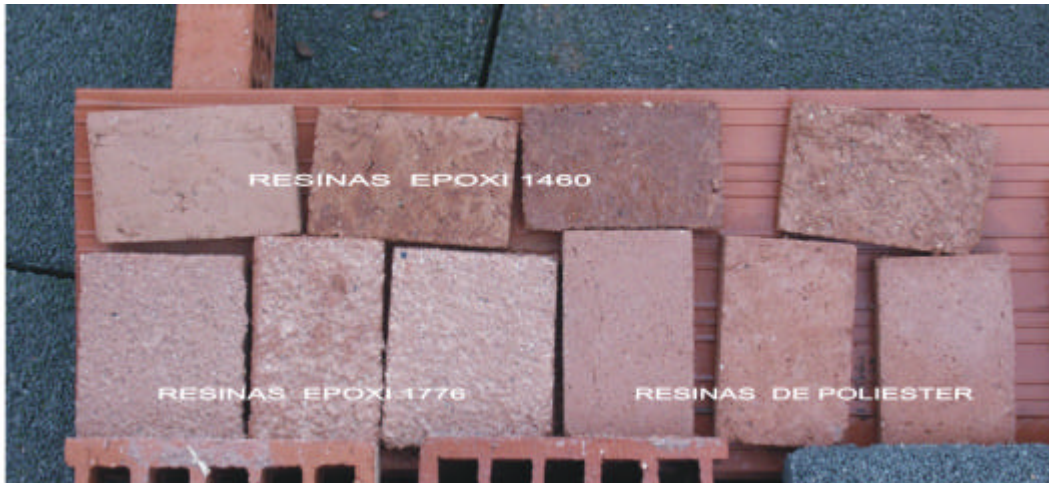
Fotografía nº5
Ensayo de comportamiento mecánico de la junta



Fotografía nº 6



Fotografía n° 7
Medida del diámetro y profundidad del hueco producido



Fotografía n°8
Resistencia a la intemperie

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA CONSERVACION DE CAÑAS PARA SU POSIBLE USO EN CONSTRUCCIONES CON TIERRA

Beatriz Garzón

Arquitecto. Directora de Proyectos de Investigación FAU - CIUNT, UNT - CONICET
P.O.B. 143. Av. Roca 1900, San Miguel de Tucumán. (C.P. 4000). Provincia de Tucumán, Argentina. Tel. +.54.381.4364093 -
+.54.381.4344588 – Fax +.54.381.4364141
E-mail: bgarzon@cgcet.org.ar; jiimenez@cgcet.org.ar

Resumen

Las construcciones con materiales naturales, como las realizadas con cañas, están expuestas a múltiples factores que requieren ser tomados en cuenta para la protección de las mismas.

La intensidad de dichos factores dependerá de las condiciones ambientales y morfológicas de su ubicación geográfica.

En base a ello, es necesario realizar previsiones para evitar su deterioro; sobre todo, si lo que se busca es lograr un mejor comportamiento en su posterior y posible utilización en construcciones con tierra.

Una de esas previsiones es el análisis, diseño y experimentación de métodos para su conservación.

A tal fin, en este trabajo se presentan, proponen y describen dos métodos reformulados de conservación de cañas.

Ellos son:

- 1) Proceso Boucherie Modificado
- 2) Tratamiento por Baño Modificado.

Las especies vegetales usadas fueron:

- 1) Caña Bambú
- 2) Caña de Castilla

y la solución de conservación usada:

- Composición de cobre-cromo-ácido acético.

En cuanto a los resultados obtenidos, estos métodos han permitido:

- 1) reducir los tiempos de tratamiento respecto a los de los métodos originales
- 2) lograr facilidad operativa
- 3) disminuir los riesgos para quienes los realizan.

En cuanto a los alcances de estas experimentaciones son: comprobar la factibilidad de realización de los métodos desarrollados, probar su eficacia y verificar el comportamiento de las cañas sometidas a ensayo frente a los agentes considerados.

Palabras claves:

Patologías constructivas; ambiente y comportamiento de materiales; tratamiento de conservación de cañas.

Summary

Natural material construction, like those using cane, are exposed to multiple factors that should be taken into account for the protection of particular construction.

The intensity of those factors will depend on environmental and morphological conditions of their geographical location.

Departing from this, it is necessary to take precautionary measures in order to avoid deterioration; especially if what you are looking for is a better performance in a possible later usage in constructions using soil.

One of those measures is conservation methods analysis, design and experimentation.

For that reason, in this paper, I present , propose and describe two reformulated cane conservation methods.

They are:

- 1) Modified Boucherie Process
- 2) Modified Bath Process

The vegetable species used were:

- 1) Bamboo Cane
- 2) Castilian Cane.

and the conservation solution used was:

- Copper-Chrome-Acetic acid compound.

In reference to the obtained results, these methods have permitted:

- 1) a reduction in treatment times in relation to original methods
- 2) successfulness in operative case
- 3) a reduction in the risks involved for those who use these methods.

The scopes of these experiments are: prove the practicality of the achievements of the developed methods, prove their efficacy, and verify the performance of those canes submitted to testing involving the considered agents.

Key word:

Constructive pathologies; environment and performance of materials; cane conservation treatment.

Introducción

Existen, en nuestra región, y en particular en la Provincia de Tucumán -Argentina-, numerosos ejemplos de utilización de cañas para la construcción, sobre todo en viviendas populares rurales

[Foto 1 y foto 2](#)

Una de las desventajas más serias, en su uso para tal fin, es su susceptibilidad a la destrucción causada por hongos y el ataque de insectos

[Foto 3.](#)

A menudo, este deterioro requiere que las estructuras y tejidos de caña sean reconstruidos cada dos o tres años.

Pero, con tratamientos de conservación apropiados, la vida útil de los mismos se puede extender en unos 15 años o más, en relación a aquellos que no cuenten con los mismos.

Las cañas así tratadas podrán, por ejemplo, ser utilizadas en la realización de sistemas tecnológicos no convencionales:

- Paneles de caña y tierra – cemento (Foto 4)
- Losetas de Bambú – tierra – cemento (Foto 5)
- Refuerzo en muros de adobe (Foto 6).

Consideraciones previas para el tratamiento de conservación de cañas

La calidad de las caña es el resultado de:

1. Tiempo de corte (cosecha).
2. Curado y secado de las mismas
3. Métodos de Tratamiento para conservación
4. Soluciones posibles a usar
5. Precauciones a realizar

1. Tiempo de cosecha

Los expertos han demostrado que las cañas para la construcción debería cosecharse (cortarse) a la edad de 3 a 6 años. A esta edad muestra la mayor resistencia mecánica y la mejor resistencia a la destrucción si está bien curada. Las cañas deben cortarse a 15 o 30 cm. del nivel del suelo, inmediatamente sobre un nudo, de manera que no quede agua acumulada en el nudo remanente sino esto podría destruir la raíz de la planta. Para cortar el bambú sólo usar cuchillos limpios.

2. Curado

Para obtener cañas que puedan tener una mayor vida útil y así lograr menos mantenimiento, es imprescindible proporcionarle ciertos cuidados previos, necesarios.

Existen varias formas de curado:

- a) Por inmersión en:

AGUA

CALOR

HUMO

- b) Métodos por Gravedad
- c) Métodos por presión

Los mejores resultados se han obtenido mediante el curado de la caña en el campo. Las cañas cortadas se

colocan lo más verticalmente posible contra las cañas de bambú sin cortar. La caña cortada debe protegerse contra la humedad del suelo, poniéndolo sobre una piedra o un material similar. Las cañas deben permanecer en esta posición 4 a 8 semanas.

Otro método para curar el bambú es sumergir las cañas bajo el agua durante 4 semanas mínimo.

Un tercer método es el curado del bambú sobre un fuego abierto. Esto mata los insectos y endurece la superficie.

3. Métodos de tratamiento para conservación.

Las cañas se pueden tratar con 4 métodos:

- Tratamiento por baño
- Proceso Boucherie
- Tratamiento del bambú hueco
- Método de presión

El *tratamiento por baño* es el método más fácil. Las cañas se sumergen en la solución con o sin sus ramas. El tratamiento normalmente toma entre 2 a 5 días. Con este método solamente deben tratarse cañas recién cortadas.

El *proceso de Boucherie* es considerado el mejor método ([dibujo 1](#)). Las cañas recién cortadas, con hojas y ramas se conectan mediante tubos a tambores que contienen la solución de conservación. La solución baja a través de la caña, luego se recupera y se reutiliza, después de darle la concentración requerida.

Para reducir a unas pocas horas el tiempo de tratamiento de dos a cinco días, se puede agregar una *bomba* de aire -bombín- ([dibujo 2](#)). Por lo tanto, el estanque debe ser hermético, y tiene que llenarse con válvulas, para producir una leve presión.

Por el color de la solución que sale del extremo inferior de la caña, se ve si el tratamiento está completo. Cuando el color de esta solución es similar al del depósito, entonces el tratamiento está casi completo. Normalmente se prolonga un par de horas más, para mayor seguridad. Después del tratamiento, las cañas deberían secarse para que el contenido de humedad sea cerca de 10–15 % y luego pueden utilizarse en la construcción de viviendas. Las cañas secas deberían protegerse de la exposición a la lluvia y el rocío, tanto como sea posible.

4. Soluciones de conservación .

Para el uso en viviendas, deben impregnarse o barnizarse con conservadores de cobre o cromo (contra la pudrición). El Fosfato de Amonio o el Silicato de Sodio, se usa para proteger las cañas contra el fuego.

Se ha descubierto que las soluciones que mencionamos a continuación son útiles y se pueden preparar convenientemente en terreno

Foto 7

Preparación de la solución: en noventa litros (20 galones) de agua (5 frascos de kerosene), disolver uno tras otro: 320 gr. de penta-óxido de arsénico, 950 gr. de cristales de sulfato de cobre y 1.250 gr. de dicromato de potasio y mezclarlos bien, o:

- *Composición de cobre – cromo - ácido acético.*

Preparación de la solución: en noventa litros (20 galones) de agua (5 frascos de kerosene) agregar uno tras otro, 1.450 gr. de cristales de sulfato de cobre, 1.250 gr. de dicromato de sodio y 60 gr. de ácido acético y mezclados bien.

5. Precauciones

Debido a que el pentóxido de arsénico y la solución preparada de éste son venenosas, debería tenerse gran cuidado mientras se prepara esta solución.

Del mismo modo, el ácido acético y las soluciones preparadas de éste, deberá manipularse cuidadosamente para evitar quemaduras. Es mejor preparar sólo la cantidad requerida de la solución química.

Propuesta y experimentación de 2 metodos para conservacion de cañas

Como ya se mencionó, uno de los inconvenientes de la construcción con bambú es su corta vida útil, lo cual a veces limita su posterior utilización. A tal fin, se ha diseñado y desarrollado una experimentación sobre dos métodos de conservación de cañas: “Proceso Boucherie Modificado” y “Tratamiento Modificado por Baño”. Para la realización de estas verificaciones se ha solicitado la colaboración al equipo de trabajo del “Laboratorio de Química Analítica” de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, el cual dirige el Ing. Alberto Balella,.

En cuanto al alcance de estas experiencias, permitirán comprobar la factibilidad de realización del método, verificar el comportamiento de las mismas frente a los distintos agentes que ocasionan su deterioro, la eficacia del tratamiento desarrollado, su difusión y aplicación. Los mismas se describen a continuación, al igual que los resultados parciales obtenidos.

1. Descripción y resultados parciales de los métodos de conservación de cañas ensayados

Las *especies vegetales* usadas fueron:

- Caña Bambú
- Caña de Castilla

y la *solución* de conservación usada:

- Composición de cobre – cromo - ácido acético. Preparación de la solución, en noventa litros (20 galones) de agua (5 frascos de kerosene) agregar uno tras otro, 1450 gr. de cristales de sulfato de cobre, 1250 gr. de dicromato de sodio y 60 gr. de ácido acéticos, bien mezclados.

Método 1: proceso boucherie modificado

Fue necesario realizar ciertas innovaciones al método original para simplificarlo. De esta manera, en lugar de tratar una a una las cañas; se prepararon con ellas 3 paneles de 0.60 m. de ancho y 2.0 m. de altura (dos de ellos se construyeron con *bambusea*, y uno con *arundo donax*) (Foto 8), y en lugar de conectarlas mediante tubos a los tambores con solución, esta se agregaban a las cañas en forma manual. Para registrar los resultados fue necesario que las cañas se numeraran Dibujo 3

Los datos obtenidos se detallaron en las planillas de la siguiente manera:

ESPECIE VEGETAL USADA: CAÑA BAMBÚ				
TIEMPO DE ENSAYO	MUESTRAS			
	CAÑA 1	CAÑA 2	CAÑA 3	CAÑA 4
5 minutos	La solución no pasa	La solución pasa muy rápidamente	La solución no pasa	La solución desciende más lentamente que en la caña 2
10 minutos		La solución ha descendido por toda la caña.		
20 minutos	La solución ha descendido		La solución ha descendido	La solución ha descendido
OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> - En la caña 2 la solución pasa más rápidamente debido a que la altura entre el borde superior y el primer nudo sea mayor que en las demás (a mayor altura, mayor presión) y por lo tanto depende del lugar en que se hace el corte (lejos del nudo). - Las paredes de las cañas han tomado un color más oscuro - La solución ha producido que las cañas tiñan la mesada sobre la que se secaron. 				

Nota: Resultados similares se obtuvieron al ensayar Caña de Castilla.

El proceso se repitió durante cuatro horas hasta que la solución que llegó a la bandeja tomó el color de la del depósito.

Método 2: tratamiento modificado por baño

Las cañas se sumergieron en la solución sin ramas y debido a que no se contaba con un recipiente de longitud igual a las de las cañas, estas se cortaron.

Foto 10.

Permanecieron 5 días en la solución, al cabo de este tiempo las paredes de las cañas tomaron un color más oscuro y el preparado produjo que estas se destiñeran manchando la mesada sobre la que se secaron.

Foto 11

2. Control de contenido de humedad de las muestras:

Se extrajeron (“viruteando”) muestras de los nudos, tanto de las cañas tratadas -color oscuro- como sin tratar -color claro.

Foto 12

Los valores de humedad que se registraron, y se obtuvieron por método indirecto, hasta esta instancia de la investigación, son los siguientes:

ESTADO DE LA CAÑA	TIEMPO DE SECADO	CONTENIDO DE HUMEDAD
NATURAL	15 DÍAS	13%
CON TRATAMIENTO	15 DÍAS	62 %

CONCLUSIONES:

En base a los resultados obtenidos de la experimentación de los métodos, podemos concluir que:

Método 1, “Proceso Boucherie Modificado”.

Sus *ventajas* son:

- Permite recuperar y reutilizar la solución luego de darle la concentración requerida.
- Reduce el tiempo de tratamiento.
- Disminuye los riesgos derivados de su manipulación.

y sus *desventajas*:

- Requiere un seguimiento constante
- El preparado mancha.

Método 2, “Tratamiento Modificado por Baño”, es el método más fácil.

Por último, como se observa en la tabla anterior, en relación al contenido de humedad necesario no se ha llegado para que puedan ser utilizadas en la construcción (10 – 15%), por lo que el proceso de secado continúa.

BIBLIOGRAFÍA

Garzón, Beatriz. 2001. **“Losetas y mesadas económicas: Antecedentes, Diseño y Verificación”**, Proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT. Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina (CONICET).

Garzón, Beatriz. 2000. **“Cerramientos Verticales en caña, madera y tierra”**, Proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”. FAU, UNT. Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) -. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina (CONICET). Garzón, Beatriz. "Consideraciones sismorresistente en construcciones de tierra". Proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”. FAU, UNT. Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) -. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina (CONICET).

Garzón, Beatriz. 2000. **“Revestimientos interiores en techos de caña, madera y tierra”**. Proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”. FAU, UNT. Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) -. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina (CONICET).

Fernández, O.; Meli, R. **"Refuerzos en construcciones de barro"**. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, dentro del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la O.E.A.. México.

Hidalgo López , Oscar. 1978. **"Nuevas técnicas de construcción con bambú"**. CIDAR. Universidad de Colombia.

ININVI. **"La quincha peruana"**. Perú.



Foto 1: Tejido de Caña en Balderrama (Llanura)



Foto 2: Tejido de Caña en Colalao del Valle (Valle Calchaquí)



Foto 3: Patología de las construcciones con caña.



Foto 4: Paneles de caña y tierra – cemento



Foto 5: Losetas de Bambú – tierra – cemento



Foto 6: Refuerzo en muros de adobe



Foto 7: Solución de Conservación. Composición de cobre o cromo arsénico



Foto 8: Panel con Bambuseas para tratamiento



Foto 9: Nivel de la solución en las muestras



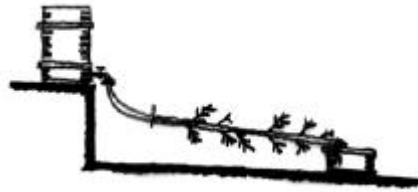
Foto 10: Cañas cortadas para tratar.



Foto11: Cañas en tratamiento por baño



Foto 12: Control del contenido de humedad de las cañas.



Dibujo 1: Proceso Boucherie



Dibujo 2: Proceso con bomba de aire (bombín)



Dibujo 3: Numeración de las muestras

ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL SIGLO XXI

TAFÍ DEL VALLE, TUCUMÁN, ARGENTINA

Stella Maris Latina

Arquitecto

Jefe de Trabajos Prácticos: Cátedra de “Construcciones I” y “Arquitectura de Tierra Cruda”

Fac. de Arq. y Urbanismo – UNT

Investigadora: LEME - CRIATiC - FAU - UNT

e. mail: smlatina05@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo está orientado a la revalorización de las construcciones con tierra en la región del NOA. Analiza y compara el comportamiento térmico e hidrófugo del adobe con otros materiales industrializados (cerámicos y bloques huecos de hormigón) para concluir sobre las ventajas que aporta el primero en la construcción de viviendas de interés social, de cara al nuevo milenio.

El ámbito de estudio comprende a Tafí del Valle, localidad situada al Oeste de la provincia de Tucumán y a 2000 metros sobre el nivel del mar.

Palabras clave

Construcción con tierra, adobe, revalorización

Abstract

The current work is oriented to revaluation the earthen constructions in the NOA region. Thermic and hidrofugo behavior of adobe are compared to those of other industrialized materials, ceramics and hollow concrete blocks, to state the advantages apporated by the earlier material for the construction of housing of social interest.

The studies were contributed out in Tafí del Valle, located at 2000 m above sea level, in the west region of Tucumán.

Key words

Construction with earth, adobe, revaluation

I. Introducción

Desde el origen de la civilización, la tierra cruda se utiliza para la construcción del hábitat humano en grandes extensiones del planeta... y aún hoy, en los inicios del Siglo XXI, subsisten en todo el mundo viviendas y fortalezas construidas con este material que sigue siendo una alternativa constructiva económica, viable y sobre todo confortable.

Luego de la Revolución industrial y la inserción en el mercado de la construcción de una gran cantidad de materiales industrializados donde se observa la interrupción de las técnicas constructivas con tierra durante algunas décadas, este noble material vuelve a resurgir lentamente a partir de la década del '80,

especialmente en países desarrollados (Estados Unidos, Francia, Australia) compitiendo con los materiales modernos.

La Argentina, más específicamente Tucumán, no son ajenos a esta corriente de revalorización de la Arquitectura de Tierra.

Desde 1995 se dicta en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT) una materia que, que incorporada a la currícula de la carrera, tiene por objetivo capacitar a los jóvenes estudiantes -y a toda persona que se interese por el tema- la masiva utilización de este material en la antigüedad y las posibilidades que brinda al mundo contemporáneo, en el que la pobreza, el déficit habitacional y la falta de recursos económicos son cada vez más grandes en los países en vías de desarrollo.

El presente estudio, pretende demostrar las bondades de este material tan antiguo como el hombre y a la vez tan contemporáneo resaltando su aptitud para construir en aquellos lugares cuyos climas son más propicios.

II. Ambito de Estudio: Tafí del Valle, Tucumán

Tafí del Valle, localidad distante a 106 km de la capital tucumana, se orienta al Oeste de la provincia en la región montañosa constituyendo una de las poblaciones que forman la llamada región de los Valles Calchaquíes. Ubicada al fondo de una hoyada y rodeada de cerros cuyas alturas oscilan entre 2.680 msnm (cerro Pelao) y 4.437 msnm (cerro Muñoz), tiene una superficie de 380 km². Se encuentra a los 26°52' de latitud Sur, a 65°43' de longitud Oeste de Greenwich y a una altura promedio de 2000 msnm.

La imponencia y belleza del Valle hizo que los antiguos pobladores la llamaran “Taktillakta” que significa “pueblo de entrada espléndida” (E. B. De Santamarina: 1945)

Clima

La temperatura promedio anual es inferior a 18°C y el mes más caluroso de verano es enero con un registro de 22°C. En verano, cálido moderado, se registran temperaturas medias entre 18 y 22°C en enero; en invierno frío y seco, estas varían entre 4 a 10°C en los meses de junio y julio. Las temperaturas extremas se dan en el mes de enero con una máxima de 28°C y en julio con -10°C. Existe una diferencia de temperatura de 14°C entre el día y la noche.

Se registran heladas y nevadas entre los meses de mayo a setiembre.

Los vientos de mayor frecuencia son el Sur vinculado con el avance de masas de aire frío provenientes del sur argentino y el Norte que puede o no ser portador de humedad a causa de su temperatura.

Las precipitaciones anuales son de 410 mm en la parte llana del valle. El período lluvioso se produce de noviembre a mayo, siendo las lluvias violentas, eléctricas y con granizo.

La Norma IRAM N° 11601 clasifica a Tafí del Valle como Zona Bioclimática tipo III.

Población

Cuenta con una población estable de 13.767 habitantes (INDEC 2001) con una densidad de 5,1 hab./km² en el verano asciende aproximadamente a 24.000 habitantes (Catastro, Municipio de Tafí del Valle-2003).

Situación habitacional

La cantidad de hogares registrados es de 3.251 viviendas, de los cuales aproximadamente 500 son ranchos, casillas de madera, pequeñas habitaciones donde viven familias en total hacinamiento, falta de higiene y sin ningún tipo de confort.

En esta localidad se observa un fenómeno particular, en las últimas décadas y como consecuencia de la globalización y la pérdida de identidad de la población joven, los pobladores están reemplazando el uso de la tierra como material de construcción -por materiales industrializados- por considerarla sinónimo de pobreza, desconociendo las ventajas tanto económicas como térmicas que posee.

Las viviendas tradicionales de tierra que se mimetizan con el paisaje calchaquí y sus cerros de colores son el resultado de la evolución y cultura de los pueblos y ciudades situadas a lo largo de los Valles Calchaquíes. Las viviendas -tipo rancho- que guardan relación con el clima, recursos económicos, la cultura y forma de vida de la población, armonizan con el ambiente circundante y generan un hábitat confortable por el adecuado uso del material y la técnica constructiva apropiada transmitida de generación en generación.

El excelente conocimiento del material y aprovechamiento de las bondades y adversidades que el clima les brinda, posibilita la concepción de una verdadera construcción bioclimática, en la que la orientación, el material, su técnica constructiva, la ubicación de los árboles, el patio, están pensados y resueltos armoniosamente.

Sin embargo, ese equilibrio se ve amenazado al reemplazar al adobe por ladrillos cerámicos (macizos o huecos) y por bloques huecos de hormigón. Estos son utilizados en muros de mínimos espesores para hacer la construcción lo más económica y parecida a la vivienda de la gran ciudad; esta situación no sólo rompe con el mimetismo del paisaje, sino que genera viviendas de gran inconfort porque los materiales no responden, tanto por sus propiedades físicas como por los espesores resultantes de los muros, al igual que

las orientaciones no son las más favorables ni el tamaño de las ventanas es adecuado para el clima que poseen.

Paradójicamente, conviven en el Valle de Tafí, pobladores estacionales, veraneantes de mayores recursos económicos, que construyen sus viviendas (no precisamente económicas) con adobes hechos por pobladores con tierras y métodos locales. Ellos buscan -más allá del simbolismo folclórico- el confort, la calidez y belleza que la tierra puede brindar con una adecuada técnica constructiva.

III. Metodología

La metodología de trabajo se basó en la ejecución de:

- Cálculos comparativos de transmitancia térmica de los materiales utilizados en la zona: adobe, ladrillos cerámicos (macizos o huecos) y bloques huecos de hormigón.
- Cálculos comparativos del riesgo de condensación de esos materiales.

Para la ejecución de ambos se utilizan los software del Programa CEEMAKMEDPON.xls y CONDENSEA.xls, respectivamente. (Los programas computacionales fueron efectuados por el Dr. Arq. Guillermo Gonzalo -1998- director del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente que funciona en el Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT).

También se recurrió al análisis de las siguientes variables:

- Materiales y dimensiones del cerramiento vertical: materiales y espesores de muros con que están construidas las viviendas, por orden de mayor cantidad: 1- Muro de bloques huecos de hormigón de 0,20 m de espesor; 2 Muro de ladrillos cerámicos huecos de 0,18 m de espesor; 3- Muro de ladrillos cerámicos macizos de 0,15 m de espesor; 4 Muro de adobes de 0,20 m de espesor. Se considera -en todos los casos- que los muros tienen ambas caras revocadas.
- Color de la envolvente: Dado que en la mayoría de los casos, las viviendas no están pintadas, se considera el color claro del revoque exterior y se toma para el cálculo el mismo valor de absorción para los distintos tipos de muros de manera de mantenerlo constante.

IV. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos se sintetizan en las siguientes tablas:

Material	Espesor (m)	Transmitancia térmica (K) (W/m ² °K)		Retardo (horas)	Amort.	Verifica K según Normas IRAM N° 11601
		Ver.	Inv.			
1- Bloque hueco de hormigón	-revoque exterior = 0,02 -bloque de H° = 0,20 -revoque interior = 0,02 -total = 0,24	1,64	1,64	5	0,19	NO verifica K invierno SI verifica K mínimo verano SI verifica K mínimo verano - color
2- Ladrillo cerámico hueco	-revoque exterior = 0,02 -lad. hueco = 0,18 -revoque interior = 0,02 -total = 0,22	1,74	1,74	3	0,34	NO verifica K invierno SI verifica K mínimo verano SI verifica K mínimo verano - color
3- Ladrillo cerámico macizo (común)	-revoque exterior = 0,02 -lad. común = 0,15 -revoque interior = 0,02 -total = 0,19	2,68	2,68	3	0,39	NO verifica K invierno NO verifica K mínimo verano NO verifica K mínimo verano - color
4- Adobe	-revoque exterior = 0,02 -adobe = 0,20 -revoque interior = 0,02 -total = 0,24	1,53	1,53	6	0,18	SI verifica K invierno SI verifica K mínimo verano SI verifica K mínimo verano - color

Tabla I: Cálculo de transmitancia térmica (K)

El orden del análisis de los distintos materiales corresponde a la preferencia de la población en el uso de los mismos.

El coeficiente de transmisión térmica K para cerramientos verticales lo establece la Norma IRAM N° 11601, según la zona bioclimática (Tafí del Valle = Zona Bioclimática III). Estos valores reflejan sólo la capacidad del material de acumular calor en los mismos, siendo mejor su almacenamiento en muros de grandes masas.

El único elemento constructivo (muro) que verifica todas las exigencias establecidas por las Normas IRAM es el construido con tierra cruda (adobe) a pesar de tener pequeño espesor; el resto de los elementos constructivos -salvo el muro de ladrillos cerámicos macizos- verifica el coeficiente K sólo en el verano y teniendo en cuenta un color claro (coeficiente adoptado de absorción color superficie exterior = 0,40).

Se observa en la Tabla I que el muro de adobe con un espesor mínimo de 0,20 m, tiene un retardo térmico de 6 horas, lo que se considera apropiado para el clima del lugar, donde las temperaturas bajan bruscamente desde la puesta del sol alrededor de las 18hs.

Material Espesor (m)	Transmitancia térmica (K) (W/m ² °K)		Verifica K según Normas IRAM N° 11605	Condensación superficial	Condensación intersticial
	verano	invierno			
1- Bloque huevo de hormigón (0,24)	1,64	1,64	NO verifica K mínimo NO verifica K recomendado NO verifica K ecológico	NO condensa.	SI condensa a nivel de muro cercano a la superficie externa
2- Ladrillo cerámico huevo (0,22)	1,74	1,74	NO verifica K mínimo NO verifica K recomendado NO verifica K ecológico	NO condensa.	SI condensa a nivel de muro cercano a la superficie externa
3- Ladrillo cerámico macizo (común) (0,19)	2,68	2,68	NO verifica K mínimo NO verifica K recomendado NO verifica K ecológico	SI condensa a nivel de superficie interior.	SI condensa a nivel de superficie interior y muro.
4- Adobe (0,24)	1,53	1,53	NO verifica K mínimo NO verifica K recomendado NO verifica K ecológico	NO condensa.	NO condensa.

Tabla II: Cálculo de verificación del riesgo de condensación.

Se observa que el muro de adobe es el único que no produce condensaciones superficiales ni intersticiales, este fenómeno se debe seguramente a la porosidad del material que al no tener pinturas ni revoques, mantienen sus poros libres.

En ninguno de los casos el espesor de los muros verifica el valor recomendado por Normas IRAM 11.605; sin embargo, cuando el espesor del muro de adobe es de 0,30 m sí verifica el K mínimo y el K recomendado.

En los casos 1- 2 y 3 se registra condensación intersticial, la que debe evitarse para asegurar la durabilidad del material y la correcta adherencia entre el muro, revoque y posterior tratamiento superficial.

V. Conclusión

Por lo expresado y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en éste y en estudios precedentes, se concluye que:

- a) El comportamiento termohidrófugo del adobe permite lograr ambientes confortables con bajo consumo energético (“70 % menor que el necesario para lograr idéntico confort con muros de ladrillos cerámicos macizos de 0,30 m de espesor” – Latina: 2001), esta característica lo hace apropiado para zonas climáticas como la estudiada, con grandes alternancias entre el día y la noche.
- b) Es necesario difundir los avances e innovaciones tecnológicas, relacionados con el material y elementos constructivos de tierra cruda;
- c) Incentivar e impulsar desde los centros de investigación su aplicación en programas oficiales de construcción de viviendas y edificios de uso público (puestos de salud, escuelas, comedores infantiles, etc.) como parte del equipamiento social del hábitat.

Resulta importante difundir los resultados de las investigaciones sobre el tema, a fin de lograr que los pobladores locales venzan los prejuicios ligados al material, para continuar y revalorizar las técnicas constructivas tradicionales.

Se considera que de este modo, tal como lo expresan Maldonado Ramos – Rivera Gámez: 2002, a través de experimentar mejoras en la composición y estabilización del material, de nuevos conceptos compositivos y estéticos, la tierra, material cuya pobreza no es más que aparente, puede convertirse en uno de los materiales relevantes de la Arquitectura del Siglo XXI, en todos los niveles y en todos los contextos...

Bibliografía

BARDOU, P. – ARZOUMANIAN, V. (1979): “*Arquitecturas de Adobe*”, Barcelona, España.

GONZALO, Guillermo (1998): “*Manual de Arquitectura Bioclimática*”, Tucumán, Argentina.

GONZALO, Guillermo y otros (2000): “*Habitabilidad en Edificios. Propuestas de Normas para Tucumán*”, Tucumán, Argentina.

GONZALO, Guillermo (1998): “*Programa computacional*” cedido por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Tucumán, Argentina.

LATINA, Stella Maris (2001): “*Construcción de Tierra, una Alternativa Contemporánea con un Viejo Material. Estudio Comparativo del Grado de Confort Térmico en Aulas de una Escuela de Tafí del Valle*”, Tucumán, Argentina.

MALDONADO RAMOS, L. – RIVERA GAMEZ, D. (2002): “*La Arquitectura Construida con Tierra en el Umbral del Siglo XXI*”, Trabajo publicado por el CIAT, Madrid, España.

EL PAPEL LIBERADOR DE LA NUEVA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN LA EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA ACTUAL

Luis Maldonado Ramos

Dr. Arquitecto
Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid
Codirector del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional - CIAT (Boceguillas, Segovia)

Palabras-clave

Líneas de investigación, nuevas aplicaciones, restauración

1. Nuevas exigencias para la arquitectura moderna

La transformación que supuso el Movimiento Moderno dentro de la arquitectura implicó un replanteamiento de la misma y empezó a suscitar una serie de cuestiones que hasta entonces se hallaban marginadas: la preocupación higienista, la importancia de alcanzar un nivel apropiado de confort en cuanto a la iluminación, ventilación, la adecuación a los espacios, a la función y uso, el problema de la vivienda mínima, etc. Esta evolución fue de tal alcance que todavía hoy en nuestros días se siguen manteniendo y utilizando estos principios del racionalismo.

Actualmente se está produciendo una segunda reconversión o un segundo replanteamiento de la arquitectura en el cual, una vez aplicadas las reformas del Movimiento Moderno, se están planteando nuevas exigencias que debería cumplir la arquitectura actual, siendo la adecuación de la construcción con tierra a estas nuevas exigencias el objeto de nuestra reflexión. Uno de los mayores defectos del planteamiento moderno fue el diseño recurrente y la adopción de un estilo homogéneo para todo tipo de países y todo tipo de climas. El concepto de globalización, en realidad, no puede aplicarse a la arquitectura ya que ésta no responde por igual a los factores determinantes en distintos países y lugares. Como consecuencia de ello, es un hecho importante que una serie de circunstancias habituales en la habitabilidad moderna, por lo menos en la europea, se estén replanteando hoy en día, suponiendo este proceso nuevas exigencias para la arquitectura. Está claro que estas nuevas exigencias no se definen con la perentoriedad con que tuvieron lugar las transformaciones posteriores a la Primera y la Segunda Guerras Mundiales en Europa, pero van creando poco a poco un lento goteo de descontento y también de ideas que acabarán por cuajar en la necesidad de hacer frente a esos nuevos deseos, que provienen tanto de la sociedad como de los arquitectos.

Entre los motivos de preocupación recurrentes se hallan:

- 1) El problema del coste energético
- 2) El carácter “no saludable” de los materiales modernos
- 3) Las repercusiones climáticas generales de la arquitectura moderna
- 4) El desarrollo sin control ejemplificado por la arquitectura de grandes bloques de viviendas
- 5) El carácter no reciclable de los nuevos materiales

Cuestiones importantes que se plantean actualmente en la arquitectura, por lo tanto, son la del almacenamiento y **reciclaje de residuos** y su transformación en nuevos materiales de construcción, pues evidentemente hasta ahora no se planteaba a la hora de diseñar un edificio qué era lo que iba a ocurrir cuando ese edificio se demoliera (aunque incluso existiera la posibilidad de aprovechar esos materiales). Otra cuestión importante es la que afecta al **equilibrio bioclimático**, tratando de evitar la contaminación y la destrucción del medio ambiente, pues este es en efecto un tema que está en la mente de todos.

Una cuestión relevante es la que afecta a los sistemas constructivos y al **control en el gasto energético**; hay que equilibrar el riesgo, controlar cuánto nos cuesta un nuevo material, un nuevo sistema constructivo, unos gastos de desplazamiento, lo que influye en el gasto energético, en el denominado coste mina-vertedero, es decir, desde que se inicia la extracción del material hasta la fabricación del material, el transporte del material, la puesta en obra del material, y la eliminación de ese material, cerrándose así el ciclo. Por último, pero no menos importante, existe un interés por la utilización de **sistemas** de alta tecnología **compatibles con el impacto estético** que se produce con la arquitectura (y las decisiones de escala urbana). Todas estas preocupaciones se enmarcan en los contornos más generales del concepto de “**desarrollo sostenible**” que cada vez abarca más ámbitos y se encuentra más difundido a escala internacional.

2. La aparición de la tierra como nuevo material en el contexto moderno

Si la sociedad continúa durante un tiempo en esta línea, pasaremos tarde o temprano a considerar colectivamente las ventajas de las energías renovables y de aquellos sistemas que garanticen la *arquitectura saludable* (como se le ha dado en llamar). Los nuevos materiales para conservar el patrimonio arquitectónico y la innovación en sistemas de construcción con objetivos sociales, es decir, en políticas de cooperación y desarrollo, se alían de forma fundamental para incentivar la cooperación con vistas al desarrollo entre los países. Pues bien, estas exigencias que plantea la sociedad a los nuevos arquitectos -y también a los nuevos estudiantes- están muy relacionadas con los materiales biológicos, es decir, entre otros, con **la tierra**. La tierra puede plantear una posible solución o competir con nuevos materiales que no resultan tan inocuos. Aporta ese carácter de material reciclable, de material de bajo coste energético, de material integrado en el

paisaje, de material respetuoso con el medio ambiente; se trata de un material que permite la reutilización y que puede desarrollarse a través de proyectos de investigación actualmente de forma muy fructífera en cooperación con otros países, aplicándose también en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el campo de la construcción con tierra, existe sin duda la necesidad de motivar a los alumnos a través del diseño, así como de explicarles las ventajas de los sistemas constructivos de tierra, y de esta forma intentar motivar al alumno para entrar en este mundo y plantear el uso de este material como posible e incluso necesario para la evolución de la arquitectura actual. La tierra tiene un futuro muy claro y muy inmediato. Para comprender mejor sus posibilidades, resulta útil reflexionar sobre otro material tradicional como la cal. En el caso de España, el uso tradicional de este material se había perdido, y se había perdido igualmente el oficio, se había perdido la técnica de aplicación, etc.; llegó sin embargo un momento en que por una necesidad social o administrativa se decidió proceder a recuperar el procedimiento tradicional, revocando con mortero de cal la fachada de los edificios restaurados, y hoy el sistema se haya firmemente implantado. Ocurre en estos casos que la necesidad impuesta desde la administración empieza a transmitirse a la empresa, al profesional, y así a lo largo de toda la cadena, y hoy en día, en España, la cal es un material que totalmente recuperado para la construcción. Podemos conseguir cualquier tipo de cal, como material industrial de uso común.

La trayectoria que recorrió la cal hasta su plena incorporación arquitectónica en el contexto actual es el espacio que intuimos que va a recorrer la tierra en el marco de la nueva realidad que señalábamos al principio. El Grupo de Investigación Nº 70 de la UPM, del que soy responsable, mantiene su actividad en el campo de investigación relacionado con el uso y las aplicaciones de la construcción con tierra, que tan ligada se encuentra a nuestro patrimonio antropológico, vernáculo e histórico. El grupo ha investigado con regularidad y profundidad en el campo de la construcción con tierra moderna y tradicional, tanto desde el punto de vista del estudio de las técnicas tradicionales como -en una línea cada vez más desarrollada- desde el punto de vista de las nuevas tecnologías y aplicaciones de la construcción con tierra actual.

Este planteamiento puede ser explicado refiriéndonos a dos líneas de investigación en las que el grupo trabaja, confiando en que durante el próximo seminario podamos contar ya los resultados de su desarrollo. Para ilustrar el posible futuro de ambas líneas de investigación recurriremos además a la exposición de sendos ejemplos de propuestas existentes hoy día en el ámbito español.

A. Una de ellas se basa en la utilización de un proceso industrial para la obtención de un material constructivo dado: el ladrillo sílico-calcareo, que se obtiene alterando el proceso habitual en la fabricación del ladrillo; si analizamos el proceso de definición del nuevo ladrillo comprobamos que tiene una similitud importante con el bloque de tierra comprimida y pensamos que puede ser interesante plantear la posibilidad de reconvertir este producto y esta maquinaria para la producción del bloque de tierra comprimida (BTC) o

incluso abrir una nueva línea de fabricación aprovechando la industria, la tecnología y la distribución existente.

Igual que en los casos de bloque de tierra comprimida, el material fundamental en el ladrillo es la tierra (silíceo), tierra que ahora se va a mezclar con un aglomerante, la cal, y esa tierra dosificada y mezclada con ese aglomerante es la que nos va a permitir fabricar diferentes piezas. En este caso existe ya el proceso industrializado, completamente automatizado desde el origen, incluyendo la tierra y el aglomerante, hasta el propio prensado y curado, aunque este proceso supone un gasto energético añadido (el curado). Se trata de que la producción tenga lugar de una forma acelerada, controlada, para obtener así el máximo rendimiento en todo este proceso, como es propio del proceso industrial, acortando tiempos.

Los componentes van a la prensa, y luego directamente a las cámaras de curado, configuradas como grandes túneles donde entran las piezas y en donde se produce una atmósfera adecuada de vapor de agua. Estas condiciones nos recuerdan en parte al fraguado del hormigón, al menos en cuanto al sistema de elaboración de piezas prefabricadas. La ventaja de estos sistemas es que al estar automatizados se puede controlar todo el proceso, obtener una calidad uniforme de las piezas y cumplir con las exigencias en cuanto al material que plantea la norma española, así como las oficinas de control técnico que son las que luego, de hecho, tendrán que aceptar el sistema.

Las piezas ya curadas se almacenan, y el proceso termina con un curado al aire apropiadamente protegido. Esta reutilización de un sistema industrial existente es la base de uno de los trabajos que estamos desarrollando, el cual permitiría en el futuro la creación de un sistema industrial propio para la obtención de bloques de tierra comprimida.

B. La segunda línea de investigación en la que estamos trabajando está relacionada con el patrimonio histórico, y más concretamente con la conservación y restauración de este patrimonio. En España tenemos una realidad diferencial muy importante que es la constituida por el patrimonio construido con tierra, fundamentalmente de herencia hispanomusulmana. Existen dos grandes ámbitos propios de este tipo de patrimonio: el patrimonio arquitectónico popular -estamos ya en una fase en la que el desarrollo cultural y económico impone su conservación y su mantenimiento- y el patrimonio marcadamente histórico del que las murallas y alcazabas musulmanas son una muestra especialmente relevante.

Este proyecto pretende desarrollar, a partir de los morteros industriales existentes, una serie de productos que puedan ser utilizados para la restauración de edificios históricos construidos con tierra. Las empresas del sector tienen catálogos de morteros adecuados para la restauración, reparación, incluso para la reintegración de materiales diversos, pero no disponen de aquellos que podrían ser utilizados precisamente en el tratamiento de la arquitectura de tierra. Aquí nos encontramos con la posibilidad de investigar al mismo

tiempo en el ámbito tradicional (en parte perdido ya para nosotros) y en el ámbito industrial (que puede proporcionar nuevas soluciones si se orienta adecuadamente la búsqueda de resultados con un fin concreto, en este caso la arquitectura de tierra).

Para justificar la necesidad del desarrollo de este proyecto, acudamos al estudio de un importante intervención de gran repercusión en el ámbito español, la restauración del castillo de Toral de los Guzmanes, obra de los arquitectos Eloy Algorri y Mariano Vázquez Espí. El castillo se halla en la zona de León, es de origen cristiano y se halla compuesto de tapial como técnica dominante. Aquí se trató no solo de una cuestión de material de construcción sino de una cuestión importante de adecuación de los medios auxiliares disponibles para la aplicación y mejora de la técnica tradicional del tapial.

La fortaleza había sufrido un proceso de degradación dilatado en el tiempo, y se encontraba en un estado que hacía urgente la intervención y sobre todo la toma de decisiones de proyecto que afectaban a la “autenticidad” del mismo, hecho insoslayable si es que se quería salvarlo. La actuación de los arquitectos supuso la recuperación de las zonas más afectadas del castillo utilizando las técnicas tradicionales de construcción con tierra, sobre todo en lo referente a la fabricación y puesta en obra del tapial.

Al analizar el trabajo de estos arquitectos, lo que se plantea por encima de todo es que no existe ninguna recomendación para la utilización de la técnica del tapial, ni materiales preparados, ni se dispone de información apropiada generada por intervenciones o actuaciones parecidas; cuando los arquitectos se plantearon la intervención en estos edificios tuvieron que iniciar el trabajo de investigación desde cero, enseñando a los operarios los sistemas tradicionales y fabricando sus propios materiales, a través de un período de experimentación que no excluyó la asesoría de artesanos o campesinos que alguna vez fabricaron tapial.

Si tenemos en cuenta los resultados enormemente positivos de este precedente, veremos que nos encontramos ante un momento propicio para idear una posible vía para industrializar la tierra, estabilizándola, y para aprovechar la maquinaria actual en el proceso de su fabricación. La tierra, estabilizándola o aditivándola, puede responder a las necesidades de distintos climas y tipos de edificios.

A través de los proyectos de investigación del Grupo N° 70 de la UPM queremos que todo el proceso de caracterización y fabricación del material, recogiendo estas experiencias y viendo las capacidades de la industria, empiece a ser una realidad mucho más efectiva y general, desarrollando recomendaciones acerca de cómo intervenir correctamente en los numerosos ejemplos existentes aún de patrimonio arquitectónico construido con tierra, ya sea en tapial o en adobe, lo que deberá ser afrontado de cualquier manera en un futuro próximo. Ciertamente es que cuando se empieza es cuando se tienen problemas básicos como por ejemplo estabilizar de modo adecuado la tierra.

De hecho, en el caso de Toral de los Guzmanes, uno de los problemas que tuvieron los arquitectos fue el de la de la rapidez de la ejecución, es decir, cuando va siendo depositado, el tapial debe ir ofreciendo resistencia. El sistema fue de ejecución más rápida que el tradicional, y ocurre que las tapias de abajo pueden no haber aguantado para soportar las de arriba; si se acelera industrial o mecánicamente el proceso, el tapial podría responder más efectivamente, controlándose la resistencia que van aportando las tapias de abajo para saber si hay resistencia suficiente para aguantar el peso de las tapias de arriba, dado que este es un proceso que se dilata en el tiempo.

El problema de instalación de los encofrados a cierta altura, la utilización de martillos neumáticos para conseguir una buena compactación, existen una serie de campos en los que la “modernización de la construcción tradicional”, por llamarlo de algún modo, constituiría un avance decisivo en la intervención en el patrimonio. Hay que adaptar la maquinaria a las condiciones del tapial y recuperar técnicas de encastrado a la tapia real para conseguir la protección; la tierra como material de construcción tiene una resistencia, como se está comprobando a menudo, incluso superior a materiales modernos, aunque depende de un adecuado índice de conservación y mantenimiento.

La necesidad de desarrollar un plan de control que garantice las condiciones apropiadas durante la puesta en obra de la tierra resulta evidente hoy en día; nuestro objetivo a este respecto debe ser lograr que el mantenimiento y la conservación de los monumentos construidos con tierra se alarguen en el tiempo. Una vez que se consiga normalizar el proceso en el tratamiento del material tierra, se podrá generalizar la aplicación de recomendaciones prácticas y técnicas que aún tardarán un tiempo en ser interiorizadas por la práctica de la restauración. En el caso de Toral de los Guzmanes fue preciso echar mano de soluciones diversas y recursos originales, lo que en última instancia demuestra que el ingenio siempre ayuda a resolver los problemas puntuales; pero está claro que para poder universalizar el empleo y el tratamiento correcto de la tierra necesitamos disponer de un corpus de prácticas suficientemente consagradas y un costumbre adquirida en el trato con el material. Para lograrlo, el único modo viable es la industrialización, aun cuando se trate de una industrialización orientada y selectiva.

Finalmente, y como conclusión de esta breve exposición indicativa de la situación en España, nuestro grupo de investigación de la UPM se mueve por lo tanto entre las coordenadas que consideramos fundamentales para la extensión y el desarrollo del trabajo con la tierra. Por una parte, la experimentación con nuevos procesos industriales, con materiales modernos e industriales de nueva fabricación; por otro lado, la recuperación de materiales y técnicas tradicionales que impliquen al yeso, la cal y por supuesto las diversas fábricas y técnicas de construcción con tierra tradicionales y modernas que tengan como objetivo la restauración del patrimonio arquitectónico.

EXPERIENCIA DE CUBA EN EL DESARROLLO Y APLICACION DE BLOQUES PRENSADOS MACHIHEMBRADOS DE SUELO CEMENTO

Nelson Navarro Campos

Ingeniero Civil, Especialidad Estructuras, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería Civil del ISPJAE, Investigador Titular del Centro Técnico de Viviendas y Urbanismo, CTVU, del Instituto Nacional de la Vivienda, MICONS.

CTVU, Calle Tulipán esquina a Factor, s/n, Nuevo Vedado, Plaza, Ciudad de la Habana, Cuba.

Teléfonos (537) 8813599, 8816779. Email : nnavarro@ctvu.cu

Resumen

Antecedentes y situación actual del uso de la tierra como material de construcción en Cuba, en particular para viviendas. Condiciones socio – culturales y técnico – económicas y las tecnologías constructivas preferidas. La albañilería estructural (Obras de Fábrica) con bloques compactados machihembrados de suelo cemento, con junta seca. Parámetros característicos de los suelos considerados aptos para estabilizar por compactación mediante compresión mecánica y adición de cemento. Experiencia del Cemento Puzolánico CP – 40 con tecnología nacional del Molino MB – 60. Efectos de la adición de cal. Humedad Optima mediante los Ensayos Proctor, CBR y mediante la máquina bloquera utilizada en cada caso. Emisión de Instrucciones Técnicas como documentos normalizativos del diseño, la producción y los trabajos de construcción. Soluciones de diseño y técnico constructivas en paredes y en techos de bóvedas. Experiencias del Proyecto 10 x 10 y diseños para ser aplicados en el Proyecto 20 x 1000, ambos de Subprograma XIV Habyted – CYTED. Participación del Proyecto PROTERRA.

Palabras Clave

Construcción con tierra, Viviendas de bajo costo, Bloques de suelo – cemento compactados y machihembrados.

Abstract

Antecedent and present situation of the use of soil as a construction material in Cuba, particularly for dwelling. Socio – cultural and technical – economic conditions and the preferable technologies. Use of masonry structure by soil cement compressed and locked blocks, with dry joints. Apt soil characteristics to be stabilized by compaction with mechanical compression and cement addition. Experiences on the Puzzolana Cement CP – 40 with National Technology by the MB – 600 Mill. Lime addition effect. The optimum water quantity for the soil mix, determine by the Proctor and CBR Tests and by the Press used for the block production. Technical Instructions issued as documents for standardize design, production and construction works. Designs and technical constructive solutions for walls and arched roofs. Experiences from the 10 x 10 Project and designs for the 20 x 1000 Project, both for the XIV – 5 Project, HABYTED – CYTED: “Con techo”. PRPTERRA Project participation.

Keywords

Soil as construction material, soil – cement compressed and locked blocks, low cost dwellings.

Antecedentes y situación actual

El desarrollo de técnicas constructivas precolombinas en Cuba, no alcanzó los niveles conocidos que tuvieron lugar en el continente americano, donde llegan hasta nuestros días importantes construcciones de esa época empleando la tierra como material, habiéndose continuado su aplicación y desarrollo,

constituyendo un importante elemento del patrimonio cultural de sus pueblos.

De las Cuebas Toraya (2001:1) cita a Fray Bartolomé de las Casas, Historia de las Indias, 1550: “Las casa son de madera y paja muy luengas y delgadas, hechas del modo de una campana, por lo alto angostas y a lo bajo anchas, para muchas gentes bien capaces dejan en lo alto un respiradero por donde salga el humo y encima unos caballetes o corona muy bien labrados y proporcionados”.

Durante el período colonial (siglos XVI al XIX) se introducen paulatinamente técnicas constructivas de tierra armada (bejucos recubiertos con barro amasado con hierbas), tapial, mampuestos, albañilería y la sillería, esta última principalmente en fortalezas militares, iglesias y edificios públicos.

En la primera mitad del siglo XX, época de la República, toma auge el empleo de los “nuevos materiales” con el Cemento Portland y el acero, combinados en el Hormigón Armado, junto con la albañilería de ladrillos de arcilla cocida. El uso de la tierra en forma directa como material de construcción pierde terreno y “prestigio social” por lo que técnica y culturalmente fue quedando rezagado, en términos generales.

En la segunda mitad del siglo XX, época de la Revolución, se produce un auge significativo de las construcciones en todas sus manifestaciones: viales, hidrotécnicas, edificaciones, etc. En ellas, y en especial en las edificaciones, se centra el desarrollo en tecnologías de prefabricación y montaje de componentes de hormigón armado y pretensado.

Una caracterización, aunque quizás extrema, de esa situación se puede citar de (Matamoro 1998:17), que plantea: “.....El modelo de desarrollo constructivo basado en la prefabricación pesada que impusieron la rigidez de las soluciones y su difícil explotación y mantenimiento, implicó un alto consumo de cemento y acero así como el empleo de maquinaria compleja con la concebida dependencia del petróleo. Por añadidura el desmantelamiento de la industria artesanal de materiales de construcción y la pérdida de las habilidades en los oficios tradicionales, trajo como consecuencia la falta de adecuación al contexto natural y construido, la fealdad e infuncionalidad en la arquitectura nacional, por no hablar de la mala calidad constructiva y los elevados costos en el ámbito económico, no obstante la solución cuantitativa al déficit habitacional fue importante y marcó un ritmo de producción sin precedentes.

Paradójicamente la crisis económica desencadenada en la postrimería de los años 80, puso en peligro el desarrollo alcanzado hasta entonces, pero brindó la oportunidad de repensar el modo de seguir adelante en el desarrollo del hábitat y su mejoramiento integral. Surge entonces el programa de bajo consumo como respuesta para mantener y hasta incrementar la construcción de viviendas. Tal como se ha señalado por otros autores, la búsqueda y rescate de técnicas y materiales de construcción tradicionales ha sido uno de los aspectos más positivos en la implementación de ese programa. Y en este nuevo andar la tierra o suelo (como término más frecuente en el vocabulario técnico nacional) se volvió a utilizar como material de construcción,

práctica perdida en el tiempo que ha dejado no pocos testigos de una arquitectura apropiada funcional y constructivamente”.

Aunque se ha demostrado que las técnicas de prefabricación no fueron las responsables absolutas de los malos resultados cualitativos en el diseño arquitectónico y urbanístico y si proporcionaron un importante aporte cuantitativo, principalmente en viviendas, es cierto el alto costo en recursos materiales y energéticos que implicaron. La coyuntura económica de los años '90 del pasado siglo, condujo a un auge súbito y a escala nacional de las construcciones con tierra, mas que aceptadas socialmente, “toleradas” ante las limitadas alternativas que el momento imponía, ya que si bien los más necesitados de viviendas recurren a las soluciones conocidas de cualquier improvisación, la entienden como temporal y aspiran a que su vivienda “definitiva” sea según la tradición de materiales socialmente reconocidos (paredes de ladrillos de arcilla cocida o de bloques de hormigón, techos y entrepisos de losas u otros elementos de hormigón, etc.) por considerarlos seguros y duraderos y de “alto estándar constructivo”.

En estas condiciones, técnicas como el embarrado, el tapial o el adobe no tenían las mejores oportunidades en el referido momento de la década de los años '90 del pasado siglo, en que la coyuntura económica hizo retomar las técnicas de menor costo, principalmente de menos consumo energético, se impuso entonces el ladrillo macizo de suelo cemento compactado sustituyendo al tradicional ladrillo de arcilla cocida y al bloque de hormigón, ambos de mayor consumo energético, pero dentro de la misma tecnología de la albañilería tradicional (Obra de Fábrica) o más avanzado aún, con bloques prensados de suelo cemento de unión machihembrada, al eliminar la junta húmeda de mortero.

Con estos elementos se construyeron en esa década viviendas de 1 y de 2 niveles en Cuba y también en Jamaica y en Colombia, mediante acuerdos de cooperación, en todos los casos con buenos resultados, aunque necesitando de maduración en cada localidad o región, para constituirse como técnica constructiva de pleno dominio.

LOS BLOQUES MACHIHEMBRADOS DE SUELO CEMENTO COMPACTADO

El diseño de estos bloques, tuvo en nuestro caso como antecedente las soluciones que aplica el Arq. Raúl Sánchez Mora, en Cuernavaca, México. En Cuba se realizaron algunas adecuaciones geométricas en los nervios y ranuras, aplicando los criterios y evaluando su capacidad resistente al cortante, de gran importancia en zonas sísmicas y de fuertes vientos, según los trabajos teóricos y prácticos desarrollados por el autor, adecuándolas a las particularidades del caso, (Navarro 1986), pero manteniendo las dimensiones generales de 350 mm x 175 mm x 100 mm y añadiéndole dos huecos circulares para posibilitar la colocación de refuerzo vertical, necesario en casos de grandes cargas horizontales.

Se diseñó una nueva máquina de producción, de compresión en una dirección y compactación del 37.5 % de

reducción del volumen. Primeramente de acción manual para la producción de un bloque en cada aplicación, resultando una capacidad del orden de 350 bloques por jornada de 8 horas brutas con 2 operarios. Por el carácter de unión sin junta de mortero (junta seca) resulta determinante la estabilidad en el grueso de los bloques (de 100 mm en este caso) lo que se logra con el mecanismo particular de la máquina. Este equipo se registró con la Marca Guamá. Véase la [Figura No. 1](#).

En el proceso de reintroducción masiva y repentina a escala nacional de las técnicas de construcción con tierra, en las circunstancias y condiciones ya explicadas, resultó necesario emitir una Serie de Instrucciones Técnicas con carácter de documentos normalizativos para ordenar, orientar y respaldar los trabajos de diseño, producción y ejecución de las obras de construcción usando el suelo como material fundamental. Este fue uno de los resultados del intenso trabajo y responsabilidades que le correspondió a la Comisión Nacional para el Desarrollo y Aplicación de los Suelos Estabilizados. CODASE, que fue presidida por el autor de este trabajo. Entre ellas la IT-09-91: “Bloques Machihembrados de Suelo-Cemento”, que en esos momentos se les llamó Machimbloques, (Navarro 1991) estableciendo el diseño geométrico y las características físico-mecánicas de esos elementos.

En cuanto al material suelo-cemento, en todos los aspectos del diseño de las mezclas, tales como granulometría del suelo, la cantidad de agua, la proporción de cemento, el batido, etc. se siguieron los procesos clásicos con los parámetros conocidos y los ensayos correspondientes, por lo que no se considera necesario exponerlos aquí. En este sentido resultó muy útil la Serie de Instrucciones Técnicas de la CODASE, así como otras informaciones normalizativas de referencia, entre ellas destaca las Recomendaciones para Elaborar Normas, emitidas por la Red Habiterra (CYTED. Red Habiterra 1995: 93 - 110).

Se pueden destacar algunos aspectos particulares, como los estudios de durabilidad de los elementos de tierra compactada y estabilizada con cemento y cal, (Acosta 2000: 80), así como del contenido óptimo de humedad en la mezcla determinada con la energía y forma de compactación de la misma máquina bloquera a usar en la producción (Acosta 2000: 76 - 79), en lugar de los ensayos clásicos de Proctor y CBR. El ensayo con la máquina bloquera requiere el mismo rigor que los ensayos en el laboratorio, además de los equipos complementarios, por lo que no se les puede confiar al personal de producción ni a sus condiciones de trabajo, lo que constituye una limitación práctica. Su utilidad estaría en que responde a la energía real de compactación y a la forma de su aplicación, en general diferente a las de los ensayos clásicos citados. Este es también un tema conocido y discutido en el ámbito de aplicación de estas técnicas.

Otra particularidad, que puede resultar de interés, es la aplicación del aglomerante CP – 40 de cal – puzolana, en sustitución total o parcial del Cemento Portland Norma.

Cemento puzolánico CP – 40

Se presenta aquí este aglomerante por sus buenos resultados como estabilizador de los elementos compactados de suelo cemento. Aunque Cuba cuenta con una capacidad instalada para la producción de Cemento Portland Normal del orden de las 3.5 millones de toneladas la año, se ha desarrollado el aglomerante CP – 40 como una solución alternativa de muy bajo costo e ideal para trabajos de albañilería, fabricado en base a una mezcla de cal hidratada y puzolanas. Se emplean las cenizas de paja y de bagazo de la caña de azúcar y de la cascarilla del arroz como fuentes de puzolana, de las cuales se dispone de grandes cantidades, con el necesario grado de puzolanicidad, por lo que constituye una alternativa económica y ecológica de materia prima para esta producción.

Igualmente, las investigaciones demuestran que la cal hidratada es adecuada para la fabricación del cemento CP – 40, siempre que el contenido de CaO esté por encima del 40 %, para poder activar completamente la puzolana. También se estudió con resultados satisfactorios, el empleo del cieno residual de la producción de acetileno como fuente mas barata y de menor consumo energético que la cal. Como referencia para estos aspectos se puede atender a la Norma ASTM 618 – 78.

La tecnología de producción se basa en los Molinos de Bola CM - 600 y CM – 1000, también desarrollados en el Centro de Investigaciones y Desarrollo de las Estructuras y Materiales, CIDEM, de la Universidad Central de las Villas, Cuba, (Martirena 1995). Este molino responde a los criterios de producción a pequeña escala, la que puede ser en un orden desde 1 hasta 5 toneladas diarias. Entre las principales características y propiedades del Cemento CP – 40 se pueden citar:

- Mezcla puzolana / cal en el orden de 70 % y el 30 % respectivamente (en pesos), variando con las propiedades de los componentes, pero nunca con menos del 20 % de cal
- Tiempo de fraguado inicial: máximo 2 horas y final: máximo 24 horas.
- Finura, por Ensayo Blaine entre 2000 – 3000 cm²/gr, o por retención en el Tamiz No. 200 ASTM, máximo el 10 %, a obtenerse en un tiempo de molienda de unos 50 – 70 minutos.
- Resistencia a la Compresión Simple, estudiada en especímenes de 40 mm x 40 mm x 160 mm de mortero con dosificación árido/cemento de 3/1, y considerando la Indian Standard IS 4098, los resultados mínimos deben satisfacer los 2 MPa a los 7 días y los 4 MPa a los 28 días

El CP – 40 puede ser mezclado con Cemento Portland Normal para aumentar la resistencia a la compresión y además la laborabilidad de la mezcla entre otras. Con adiciones del 50 % se han alcanzado resistencias a la compresión de hasta 20 MPa a los 60 días

El campo de aplicación recomendado con preferencia es los trabajos de albañilería en dosificaciones entre 2/1 a 4/1 (árido / cemento) y en la estabilización de ladrillos y bloques de suelo cemento, que corresponde

precisamente al caso que nos ocupa. En diferentes proporciones de mezcla con el Cemento Portland puede tener una amplia aplicación, sirviendo incluso como plastificante de la mezcla, retardador del fraguado.

El costo del Cemento CP – 40, factor principal de su razón de ser, está en el orden de un 60 % a un 70 % del costo de producción del Cemento Portland Normal, lo que justifica su empleo aún cuando se requieran proporciones mayores en la mezcla. En la producción de los Bloques Machihembrados se han obtenido resistencias a la compresión de hasta 6 MPa con relación suelo / cemento de 10/1, constituida la parte del cemento con una sustitución del 80 % del Cemento Portland por el CP – 40, en términos volumétricos. Esto es, una parte de Cemento Portland por cada cuatro partes del CP – 40 y de esta mezcla una parte por cada diez de suelo. Se entiende que esta información constituye sólo una referencia, pues en cada caso particular dependerá de todos los otros factores, como se conoce.

Construcción de paredes con los bloques machihembrados

La práctica constructiva con estos elementos tiene la gran ventaja de la rapidez que implica la junta mecánica seca, pero requiriendo de un tratamiento cuidadoso y con rigor técnico en el replanteo y colocación de la primera hilada. En todos los caso se parte del hecho de que la máquina productora de los bloques y su operación, proporcionan elementos con las dimensiones precisas dentro de su reducido límite de tolerancias, necesario para poder realizar un montaje satisfactorio de las paredes.

La primera hilada se coloca sobre la superficie terminada (bien nivelada) de la zapata o cimentación corrida, según el diseño que haya requerido el terreno de emplazamiento de la edificación, como albañilería tradicional, con junta húmeda, sobre un mortero de asiento. Esta primera hilada de bloques debe ser convenientemente impermeabilizada, para evitar la ascensión por la pared de la humedad por capilaridad. A partir de esta hilada el proceso de montaje es muy simple, guiado por el sistema de ranuras y nervios de los bloques, cuidando de mantener la verticalidad y las soluciones de esquinas y encuentros de paredes, donde será necesario introducir mitades de bloques para mantener la colocación a “mata junta”. El adiestramiento para adquirir la habilidad necesaria es muy simple, por lo que el trabajo se realiza por personal elementalmente calificado, supervisado y dirigido por un Maestro de Obras. La [Figura No. 2](#) muestra las paredes de una vivienda de 69 m² de superficie, levantadas en uno y medio día de trabajo (12 horas) por tres personas.

El nivel superior de las paredes se corona con una viga de cierre continua, que da unidad funcional al trabajo estructural y constructivo de las paredes, además de salvar los vanos sobre puertas, ventanas y otros. En nuestro caso es usual hacerla de hormigón con armado mínimo, solución usual en las edificaciones de albañilería.

Otras soluciones, también con elementos de juntas mecánicas secas, por ejemplo (Mellace y otros 2002) siguen procesos constructivos semejantes.

Techos abovedados con bloques de suelo cemento

El material constructivo de mayor costo suele ser el acero, usado como refuerzo del hormigón para tomar las tracciones que este no es capaz de resistir. En el caso de las construcciones con tierra el uso del acero sería económicamente contradictorio, además de su incompatibilidad técnica como refuerzo de ésta, tanto desde el punto de vista de la necesaria adherencia como de la corrosión a que se vería sometido desde edades tempranas. Por estos motivos, entre otros que pudieran surgir de un análisis más exhaustivo, no es razonable proceder al techado de las viviendas a que nos estamos refiriendo, con paredes de bloques machihembrados de suelo cemento, con las tradicionales losas de hormigón armado, u otros componentes de igual material, como la de viga y losa, las viguetas y bovedillas, entre otras, aunque sean las de mayor arraigo en la población, con su crédito de una buena solución por segura y duradera. Particularmente, en el caso de Cuba las soluciones de madera, muy buenas para soporte de techos, resultan casi prohibitivas por la escasez de este material y cuando exista resulta entonces de lato costo. Si domina el factor económico, no se trata de “ahorrar” acero sino de evitar las tracciones en el funcionamiento estructural del techo. Con este fin es bien conocido desde la antigüedad la configuración racional de las soluciones arqueadas, que incluye las Bóvedas de Camón (con apoyos corridos en sus bordes longitudinales), trabajando transversalmente a compresión. En Cuba, aunque esta fisonomía constructiva no responde a la tradicional, tampoco tiene el rechazo que les dan otros pueblos por razones de asociarlas a configuraciones de construcciones funerales.

Así, se ha usado la solución de techos de bóvedas de configuración parabólica (asimilable en luces pequeñas a la catenaria antifunicular de las cargas gravitatorias), con los mismos bloques de suelo cemento de las paredes pero suprimiendo en la máquina las molduras que conforman las ranuras y nervios. O sea, no se trata en esta caso de la junta machihembrada, sino con mortero, sobre un cofre desplazable que garantiza la configuración diseñada, sin implicar la preocupación del albañil por ella. Al diseñar las bóvedas con flecha mínima, pueden ser ocultadas de la visual exterior con un pretil de altura usual, si es que se desea mantener la imagen mas común.

Resulta de importancia capital garantizar la total impermeabilización de las cubiertas, lo que se puede lograr por diferentes materiales y soluciones constructivas y con un mantenimiento regular en el tiempo. La [Figura No. 3](#) muestra una bóveda de este tipo durante la colocación de los bloques de suelo cemento por los albañiles. La [Figura No. 4](#) muestra una vista frontal de una vivienda aislada terminada.

En la materialización del Proyecto 10 x 10, del Proyecto XIV – 5: “Con Techos” de Habyted – CYTED, ejecutado en Cuba con financiamiento Estatal y asistencia técnica de varios países, participantes en ese

Proyecto, se construyeron dos viviendas con paredes de suelo cemento y una con techo de bóveda.

Otras aplicaciones y posible participación de Proterra

Ya se han realizado los diseños para la participación de Cuba en el Proyecto 20 x1000, como extensión del concluido 10 x 10, también del Proyecto “Con techo”, Habyted XIV – 5. Las [Figuras No. 5 y 6](#), muestran respectivamente las plantas y las elevaciones de uno de los diseños que emplean las paredes de bloques de suelo cemento, pero no ya los techos. Se trata, este caso, de edificaciones de dos niveles, que serán agrupadas en diferentes conjunto suburbano, convenientemente diseño y hasta la cantidad de 1000 viviendas, a construirse también con financiamiento estatal, como es prácticamente la totalidad de la vivienda social en Cuba y con variantes de soluciones constructivas de 20 países pertenecientes al CYTED, como aporte tecnológico.

Se entiende por nuestra parte, que una participación efectiva de PROTERRA pudiera ser la organización e impartición de cursos – entrenamientos (teórico – practico), para la capacitación en la producción de los bloques a tendiendo a las condiciones locales y la ejecución de las obras en sus partes correspondientes a su temática.

Bibliografía

ACOSTA VALLE, Cecilio (2000): "Estudio para determinar la capacidad de los suelos para la fabricación de elementos prensados de albañilería". Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

CTVU, Diseño de Viviendas (2003): "Caso representativo de vivienda biplanta, con paredes de bloques de suelo – cemento, para el Proyecto 20 x 1000 del Proyecto Con Techo, CYTED, HABYTED, Centro Técnico de Viviendas y Urbanismo, INV, La Habana, Cuba.

CYTED, Red Temática HABITERRA (1995): "Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de Adobe, Tapial y Ladrillo y Bloques de suelo – cemento". Ediciones E.G. La Paz, Bolivia

De las CUEVAS TORAYA, Juan (2001): "500 años de construcción en Cuba". Chavin, La Habana, Cuba.

MARTIRENA HERNÁNDEZ José F. y otros (1995): "El Cemento CP – 40. Fabricación y empleo". Centro de Investigaciones de las Estructuras y los Materiales, CIDEM, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba.

MATAMORO RODRIGUEZ, Idannis (1998): "Estructuras tradicionales de tierra en el centro Histórico de la Habana". Conferencia Internacional ECOMATERIALES y Habitat Sustentable, 23 al 27 de noviembre del 1998, ISPJAE, La Habana, Cuba

MELLACE, Rafael y otros(2002): "Sistema Constructivo Lamas". Centro Regional de Investigaciones de tierra cruda". I Seminario Iberoamericano de Construcción con Terra. Anais. Salvador de Bahía, Brasil.

NAVARRO CAMPOS, Nelson y otros (1991): " Suelo Cemento. Fundamentos de su aplicación en Cuba". Instituto Nacional de la Vivienda. La Habana, Cuba.

NAVARRO CAMPOS, Nelson (1991): "Instrucción Técnica IT - 09 – 91, Bloques Machihembrados de suelo cemento". Comisión para el desarrollo y aplicación de los Suelos estabilizados, CODASE. Instituto Nacional de la Vivienda, La Habana, Cuba.

NAVARRO CAMPOS, Nelson (1986): "Applicability of Analytical Models of Shear Joints in Precast Structures". Warsaw University of Technology. Faculty of Civil Engineering. Warsaw.



Figura 1. Bloques prensados machihembrados de suelo cemento y máquina bloquera Guamá



Figura 2. Paredes de una vivienda de 69 m² de superficie con bloques machihembrados de suelo cemento



Figura 3. Construcción de techo de bóveda de 3.60 m de luz con bloques de Suelo Cemento



Figura 4. Vivienda terminada de 69 m² con paredes de Bloques Machihembrados de Suelo Cemento Prensado y techo de Bóveda de Bloques de Suelo Cemento.

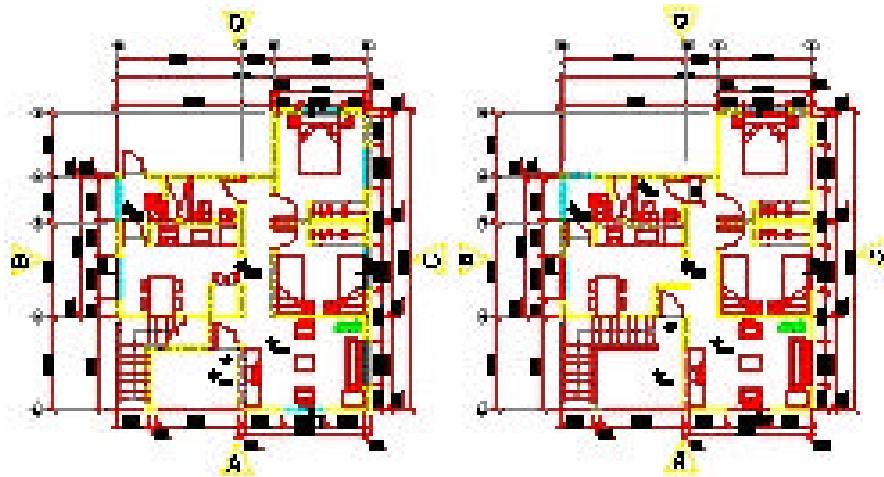


Figura 5. Planta de uno de los diseños de viviendas para el Proyecto 20 x 1000

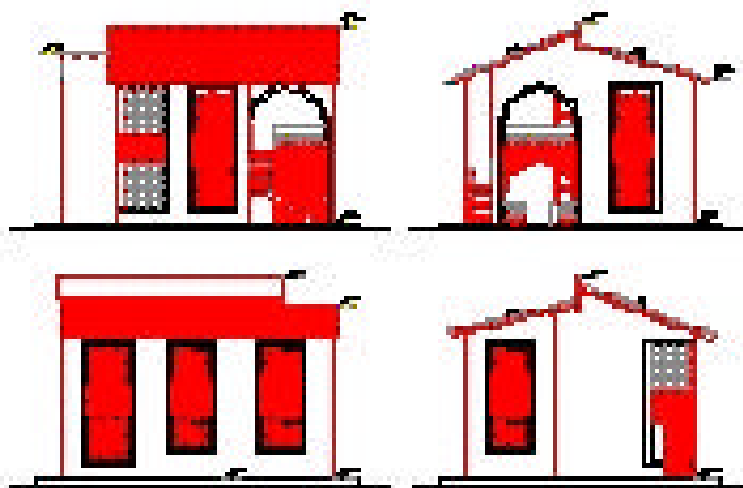


Figura 6. Elevaciones de la vivienda

APLICACIONES DE LA TIERRA ESTABILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL

Rosa Delmy Núñez de Hércules

Ingeniero Civil, Investigadora de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL

Correo electrónico: asesoriade@fundasal.org.sv

Resumen

En El Salvador, el déficit de vivienda y la precariedad de las construcciones en las familias de escasos recursos es apremiante. La Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, en su esfuerzo por facilitar el acceso a vivienda a los sectores menos favorecidos ha incorporado dentro de sus acciones, la investigación y aplicación de materiales alternativos de construcción, con principal énfasis en el uso de recursos locales.

El presente trabajo muestra algunos esfuerzos que se han realizado en ésta búsqueda, con la investigación de las cenizas volcánicas conocidas como tierra blanca, que son abundantes en nuestro país para ser utilizadas como material de construcción para la vivienda de interés social, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de la población.

Abstract

In El Salvador, house deficit and precariousness of constructions in low income families is alarming. The "Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima" (Salvadorean Foundation of Development and Minimum Housing) in its effort to facilitate house access to the less favored sectors has incorporated into its actions, the investigation and application of alternative building materials, with main focus on the use of local resources.

The present work shows some efforts that have been done in this searching, with the investigation of volcanic ash known as white soil, which is abundant in our country, to be used as building material for social interest housing, with the objective of improving the population living conditions.

Palabras clave

Ceniza volcánica, estabilización, vivienda social.

Key words

Volcanic ash, stabilization, social housing.

Introducción

El Salvador está situado en América Central, caracterizado por diversos accidentes geográficos, entre ellos la existencia de 21 volcanes en un territorio de 21,047 Km². Como parte de la actividad volcánica existen grandes proporciones de cenizas volcánicas o tierra blanca el cual es un recurso natural que se ha utilizado como material de construcción desde tiempos ancestrales en la vivienda de tierra, sobre todo en forma de tierra cruda.

Debido a la actividad sísmica que afecta el país, este material utilizado en la Construcción con Tierra en forma de adobe, ha resultado vulnerable por su poca resistencia y alta transmisibilidad de las ondas sísmicas, lo que unido a la mala práctica de construcción han sido las principales causas de daños en vivienda por los eventos sísmicos.

En un esfuerzo por mantener la cultura de construcción con tierra y mejorar la calidad de las construcciones, la FUNDASAL desde la década de los años setenta ha desarrollado investigaciones técnicas para transformar estas cenizas volcánicas en un material que pueda ofrecer mejores características para utilizarse en la construcción de viviendas de interés social.

Aspectos Generales

El uso de la tierra simple compactada como material de construcción data desde hace mucho tiempo, sin embargo presenta algunas limitaciones en su aplicación ya que su resistencia mecánica es reducida, es vulnerable a la humedad y se erosiona por la acción de agentes externos.

Siendo las cenizas volcánicas un recurso predominante en El Salvador, las investigaciones han estado enfocadas a utilizar este recurso para la producción de elementos constructivos como ladrillos sólidos, bloques huecos, paneles, etc. mejorando sus características físicas y mecánicas por medio de un proceso de estabilización química a base de cemento y aplicando este material dentro de un sistema constructivo sismo resistente.

Las investigaciones técnicas han demostrado que la ceniza volcánica o tierra blanca estabilizada ó conocida como suelo cemento, posee cualidades que permiten utilizarla como materia prima para la fabricación de materiales de construcción, por tanto se traduce en una alternativa para la vivienda de interés social, incluso en procesos de auto construcción, lo que facilita el acceso a una vivienda segura a mayor número de familias.

Dentro de las aplicaciones del suelo cemento como material de construcción se encuentra la producción de bloques con equipo manual o hidráulico; el equipo a utilizar depende de la demanda diaria de material o de la magnitud de un proyecto. Otros materiales como paneles y ladrillos sólidos se producen en forma artesanal, con moldes metálicos y ofrecen la facilidad de poder fabricar los materiales el sitio, aprovechando los bancos de cenizas volcánicas del lugar.

Investigaciones realizadas

La FUNDASAL ha venido realizando investigaciones para la utilización de las cenizas volcánicas desde el año de 1972; desde entonces y con el apoyo de la Organización de Estados Americanos OEA, la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica GTZ y la Agencia MISEREOR de Alemania se han llevado a cabo

programas de investigación de materiales y experimentación práctica mediante la construcción de modelos a escala natural.

La investigación parte desde el estudio de las cenizas volcánicas en sus diferentes características, que dependen principalmente de la antigüedad y la procedencia de las mismas, posteriormente se analizan los materiales como elementos para determinar la características físicas y mecánicas y finalmente se construye al menos un modelo de vivienda a escala natural para evaluar parámetros de rendimiento y de costos reales de la solución.

En algunos casos, la fase de investigación ha dado como resultado nuevas propuestas de soluciones de vivienda y se ha dado el paso a la construcción de viviendas en serie en proyectos Institucionales, evaluando además otros parámetros técnicos comparativos como: tiempos de ejecución de cada técnica constructiva, facilidad de aplicación en procesos de auto construcción, costos reales, etc.

Las principales investigaciones realizadas se detallan en el cuadro siguiente:

CUADRO 1: Investigaciones desarrolladas por FUNDASAL con el uso de cenizas volcánicas estabilizadas.

MATERIAL INVESTIGADO	AÑO	EXPERIMENTACION	APLICACIÓN
1. Paneles de suelo cemento	1972 y 2000	2 módulos experimentales	2 viviendas
2. Bloque de suelo cemento	1978	1 modelo experimental	solo modelos
3. Bloque de pómez	1978	1 modelo experimental	14 viviendas solo modelo
4.			
5. Paneles de pómez	1979	1 modelo experimental	50 viviendas
6.			
7. Adobe estabilizado	1977	2 módulos experimentales	5 viviendas (año 2001)
8.			
9. Bloque hueco de suelo cemento	1989-1990	Pruebas en elementos	No aplicado
10. Losetas de concreto de pómez	1989-1990	Pruebas en elementos	No aplicado
11. Paredes coladas insitu de suelo cemento	1989-1990	Pruebas en elementos	4 viviendas
12. Sistema BENO con bovedilla suelo cemento	2000	1 modelo experimental	6 viviendas (año 2001)
13. Ladrillo sólido de suelo cemento	2001	pruebas en elementos	9 viviendas (año 2002)

Además de los programas de Investigación citados en el Cuadro No.1, FUNDASAL ha desarrollado Proyectos en el área urbana y rural con materiales a base de suelo cemento, utilizando sistemas constructivos

tradicionales como la mampostería confinada y el refuerzo integral; se han utilizado además tecnologías transferidas y que han sido adaptadas al país, como el Sistema BENO.

Ventajas y limitaciones de la tierra estabilizada (suelo-cemento)

- Ventajas:

La estabilización de los suelos mejora las características físicas del material para que pueda ser aprovechado en la fabricación de materiales de construcción..

Se aumenta la posibilidad del uso de recursos locales de los bancos de materiales existentes

Si existe un banco de material cercano, es factible la utilización de la técnica de suelo cemento, ya que se disminuyen costos de transporte y de la materia prima, por tanto el costo del material local es menor que el de un material convencional.

Posee durabilidad prolongada, aún en climas difíciles ya que se ha comprobado ampliamente que sus propiedades de resistencia aumentan con el tiempo.

La fabricación de los materiales puede realizarse en el lugar donde se utilizará.

El sistema de producción favorece el medio ambiente ya que no requiere de cocimiento con horno de leña.

- Desventajas:

El proceso constructivo de las viviendas requiere de mano de obra calificada.

Para la construcción de viviendas se requiere la utilización de elementos confinantes que aumentan el costo de la misma.

Para la estabilización de tierra se requiere de un costo extra por la utilización del cemento.

La construcción con tierra tiene la desventaja de la propensión a la humedad por lo que debe protegerse con un revoque, el cual a su vez requiere de técnicas especiales para su adherencia.

Se debe contar con la tierra apropiada y se presentan muchas variaciones en cada lugar, por tanto se debe analizar previamente cada banco de material para dosificar el cemento.

Experiencias en la construcción de viviendas de interés social

La FUNDASAL ha mantenido un interés constante por masificar el uso del suelo cemento para la construcción de viviendas de interés social, por lo que además de los programas de investigación se han desarrollado proyectos piloto con este tipo de materiales.

Algunas de las experiencias realizadas son las siguientes:

Proyecto de construcción de viviendas con sistema bloque de pómez:

- a. El proyecto Lamatepec se desarrolló en la zona Occidental del país, en la Ciudad de Santa Ana. En el lugar se encuentra un banco de material de escoria volcánica conocido como cascajo blanco y por la granulometría del material se diseñó como solución un bloque hueco de concreto liviano de pómez, que estabilizado con cemento ofrece buena resistencia y durabilidad.

Se construyeron 14 viviendas en un proyecto piloto y posteriormente las familias han replicado la solución habitacional, ya que cuentan con el recurso local y se utiliza una técnica tradicional de construcción, lográndose reducir costos. Después de 24 años, las viviendas se encuentran en perfecto estado.

Ver esquema en [Foto 1](#)

- b. Sistema de bloque hueco y ladrillo sólido de suelo cemento:

Las investigaciones con las cenizas volcánicas (arenas limosas) se iniciaron en el año de 1978; debido a la diferencia en los bancos de materiales, se continuó la investigación en el año de 1989. Fue hasta el año de 2001, con el apoyo de CYTED, que se logró finalizar la investigación y se han construido a la fecha 6 viviendas de bloque hueco de suelo cemento utilizando el sistema constructivo de refuerzo integral.

Con el ladrillo sólido de suelo cemento se han construido 21 viviendas, utilizando la técnica de construcción de mampostería confinada.

Con el uso de las cenizas volcánicas estabilizadas con cemento se pretende reducir el uso de ladrillo cocido, que tanto afecta al medio ambiente.

En la [foto .2](#) se muestra la experiencia de aplicación del suelo cemento.

c. Sistema BENO:

Con la idea de facilitar el proceso constructivo a las familias en los programas de ayuda mutua, se adaptó una tecnología desarrollada por el Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE, de Argentina, sustituyéndose la bovedilla cerámica que constituye la base de la placa BENO por una bovedilla de suelo cemento, utilizando las cenizas volcánicas.

Con este sistema se ha logrado reducir el tiempo de ejecución de las viviendas, reducir costos por la materia prima local, se produce de forma artesanal y en general presenta muchas ventajas para la vivienda social, tanto en el área urbana como rural.

En la [Foto 3](#) se muestra un modelo experimental que fue construido en el año 2000. Posteriormente se han construido 5 unidades más.

Consideraciones Finales

La ceniza volcánica o tierra blanca representa una opción para la vivienda social en E Salvador, ya que las experiencias muestran su factibilidad de aplicación, además satisface la demanda de utilizar recursos locales ya que se dispone de ellas en muchas áreas del país y se puede trabajar con medios sencillos.

La construcción con tierra estabilizada con cemento es un paso al desarrollo de las ciudades ya que se mejoran las condiciones de vida de la población con valores propios, tanto por el uso de recursos locales como por la aplicación con técnicas de construcción seguras y apropiables por las familias.

Con los materiales a base de suelo cemento se logra utilizar un material alternativo con una técnica tradicional de construcción, lo que facilita su aceptación por la población.

Bibliografía:

Núñez, Delmy (1999): “Materiales y Sistemas alternativos de construcción, la experiencia de FUNDASAL”, *Documento Técnico No.1 Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, El Salvador.*

Núñez, Delmy (2002): “Tecnología CYTED en la Reconstrucción de El Salvador”, *II Jornadas Iberoamericanas de Vivienda de Bajo Costo, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.*

Silva, Mauricio (1977): “Programa de investigación de Vivienda Popular”, *Quinto informe de avance.*

Zapata, Helena (1991): “Equipos para fabricar bloques de suelo cemento”, *Boletín ICPC, Colombia.*



Fotografía No.1: Vivienda con Sistema de Bloque de Pómez



Fotografía No.2: Vivienda con Sistema de Ladrillo de Suelo Cemento



Fotografía No3: Vivienda con el Sistema BENO

COMPORTAMENTO MECÂNICO E TÉRMICO DE PAREDES DE TIJOLOS PRENSADOS DE TERRA CRUA INCORPORANDO RESÍDUOS DE BORRACHA

Normando Perazzo Barbosa

nperazzo@lsr.ct.ufpb.br

Prof. dos Cursos de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB, e em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB

José Wallace Filho

wallace@deag.ufpg.br

Prof. do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Elisângela Pereira da Silva

eglisa@yahoo.com.br

Aluno do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB

Antonio Correia Braga

antfilho@yahoo.com.br

Aluno do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB

Resumo

Este trabalho trata da utilização de resíduo de borracha (Etilene Vinil Acetate – EVA), oriundos da fabricação de calçados, em tijolos de terra crua. Fez-se inicialmente ensaios de caracterização dos materiais empregados. Foram testadas combinações solo-borracha com o teor dos resíduos variando de 0 a 50% em relação ao volume de solo. Para o emprego do resíduo que se apresenta em forma de placas adotou-se a trituração em moinho rotativo para produzir partículas menores que 2,4 mm. No caso do resíduo em pó não houve nenhum processo de transformação. Como estabilizante foi usado o cimento em taxas de 6, 8 e 10% em relação ao peso do solo. Foram obtidas as resistências à compressão de tijolos prensados em uma pequena prensa manual, com diversas misturas. Com algumas destas misturas fabricaram-se tijolos com os quais foram moldados quatro painéis com cerca de 1m². Eles foram instrumentados com 5 extensômetros para acompanhamento das deformações e procedeu-se o ensaio de compressão simples. Também foram feitas duas paredes, uma com incorporação de EVA e outra sem, para comparação do desempenho térmico. Os resultados mostram que a medida que se aumenta o teor de EVA a resistência dos tijolos cai sensivelmente. Mais de 20% de incorporação é inconveniente. O comportamento das paredes foi satisfatório, porém com o equipamento utilizado não se consegue grande compactação do solo e por conseguinte as resistências não foram elevadas, porém satisfatórias para muros divisórios não estruturais. Do ponto de vista térmico, mostra-se que a incorporação de apenas 10% de borracha conduziu a uma diminuição de aproximadamente 5 °C em relação a parede de tijolos sem EVA, expostas às mesmas condições de contorno.

Palavras chave

Paredes de terra , resíduos de borracha, tijolos de terra crua, comportamento térmico

Abstract

This work shows results of incorporation of waste from Etilene Vinil Acetate – EVA produced by the local shoes industries in compressed earth blocks. A small press was used. The effect of the EVA on the strength is presented. Four 1 m² walls were tested in a Laboratory to see their behavior under load. Others walls were subjected to thermal analyses. Results shows the incorporating EVA the strength of the blocks goes down and more then 20 % is not recommended. Concerning thermal tests, the use of only ten percent of EVA in the blocks can reduce temperature in almost 5 degrees concerning the side of the wall that do not receive the radiation.

Key words

Compressed earth blocks, earth wall, EVA waste, thermal behavior

Introdução

O Estado da Paraíba, no Nordeste brasileiro, destaca-se no mercado nacional de calçados ocupando o quinto lugar em produção. Algumas dessas indústrias utilizam um tipo de polímero para fabricação de palmilhas e solados de calçados. O destino final dos resíduos gerados parece ser os lixões e aterros clandestinos. Esses resíduos consistem de restos de placas provenientes do processo de corte para fabricação do calçado e de um pó resultante da fase de acabamento. Uma maneira de livrar o meio ambiente desses materiais de todo inconvenientes é a sua incorporação em tijolos de terra crua, daí a elaboração deste trabalho.

Materiais e métodos

O solo utilizado apresentava as propriedades indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 Características do solo empregado

pedregulho	areia	Silte + argila	LL	LP	IP
0,3%	57,2%	42,5%	29%	22%	7%

Através do ensaio de proctor NBR 7182, foi possível determinar a umidade ótima de 16,8 % e a massa específica seca de 1,811g/cm³. O cimento utilizado foi o CP IIZ – 32 que apresenta até 14 % de pozolana. Os resíduos de EVA foram utilizados de duas formas: com granulometria que passa na peneira # 2,4mm e na forma em pó. Foram usadas no solo duas proporções de EVA em pó: 25% e 50% em volume para verificação do que ocorre com os limites de liquidez e de plasticidade. A Tabela 02 indica o resumo dos resultados.

Tabela 2 - Solo com EVA

Solo	EVA	LL	LP	IP
1	25%	24	16	8,0
1	50%	22	-	-

A resistência à compressão foi determinada aos 28 dias, sendo obtida através da divisão da carga de ruptura pela seção transversal do tijolo, descontando a área do furo que correspondia (a cerca de 11% da área bruta).

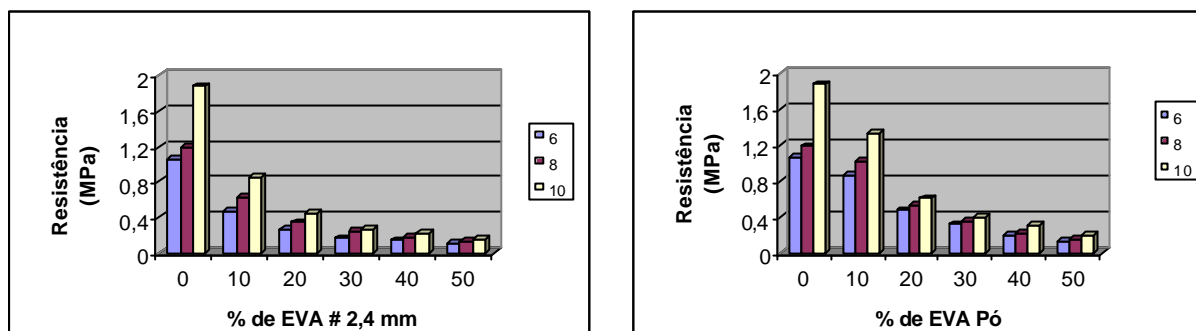
Foram construídas quatro paredes, classificadas de acordo com a mistura solo-cimento-EVA: Parede A: 10% de EVA e 10% de cimento, parede B: 0% de EVA e 10% de cimento, parede C: 10% de EVA e 6% de cimento e parede D: 0% de EVA e 6% de cimento.

Para o ensaio de verificação do comportamento térmico foram elevadas duas paredes uma de tijolos com 10% de EVA e outra sem EVA. Primeiramente verificou-se o comportamento térmico das paredes isoladamente. Depois as paredes foram postas uma atrás da outra, em série devido a dissipação de calor que ocorreu no primeiro ensaio. Para medir as temperaturas foram utilizados termopares conectados a um sistema

de aquisição de dados o datalogger CR 10X, o qual foi programado para coleta de temperatura a cada 5 segundos, sendo retiradas as médias a cada 30 minutos.

Resultados e discussões

A Figura 01 indica a resistência à compressão para os tijolos com EVA# 2,4mm (A) e em pó (B) respectivamente a medida que se varia o teor de borracha.



(A)

(B)

Figura 1 - Influência da porcentagem de cimento e do teor volumétrico de EVA

Observa-se que com EVA que passa na # 2,4mm houve uma diminuição da resistência à compressão dos tijolos maior que no caso em que se utilizou o EVA em pó. A simples adição de 10% de borracha que passa na # 2,4mm em volume faz cair pela metade à resistência dos tijolos. Para o caso do EVA em pó, taxas com 10% em diante conduzem a resistências muito baixas para elementos construtivos.

Estudo das Paredes

As paredes chegam a apresentar alturas diferentes em função da altura dos tijolos: os com borracha sempre eram ligeiramente mais altos. A espessura das paredes era de apenas 10 cm.

Ensaio da primeira parede (10% de EVA e 10% de cimento)

As curvas carga-deformação são vistas na Figura 2. Após o primeiro ciclo de carga correspondente a 18,7 kN/m praticamente não houve deformação residual, esta só aparecendo no segundo ciclo de descarregamento (após 31,5 kN/m). As deformações horizontais só são perceptíveis para cargas superiores à 12,5 kN/m do (primeiro ciclo) correspondente a aproximadamente 1/4 da carga de ruptura. Durante o ensaio observou-se que no primeiro e no segundo ciclo de carregamento e descarregamento não houve aparecimento de fissuras. Estas só foram detectadas a partir do terceiro ciclo quando se atingiu a carga de 37,5 kN/m correspondente a

30 kN. Com a carga de 46,9 kN/m cerca de 37,5 kN iniciou-se o processo de separação da parte superficial de alguns tijolos e a separação da argamassa do tijolo entre a quinta e sexta fiada da parte superior.

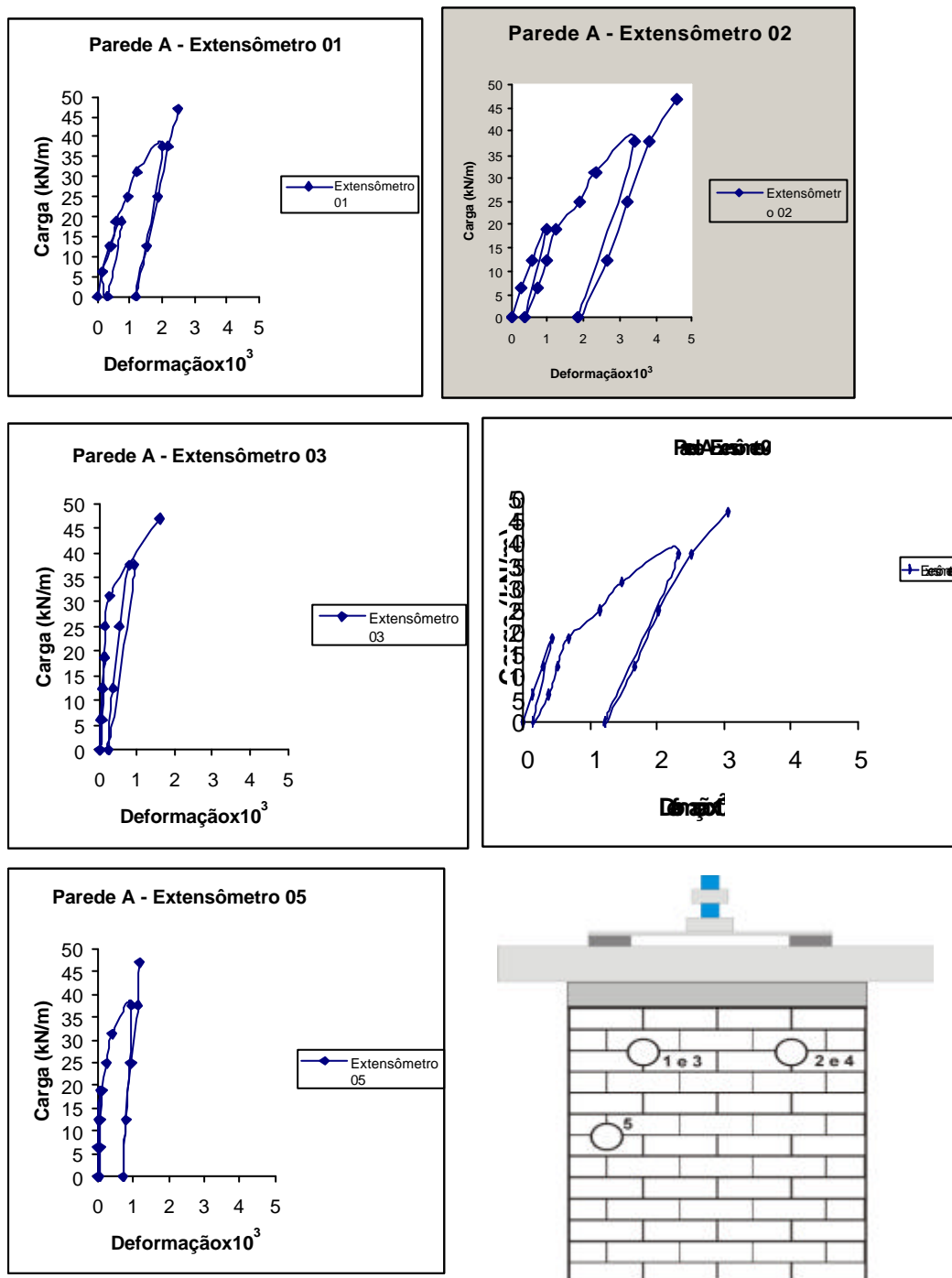


Figura 2 - Curvas carga deformação da parede A (10% de E.V.A com 10% de cimento).
Ensaio da segunda parede (0% de EVA com 10% de cimento).

Praticamente não houve deformação residual após o primeiro ciclo, as curvas do primeiro e segundo ciclo coincidiram. As deformações horizontais só são perceptíveis para cargas superiores a 25 kN/m, que

corresponde a aproximadamente a 1/3 da carga de ruptura. As primeiras fissuras foram vistas a partir de 65 kN/m, com o aumento da carga para 70 kN/m foi possível observar a propagação dessas fissuras até o centro da parede, porém apenas com a carga de 76,25 kN/m foi possível observar a separação entre tijolo e argamassa. É visível a menor deformabilidade desta parede (Figura 3) em relação a primeira que continha borracha.

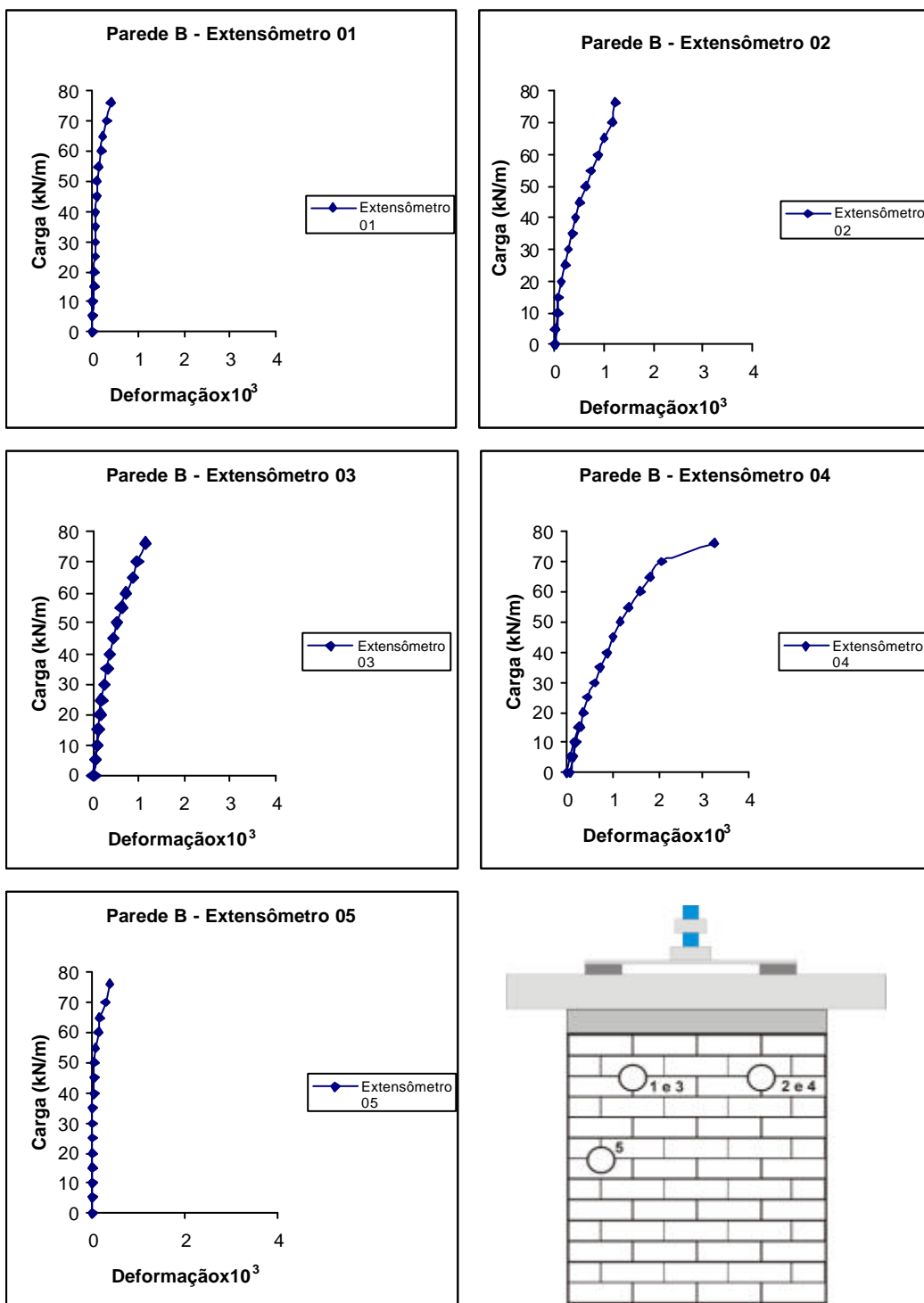


Figura 3 – Curvas carga deformação para parede B (0% de EVA com 10% de cimento).

Ensaio da terceira parede (10% de EVA e 6% de cimento)

Na Figura 4 percebe-se uma menor rigidez em relação à parede anterior. As deformações residuais são maiores. As deformações horizontais são perceptíveis para carga de 3,75 kN/m, correspondente a aproximadamente 1/4 da carga de ruptura. No ensaio foi possível visualizar as primeiras fissuras a partir do segundo ciclo. Elas ocorreram com carga de 15 kN/m. Com o aumento para 18,75 kN/m ocorreram fissuras em mais de um ponto da parede, inclusive com separação entre a argamassa de assentamento e o tijolo na de um ponto da parede, inclusive com separação entre a argamassa de assentamento e o tijolo na parte superior.

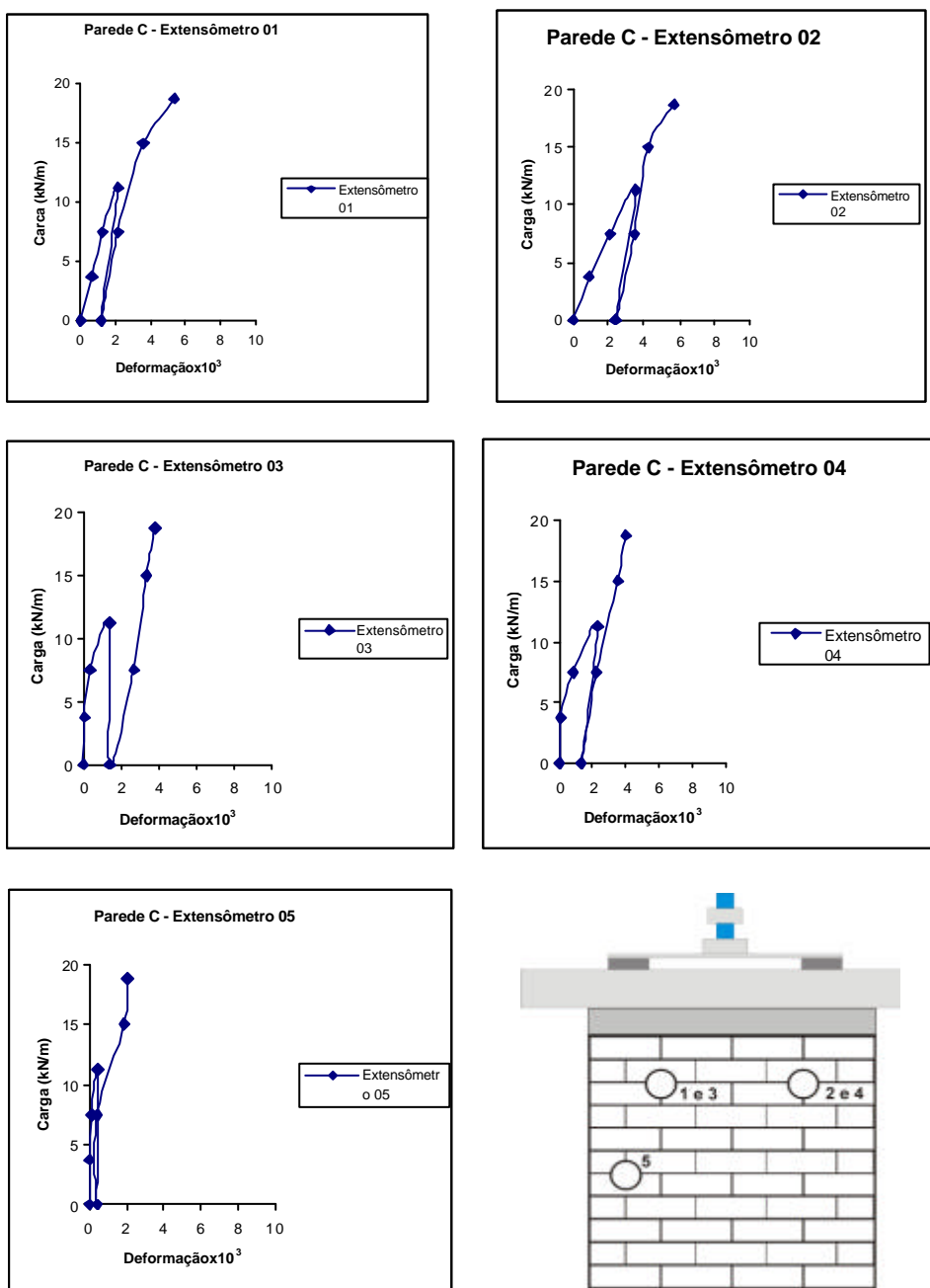


Figura 4 - Curvas carga-deformação da parede C (10% de EVA e 6% de cimento)

Ensaio da quarta parede D (0% de EVA com 6% de cimento)

Para o ciclo de carga correspondente a 15 kN/m não houve deformação residual (Figura 5), estas só apareceram a partir do segundo ciclo de descarregamento após 45 kN/m. As deformações horizontais só são perceptíveis a partir de 20kN/m correspondente a aproximadamente 1/2 da carga de ruptura. O aparecimento de fissuras só foi verificado a partir do terceiro ciclo com carga de 50kN/m correspondente a 40 kN. As primeiras fissuras ocorreram no lado dos extensômetros 02 e 04, que correspondem ao lado da parede que recebeu maior carga.

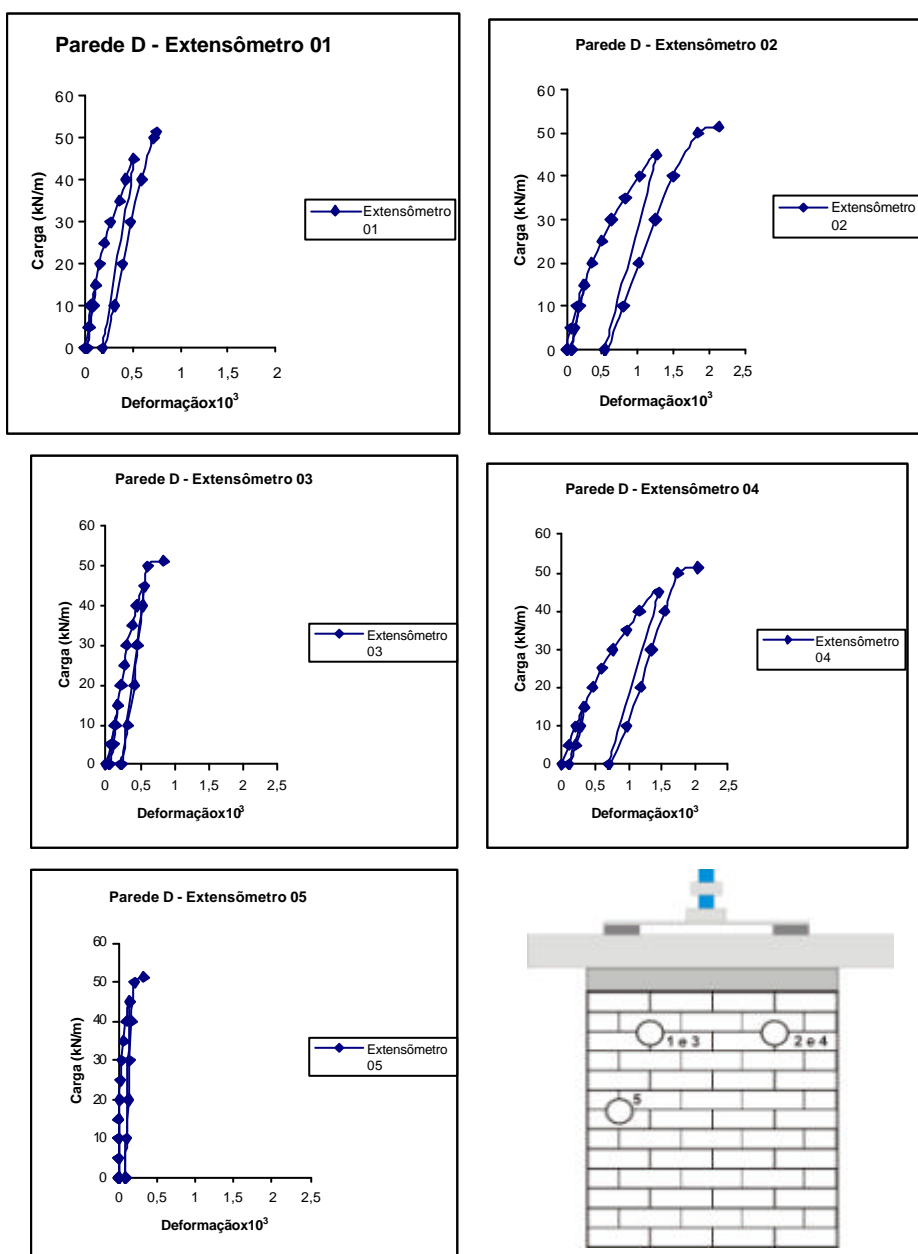


Figura 5 - Curvas carga deformação da parede D (0% de EVA com 6% de cimento).

Comportamento térmico das paredes

Para o ensaio do comportamento térmico foi necessário deixar-se estabilizar o fluxo de calor através das paredes. A partir do segundo dia percebeu-se que a variação de temperatura entre as faces do muro já permanecia constante. Para cada termopar calculou-se a média aritmética das leituras feitas em cada dia. As Figuras 6 e 7 indicam as curvas obtidas nos termopares centrais quando se relacionam as temperaturas médias com o tempo, para as paredes isoladamente sem e com EVA em pó respectivamente. Vê-se também o valor numérico das temperaturas nas faces que recebem radiação (à esquerda), na face posterior (centro) e diferença de entre elas (à direita). Vê-se o ponto central é o que recebe mais radiação com a temperatura chegando a 72,2 °C. Entre os termopares instalados no centro da parede, a diferença de temperatura foi de 29,2 °C. Comparando-se esses valores com os mostrados na Figura 7, observa-se que na face oposta enquanto a temperatura central na parede sem E.V.A chega a 43 °C naquela em que se tem E.V.A incorporado tem-se 38,4 °C, ou seja uma diferença de 4,6 °C. Nos demais pontos a temperatura na parede sem E.V.A foi sempre inferior à daquela sem borracha.

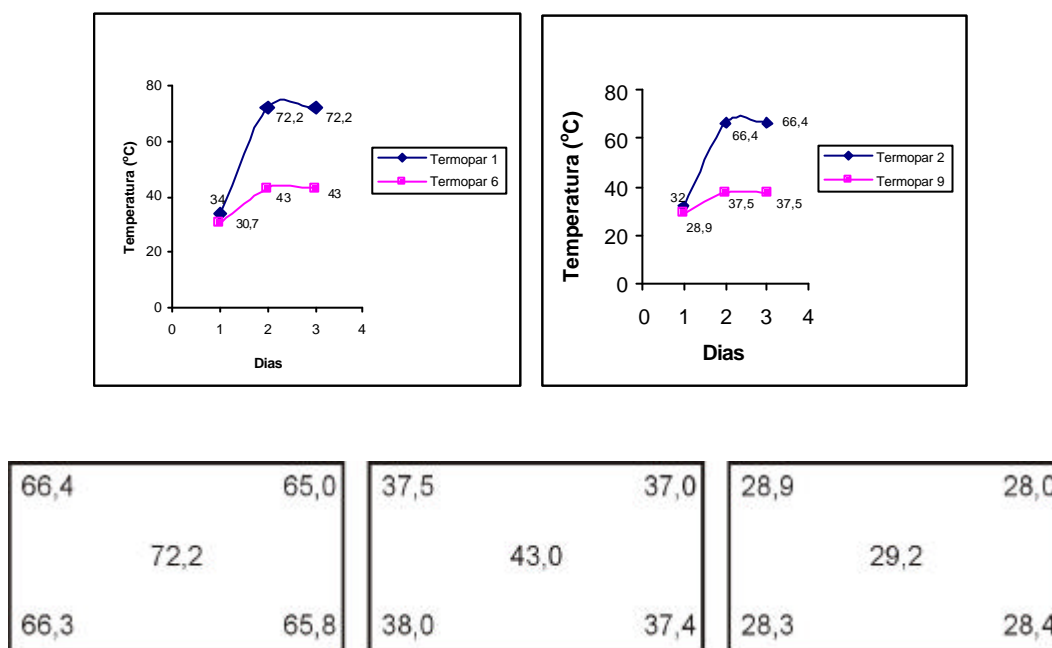


Figura 6 - Temperatura medida em função do tempo de exposição à radiação da parede sem EVA, temperaturas nas faces e diferença de temperaturas entre os pontos opostos na parede.

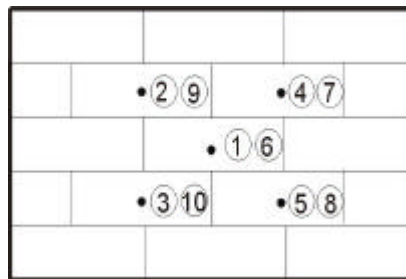
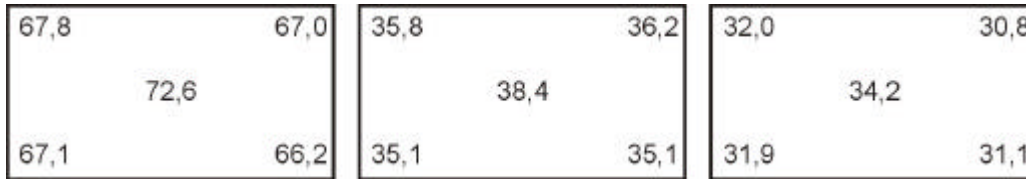
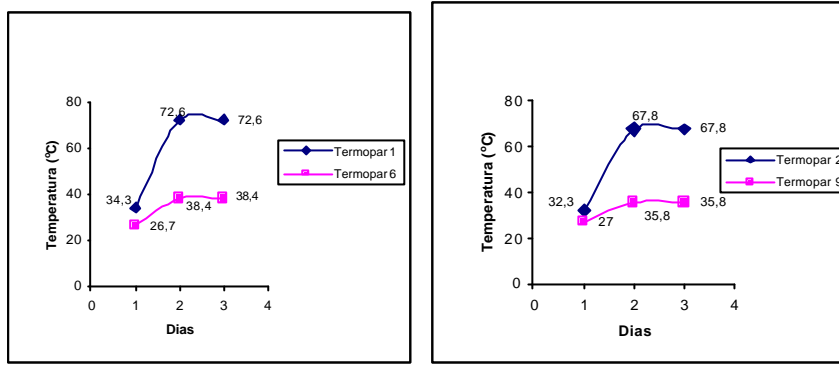


Figura 7 - Temperatura medida em função do tempo de exposição à radiação para parede com EVA, temperaturas nas faces e diferença de temperatura entre os pontos opostos na parede.

Os ensaios apresentados não permitem a obtenção do valor numérico da condutividade térmica das duas paredes, sem e com EVA. No entanto pode-se estabelecer uma relação entre elas. Para tanto, considere-se uma parede submetida a um fluxo de calor constante (Figura 8).

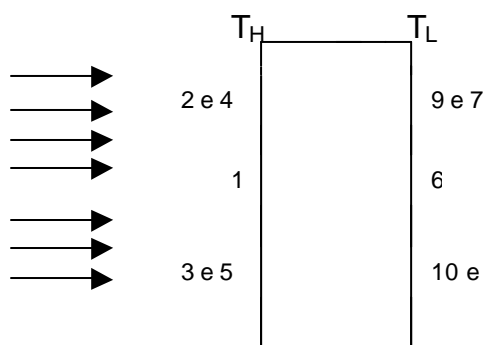


Figura 8- Esquema utilizado para verificação do comportamento térmico nas paredes.

Considerando:

$$\frac{dQ}{dt} = K_1 A_1 \times \frac{(T_{H1} - T_{L1})}{L_1} \quad \text{e} \quad \frac{dQ}{dt} = K_2 A_2 \times \frac{(T_{H2} - T_{L2})}{L_2}$$

Onde:

T_{H1} - Temperatura na face da parede sem E.V.A

T_{L1} - Temperatura na outra face da parede sem E.V.A

K_1 - Condutividade térmica da parede sem E.V.A

A_1 - Área da seção transversal da parede sem E.V.A

L_1 - Comprimento da parede sem E.V.A

T_{H2} - Temperatura na face da parede com E.V.A

T_{L2} - Temperatura na outra face da parede com E.V.A

K_2 - Condutividade térmica da parede com E.V.A

A_2 - Área da seção transversal da parede com E.V.A

L_2 - Comprimento da parede com E.V.A

Admitindo-se as áreas A_1 e A_2 e os comprimentos L_1 e L_2 são os mesmos para ambas as paredes, tem-se para fluxo de calor incidente constante:

$$K_1 (T_{H1} - T_{L1}) = K_2 (T_{H2} - T_{L2})$$

Considerando os termopares 1 e 6 a partir do segundo dia:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{T_{H2} - T_{L2}}{T_{H1} - T_{L1}} \quad (\text{Eq.1})$$

Logo: $K_1 = 1,21K_2$, ou seja, $K_2 = 0,82K_1$

Portanto, a parede com tijolos incorporando EVA tem menor condutividade térmica.

A Figura 9, indica o esquema que foi utilizado para o teste das paredes em série.

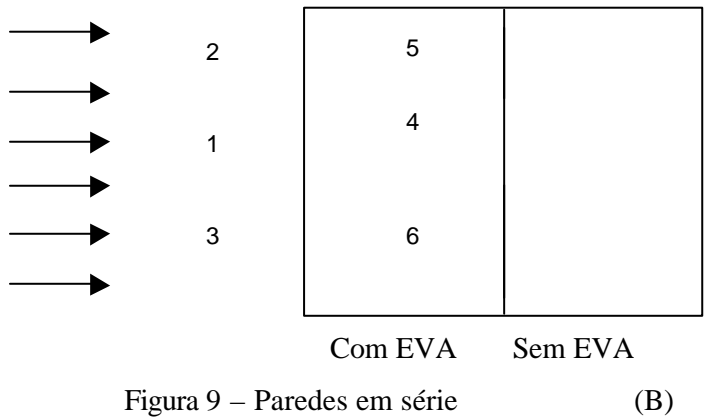
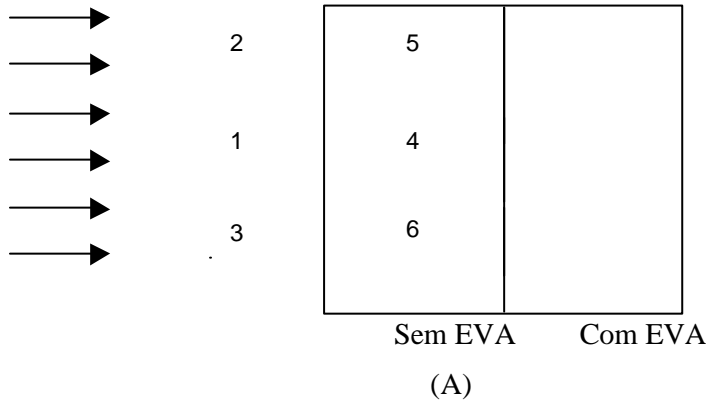
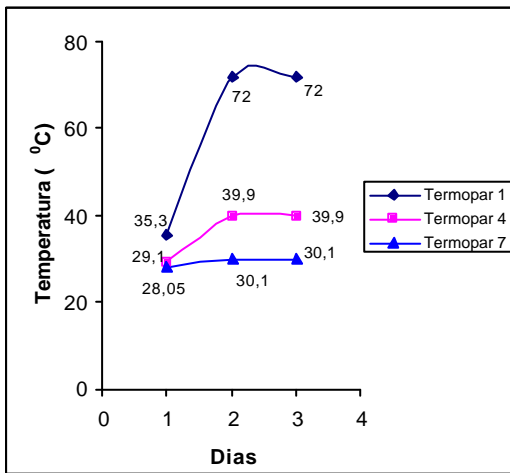
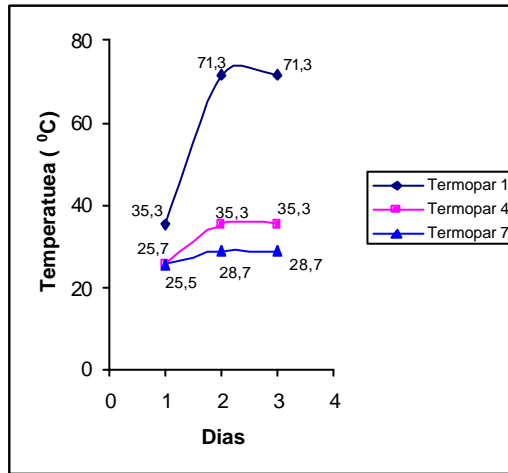


Figura 9 – Paredes em série



(A)



(B)

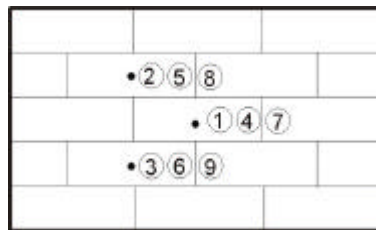


Figura 10 - Temperatura para as paredes em série: (A) Parede sem EVA em série com parede com EVA; (B) parede com EVA em série com parede sem EVA.

Quando a parede com EVA se encontra recebendo radiação entre os termopares 1 e 4 a diferença de temperatura é de 36 °C. Já quando o muro sem EVA está na frente, essa diferença passa a ser de 32,1 °C, ou seja, uma diferença de 3,9 °C, indicando um melhor desempenho térmico para parede com EVA incorporado no tijolo. Aplicando-se a equação 4.1 ao caso das paredes em série, quando se coloca a parede sem EVA recebendo radiação, obtêm-se uma relação $K_2 = 0,89K_1$. Quando ela não recebe radiação direta tem-se: $K_2 = 0,67K_1$. O valor numérico de K, depende do material. Valor elevado indica que ele é bom condutor de calor. Valores de K pequenos correspondem a materiais pouco condutores ou isolantes. Aqui foi feito apenas um ensaio comparativo e em todas as situações vê-se que a condutividade térmica da parede em que se usa os tijolos com EVA é menor.

Considerações finais

Neste trabalho foi estudado o comportamento de tijolos de terra crua incorporando resíduos de borracha, prensados em equipamento de pequena potência. Do que foi verificado pode-se dizer que:

- a incorporação na terra de borracha em grãos da ordem de 2,4 mm é bastante difícil;
- a incorporação do pó de borracha faz diminuir o limite de plasticidade da terra;
- a resistência dos tijolos decai rapidamente à medida que se aumenta o teor volumétrico de resíduo;
- a incorporação da borracha em pó só é recomendável até 20 % do volume da terra;
- o comportamento das paredes submetidas a carregamento no topo foi o esperado, vendo-se que aquelas que tinham borracha incorporada a deformação correspondente a cada nível de carga foi maior, indicando menor módulo de elasticidade;
- das paredes testadas aquela com 6 % de cimento e 10% de EVA não se mostra adequada para funcionar como parede estrutural; as demais, poderiam ser usadas apenas em construção de pequeno porte (cumpra lembrar que os muros em questão tinham apenas 10 cm de espessura!);
- a incorporação de 10% de EVA nos tijolos melhora a performance térmica dos mesmos, conduzindo a uma diferença de quase 5 °C em relação a uma parede sem a borracha, quando a temperatura da face que recebe radiação é da ordem de 72 °C.

Acredita-se que em uma prensa de maior potência é possível incorporar quantidades de EVA em pó bem superior aos 10 % aqui indicados. O uso de EVA em tijolos de adobe merece ser também pesquisado.

REINTRODUCIENDO EL ADOBE EN HONDURAS

Angela M. Stassano R.

Arquitecta
Stassano y Asociados S. de R.L.
adobe.y.viento@sigmanet.hn

Resumen.

Mi presentación versa sobre el trabajo que hemos realizado por Stassano & Asociados, S. de R.L., empresa Consultora en Diseño y Supervisión de proyectos de arquitectura, en edificios construidos con bloques de adobe, de uno y dos pisos en diversas zonas sísmicas de Honduras, así como el reforzamiento estructural implementado en otros edificios educativos previamente construidos que no presentaban medidas de seguridad básicas.

El sistema constructivo más empleado por nosotros ha sido utilizando las paredes de adobe como muros de carga, tanto en edificios de uno como de dos niveles. Hemos utilizado contrafuertes de adobes, así como acero de refuerzo principalmente horizontal en las paredes, y vertical para anclar vigas soleras, vigas de entrepiso y cimientos así como estructuras de techos.

Los adobes utilizados han sido fabricados en máquinas portátiles, motorizadas, que permiten una semi-industrialización del proceso de fabricación. A la vez, hemos insistido en mostrar claramente en fachadas exteriores e interiores los diversos elementos estructurales de concreto armado utilizados, para desarrollar la conciencia sobre la importancia de los mismos, así como la versatilidad de su tratamiento estético.

La labor desarrollada y en especial la oportunidad de participar como consultores en el programa de reconstrucción de Centros Vocacionales realizados en las zonas impactadas por el Huracán Mitch (Oct.1998), en un subcontrato con Development Technologies Systems (DEVTECH) financiada por USAID, nos brindó la oportunidad de comenzar a capacitar en masa a fuertes grupos de compañías constructoras interesadas en participar en la reconstrucción nacional y en conocer del adobe, un alcance cuyos frutos aún no podemos medir exactamente.

Hemos podido también, identificar los principales puntos débiles para la firme introducción a nivel profesional de una de las técnicas de construcción con tierra, así como parte de la problemática enfrentada a nivel general para la construcción con adobe. Los resultados de nuestras experiencias, esperamos poder publicarlas en un compendio detallado, que incluye también un vistazo a la tradición histórica así como a los diversos factores sísmicos del país, y algunos artículos escritos por colaboradores miembros de Proterra, para inicios del próximo año.

Mi intención principal de participar en este evento invitada por Proterra, consiste en conocer mejor el avance obtenido al respecto en países iberoamericanos, con la idea de promover un canal de difusión de esas experiencias hacia mi país, y viceversa, logrando la formalización del proceso constructivo con adobes, para permitir la apertura hacia proyectos de vivienda masivos a nivel nacional, aprovechando al máximo las bondades que ofrece el adobe y la tierra misma.

Abstract.

This presentation goes about the work realized by Stassano & Asociados, S. de R. L., a Design and Supervision of Architectural Projects Consulting Company, regarding one and two story buildings constructed with adobe blocks, in different seismic areas of Honduras, as well as the structural reinforcement implemented in other educational buildings previously constructed that did not have the basic security measures.

The constructive system more widely used by us has been load bearing walls in both one and two story buildings. We have utilized adobe buttresses as well as reinforcement steel rebars mainly horizontally on the walls and vertically to anchor bond beams, slab beams as well as foundations and roof structures.

The adobes (20 x 40 x 10 cms) were made with portable motorized machines that allow a semi-industrialization of the manufacturing process. At the same time, we have emphasized to clearly show in both interior and exterior facades the various structural elements of formed concrete that have been utilized in order to develop an awareness on their importance, as well as on the versatility of its aesthetic treatment.

The task developed and especially the opportunity of participating as consultants in the program of reconstruction of Vocational Centres located in the areas that were affected by the Mitch Hurricane (October 1998), in a subcontract with Development Technologies Systems (DEVTECH) financed by USAID, gave us the opportunity to start massive training to strong groups of construction companies interested to participate in the national reconstruction and to get to know adobe, a scope whose benefits we cannot exactly measure yet.

Also we have been able to identify the principal soft spots for the solid introduction at professional level of one of the construction with earth techniques as well as part of the problematical that is confronted in all levels for construction with adobe. We hope to be able to publish at the beginning of next year the results of our experiences in a more detailed compendium that also includes a glance to the historic tradition and the diverse seismic factors of the country and several articles written by collaborators members of Proterra.

My principal goal at participating in this event at Proterra's invitation, consists of acquiring a better knowledge of the advances that have been accomplished on the matter in Iberoamerican countries, with the idea of promoting a diffusion channel of those experiences to my country and vice-versa, achieving the formalization of the adobe construction process to allow the opening towards the massive housing projects at national level, getting a maximum benefit of the bounties that adobe and earth itself have to offer.

Reintroduciendo el adobe en Honduras después del huracán Mitch.

Datos Generales de Honduras.

Población general: 6,535,344 hab. rural: 60% urbana: 40%

Extensión territorial: 112,000 kms.²

Población en nivel de pobreza: 67% a nivel nacional

fuelle: (SETCO-CEPAL,1997)

Nuestro trabajo profesional con adobe se comenzó a materializar en 1996 con la construcción del primer edificio de oficinas totalmente de adobe. Un edificio de dos pisos, con sistema constructivo de muros de carga de bloques de adobe de 30 cms. x 20 cms. x 10cms. donde las paredes de planta baja son de 45 cms. de espesor y las de planta alta de 35 cms.

El edificio cuenta con un área construida de 300 mts.², en un predio de 680 mts.² donde se debía conservar el árbol existente y se pretendía mostrar una respuesta más amigable con el ambiente, reduciendo al mínimo posible los pavimentos no permeables, así como la reflectancia de calor al interior y exterior. Se construyó en San Pedro Sula, ciudad ubicada a 150 msnm, de clima tropical y temperatura promedio de 80 ° con una terraza engramada en el segundo nivel, cubierta de techo de teja de arcilla cocida, zapata corrida de concreto armado sobre cimentación de piedra, drenaje francés.

La intención principal en la construcción de adobe en este y los siguientes edificios realizados con nuestra participación, fue educar sobre la necesidad de incorporar elementos estructurales a las construcciones y la integración entre ellos, un concepto perdido en la mayoría de las construcciones populares que se realizan con adobe en el país, debido a una baja conciencia de las diversas zonas y niveles sísmicos del país, una pobre percepción de la necesidad de proteger las paredes de los diversos tipos de humedad y la posible mejoría de calidad ambiental para los usuarios de dichos edificios.

Los conceptos principales por nosotros cubiertos se pueden esquematizar en el siguiente cuadro:

Esquematización de conceptos en construcción con adobe utilizados:

Paredes

- * Relación ancho alto entre 1 a 8 y 1 a 10 según zona sísmica
- * Uso de viga-cargador de puertas y ventanas como solera intermedia continua en todas las paredes
- * La solera se resalta por medio del acabado ya sea pulido o enchapado con madera (interiores) o cerámica.
- * Uso de la solera inferior como elemento aislante y de elevación de pared sobre nivel del terreno.
- * Uso de soleras superiores y de cierre de paredes anclando techo y paredes a las mismas.
- * Todas las vigas son ancladas un mínimo de 3 hiladas de adobes hacia arriba y hacia abajo
- * En anclaje se utilizan varillas en forma de "T" de 3/8" @0.60mts. embebidas en concreto.
Se colocan bandas de refuerzo fabricados con 2 varillas de 1/4" colocadas continuas y 1
- * continua interior en zigzag
a cada 4 hiladas de adobes, con traslapes mínimos 0.30mts. en intersecciones, uniones y esquinas.
- * Paredes culatas llevan armado vertical continuo de 3/8" @0.60mts. embebido en concreto.
- * Las paredes se enmallan con malla de gallinero galvanizada preferiblemente ambas caras ancladas entre sí @0.60mts. traslapadas en esquinas interiores/exteriores 60 cms/vertical y 10 cms/horizontal
- * El repello exterior es con base de cemento y obligatorio en clima tropical o lluvioso.
- * El pulido final se hace con tierra, cal y arena y un mínimo de cemento. Color natural y duradero.
- * El repello interior puede sustituirse con una lechada de cemento sencilla o cualquier tipo de recubrimiento (cerámica, enchapados, repellos varios).
- * En paredes interiores con bloques tallados (con lechada) se deja cuartón clavador (madera) inserto
- * Se debe usar antepecho de ventanas fundido más amplio que las ventanas mismas.

Techos.

- * Firmemente anclados a la solera superior o de cierre y a las paredes.
- * Amplios aleros 1.20mts. a 1.50mts. promedio para proteger paredes de lluvia y asoleamientos
- * Cubierta de lámina metálica y de ser posible con teja de arcilla cocida encima
- * Utilizamos tragaluces de iluminación y ventilación según condiciones de luz y ventilación deseadas.
- * Las tuberías grandes de aguas lluvias como bajantes, se ubican superficiales en paredes

Electricidad

- * Ahora utilizamos siempre ductería eléctrica típica.
- * Las cajas eléctricas se fijan en las hiladas de adobe a medida que se construyen las mismas.
y deben ser galvanizadas.

Fontanería.

- * Sistema tradicional, enmallando los resanes de picaduras en paredes previo a repellarlos.

Nuestra segunda intención principal es intentar industrializar en pequeña escala el sistema de construcción con bloques de adobe, sacándolo del enfoque puramente artesanal, intentando ofrecer sistemas de construcción de más amplia aplicabilidad a nivel general y en especial a nivel profesional, generando confianza y accesibilidad de construcción. Los proyectos en que hemos trabajado, han utilizado máquinas portátiles de fabricación nacional para la elaboración de los adobes en forma semi industrializada, facilitándose el control de calidad de fabricación así como la sistematización del proceso.

Adicionalmente hemos brindado seminarios de capacitación a numerosas empresas constructoras, especialmente ante la oportunidad brindada a raíz del Huracán Mitch (oct.1998) que afectara grandemente nuestro país, por medio de seminarios impartidos con el patrocinio de USAID, previo a la construcción de 34 edificios de capacitación vocacional (400-500 mts.² c/u) que se hicieron entre 1999-2000 de los cuales 8 fueron construidos con sistema de muros de carga de adobe y 4 con sistema de columnas de concreto reforzado con muros de adobe (este en la peor zona sísmica del país).

Reforzamiento a estructuras de adobe existentes dedicadas al uso educativo.

En el sector de reforzamiento estructural a edificios ya existentes, tuvimos la oportunidad de revisar y reforzar 19 edificios de 500 mts.² c/u construidos previamente con bloques de adobe, mismos que no ofrecían condiciones mínimas de seguridad para las zonas sísmicas donde se encontraban, y que por razones de operación y presupuestarias no podían ser demolidos y construidos nuevamente.

Para este proyecto se contó con la asesoría del Dr. Fred Webster, ingeniero estructural con amplia experiencia en el reforzamiento estructural de edificios de adobe en la zona de California, Nuevo México y Arizona de Estados Unidos.

En el diagnóstico inicial establecido por el Dr. Fred Webster y el Ing. Claudio Fortunato (DevtechSystems-USAID Sep.2000), se determinaron los siguientes problemas típicos:

Resumen de Problemática general encontrada

- * Múltiples grietas de "encogimiento de paredes" ocasionadas por construcción de paredes con adobes no completamente curados.
- * Pobre control de materiales y dosificaciones en la fabricación de adobes, exceso de cemento, exceso de arcilla, gránulos cemento fraguado, agregados gruesos incorporados.
- * Pobre anclaje de paredes a columnas de concreto armado en los casos en que sí existían
- * No existencia de refuerzos horizontales ni verticales en paredes de adobe
- * Pobre o nulo anclaje de solera superior con elementos de estructura de techos
- * Paredes muy esbeltas Alt.3.75 mts. y ancho 0.30 mts.. (r 12.5/1 en lugar de 1/8 ó 1/10).
- * No continuidad de soleras inferiores.
- * Contrafuertes existentes no integrados a pared subdimensionados
- * Paredes exteriores erosionadas por lluvia.
- * Paredes exteriores selladas con polietileno líquido previo su completo curado.No respiración.
- * Estructuras de techo subdimensionadas, pobres uniones, cubierta oscura, ambiente caluroso.

Los aspectos de reforzamiento básicos implementados fueron:

Esquematación de labores realizadas en reforzamiento de estructuras de adobe existentes:**Labores previas realizadas.**

- * Análisis de patrón de grietas, determinación del posible origen.
- * Remoción de material eléctrico superficial y tuberías de aguas en paredes.
- * Remoción de estructuras de techos y cubiertas en casos a reforzar.

Paredes

- * Remoción pobres soleras existentes (sección variable, acero no continuo, mal anclaje/paredes/techos)
- * Remoción de tres hiladas promedio de adobe bajo antigua solera también removida
- * Remoción de capa/polietileno líquido aplicado a paredes agrietadas como protección/lluvia
- * Fundición capa concreto pobre, previo perforación de boquetes de ? 5 cms x 60cms. profund/ @ 60 cms.
- * Fundición de pines tipo "T" de varilla ?3/8" en cada boquete taladrado.
- * Picado de paredes para abrir poro previo al repello
- Fijación de malla desplegada galvanizada para afianzar repellos y contener paredes ante sismos, se
- * anclaron ambas caras a la vez por medio de un pin de acero ?1/4" en forma de "H".
- * Fijación a la solera inferior existente de un ángulo inferior continuo en paredes para afianzamiento de

mallas desplegadas de paredes.

Creación de solera superior de concreto armado afianzando malla desplegada

- * de paredes inferiores ó,
- * Colocación de solera metálica superior en ambas caras de pared en casos donde no se removió la solera superior existente.
- * Colocación de estructura de techo reforzada y cubierta.
- * Repellado de paredes con repello estandar con base de cemento
- * Pulido de paredes con pulido de tierra, cal y arena.

Conclusiones para mejorar la reintroducción del adobe en Honduras.

En nuestra experiencia en Honduras, a lo largo de los últimos 8 años, hemos observado que la mayor barrera a enfrentar para la construcción con tierra, es sencillamente la falta de educación general y profesional en particular, sobre los diversos sistemas constructivos, respaldado por un pobre apoyo institucional y gubernamental. Todo ello, a pesar de que se sigue construyendo mucha vivienda popular con tierra, ya sea bahareque o adobe, según la zona climática del país.

El deterioro constructivo en que han caído las viviendas populares de adobe, construidas artesanalmente y sin una tradición de herencia cognoscitiva de la técnica, ha desmerecido grandemente el interés por el material, lo cual sumado a la imagen de modernidad de otros materiales constructivos, disponibles masivamente, la mantiene relegada de un desarrollo adecuado, que debería estar fundamentado en una investigación constante y creativa.

A fin de poder aprovechar los beneficios derivados de la construcción con adobes, cuando la misma es congruente con el medio o sitio del proyecto y la cultura de los usuarios, creo se deberá considerar:

- Brindar capacitación a nivel general, a constructores y profesionales sobre las características de la construcción con adobes, los sistemas constructivos y los aspectos de especial cuidado.
- Popularizar la construcción de máquinas portátiles, mecánicas y manuales para la fabricación semi-industrializada de adobes.
- Establecimiento y difusión de un código mínimo de construcción segura para viviendas y edificios de educación o capacitación, para uno y dos niveles.
- Sensibilización de las autoridades de gobierno para invertir en desarrollar opciones constructivas con bloques de adobe y técnicas de bahareque mejorado aplicables.
- Incorporación a los programas académicos de las facultades de arquitectura e ingeniería civil la construcción con adobes y el uso de la tierra como material de construcción multifacético.

- Promover la experimentación directa con sistemas constructivos de tierra de estudiantes de arquitectura e ingeniería haciéndolos cruzar la barrera del temor a lo desconocido.
- Difusión informativa/educativa de experiencias similares de construcción con tierra y sus códigos aplicables en otros países de Latinoamérica y en países Desarrollados para generar mayor confianza en el material y sus técnicas.

Los proyectos que nosotros hemos podido desarrollar con adobe, no han sido para la clase trabajadora en sí, sino más bien, orientados a la clase media y alta, y hacia los sistemas de educación vocacional. Sin embargo, podemos atestiguar el cruce casi inmediato de los mismos trabajadores de la construcción, desde sencillos peones hasta los más reacios ingenieros estructurales, de su opinión de “material de pobres y de fácil destrucción”, hacia otra de “orgullo y comprobada calidad duradera histórica y alta calidad climática y de vida”, al ver que el mismo material se encuentra claramente detallado e incorporado en los diferentes planos constructivos respaldados por profesionales. Ello, aunado a un seguro manejo del proceso constructivo, produce en todas las personas, una inmediata y valiosa aceptación, volviendo a la vez, especialmente los proyectos urbanos que hemos desarrollado, un sitio de curiosidad turística y de sueño por alcanzar generalizado.

En resumen, la construcción lógica, congruente con el medio y la cultura, y apoyada por el conocimiento bien sustentado, siempre es la más adecuada, está latente en los corazones de todos, y es una responsabilidad de nosotros los profesionales el apoyarla, especialmente al hablar de vivienda. La construcción con tierra, ofrece diversas alternativas según el medio en que se realice, lo necesario para promoverla, creemos, seguirá siendo la educación.

REINTRODUCCIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPACTADO (BTC) ESTABILIZADO EN HONDURAS

Angela M. Stassano R.

Arquitecta

Stassano y Asociados S. de R.L.

adobe.y.viento@sigmanet.hn

Resumen.

Mi presentación versa sobre el trabajo que hemos realizado por Stassano & Asociados, S. de R.L, empresa Consultora en Diseño y Supervisión de proyectos de arquitectura, en edificios construidos con bloques de tierra compactados (BTC) estabilizados con cemento, de uno y dos pisos en diversas zonas sísmicas de Honduras, así como el reforzamiento estructural implementado en otros edificios educativos previamente construidos que no presentaban medidas de seguridad básicas.

El sistema constructivo más empleado por nosotros ha sido utilizando las paredes de BTC como muros de carga, tanto en edificios de uno como de dos niveles. Hemos utilizado contrafuertes de bloques BTC, así como acero de refuerzo principalmente horizontal en las paredes, y vertical para anclar vigas soleras, vigas de entepiso y cimientos así como estructuras de techos.

Los BTCs utilizados han sido fabricados en máquinas portátiles, motorizadas, que permiten una semi-industrialización del proceso de fabricación. A la vez, hemos insistido en mostrar claramente en fachadas exteriores e interiores los diversos elementos estructurales de concreto armado utilizados, para desarrollar la conciencia sobre la importancia de los mismos, así como la versatilidad de su tratamiento estético.

La labor desarrollada y en especial la oportunidad de participar como consultores en el programa de reconstrucción de Centros Vocacionales realizados en las zonas impactadas por el Huracán Mitch (Oct.1998), en un subcontrato con Development Technologies Systems (DEVTECH) financiada por USAID, nos brindó la oportunidad de comenzar a capacitar en masa a fuertes grupos de compañías constructoras interesadas en participar en la reconstrucción nacional y en conocer de la construcción con tierra, un alcance cuyos frutos aún no podemos medir exactamente.

Hemos podido también, identificar los principales puntos débiles para la firme introducción a nivel profesional de una de las técnicas de construcción con tierra, así como parte de la problemática enfrentada a nivel general para la construcción con adobe. Los resultados de nuestras experiencias, esperamos poder publicarlas en un compendio detallado, que incluye también un vistazo a la tradición histórica así como a los diversos factores sísmicos del país, y algunos artículos escritos por colaboradores miembros de Proterra, para inicios del próximo año.

Mi intención principal al participar en este evento invitada por Proterra, consiste en conocer mejor el avance obtenido al respecto en países iberoamericanos, con la idea de promover un canal de difusión de esas experiencias hacia mi país, y viceversa, logrando la formalización del proceso constructivo con tierra, para permitir la apertura hacia proyectos de vivienda masivos a nivel nacional, aprovechando al máximo las bondades que ofrece el BTC y la tierra misma.

Abstract.

This presentation goes about the work realized by Stassano & Asociados, S. de R. L., a Design and Supervision of Architectural Projects Consulting Company, regarding one and two story buildings constructed with soil pressed blocks (SPB) cement stabilized, in different seismic areas of Honduras, as well as the structural reinforcement implemented in other educational buildings previously constructed that did not have the basic security measures.

The constructive system more widely used by us has been load bearing walls in both one and two story buildings. We have utilized SPBs buttresses as well as reinforcement steel rebars mainly horizontally on the walls and vertically to anchor bond beams, slab beams as well as foundations and roof structures.

The SPBs (20 x 40 x 10 cms) were made with portable motorized machines that allow a semi-industrialization of the manufacturing process. At the same time, we have emphasized to clearly show in both interior and exterior facades the various structural elements of formed concrete that have been utilized in order to develop an awareness on their importance, as well as on the versatility of its aesthetic treatment.

The task developed and especially the opportunity of participating as consultants in the program of reconstruction of Vocational Centres located in the areas that were affected by the Mitch Hurricane (October 1998), in a subcontract with Development Technologies Systems (DEVTECH) financed by USAID, gave us the opportunity to start massive training to strong groups of construction companies interested to participate in the national reconstruction and to get to know soil construction systems, a scope whose benefits we cannot exactly measure yet.

Also we have been able to identify the principal soft spots for the solid introduction at professional level of one of the construction with soil techniques as well as part of the problematical that is confronted in all levels for construction with adobe. We hope to be able to publish at the beginning of next year the results of our experiences in a more detailed compendium that also includes a glance to the historic tradition and the diverse seismic factors of the country and several articles written by collaborators members of Proterra.

My principal goal at participating in this event at Proterra's invitation, consists of acquiring a better knowledge of the advances that have been accomplished on the matter at Iberoamerican countries, with the idea of promoting a diffusion channel of those experiences to my country and vice-versa, achieving the formalization of the adobe construction process to allow the opening towards the massive housing projects at national level, getting a maximum benefit of the bounties that adobe and earth itself have to offer.

Reintroducción del bloque de tierra compactado, estabilizado con cemento en Honduras después del huracán Mitch.

Datos Generales de Honduras.

Población general: 6,535,344 hab. rural: 60% urbana: 40%
Extensión territorial: 112,000 kms.²
Población en nivel de pobreza: 67% a nivel nacional

fuelle: (SETCO-CEPAL,1997)

Nuestro trabajo profesional con tierra se comenzó a materializar en 1996 con la construcción del primer edificio de oficinas totalmente de Bloques de Tierra Compactados (BTCs) estabilizados con cemento. Un edificio de dos pisos, con sistema constructivo de muros de carga de 30 cms. x 20 cms. x 10cms. donde las paredes de planta baja son de 45 cms. de espesor y las de planta alta de 35 cms.

El edificio cuenta con un área construida de 300 mts.², en un predio de 680 mts.² donde se debía conservar el árbol existente y se pretendía mostrar una respuesta más amigable con el ambiente, reduciendo al mínimo posible los pavimentos no permeables, así como la reflectancia de calor al interior y exterior. Se construyó en San Pedro Sula, ciudad ubicada a 150 msnm, de clima tropical y temperatura promedio de 80 ° con una terraza engramada en el segundo nivel, cubierta de techo de teja de arcilla cocida, zapata corrida de concreto armado sobre cimentación de piedra, drenaje francés.

La intención principal con la construcción con BTCs en este y los siguientes edificios realizados con nuestra participación, fué educar sobre la necesidad de incorporar elementos estructurales a las construcciones y la integración entre ellos, un concepto perdido en la mayoría de las construcciones populares que se realizan con adobe en el país, debido a una baja conciencia de las diversas zonas y niveles sísmicos del país, una pobre percepción de la necesidad de proteger las paredes de los diversos tipos de humedad y la posible mejoría de calidad ambiental para los usuarios de dichos edificios.

Los conceptos principales por nosotros cubiertos se pueden esquematizar en el siguiente cuadro:

Esquematización de conceptos en construcción con adobe utilizados:

Paredes

- * Relación ancho alto entre 1 a 8 y 1 a 10 según zona sísmica
- * Uso de viga-cargador de puertas y ventanas como solera intermedia continua en todas las paredes
- * La solera se resalta por medio del acabado ya sea pulido o enchapado con madera (interiores) o cerámica.
- * Uso de la solera inferior como elemento aislante y de elevación de pared sobre nivel del terreno.
- * Uso de soleras superiores y de cierre de paredes anclando techo y paredes a las mismas.
- * Todas las vigas son ancladas un mínimo de 3 hiladas de BTCs hacia arriba y hacia abajo
- * En anclaje se utilizan varillas en forma de "T" de 3/8" @0.60mts. embebidas en concreto.
Se colocan bandas de refuerzo fabricados con 2 varillas de 1/4" colocadas continuas y 1
- * continua interior en zigzag
a cada 4 hiladas de BTCs, con traslapes mínimos 0.30mts. en intersecciones, uniones y esquinas.
- * Paredes culatas llevan armado vertical continuo de 3/8" @0.60mts. embebido en concreto.
- * Las paredes se enmallan con malla de gallinero galvanizada preferiblemente ambas caras ancladas entre sí @0.60mts. traslapadas en esquinas interiores/exteriores 60 cms/vertical y 10 cms/horizontal
- * El repello exterior es con base de cemento y obligatorio en clima tropical o lluvioso.
- * El pulido final se hace con tierra, cal y arena y un mínimo de cemento. Color natural y duradero.
- * El repello interior puede sustituirse con una lechada de cemento sencilla o cualquier tipo de recubrimiento (cerámica, enchapados, repellos varios).
- * En paredes interiores con bloques tallados (con lechada) se deja cuartón clavador (madera) inserto
- * Se debe usar antepecho de ventanas fundido más amplio que las ventanas mismas.

Techos.

- * Firmemente anclados a la solera superior o de cierre y a las paredes.
- * Amplios aleros 1.20mts. a 1.50mts. promedio para proteger paredes de lluvia y asoleamientos
- * Cubierta de lámina metálica y de ser posible con teja de arcilla cocida encima
- * Utilizamos tragaluces de iluminación y ventilación según condiciones de luz y ventilación deseadas.
- * Las tuberías grandes de aguas lluvias como bajantes, se ubican superficiales en paredes

Electricidad

- * Ahora utilizamos siempre ductería eléctrica típica.
- * Las cajas eléctricas se fijan en las hiladas de BTCs a medida que se construyen las mismas.
y deben ser galvanizadas.

Fontanería.

- * Sistema tradicional, enmallando los resanes de picaduras en paredes previo a repellarlos.

Nuestra segunda intención principal es intentar industrializar en pequeña escala el sistema de construcción con Bloques de Tierra Compactados, estabilizados, sacándolo del enfoque puramente artesanal del adobe tradicional, intentando ofrecer sistemas de construcción de más amplia aplicabilidad a nivel general y en especial a nivel profesional, generando confianza y accesibilidad de construcción. Los proyectos en que hemos trabajado, han utilizado máquinas portátiles de fabricación nacional para la elaboración de los bloques en forma semi industrializada, facilitándose el control de calidad de fabricación así como la sistematización del proceso.

Adicionalmente hemos brindado seminarios de capacitación a numerosas empresas constructoras, especialmente ante la oportunidad brindada a raíz del Huracán Mitch (oct.1998) que afectara grandemente nuestro país, por medio de seminarios impartidos con el patrocinio de USAID, previo a la construcción de 34 edificios de capacitación vocacional (400-500 mts.² c/u) que se hicieron entre 1999-2000 de los cuales ocho edificios fueron construidos con sistema de muros de carga y cuatro edificios con sistema de columnas de concreto reforzado con muros de BTCs (este en la peor zona sísmica del país).

Reforzamiento a estructuras de BTCs existentes dedicadas al uso educativo.

En el sector de reforzamiento estructural a edificios ya existentes, tuvimos la oportunidad de revisar y reforzar 19 edificios de 500 mts.² c/u construidos previamente con Bloques de Tierra Compactados estabilizados con cemento, mismos que no ofrecían condiciones mínimas de seguridad para las zonas sísmicas donde se encontraban, y que por razones de operación y presupuestarias no podían ser demolidos y construidos nuevamente.

Para este proyecto se contó con la asesoría del Dr. Fred Webster, ingeniero estructural con amplia experiencia en el reforzamiento estructural de edificios de adobe en la zona de California, Nuevo México y Arizona de Estados Unidos.

En el diagnóstico inicial establecido por el Dr. Fred Webster y el Ing. Claudio Fortunato (DevtechSystems-USAID Sep.2000), se determinaron los siguientes problemas típicos:

Resumen de Problemática general encontrada

- * Múltiples grietas de "encogimiento de paredes" ocasionadas por construcción de paredes con BTCs no completamente curados.
- * Pobre control de materiales y dosificaciones en la fabricación de BTCs, exceso de cemento, exceso de arcilla, gránulos cemento fraguado, agregados gruesos incorporados.
- * Pobre anclaje de paredes a columnas de concreto armado en los casos en que sí existían
- * No existencia de refuerzos horizontales ni verticales en paredes de BTCs
- * Pobre o nulo anclaje de solera superior con elementos de estructura de techos
- * Paredes muy esbeltas Alt.3.75 mts. y ancho 0.30 mts.. (r 12.5/1 en lugar de 1/8 ó 1/10).
- * No continuidad de soleras inferiores.
- * Contrafuertes existentes no integrados a pared subdimensionados
- * Paredes exteriores erosionadas por lluvia.
- * Paredes exteriores selladas con polietileno líquido previo su completo curado.No respiración.
- * Estructuras de techo subdimensionadas, pobres uniones, cubierta oscura, ambiente caluroso.

Los aspectos de reforzamiento básicos implementados fueron:

Esquematación de labores realizadas en reforzamiento de estructuras de BTCs existentes:

Labores previas realizadas.

- * Análisis de patrón de grietas, determinación del posible origen.
- * Remoción de material eléctrico superficial y tuberías de aguas en paredes.
- * Remoción de estructuras de techos y cubiertas en casos a reforzar.

Paredes

- * Remoción pobres soleras existentes (sección variable, acero no continuo, mal anclaje/paredes/techos)
- * Remoción de tres hiladas promedio de BTCs bajo antigua solera también removida
- * Remoción de capa/polietileno líquido aplicado a paredes agrietadas como protección/lluvia
- * Fundición capa concreto pobre, previo perforación de boquetes de 5 cms x 60cms. profund/ @ 60 cms.
- * Fundición de pines tipo "T" de varilla 3/8" en cada boquete taladrado.
- * Picado de paredes para abrir poro previo al repello
- Fijación de malla desplegada galvanizada para afianzar repellos y contener paredes ante sismos, se
- * anclaron ambas caras a la vez por medio de un pin de acero 1/4" en forma de "H".

- * Fijación a la solera inferior existente de un ángulo inferior continuo en paredes para afianzamiento de malla desplegada de paredes.
Creación de solera superior de concreto armado afianzando malla desplegada
- * de paredes inferiores ó,
- * Colocación de solera metálica superior en ambas caras de pared en casos donde no se removió la solera superior existente.
- * Colocación de estructura de techo reforzada y cubierta.
- * Repellado de paredes con repello estándar con base de cemento
- * Pulido de paredes con pulido de tierra, cal y arena.

Conclusiones para mejorar la reintroducción del BTC en Honduras.

En nuestra experiencia en Honduras, a lo largo de los últimos 8 años, hemos observado que la mayor barrera a enfrentar para la construcción con tierra, es sencillamente la falta de educación general y profesional en particular, sobre los diversos sistemas constructivos, respaldado por un pobre apoyo institucional y gubernamental. Todo ello, a pesar de que se sigue construyendo mucha vivienda popular con tierra, ya sea bahareque o adobe, según la zona climática del país.

El deterioro constructivo en que han caído las viviendas populares de adobe, construidas artesanalmente y sin una tradición de herencia conocitiva de la técnica, ha desmerecido grandemente el interés por el material, lo cual sumado a la imagen de modernidad de otros materiales constructivos, disponibles masivamente, la mantiene relegada de un desarrollo adecuado, que debería estar fundamentado en una investigación constante y creativa.

A fin de poder aprovechar los beneficios derivados de la construcción con adobes y/o BTCs, cuando la misma es congruente con el medio o sitio del proyecto y la cultura de los usuarios, creo se deberá considerar:

- Brindar capacitación a nivel general, a constructores y profesionales sobre las características de la construcción con tierra, los sistemas constructivos y los aspectos de especial cuidado.
- Popularizar la construcción de máquinas portátiles, mecánicas y manuales para la fabricación semi-industrializada de bloques de tierra compactados estabilizados.
- Establecimiento y difusión de un código mínimo de construcción segura para viviendas y edificios de educación o capacitación, para uno y dos niveles.

- Sensibilización de las autoridades de gobierno para invertir en desarrollar opciones constructivas con bloques de adobe y BTCs, y técnicas de bahareque mejorado aplicables.
- Incorporación a los programas académicos de las facultades de arquitectura e ingeniería civil la construcción usando la tierra como material de básico, multifacético.
- Promover la experimentación directa con sistemas constructivos de tierra de estudiantes de arquitectura e ingeniería haciéndolos cruzar la barrera del temor a lo desconocido.
- Difusión informativa/educativa de experiencias similares de construcción con tierra y sus códigos aplicables en otros países de Latinoamérica y en países Desarrollados para generar mayor confianza en el material y sus técnicas.

Los proyectos que nosotros hemos podido desarrollar con BTCs, no han sido para la clase trabajadora en sí, sino más bien, orientados a la clase media y alta, y hacia los sistemas de educación vocacional. Sin embargo, podemos atestiguar el cruce casi inmediato de los mismos trabajadores de la construcción, desde sencillos peones hasta los más reacios ingenieros estructurales, de su opinión de “material de pobres y de fácil destrucción”, hacia otra de “orgullo y comprobada calidad duradera histórica y alta calidad climática y de vida”, al ver que el mismo material se encuentra claramente detallado e incorporado en los diferentes planos constructivos respaldados por profesionales. Ello, aunado a un seguro manejo del proceso constructivo, produce en todas las personas, una inmediata y valiosa aceptación, volviendo a la vez, especialmente los proyectos urbanos que hemos desarrollado, un sitio de curiosidad turística y de sueño por alcanzar generalizado.

En resumen, la construcción lógica, congruente con el medio y la cultura, y apoyada por el conocimiento bien sustentado, siempre es la más adecuada, está latente en los corazones de todos, y es una responsabilidad de nosotros los profesionales el apoyarla, especialmente al hablar de vivienda. La construcción con tierra, ofrece diversas alternativas según el medio en que se realice, lo necesario para promoverla, creemos, seguirá siendo la educación.

Consolidación de elementos de tierra en el norte del Perú

L. Villanueva

Dr. Arquitecto y Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid

G. Sandoval

Ingeniero Civil, Master CEDEX y Profesor de la Universidad de Piura

S. García Álvarez

Arquitecto, Profesor de la Universidad Politécnica de Madrid

Palabras clave : Consolidación; arqueología; tierra

Resumen

Las excavaciones de los restos arqueológicos exigen una adecuada consolidación y protección inmediatamente posterior, para preservar lo excavado de las inclemencias meteorológicas. Estas exigencias aumentan cuando los restos son esencialmente elementos de tierra, como es el caso de los abundantes yacimientos arqueológicos del norte del Perú.

La climatología local, con escasa pluviometría anual, fuerte insolación e importantes diferencias térmicas en el paso del día a la noche, hacen particularmente necesario un adecuado tratamiento de este problema. Lo anterior aún se complica más con el Niño, que provoca importantes inundaciones, en los años en que aparece este fenómeno.

En la comunicación se pretende dar cuenta de todos estos trabajos: de los sistemas tradicionales de consolidación, de los ensayos realizados y de las conclusiones a las que se han llegado.

SUMMARY

Soon after archeological excavations are carried out, sites require proper consolidation and protection to preserve the findings from weather agents. This is even more so in case of dirt remains, such as those found in the abundant archeological sites of the north of Peru'.

The local climate conditions, characterized by scarce annual rains, intense sun and significant temperature excursions between day and night, strongly require an adequate treatment of the issue. The aforementioned is even more complicated by "El Niño", cause of significant floods in those years when this weather phenomenon appears.

Scope of the report is to describe all these activities, such as traditional consolidation approaches, sampling performed and the relevant conclusions.

Contenido

La presente comunicación surge como resultado de los trabajos llevados a cabo durante tres campañas consecutivas en las excavaciones arqueológicas, que a través de un convenio de cooperación entre la Universidad de Piura¹ y la Universidad Politécnica de Madrid², se están llevando a cabo el asentamiento colonial de San Miguel de Piura, primera ciudad fundada por los españoles en el actual territorio del Perú. La ciudad fue abandonada al poco tiempo sus pobladores y refundada hasta tres veces a varios kilómetros de distancia. Actualmente se está haciendo el proyecto para la excavación los restos del segundo asentamiento encontrándose abundante material arqueológico así como restos de las edificaciones existentes en el lugar, fundamentalmente cimentaciones y arranques de muros, construidos en material tierra.

FOTO 1

FOTO 2

Con este motivo, se han visitado numerosos yacimientos prehispánicos en esa zona para tener información de los sistemas empleados en la consolidación y protección de lo excavado.

La primera parte del trabajo consistió en caracterizar la tierra existente en el yacimiento arqueológico de Piura la Vieja con el objeto de poder realizar los diferentes ensayos tanto en el laboratorio de la Universidad de Piura como estudios paralelos en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Resultados

En el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura se ha caracterizado la tierra local fácilmente disponible, que habitualmente se utiliza, mezclada con guano, en la fabricación de adobes. Se determinó la granulometría del suelo así como, los límites líquido y plástico y el índice de plasticidad.

FOTO 3

FOTO 4

Dichos ensayos dieron como resultado que la arcilla en cuestión era una arcilla de baja plasticidad (CL), con un altísimo contenido en finos (más del 70 % atraviesa el tamiz 200 de la serie ASTM) que acentúa la inestabilidad volumétrica de la tierra favoreciendo su fisuración posterior.

¹ Profesores Sesé, Sandoval y Correa

² Profesores Villanueva y Vela

En paralelo con éstos primeros análisis se comenzaron a realizar unas pruebas en el lugar mediante tortas de barro estabilizadas con cal, que resultaron muy fisuradas en plazos más o menos cortos, en concordancia con la alta finura de la tierra.

FOTO 5

Posteriormente en la Escuela de Arquitectura de Madrid se trabajó en la búsqueda de un suelo que tuviera propiedades semejantes al de Piura la Vieja con el objeto de desarrollar una investigación que permitiera la búsqueda del estabilizante óptimo que contribuyera a la máxima estabilidad posible de la tierra fundamentalmente frente a la acción del agua. Se caracterizaran diversos suelos arcillosos del entorno de Madrid (ver resultados) obteniendo sus granulometrías y límites plástico y líquido.

FOTO 6

FOTO 7

Analizando los resultados obtenidos para las tierras de Madrid podemos comprobar que existe una gran similitud, sobre todo en la tierra extraída en Vicálvaro, en cuanto a sus límites líquidos e índices de plasticidad, quedando clasificadas dentro del grupo CL o arcillas de baja plasticidad. Existe sin embargo una gran diferencia entre sus curvas granulométricas ya que las arcillas elegidas tienen contenidos en finos mucho menores que la estudiada en Piura. En cualquier caso sería factible la corrección de la granulometría de nuestras arenas mediante la adición de arcillas puras hasta conseguir elevar el contenido de finos al nivel deseado. En ulteriores análisis se quiere proceder al análisis mineralógico de las muestras para asegurar que la naturaleza es similar a la tierra piurana.

En la actualidad se continúan los ensayos, tanto en Laboratorio como en el lugar, con objeto de obtener un sistema eficaz, barato y recuperable de consolidación sobre elementos murarios de diversos espesores, realizados con mampostería de piedra en sus dos caras y un relleno de tierras con restos de cal en su interior.

Se han llevado a cabo nuevos ensayos utilizando como agente estabilizante el jugo de tuna (planta captácea abundante en el norte del Perú). El procedimiento seguido ha sido remojar las hojas de la planta previamente troceadas en agua durante una semana. Se obtiene un líquido de color verdoso con una cierta viscosidad, seguidamente se filtra el líquido para separar los sólidos que contiene, y se usa como agua de amasado de las probetas de ensayo.

Se preparan tortas de mortero hechas con la tierra de Piura y amasadas con el líquido reseñado y la premisa de utilizar la menor cantidad de agua para conseguir la máxima compacidad y la mayor durabilidad final

frente a la erosión, ensayándolas posteriormente variando las proporciones de los diferentes componentes, agua, arena y suelo.

Los resultados obtenidos mediante éste procedimiento de estabilización han sido bastante satisfactorios. La proporción óptima ha sido una mezcla de suelo/arena/agua respecto a peso de suelo, en la siguiente proporción volumétrica 1/3:4/0.23

FOTO 8

Conclusiones

La tierra original procedente del asentamiento de Piura la Vieja presenta un alto contenido en finos. Esto agrava los problemas de retracción y fisuración de los morteros experimentados. La tierra de Madrid, con una granulometría más gruesa, tiene una mayor estabilidad volumétrica. A pesar de su distribución granulométrica distinta, los límites de Atterberg medidos son similares. Para corregir la finura de la tierra Piurana, se propone añadir arena de forma que la curva se asemeje lo más posible a la de las Tierras ensayadas en Madrid. A partir de aquí se propone estabilizar con cal la tierra corregida por ser dicho conglomerante compatible con las fábricas coloniales halladas en el yacimiento arqueológico. Por otra parte, la adición de jugo de tuna mejora en gran medida la resistencia al agua del mortero de tierra que se pretende usar como protección de las cabezas de los muros. Siguiendo estas pautas se realizarán ensayos encaminados a determinar la proporción ideal de los estabilizantes de modo paralelo en las Universidades de Piura y Politécnica de Madrid. Los resultados obtenidos en ésta segunda fase de investigación conjunta entre las dos Universidades, coordinados y supervisados bajo la dirección del Doctor D. Luís de Villanueva, servirán para la fabricación final de los morteros de consolidación que evitarán el deterioro de las fábricas coloniales de Piura la Vieja.

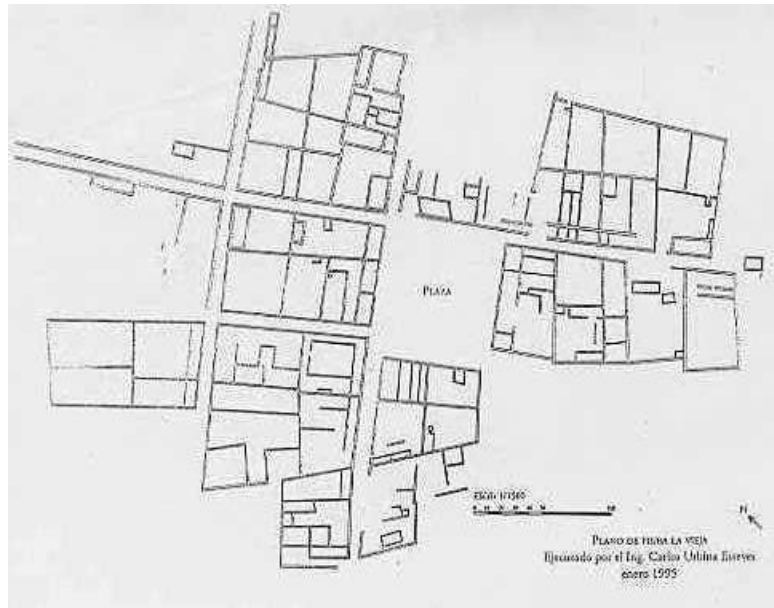


FOTO 1 Plano de San Miguel de Piura



FOTO 2 Restos murarios de San Miguel de Piura

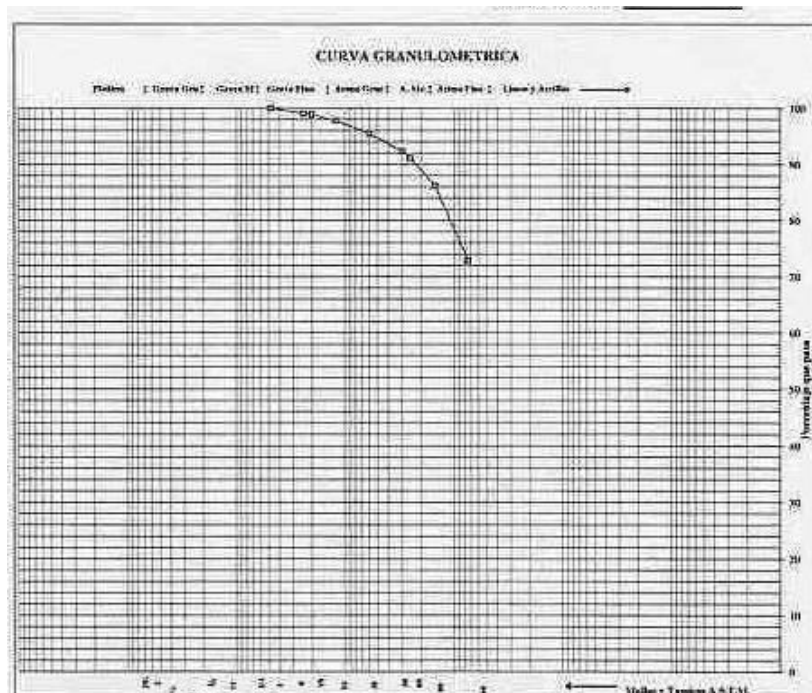


FOTO 3 Granulometría tierra de Piura

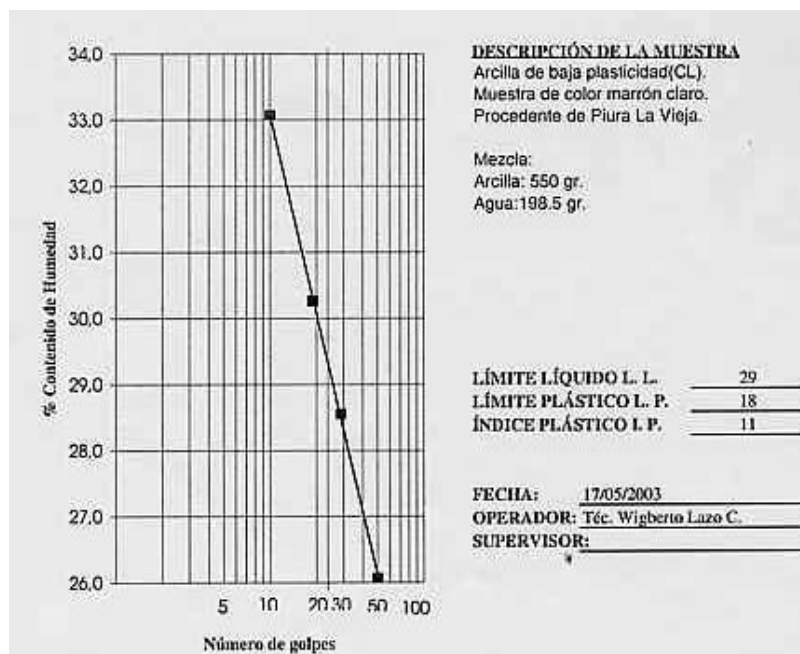


FOTO 4 Límites de Atterberg tierra de Piura

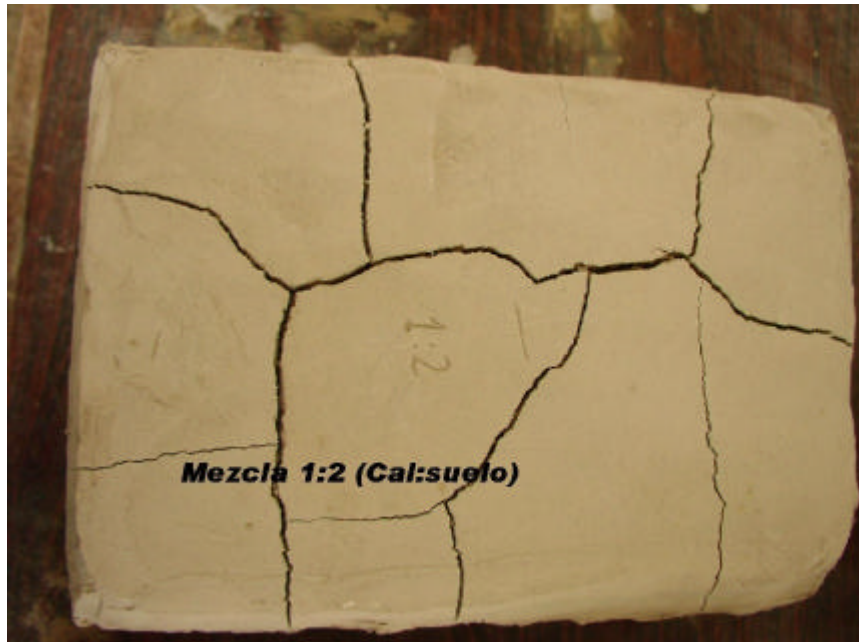


FOTO 5 Pruebas suelo estabilizado con cal

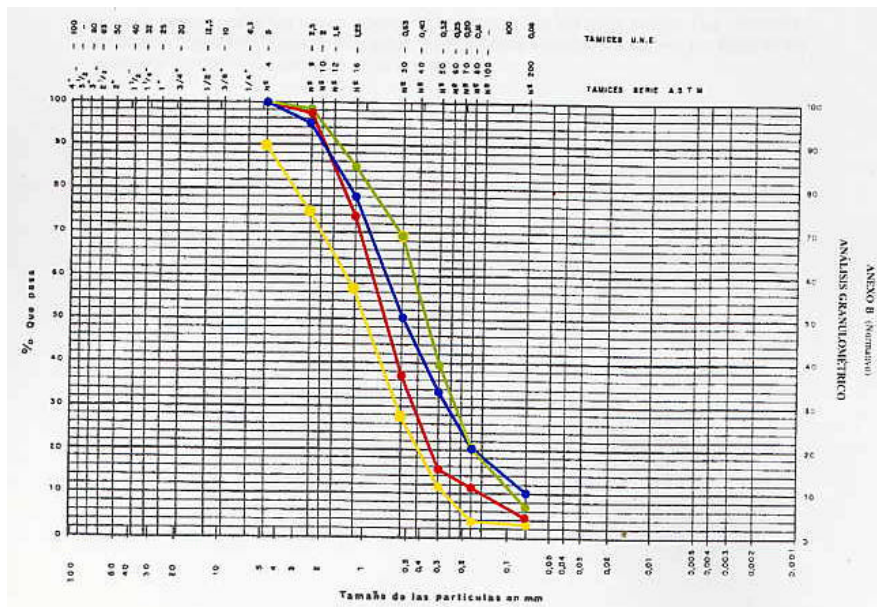


FOTO 6 Análisis granulométrico de las tierras de Madrid



FOTO 7 Límites de Atterberg tierras de Madrid

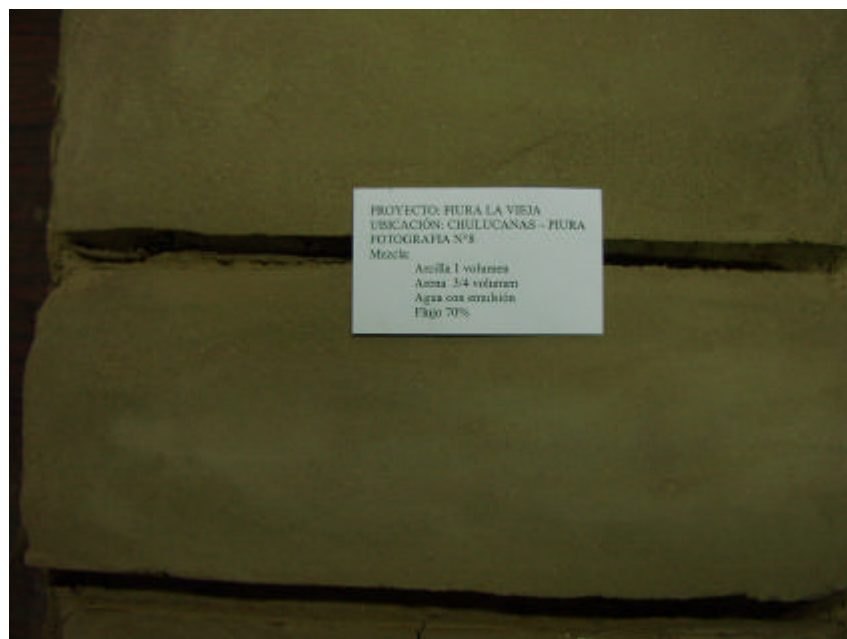


FOTO 8 Muestra estabilizada con jugo de tuna

CUARTA SESIÓN

RESTAURACIÓN, ASPECTOS HISTÓRICOS Y DOCUMENTACIÓN

Hubert Guillaud

Valorizar el tapial de Delfinado, Francia: el Contrato Global de Desarrollo "Isère, Puerta de Los Alpes"

Ana Elisa Berenguel./ Rosa Bustamante Montoro

Conglomerados de barro en la restauración de muros y cubiertas del patio de letras de la casona de San Marcos

Cañas Guerrero, Ignacio / Martín Ocaña, Silvia

La reutilización de los edificios rurales de tierra

Mariana Correia

A taipa alentejana: sistemas tradicionais de protecção

Jaime de Hoz

Adobes y ladrillos. Origen y expansión histórica de unos materiales básicos

Juana Font Arellano

La construcción de tierra en los Tratados y otros escritos

David Rivera Gámez

La arquitectura de tierra hoy: *low tech* y opciones alternativas en la cultura arquitectónica moderna

Raymundo Rodrigues Filho

La búsqueda de la sostenibilidad a través de la conservación de los sitios históricos, y de las nuevas construcciones en arquitectura de tierra

Peter Steingass

New chances for modern earth building

Fernando Vela Cossío

Investigación arqueológica y construcción con tierra en la Península Ibérica

PRESENTACIÓN	CONFERENCIA INAUGURAL		
1ª SESIÓN	2ª SESIÓN	3ª SESIÓN	4ª SESIÓN

VALORIZAR EL TAPIAL DE DELFINADO, FRANCIA: EL CONTRACTO GLOBAL DE DESARROLLO "ISÈRE, PUERTA DE LOS ALPES"

Hubert Guillaud

Arquitecto, M.A. Cl. excep. en Ciencias y Técnicas para la Arquitectura
Escuela de Arquitectura de Grenoble (EAG), Francia
Director científico de CRATerre-EAG
Centro Internacional de Construcción con Tierra
60 Avenue de Constantine, B.P. 2636, 38036 Grenoble Cedex 2, France
hubert.guillaud@grenoble.archi.fr

Resumen

La arquitectura de tierra existe y nos es una *'ilusión de lo permanente'*. Pienso sea, en cambio, condición fundamental para una modernidad de identidades específicas, hoy – más que nunca – necesaria como reacción a los circuitos de homogenización cultural y a la noción de mundialización o globalización que atenta contra valores, orígenes, respuestas y expresiones de estas identidades' (Alva Balderama 2001:1). Desde el final del siglo XX pasado y con más movilización de dimensión internacional, somos viviendo una época de reconocimiento de la arquitectura de tierra. Siguiendo el ejemplo de acciones pilotas que dieron nacimiento a proyectos específicos durante los años 1980 (ver entre otros el Proyecto *'Gaia'* y el Proyecto *'Terra'*¹), proyectos reforzados en los años 1990 con cooperaciones académicas (la Cátedra UNESCO *'Arquitectura de Tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible'*, el *'Consortio Terra'*²), se confirman muchas más nuevas iniciativas en la misma dirección en varias regiones del mundo (en los países europeos, Italia, España, Portugal, Inglaterra Alemania, Holanda, como en el continente americano, en Asia, en África hasta Australia y Nueva Zelanda). Los estudios de los patrimonios arquitectónicos de tierra crean nuevos espacios de investigación, se activan la conservación y la puesta en valor de los monumentos arquitectónicos tal como de los sitios arqueológicos de tierra dentro proyectos regionales (ver *'África 2009'* o *'Asia Central Tierra 2002-2012'*³). Cada día crece el uso reactualizado del material tierra para un renacimiento de una arquitectura contemporánea de *'adobe'*, *'tapial'* o *'pisé'*, o también de *'terrón'*, *'fajina'* o *'quincha mejorada'*. Así, siempre vive la tradición de traslado de una cultura constructiva milenaria que no parece responder únicamente a la única necesidad ancestral y transgeneracional de transmisión de un saber hacer para construir su propia vivienda. Pienso sea más cuestión de un interés contemporáneo por valorizar un conocimiento vinculado a un patrimonio que 'debe' necesariamente integrarse dentro de una contemporaneidad conciente de la herencia humana como condición indispensable en la construcción de un porvenir sostenible. Un porvenir donde el mantenimiento de la *'tecno-diversidad'* cultural, como se puede ver en la natura que mantiene siempre una diversidad máxima, será un factor de vitalidad: siempre construir con tierra para el porvenir 'sostenible' de nuestra 'Tierra Madre'. Con esta comunicación, para ilustrar esto enfoque, se presenta el programa de valorización del tapial de Delfinado, Francia, que hace parte de un 'Contrato Global de Desarrollo' confirmando una voluntad política de conservación y valorización de la identidad cultural de una región donde la arquitectura vernácula de tierra es un componente mayor del territorio ordenado por el uomo. Esto programa es introducido con consideraciones históricas y con una breve descripción del patrimonio regional.

Palabras-clave

Herencia, culturas constructivas, arquitectura vernácula de tapial, identidad cultural, puesta en valor, porvenir sostenible, tecno-diversidad, voluntad política.

Summary

The earthen architecture exists and is not an *'illusion of the permanence'*. I think it should be, on the contrary, a basic condition for the modernity of specific identities, today – more than ever before – necessary as a reaction to cultural homogenising channels and to the notion of worldwide patterning or globalisation that makes an attempt on the values, the origins, the answers and expressions of such identities' (Alva Balderrama, 2001:1). From the end of the last century, and with more mobilisation at the international level, we are living an epoch of earthen architecture recognition. Pursuing examples of piloting actions which have given birth to specific projects during the 1980' (see among other the Project *'Gaia'* and the Project *'Terra'*¹), projects that have been strengthened during

the 1990' by the extension of academic co-operations (the UNESCO Chair '*Earthen architecture, building cultures and sustainable development*', the '*Consortium Terra*'²), much more new initiatives leading to the same direction are being confirmed in several regions of the world (in European countries as in Italy, Spain, Portugal, England, Germany, Netherlands, as well as on the American continent, in Asia, Africa, as far as to Australia and New Zealand). The study of earthen architectural heritages is creating new research spaces, the conservation and the '*mise en valeur*' (enhancement) of the earthen architectural monuments and archaeological sites is activating more and more within specific regional projects (see '*Africa 2009*' and '*Central Asian Earth 2002-2012*'³). Every day, the actualized use of the earth building material is growing and bearing a 'renaissance' of a contemporaneous earthen architecture made of '*adobe*', '*rammed earth*' or '*pisé*', '*sod*' or '*improved wattle and daub*'. Thus, the millenary traditional transfer of the earthen building culture is always living and does not seem to only correspond to the ancestral and the over generational necessity for transmitting a know how for building the proper home. I think it should be more a question of a contemporaneous interest in valorising a knowledge which is linked to an heritage that 'must' be integrated in a contemporary awareness of what is human heritage as an indispensable condition for the construction of a sustainable future. A future in which the maintenance of the cultural '*techno-diversity*', as nature is maintaining a maximum of diversity, will be a factor of vitality: going on building with earth for the sustainable future of our 'Mother Earth'. This communication illustrates this approach and presents a programme aiming at valorising the heritage made of '*pisé*' in the region of *Dauphiné*, France, a programme being part of a 'Global Contract for Development' which confirms the political willing for conserving and enhancing the cultural identity of a region where the vernacular earthen architecture is a major component of the human fit out landscaping. This programme is introduced with historical considerations and with a brief description of the regional heritage.

Key words

Heritage, building cultures, rammed earth vernacular architecture, cultural identity, '*mise en valeur*', sustainable future, techno-diversity, political willing.

1 – Francia alberga una herencia arquitectónica de tierra variada y excepcional.

1.1. - Breve evocación de la diversidad técnica y de la evolución histórica.

Cerca del 15% de la población rural francés vive dentro de un *hábitat* hecho de tierra. '*Pisé*' (tapial) del Valle de *Saône*, de *Bresse Meridional*, de las *Dombes* (entorno de Lyon), medio Valle del Ródano, Delfinado y *Bugey* (*Ain* y *Saboya*), *Comtat Venaissin* (al norte de Avignon), y bajo Valle de la *Durance*. '*Adobe*' de los territorios de media Garona hasta el Tarn y Garona (*cerca de la ciudad de Albi*), '*carreaux de terre*' (bloques de tierra) de Champaña y del Valle de la *Marne*. '*Colombages y torchis*' (entramado y quincha o bahareque) de las *Landes* (Aquitania), alta y baja Normandía, Picardía (al Norte de Francia), Alsacia, *Bresse septentrional*, '*Bauge*' (tierra apilada) de la Vendée, Bretaña y Cotentin. Son también barrios urbanos históricos en muchas ciudades de provincia, con inmuebles construidos en '*colombages*' relleno de '*torchis*' como en *Rouen*, *Le Mans*, *Rennes*, *Tours*, *Bourges*, *Strasbourg* y *Colmar*); edificios de '*pisé*' en *Lyon* (barrio de '*Croix Rousse*') o en la ciudad de *Montbrison-en-Forez* (*Loire*). Esta arquitectura de tierra, tan diversa en sus técnicas como en su tipología, es la herencia de culturas constructivas antiguas que ya se realizaron en sus formas más elaboradas en las épocas Galo-Romanas con el desarrollo significativo de las '*villas*' de los colonos, de los '*vici*' (burgos) y ciudades de influencia regional (los casos de *Lyon* y *Vienne* a lo largo del medio Ródano, con sus vestigios de entramado y adobe – el barrio del '*Verbe incarné*' en *Lyon*; *Saint Romain-en-Gal* de enfrente à *Vienne* – son ejemplares). Después de la caída del Imperio Romano, al fin del Siglo Cuarto, estas culturas constructivas han experimentado una regresión durante una época de inestabilidad

política y social, de paulatina reorganización territorial y administrativa que atravesó todo la Edad Media. En el plano de la evolución del *hábitat* se pase de los '*fonds de cabanes*' – cabañas semienterradas - a los Castillos '*à mottes*' (en madera y terrones), con torreón y cuneta y una empalizada protegiendo casas muy precarias - a los pueblos nuevos del feudalismo, construidos alrededor de una fortaleza y de una iglesia). Esta evolución medieval nos llega a una Francia casi moderna entre el final del Siglo X (con Los Carolingios de los Siglos VIII y IX seguidos por los Capetianos, 987-1180) y el Renacimiento del Siglo XV que prefigura las formas casi actuales. Con esta 'premodernidad', trovando una nueva cuenca estable, se reafirmaron las culturas constructivas antiguas – ofrenda de la memoria colectiva y de la '*civiltá*' pasada – que dieron nacimiento a nuestro patrimonio arquitectónico vernáculo y rural como urbano y popular actual. Hoy, los testimonios de arquitectura de tierra de estas épocas son muy raros, a la excepción de algunos castillos (por ejemplo '*La Bastie d'Urfé*' cerca de *Montbrison, Loire*), o partes de viejas granjas y graneros con estructuras a tres naves, pero tan pocas (granjas 'cistercienses' del Norte de '*Isère*'). La arquitectura de tierra francés actual fue '*grosso modo*' acabada al fin del Siglo XVIII pero definitivamente durante la segunda mitad del Siglo XIX y llegó sin cambios mayores hasta los años 50' del Siglo XX pasado cuando ha desaparecido la construcción con tierra.

1.2. - El tapial de Delfinado: otros elementos históricos y factores físicos.

La tradición francés del tapial se ubica principalmente al este del país, a lo largo del Ródano y del Valle de *Saône*, desde el entorno de *Avignon* (burgos de *Noves, Châteaurenard*), al Sur, hasta *Mâcon* (al Norte de *Lyon*), con extensiones sobre los territorios vecinos de *Drôme* (Sur de *Valence* hasta los piemontes de los Alpes), de Delfinado (particularmente al Norte de '*Isère*'), y en el bajo Valle de Loire (llanura del Forez). Esta ubicación territorial del tapial se explica con factores históricos y culturales tal como con razones físicas vinculadas a la misma natura de la geología regional.

En el plano histórico y cultural tenemos una filiación a las influencias mediterráneas (Guillaud 2002: 55-68) desde la época Galo-Romana pero sobre una herencia más antigua de construcciones primitivas (*hábitat* galo) hechas de quincha y tierra apilada (*bauge*), y después sobre las influencias de Cártago y de los Griegos (considerar varios asuntos humanos tal como Ampurias en España hasta Lattes (Herault, Francia) y la región de Narbona, hasta los sitios griegos y después romanos del litoral del Golfo del Leone – *Focœa, Agdae, Antipolis, Nikaia*, al Sur de Francia– donde vestigios de adobe y fortificaciones de tapial fueron excavadas). Pero hay también que vincular esta tradición francés del tapial a las influencias de los Moros de la península Ibérica que penetraron hasta el Macizo Central, en Auverña (la patronimia y la toponimia los indican). Sabemos que el origen de la palabra '*pisé*', utilizada en la región Ródano-Alpes, viene del latino '*pinsare*' pero hay que considerar la palabra provenzal '*tapy*' cuyas raíces son del árabe '*tabiya*' o '*tabía*'. Sin embargo, aunque estas filiaciones antiguas son confirmadas con la investigación arqueológica, hay un periodo oscuro antes del renacimiento histórico en el uso popular del tapial en Francia. Quizás, la fragilidad

propia del material tierra utilizado para construir casitas pequeñas y humildes (durante la Alta Edad Media, entre el Siglo V hasta el Siglo X) a tenido su papel natural de destrucción siguiendo un abandono y una falta de mantenimiento del patrimonio construido durante épocas muy difíciles y inestables en el plano político, social y económico (con fenómenos usuales de emigración a los burgos), o durante períodos de conflictos (invasiones Alemanas y después luchas entre reinos regionales – Borgoña, Saboya, Provenza). La Historia de los pueblos aclara aquella de sus patrimonios construidos. Es vero que antes del siglo XVIII la Historia francés fue muy turbada. El rostro del patrimonio vernáculo cambió radicalmente al fin del feudalismo con la Revolución Francés (1789). Pero será con el Directorio, durante los años 1790', y con los fisiócratas, los 'agrarianos', con las sociedades sabias del Siglo de Las Luces, que fueron difundida las practicas renovadas del tapial. Estas practicas corresponden también a un nuevo período de mejor estabilidad política, social y económica del país, a la aparición de una clase de campesinos mas ricos, los labradores y los granjeros, que llegan a ser propietarios de sus bienes, a una clase de burgueses (en ámbito urbano) que construyen par constituir una herencia duradera, un legado para las generaciones futuras. Así, es con el fin del Siglo XVIII y durante la primera mitad del Siglo XIX que se constituyeron los caracteres y formas hipológicas del patrimonio vernáculo casi definitivos. La pequeñas fincas hechas de embarrado y quinchas son sustituidos por granjas de adobe y ladrillo cocido (Aquitania), o granjas de tapial (Valle del Ródano), como si sea un proceso de 'petrificación' accesible, de la tierra precaria a la tierra 'dura' o más duradera. Hay también que no olvidar la influencia particular y decisiva sobre la valorización y el mejoramiento de la calidad técnica como estética de la arquitectura rural como burguesa en 'pisé', del famoso François Cointeraux (1730-1840) que fue un promotor prosélito de un 'nuevo pisé' y de un 'pisé decorado' (Guillaud: 1997). Siguiendo otros autores famosos como Georges-Claude Goiffon que publicó *'L'Art du Maçon Piseur'* (El Arte del Tapiero), en 1772, o François Boulard que publicó un cuaderno específico sobre el tapial en el *'Cours Complet d'Agriculture Théorique et Pratique'* (Curso Completo de Agricultura Teórica y Práctica), en 1796, del Padre Rozier, François Cointeraux editó su tan conocido cuarto *'Cahier d'Ecole d'Architecture Rurale'* (4to Cuaderno de Escuela de Arquitectura Rural), en 1791. Este ensayo fue el primero tratado teórico y técnico sobre la construcción con tapial (saludado por Jean-Baptiste Rondelet en su tratado *'L'Art de Bâtir'*, escrito entre 1802 y 1817). Sabemos que este famoso cuaderno de Cointeraux fue traducido en los mayores idiomas de Europa, por Henry Holland, en Inglaterra y en 1791 (pero publicado en 1797), por David Gilly, fundador de la *Baüakademie* de Berlín, Prusia, en 1793, por Giuseppe del Rosso en Toscana, Italia, en 1793, y otras adaptaciones en danés (K.H. Seidelin, 1796). La influencia de Cointeraux sobre la reactualización del tapial moderno en Europa y otras lejas regiones del mundo (Nueva Inglaterra hasta el Estado de Victoria en Australia), sobre la estética de las granjas y de los dominios burgueses (nuevos planos, fachadas decoradas con estilo toscano, o con cal pintada), puede leerse claramente sobre el patrimonio actual.

A nivel de la geología regional, los suelos del Norte de *'Isère'* son particularmente propicios para la realización de 'pisé(s)'. Son suelos de grava, bastante arenosos y con una fracción limo-arcillosa que resulten

de la era terciaria cuando la región fue invadida por el mar depositando sedimentos a lo largo de los milenios. Después, durante la era cuaternaria, el Macizo de los Alpes se levantó y los sedimentos del terciario subieron a la superficie terrestre transformándose en forma de *'molasse'* (época del Mioceno). Se sucedieron después alternancias de clima muy caliente - de tipo tropical con una *'rubeificación'* (ruborizado) de los suelos -, y glacial. Estos periodos glaciares han llevado mucho material glacial que se mezclaron con los suelos anteriores de tipo sedimentario evolucionado como, simultáneamente, el río *'Isère'* llevó muchas aluviones (arena y grava) que se depositaron sobre las terrazas aluviales (cama mayor). La cama menor del río *'Isère'* a cambiado su itinerario tres veces durante su propia historia, bajando del Norte al Sur del Delfinado septentrional y esto resultó en una mezcla de material que a llegado una tierra casi ideal para construir en tapial. Son tierras que llamamos *'moraines'* (morenas), mezclando un material de tipo glacial y aluvial, con una granulometría bien escalonada. Esta tierra, se toma directamente a su humedad natural, se verte dentro un encofrado de madera, se compacta al pisón y resulta en un *'pisé'* de calidad excepcional.

1-3 - Un paisaje rural que se identifica a los caracteres del tapial (Lámina 1).

El Norte del departamento del *'Isère'* a conservado un paisaje rural típico cuya estructura es organizada alrededor de pueblos y burgos de tamaño diverso pero poco transformados en sus núcleos originales. Esta situación resulta de una morfología de colinas y de un enclavamiento histórico, de la continuidad de una agricultura familiar y intensiva (vegetales y frutos), de una ganadería de subsistencia (leche y poca carne) que mantuvieron el territorio al margen del desarrollo contemporáneo, el cual benefició más a los territorios de llanuras, como la *'Bièvre'* y la *'Valloire'*, ubicados al Sur, que se reuniesen al Ródano. Estas llanuras han acogido la red moderna de transporte viario y ferroviario que relaciona las capitales urbanas regionales que son *Grenoble, Bourgoin-Jallieu y Lyon*. Sobre estos territorios abiertos se ha desarrollado una agricultura de grandes culturas mecanizadas (trigo, maíz, girasol, colza) tal como una economía de ganadería extensiva de vaca par el leche (raza Normanda) y para la carne (raza Charolais). Así existe una fractura típica entre el Norte y el Sur del *'Isère'* que se puede también observar sobre la evolución del construido.

1.4. - Tipología sintética.

La tipología del *hábitat* tradicional y residual en tapial nunca altera las formas tradicionales de la arquitectura vernácula regional construida en otros materiales como la piedra o el ladrillo cocido. Tenemos ejemplos típicos ilustrando la tipología de los geógrafos del inicio de Siglo XX (Demangeon: 1920) que corresponden a los niveles de clase social del mundo campesino y al valor de uso (Cusenier: 1999). Así son casas *'bloc à terre en longueur'* (bloque a tierra en longitud) de los obreros agrícolas, sin granero; son casas *'bloc à terre en hauteur'* (bloque a tierra en altura) de los aparceros, con un granero y un pequeño establo albergando unas vacas (pero sobre el mismo techo); son casas *'à cour ouverte'* (a patio abierto) de los labradores, con la parte de habitación autónoma (pero con el granero al primo piso), y uno o dos establos

separados, el todo organizado en forma de 'L' o de 'U'; y son las casas '*à cour fermée*' (a patio cerrado) de los granjeros propietarios aquellas son algunas veces fortificadas ('*maisons fortes*' o casas fortalezas). Dentro de los pueblos tenemos pocas iglesias en tapial (únicamente las neves son de tierra y los campaniles son de piedra) pero tenemos escuelas (EGB) mixtas edificadas al final del Siglo XIX (Ley de Jules Ferry) y al inicio del Siglo XX. Tenemos también una tradición de edificios de estilo industrial con '*sheds*' que albergaron una pequeña industria textil de tipo familiar. La morfología de esta arquitectura de tapial del Norte del '*Isère*' es típica con sus techos esbeltos de '*tuiles-écailles*' (tejas-escamas), con sus alejos sobre '*coyaux*' (cabríos subidos) y ménsulas de madera, con sus marcos de ventanas masivos de madera y sus basamentos de cantos rodados y ladrillos cocidos (en '*opus spicatum*' o en espina). Hay pocos repellos de cal sobre la fachadas, excepto sobre las paredes '*nobles*' (a la vista o sobre las calles). Otras veces, son únicamente finos enlucidos de cal que protegen las paredes expuestas a la lluvia. Pero muchas casas no tienen repellos y particularmente los edificios anexos como graneros o establos.

1.5. – Evolución reciente.

Hoy, el *hábitat* tradicional hecho de tapial se mantiene al Norte del '*Isère*' y desaparece paulatinamente al Sur, sustituido por construcciones en materiales modernos. Se observa también un crecimiento impresionante de nuevos barrios residenciales con la creación des zonas de actividad industriales y comerciales ofreciendo servicios de proximidad a una población que se escapa de los ámbitos urbanos (emigración desde *Grenoble*, *Bourgoin-Jallieu*, *Vienne* y *Lyon*). El más crítico son las practicas de restauración y renovación - con reconstrucción - que afectan el patrimonio de tapial de la región. La visión anticuada del tapial, la dramática falta de cultura arquitectónica y constructiva de los propietarios comprando las casas para proyectar una residencia principal o secundaria, de las empresas tal como de los políticos locales, han abierto la puerta a intervenciones que desnaturalizan los edificios. Son creaciones de nuevos ritmos en las fachadas con tableros de hormigón armado, reparaciones de las fisuras y relleno de las cavidades con cemento o bloques de cemento, modificaciones de los techos (cambio de tejas con cambio de la morfología), repellos con cemento sobre alambrada, todas intervenciones que cambian radicalmente los caracteres identificativos y crean a medio plazo nuevas patologías muy graves.

2 – Un programa específico de valorización de la arquitectura de tapial al Norte de Delfinado.

2.1. – Descripción del programa.

48 municipios al Norte de 'Isère' (departamento administrativo) han sido agrupado para firmar un 'Contrato Global de Desarrollo' (2001-2005) con el Consejo Regional de Ródano-Alpes y el Consejo General de 'Isère'. El territorio cubre cinco cantones (otra subdivisión administrativa agrupando varios municipios) ubicados alrededor de unas de las mayores ciudades de la región, Bourgoin-Jallieu, y de la 'ville nouvelle' (nueva ciudad) de 'l'Isle d'Abeau' (agrupando cinco burgos locales). Se puede caracterizar este territorio con algunas cifras-clave: 115 000 habitantes (el 8,5% del departamento del 'Isère'), 36 municipios rurales (pueblos, con 28% del 8,5%) y 12 municipios urbanos (72% de los 8,5%); una superficie de 559 km² (7,5% del territorio de 'Isère'), 40 000 empleos censados y 1010 explotaciones agrícolas. La aplicación del 'Contrato Global de Desarrollo' cubre un amplio abanico de ámbitos cotidianos de la población local: la agricultura, la industria, la cultura, el turismo y la comunicación. Así son los cinco temas mayores del contrato que tiene también 4 grandes ejes de desarrollo: 1) incrementar la calidad del tejido industrial y terciario; 2) acompañar la evolución; 3) valorizar y reconocer el territorio organizando complementariedades; y, 4) conservar, mejorar el marco de vida, preservar un ámbito de calidad.

Vinculado a los temas de la cultura y del turismo como a los 4 ejes, se propone una acción específica de 'puesta en valor del patrimonio arquitectónico tradicional construido en *pisé*'. La maestría de obra y la coordinación de tal acción han sido confiados, por decisión de la Asamblea General de la Asociación 'Isère, Puerta de los Alpes' agrupando los 48 municipios, a CRATerre-EAG que ha propuesto 4 grandes objetivos : 1) la sensibilización de la población y de los políticos locales; 2) la puesta en valor de los actores locales (maestros de obra, arquitectos, empresas); 3) la puesta en valor de patrimonio construido en tapial (mejorar las intervenciones y valorizar los caracteres propios; y, 4) la dinamización de la realización de proyectos ejemplarios (en restauración como en construcción nueva). Estos 4 grandes objetivos son declinados en un conjunto de 9 grupos de acciones:

- 1 – crear y difundir soportes de valorización-promoción del patrimonio arquitectónico notable de tapial;
- 2 – programa intensivo de sensibilización en los municipios: conferencias, mesas redondas y forums, talleres;
- 3 – evaluar la cuenca de competencias y empleos locales: investigación y análisis de las necesidades y expectativas;

- 4 – valorizar el potencial de los operadores especializados : arquitectos, empresas; crear un anuario de estas competencias validadas;
- 5 – crear productos culturales y educativos: muestra, maleta pedagógica y capacitación de formadores en ámbito escolar, promoción de un 'camino de los constructores de tapial' ...;
- 6 – apoyar la generación de una red de profesionales para activar el intercambio de experiencias, abrir esta red a la dimensión nacional y europea;
- 7 – realizar formaciones específicas para los profesionales y el público: seminarios, cursos sobre los temas del rescate, la restauración y construcción nueva;
- 8 – editar y difundir documentos técnicos para los maestros de obra públicos y privados, para los profesionales, libros de carácter cultural gran público;
- 9 – apoyar el desarrollo de nuevos proyectos sobre los municipios: adaptación del marco legal y administrativo, normas, carta del paisaje natural y cultural, condiciones de seguro profesional y privado, condiciones financieras (préstamos bancarios).

2.2. – Primeros resultados y impactos a medio plazo (2001-2003).

Las primeras actividades han sido iniciadas al final del año 2001 con las acciones 2 y 3. Se realizó, sobre una ancha consulta regional, la investigación llegando a un análisis de las necesidades y expectativas que ha concluido sobre la evidencia de una pérdida dramática de un saber construir con tierra, de la identidad patrimonial y sobre la prioridad de una información objetiva del público como de una capacitación de profesionales especializados para mejorar la puesta en valor del patrimonio y facilitar la realización de nuevos proyectos demostrativos. Un ciclo de conferencias titulado *'Los Martes del pisé'* se ha realizado con 20 eventos sucesivos presentados en los municipios entre Febrero de 2002 y Julio de 2003. Fueron conferencias temáticas, de noche, sobre la historia del tapial, la arquitectura de tierra en el mundo, la tradición regional, sobre François Cointeraux héroe regional e internacional del tapial, la arquitectura contemporánea, la geología de los suelos regionales, el medio ámbito, la ecología y la reducción del consumo energético, las leyes de protección del patrimonio, las prácticas de repello con cal y tierra. Se ha también organizado un forum con la participación de diferentes instituciones concernidas: la Dirección Regional de los Asuntos Culturales (DRAC, Ministerio de la Cultura), la Conservación del Patrimonio de *'Isère'* (CPI), el Consejo de Arquitectura, Urbanismo y Medio Ambiente (CAUE), Los Arquitectos del Patrimonio de Ródano-Alpes, que han todos explicitado sus posiciones sobre la problemática de la conservación y puesta en valor del tapial. Estos eventos han reunido un auditorio más y más amplio a lo largo de las noches sucesivas, confirmando un interés cultural sostenido de la población local y el deseo de

tener una información técnica útil. Durante el año 2002, se ha realizado un prototipo de muestra móvil titulada *'Tout autour de la Terre'* (Entorno a la Tierra). Esta muestra contiene 19 paneles grandes cubriendo un amplio abanico de cuestiones y temas (presentación del Contrato Global y del acción específica sobre el *'pisé'*, historia de la arquitectura de tierra en la región, material y geología, técnicas de construcción con tierra, arquitectura vernácula rural en Francia, en otros países de Europa, arquitectura de tapial contemporánea (Francia, Alemania, Estados Unidos, Australia), recomendaciones para el rescate y la restauración, repellos de cal y tierra, presentación del 'Camino de los constructores de *'pisé'*. Esta muestra fue mejorada en el año 2003. Se titula finalmente *'Grains d'Isère'* (Granos de Isère) y a iniciado su periplo de presentación pública en los municipios con eventos alrededor de su inauguración valorizando cada veces el 'Camino del tapial' y otros espacios de la cultura regional (productos locales, belleza del paisaje, ...). Dos eventos de carácter excepcional fueron realizados entre Mayo y Junio 2002 y 2003, durante 3 semanas abiertas al público : son grandes muestras 'en movimiento' (Lámina 2), concebidas por los estudiantes de la Escuela de Arquitectura de Grenoble (Tercero ciclo 'Culturas Constructivas' y post-grado 'Arquitectura de Tierra), llegando a instalaciones plásticas, constructivas y arquitectónicas entorno del uso actual del tapial y otros material de construcción en tierra actual (adobe, bloque comprimido, quincha y *'bauge'*). Estos eventos han incluido actividades para las escuelas con sus profesores y alumnos, y talleres sobre el uso de los repellos de cal y tierra. Las inauguraciones por los políticos fueron eventos muy fuertes atrayendo centenas de gente.

2.3. – Perspectivas futuras.

Al final del año 2003 y durante el año 2004 se va ampliar el desarrollo de la acción de valorización del tapial en Delfinado. Las primeras publicaciones culturales y técnicas van a ser editadas y puestas a disposición de cada municipio de la asociación *'Isère, Puerta de los Alpes'* tal como a disposición de un ancho público. Se continuará la circulación de la muestra móvil *'Entorno de la Tierra'*, se repetirá un evento excepcional concebido por los estudiantes y abierto al público con talleres y actividades escolares utilizando la maleta pedagógica a disposición de los profesores, se organizarán talleres 'al pié del muro' con demostraciones de reparación y restauración. Pero más allá se iniciarán proyectos concretos de rehabilitación de granjas (ya un proyecto de espacio multicultural para una comunidad de municipios es estudiado y será realizado, incluyendo acciones de capacitación de estudiantes en arquitectura y de artesanos). Se estudiarán nuevos proyectos de casas de campo o casas rurales para recibir huéspedes y un prototipo será presentado con nuevas demostraciones de tapial vertido (ya experimentado). También, una permanencia móvil de consejos técnicos, en diferentes municipios, será a disposición de la gente deseando informaciones útiles para realizar sus propios proyectos. Esperamos que estos cinco años del 'Contrato Global de Desarrollo' habrán contribuido a una evolución significativa de una conciencia pública responsable de frente al rescate y a la puesta en valor del patrimonio regional de tapial.

3 – Conclusión.

Para concluir quisiera ver algo a dos autores. Primero a mi colega y amigo ya citado al inicio de esta contribución (Alva Balderrama 2001: 4) que escribía al final de su artículo : 'Si de las experiencias descritas deseamos extrapolar alguna indicación útil para continuar, pienso que un elemento importante sea aquel de la integración de toda la problemática en la definición de marcos de referencia con más de un frente de acción en el tema: la cooperación, la sinergia de competencias y esfuerzos, la construcción y seguimiento de redes institucionales, temáticas profesionales, la promoción de esfuerzos por el acceso al estudio y la consideración rigurosa de la diversidad cultural, entre otros. El tema, así como la gran disciplina de la conservación, lo exigen. En segundo, a un pensador y filósofo Castellano que he tenido buena suerte escuchar dos años antes en Valladolid (Jiménez Lozano 2002: 2). El decía: 'A veces todavía, sin embargo, el supuesto hombre nuevo de este supuesto tiempo nuevo, que no quiere saber nada de historia, ni de historias de hombre, siente en sus adentros la mordida del barro del cántaro reseco, la fascinación del almagre o tierra roja, la calidez de un muro de paja y barro, y, lo racionalice como lo racionalice (...) baja de sus torres de cristal y aluminio, y se pone a callejear por viejos pueblos o ciudades, y parece salir de ahí confortado, incluso si no se atreve a confesárselo, precisamente porque aquellos lugares tienen rastro de hombre, color olor y tacto del barro primigenio del que estamos hecho, o ha sentido perplejidad ante una de esas profundas y elementales bellezas para las que la *vulgata* de nuestros estereotipos intelectuales y de sensibilidad no nos tienen preparados y no vemos tan fácilmente. Porque no podemos ver simplemente.'

Bibliografía

L'ABBÉ ROZIER, "Cours complet d'agriculture théorique et pratique", 1796.

ALVA BALDERRAMA, Alejandro (2001): "La conservación de la arquitectura de tierra", manuscrito traducido y publicado en inglés en: The Getty Conservation Institute Newsletter, 'Conservation', Los Angeles, Estados Unidos. Vol. 16, Número 1, pp. 49. El autor es actualmente Director del Programa de Arquitectura y Sitios Arqueológicos del Centro Internacional de Estudios sobre la Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICCROM) y Co-Director del Proyecto Terra (CRATerre-EAG, GCI, ICCROM).

CUSENIER, Jean, "La Maison rustique : logique sociale et composition architecturale", ed. Puf, Col. Ethnologies, Paris, 1991.

DEL ROSSO, Giuseppe, *Dell'economica costruzione delle case di terra*, Presso J.A. Bouchard, Florence, 1793, 75 p.

DEMANGEON, Albert, "L'Habitation rurale en France", Géographie Universelle, ed. Armand Colin, Tome VI, y Annales de Géographie, XXIX, 1930.

ESTIENNE, Charles, LIEBAUT, Jean, " La Maison rustique ou l'économie générale de tous les biens de la campagne", Tome 1, Paris, France, 8^a édition, 1763 (1^a en 1564).

GILLY, David, adaptación de Cointeraux, Franz, *Schule der ländlichen Baukunst* (école d'architecture rurale) *oder Anweisung feste Häuser von mehreren Stockwerken bloss mit Erde oder anderen gemeinen und wohlfeilen Materialien zu bauen*, 1793, Nürnberg und Altdorf.

GOIFFON, Georges-Claude, "L'art du maçon piseur", Librairie Le Jai, Paris, 1772.

GUILLAUD Hubert (2002), CRATerre-EAG (Dir.cient.), "An approach to the evolution of earthen building cultures in Orient and Mediterranean regions ; what future for such an exceptional legacy ?", en 9th Annual Meeting of the Japan Society for Hellenistic-Islam Archaeological Studies, Kanazawa, Japon, 6-7 de Julio 2002, 102 p., pp. 55-68.

GUILLAUD Hubert. (1996), CRATerre-EAG, "Architectures en terre de France : repères de l'histoire, patrimoine traditionnel et modernité", pp. 193-236, en Revista Mediterrâneo, "Arquitectura de Terra", n° 8/9 Semestral, Revistas de Estudios Pluridisciplinares sobre as Sociedades Mediterrânicas, Instituto Mediterrânico, Universidade Nova De Lisboa, Portugal.

GUILLAUD Hubert (1997), CRATerre-EAG "Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes, François Cointeraux (1740-1830) pionnier de la construction moderne en pisé". en, "Les carnets de l'architecture de terre", edición CRATerre-EAG, Monografía n° 3, Diciembre 1997, Villefontaine, Francia, 47 p.

GUILLAUD, Hubert (1998), "Des_maisons sorties de terre. Le pisé en Bas Dauphiné", en Revista Alpes Magazine n° 51, 106 p., rúbrica Patrimoine, pp. 84-91. Grupo Milan Presse, Toulouse, Francia.

HOLLAND, Henry, "*Communications to the Board of Agriculture ; on subjects relative to the Husbandry and Internal Improvement of the Country*", Volume 1, parts III et IV, Londres, Bulmer and Co, 1797, pp. 373-404.

JIMÉNEZ LOZANO, José, "Del barro que somos", texto de conferencia, Valladolid, 2002, 6 p.

Notas

¹ El Proyecto 'Gaia' sobre la preservación de las arquitecturas de tierra fue iniciado en el año 1987 a la iniciativa de CRATerre-EAG (Grenoble, Francia) y de ICCROM (Roma, Italia). Ha contribuido a la realización de cursos internacionales en el dominio, en los años 1989, 1990, 1992 y 1994 que se ubicaron en la Escuela de Arquitectura de Grenoble. Ha también realizado un índice de la investigación y una primera bibliografía especializada. El Proyecto 'Terra' para la conservación y el manejo del patrimonio arquitectónico de tierra es la continuación del primero pero asociando el Instituto Getty para la Conservación (Los Ángeles, Estados Unidos). Ha realizado dos cursos regionales para profesionales de la conservación arquitectónica del continente americano, en el sitio arqueológico de Chan Chan, Perú, en los años 1996 y 1999. Ambos proyectos han contribuido en la organización y realización de conferencias internacionales: 'Adobe90' en Las Cruces (Estados Unidos, 1990), 'Terra93' en Silves (Portugal, 1993), 'Terra2000' en Torquay (Inglaterra, 2000) y para la próxima, 'Terra2003' que se ubicará en Yazd, Irán.

² La Cátedra UNESCO '*Arquitectura de Tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible*', fue creada en el año 1998 en la Escuela de Arquitectura de Grenoble siguiendo una demanda expresa de la UNESCO (División de la Enseñanza Superior). Su dirección ha sido confiada a CRATerre-EAG. El principal objetivo de esta cátedra UNESCO en Arquitectura (primera de este tipo en el mundo), es de activar la cooperación internacional dentro de un red de universidades para instalar en los curricula 'normales' de facultades de arquitectura, escuelas de ingeniería o centros de capacitación profesional en construcción, programas específicos de enseñanza sobre la arquitectura de tierra o la construcción con este material para la vivienda económica y accesible. Ya varios programas han sido creados en África (Nigeria, Uganda, África del Sur) y otros son estudiados con América Latina (Colombia, Perú, Venezuela, Uruguay y Argentina). El '*Consortio Terra*' fue creado en el año 2000, al interfaz de la Cátedra UNESCO y del 'Proyecto Terra' (CRATerre-EAG / ICCROM / Instituto Getty para la Conservación), con el mismo objetivo, pero en el dominio particular de la conservación y del manejo de los patrimonios arquitectónicos – históricos y arqueólogos - de tierra. Ya en este marco se creó recientemente el Proyecto '*ConoSur Terra*' a la iniciativa de universidades de Argentina (Tucumán y Santa Fe) y de Uruguay (Montevideo y Salto).

³ Los proyectos-marco 'África 2009' y 'Asia Central Tierra 2002-2012' han sido definidos para el Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO y CRATerre-EAG con instituciones nacionales de los países al Sur del Sahara, y con las nuevas Repúblicas de Asia Central (Kazakstan, Uzbekistan, Turkmenistan, Tajikistan y Kyrgyzstan). El principal objetivo de estos ambos proyectos regionales de conservación y manejo de los patrimonios históricos, arquitectónicos y arqueológicos de tierra es de construir la capacidad profesional para la puesta en valor de esos patrimonios. Estos proyectos proponen acciones de capacitación profesional y académica, de investigación científica, de manejo (documentación, análisis de los valores, repuesta política y estratégica, planos de acciones) y apoyo al desarrollo de un turismo cultural sostenible.

Ilustraciones

[Lámina 1](#) – composición de fotografías ilustrando el patrimonio regional de tapial en la región del Delfinado.

[Lamina 2](#) – Ejemplo de rescate y restauro con uso nuevo de edificios en tapial y tierra apilada en Francia

[Lámina 3 y 4](#) – Composición de fotografías ilustrando las dos 'Entorno de la Tierra' y 'Granos de *Isère*', realizadas por los estudiantes de la Escuela de Arquitectura de Grenoble y CRATerre-EAG, en los años 2002 y 2003.

LÁMINA 1**ALGUNOS EJEMPLOS DE RESCATE Y RESTAURO**

Enlucidos de cal sobre tapial o tierra apilada : aunque bien adaptada la cal esconde la textura original de los muros de tierra.



Casa del alcalde en un pueblo de Ille et Vilaine



Aula municipal para reuniones y eventos culturales



Granja del Guillolet al Norte de Isere



Interior: conservación de las estructuras originales de madera (carpintería) y de los muros de tapial o piedra y tapial.

**Tratamiento arquitectónico interior
con rescate de la pared original**



Estructura metálica con vidrio de frente a la pared de tierra.
Creación de un espacio intersticial para presentar
una exposición de artes tradicionales y populares

LÁMINA 2

PATRIMONIO RURAL TÍPICO DE TAPIAL EN DELFINADO
AL NORTE DE ISERE



Molino de St Savin



Granja típica



Fachada decorada en piedra



Pueblo de St Chef



Pueblo de St Savin



Escuela de tapial decorada



Granero adicional



Largo muro de clausura en tapial



Granero típico en el campo



Campesino con pisón de acabado



Detalle de ménsulas de protección



Detalle de ventanas en el basamento y en el muro de tapial

LÁMINA 3

VALORIZACIÓN DEL TAPIAL
CONTRACTO GLOBAL DE DESARROLLO "ISERE PUERTA DE LOS ALPES"
MUESTRA "GRANOS DE ISERE" DE CRATerre-EAG
Instalación de los estudiantes del tercer ciclo

- 1 -



Instalación de muros de tapial

Granulometría y ciclo de vida

Cúpulas y bóveda de ladrillos



Animación para niños: moldeado

Capacitación sobre repellos

sensaciones a pies desnudos

Animación: capilaridad
comparativa

Pinturas de tierra y agua

Presentación de proyecto:
restauo de una granja



Pintura de tierra y agua: detalle



Decoración pintada sobre
pared de tierra

LÁMINA 4

VALORIZACIÓN DEL TAPIAL
CONTRACTO GLOBAL DE DESARROLLO "ISERE PUERTA DE LOS ALPES"
MUESTRA "GRANOS DE ISERE" DE CRATerre-EAG
Instalación de los estudiantes del tercer ciclo

- 2 -



Estructura de tierra apilada: casa africana



Pared curva de madera y bahareque



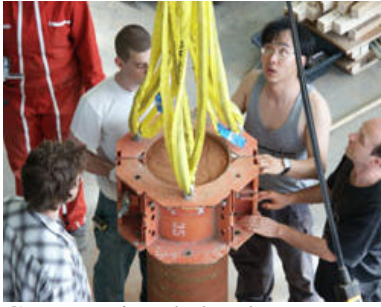
Tapial decorado



Columna de tapial



Repello de tierra sobre cana



Construcción de lacolumna



Tapial con estructura de metal



Pared de tierra vertida dentro
encofrado de cana



Nicho dentro el muro de tapial



Serpiente de tierra arcillosa



Textura de tapial decorado

Todos créditos fotográficos: © CRATerre-EAG

CONGLOMERADOS DE BARRO EN LA RESTAURACIÓN DE MUROS Y CUBIERTAS DEL PATIO DE LETRAS DE LA CASONA DE SAN MARCOS

Ana Elisa Berenguel

Arquitecto del Programa de Patrimonio AECI, Lima-Perú
aberenguel@terra.com.pe

Rosa Bustamante Montoro

Dr. Arquitecto, Prof. Asociada ETSA-UPM
rbustamante@aq.upm.es

Resumen

Los trabajos que se describen se han realizado en el 2002 y son una parte de la restauración integral de la Casona de San Marcos que se ha iniciado en 1990. Se ha utilizado el barro como conglomerante, en la restauración de muros de adobe, y de la cubierta plana del Patio de Letras. En la preparación de los adobes se ha añadido la tradicional paja, y en la preparación de mortero para la cubierta plana, se ha añadido cal y serrín de maderas autóctonas, y cemento puzolánico para sellar las juntas de las baldosas.

Palabras clave

Barro, adobe, cal, serrín, cemento puzolánico

Abstract

The described works form part of the comprehensive restoration of the Casona of San Marcos which began in 1990. In the restoration of both adobe walls and the flat roof of Patio de Letras, mud was used as a mortar. Additions of straw, lime and sawdust of Peruvian woods for the roof, as well as puzzolanic cement to seal the joints between bricks were added in the preparation of mortars.

Keywords

Mud, lime, sawdust, puzzolanic cement.

Introducción

El Patio de Letras o de los Naranjos es uno de los más representativos de la Casona de San Marcos, que en su origen fuera el noviciado jesuita de San Antonio Abad. Dicho patio fue reconstruido tras los daños ocasionados por el terremoto de 1746, y al trasladarse la Universidad de San Marcos a la Casona, en 1910 se levantó la planta alta al ser adjudicado a la Facultad de Letras. El seísmo de 1966 dejó el sector en estado ruinoso, y en 1997 se efectuó una primera intervención de emergencia para reemplazar las columnas de la galería de la planta baja (1). Como casi todos los edificios históricos de Lima, está construido en adobe, con entramados rellenos con caña y barro.

Restitución de adobes

El adobe es un buen aislante térmico, con el que se consigue un ambiente interior agradable en todas las épocas del año. Tiene un buen comportamiento sísmico, pero es atacado por la humedad capilar o de filtración, que termina erosionando a la pieza y al mortero de junta, disgregándolo hasta el punto en que no es posible diferenciar al bloque de adobe del mortero de junta. Los adobes disgregados por acción de la humedad pueden reemplazarse sin alterar la estabilidad del muro, aunque el trabajo implica una intervención muy delicada, retirando las piezas en mal estado y sustituyéndolas por otras similares y de la misma composición.

Desde épocas prehispánicas se usan los mismos materiales en la preparación de los adobes, la tierra de chacra (de cultivo), un alto grado de arcilla tiene la de la costa peruana, la paja de 3 a 5 cm de largo para garantizar la consistencia de la mezcla y para evitar las fisuras, y agua para el amasado. Aunque se han realizado innovaciones para mejorar las condiciones de estabilidad e impermeabilización del material.

Los bloques de adobe se fabricaron en la misma obra de forma tradicional, y en las mismas dimensiones: de 40x20x10 cm los de la época colonial, y de 40x15x5 cm los del siglo XIX. El barro se pisó hasta conseguir que todos los elementos que intervienen en su composición se integren perfectamente. Los adobes desmoldados de las gaveras o moldes individuales, se secaron al sol. Este secado natural al ser lento garantiza que el agua no se evapore y se fracturen las piezas.

PREPARACIÓN DE LOS ADOBES:

Materiales	En peso	En volumen
5 carretillas de tierra de cultivo	400 kg	267 lts
Paja de 3-5 cm de largo al 5 % del volumen de la mezcla	2 kg	13,35 lts

Una vez secos los adobes ya están en condiciones de reemplazar a los deteriorados, que se retiran uno a uno. La manera de unir las piezas es siguiendo la disposición original de las mismas, alternadas en vertical y horizontal (Fig. 1). Una vez repuestas todas las piezas es necesario controlar el tiempo de secado para evitar la pérdida de agua, grietas o fisuras. El muro con los nuevos elementos puede seguir trabajando como en origen. En algunos casos se realizaron en las bases de los muros, calzaduras con ladrillos de cerámica cocida (Fig. 2), para crear una barrera contra la humedad.

Fue necesario trabajar con tres morteros de junta diferentes, para garantizar que los materiales queden perfectamente unidos. Para la unión de los adobes se utilizó el mortero tradicional de barro, mortero de cal con cemento puzolánico para las juntas del aparejo de ladrillos, y para unir adobes y ladrillos, se utilizó un mortero de cal y barro en la proporción de 1:5.

Conglomerados de barro en la cubierta plana

Las cubiertas planas antes de la intervención, tenían una capa o "torta" de barro que se había disgregado con el paso del tiempo, y que es adecuada en un clima de escasas lluvias. Una vez removida esta capa, la actuación consistió en cubrir las tablas de madera del forjado, con una lámina de polietileno de 0,10 mm para evitar el paso de humedad durante la ejecución, encima de la cual se dispuso una capa de 3,5 a 4 cm de espesor, de barro, cal y serrín, previamente amasados con agua hasta conseguir una consistencia plástica (Fig. 3). A continuación se colocó el ladrillo pastelero (25x25x2,5 cm), sellando las juntas con un mortero mejorado de barro con cal y cemento puzolánico. Este revestimiento distingue la actuación y contribuirá a mejorar el drenaje frente a un incremento de lluvias en el futuro (Fig. 4).

Las proporciones en volumen del mortero para la cubierta es de 1:10:1/3 aproximadamente:

Materiales	En peso	En volumen
1 bolsa de cal	25 kg	267 lts
5 carretillas de tierra	400 kg	50 lts
serrín y viruta al 5 por ciento del volumen de la mezcla	2,4 kg	15,85 lts

El serrín es de maderas autóctonas, chiguaguaco, tornillo y wayruro, bastante duras que provienen de los talleres de carpintería. La ventaja de su adición es que contribuye a aligerar el mortero, idóneo en la rehabilitación de cubiertas antiguas, y además contribuye a repeler la humedad.

Las proporciones en volumen del mortero de sellado de las baldosas de ladrillo es de 1:10:53 aproximadamente:

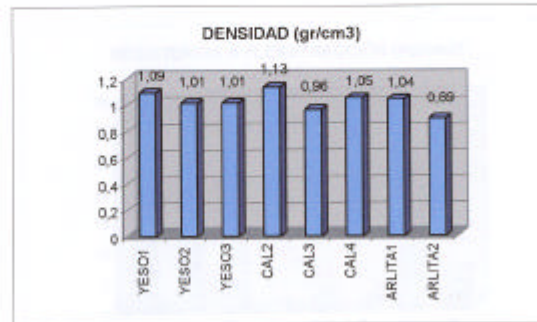
Materiales	En peso	En volumen
1/8 bolsa de cemento puzolánico	4 kg	5 lts
1 bolsa de cal	25 kg	50 lts
5 carretillas de tierra	400 kg	267 lts

En ensayos de laboratorio realizados en la ETSA de Madrid, se trató de reproducir en la mejor forma posible el mortero de la cubierta, con probetas hechas con serrín de sapelli, roble y samba, en una relación 0,7 de agua/conglomerante (2). Los resultados demostraron que hay que controlar las adiciones de la fibra, pues en una proporción mayor al 5% disminuyen la resistencia a compresión y a flexotracción, así como, la trabajabilidad del mortero, y principalmente la adherencia al soporte.

El estudio se completó realizando algunas innovaciones, una de ellas consistió en reemplazar el barro por arcilla expandida de 0-4 mm (densidad 590 kg/m³), consiguiendo morteros más ligeros con una densidad de 0,89 g/cm³, menor que la de 0,96 g/cm³ obtenida con las probetas de cal, barro y serrín de samba. Y para

sellar las juntas de las plaquetas cerámicas, se preparó una pasta de cemento a la que se añadió un plastificante sintético para mejorar la adherencia.

MUESTRA	YESO1	YESO2	YESO3	CAL2	CAL3	CAL4	ARLITA1	ARLITA2
DENSIDAD (gr/cm ³)	1,09	1,01	1,01	1,13	0,96	1,05	1,04	0,89



Yeso 1: yeso

Yeso 2: yeso + fibra pino

Yeso 3: yeso + fibra tablero DM

Cal 1: cal + barro + fibra de sapelli

Cal 2: cal + barro + fibra de roble

Cal 3: cal + barro + fibra de samba

Cal 4: cal + arena + paja

Arlita 1: cal + cemento + arcilla expandida

Arlita 2: yeso + cal + cemento + arcilla expandida

Conclusiones:

a) En las intervenciones realizadas se ha mantenido la autenticidad de la obra, al emplear en su restauración los mismos materiales usados en la construcción original como el barro, paja y cal.

b) Sin embargo, se introducen innovaciones en las técnicas tradicionales, como el serrín y el cemento puzolánico, y principalmente para distinguir los nuevos trabajos.

Notas:

(1) R. Agustín Burneo (2002), "Orígenes y evolución del Conjunto arquitectónico de la Casona de San Marcos", *Programa para la Conservación del patrimonio Cultural*, Lima-Perú.

(2) M. Díaz, I. Suárez, F. de Andrés (2003), "Estudio para la obtención de morteros ligeros para cubiertas", en *Seminario Laboratorio de Materiales*, Prof. R. Bustamante, ETSAM.

Anexo: Especificaciones técnicas del proyecto

Los muros son de adobe de 0.90m de espesor en promedio. Estos evidencian calzaduras realizadas en ladrillo. La cimentación es superficial, y en algunos caso inexistente, generalmente es de piedras de canto rodado unidas con tierra. En la cara superficial de la cimentación existe en algunos casos una capa de cal para recibir la primera hilada de adobes o ladrillos del muro.

Los muros se encuentran afectados por humedad capilar, que ha producido la disgregación del mortero y del material de constitución del mismo. Se debe a la presencia de canales de saneamiento de ladrillo que cruzan los ambientes. Aunque fueron anulados, la humedad ya había dañado los muros, por ello se realizaron anteriormente calzaduras de ladrillo y recalce de la cimentación. Después de anular los canales, la humedad siguió afectando al edificio, ya que era absorbida directamente del terreno. Otra fuente de humedad en este sector del edificio es la presencia de instalaciones sanitarias colocadas indiscriminadamente, sin medidas de prevención para aislarlas de los muros de adobe. Es necesario señalar además la presencia de los jardines, que son regados en forma excesiva por el método de inundación y al no existir el adecuado drenaje, el agua excedente es absorbida por suelos, muros y columnas.

Respecto a los muros de adobe, se deberán respetar sus condiciones originales como anchos, alturas, huecos, etc. Los adobes se fabricarán a pie de obra con tierra de chacra, paja, y agua. Las gaveras de madera, de las dimensiones de los adobes existentes. Estos se dejarán secar en posición horizontal, una vez endurecidos se levantarán y se colocarán de canto para que continúen secando. La superficie de apoyo de los adobes en el proceso de secado debe ser horizontal, libre de irregularidades para evitar deformaciones.

Los adobes se colocarán en hiladas horizontales aparejados a soga como el ladrillo. El mortero será de barro con paja. Tanto el barro para mortero como el del adobe, debe ser batido perfectamente para lograr una total adherencia.

Los muros de adobe serán consolidados mediante la construcción de pilares de ladrillo en las jambas. Este proceso de consolidación se inicia con el desmontado de un sector de 0,60 a 0,90m de ancho contados a partir del arranque de las jambas. Este desmontado debe realizarse pieza por pieza, dentando el muro de adobe para lograr el amarre con el pilar de ladrillo. Los ladrillos deben colocarse logrando el atado en todas las direcciones en cada hilada (por el ancho del muro). La sustitución de los adobes disgregados debe realizarse con cuidado de no desmoronar las piezas en contacto con ellas. Se reemplazará pieza a pieza para evitar crear zonas vacías que puedan generar el colapso del muro.

LA REUTILIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS RURALES DE TIERRA

Cañas Guerrero, Ignacio

Departamento de Construcción y Vías Rurales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
Universidad Politécnica de Madrid. Avda. Complutense s/n. 28040. Madrid.
Tel: 913365767, mail: icanas@cvr.etsia.upm.es

Martín Ocaña, Silvia

Departamento de Construcción y Vías Rurales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
Universidad Politécnica de Madrid. Avda. Complutense s/n. 28040. Madrid.
Tel: 913365767, mail: smartin@cvr.etsia.upm.es

Palabras clave : Tierra, barro, reutilización edificios, ahorro energético.

1. Introducción.

La tierra es uno de los primeros materiales que se emplearon para la construcción, dado que es un material abundante y que se encuentra prácticamente en todos los lugares. En España existen numerosas muestras de construcciones realizadas a base de este material. En el entorno rural, y con un uso principalmente agrario, aparecen muchas de estas construcciones. El éxodo desde el campo a la ciudad ha provocado el abandono de estos edificios, este hecho hace que hayan desaparecido muchos de ellos y que las técnicas constructivas empleadas hayan caído en el olvido.

En este artículo se señalan algunas de las ventajas de la construcción con tierra desde el punto de vista del confort térmico, ahorro energético y en general desde el punto de vista ambiental. Se analiza la situación en dos comarcas y se propone fomentar la reutilización de edificios construidos con este material.

2. Ventajas de la construcción con tierra.

2.1 Ventajas en el ahorro energético

El sector constructivo es un gran consumidor de energía y recursos materiales. La construcción con tierra puede ayudar a la reducción de estos consumos. Para analizar este ahorro energético y ambiental es preciso descomponer el proceso constructivo en sus fases más importantes (ver [figura 1](#)). Veamos en el caso de la construcción con tierra:

- Preparación del terreno: La tierra es un material local, se aprovecha esta fase para el acopio de materiales
- Fabricación de materiales: La construcción con tierra ha sido desde siempre una construcción artesanal. Hoy en día hay posibilidad de incorporar maquinaria sencilla a dicho proceso, sin embargo este tipo de maquinaria no requiere un gran uso energético debido a que la temperatura de trabajo es la ambiental. Además tampoco se requiere la existencia de fábricas propiamente dichas, como ocurre con otros materiales, cuya sola presencia causa un impacto visual sobre el entorno que la rodea. En la tabla 1 aparece una comparación de la energía incorporada en el proceso de fabricación de diferentes materiales de construcción. La tierra es el material con menor energía incorporada.
- Construcción: Esta fase nos ahorramos el transporte de materiales.
- Uso y Mantenimiento: En un edificio cualquiera de viviendas, el consumo energético en esta fase supone un 85% de toda la energía consumida durante la vida útil del edificio Winther, B.N and Hestnes, A.G. (1999); Adalberth, K. (1997); Adalberth, K. (2000). El cerramiento realizado en tierra tiene un buen comportamiento como barrera contra las condiciones exteriores, haciendo que el consumo de energía para mantener dichas condiciones de confort sea menor que los sistemas actuales convencionales.
- Demolición: La desaparición de un edificio de tierra hace que éste material se reincorpore al lugar de donde fue extraído siendo su impacto sobre el entorno mínimo.

2.2 Comportamiento térmico de las construcciones de tierra.

En una construcción con tierra, las condiciones de estabilidad térmica alcanzadas debidas a la capacidad de acumular frío o calor de los cerramientos pueden ser responsables de un ahorro energético de un 15% del total de la energía necesaria durante la fase de uso del edificio Norém, A. et al. (1999). Estas ventajas de la tierra se deben, no tanto a su capacidad aislante, que a pesar de ser superior a la del resto de materiales de construcción, no alcanza a la de los materiales de aislamiento modernos (ver tabla 2), sino a la inercia térmica de la misma. La inercia térmica es una característica que depende de la masa (espesor del cerramiento), de la densidad y del calor específico.

El espesor de los muros construidos a base de tierra es mayor, en general, que si fuesen construidos con otros materiales. El cerramiento se construía como muro portante y la falta de resistencia del material se suplía ampliando el espesor de los muros, consiguiendo secundariamente unas condiciones térmicas estables en el interior del edificio. Si se tiene en cuenta que la tierra es capaz de absorber una cierta cantidad de agua, tenemos un material con una inercia térmica elevada que actuará reduciendo y desfasando la onda térmica procedente del exterior. Además del amortiguamiento de la onda térmica, los cerramientos de tierra poseen otras condiciones que aumentan el confort en el interior de los edificios, estas son: 1) aislante acústico reduciendo los ruidos del exterior, 2) regulador de la humedad relativa; debido a la capacidad que tiene para

absorber agua, en el interior de los edificios de tierra se mantiene una humedad relativa en torno al 40-45% Berje, Bjorn (1992).

3. La reutilización de edificios

La reutilización de edificios abandonados supone la eliminación de varias fases del proceso constructivo (fig.1). No son necesarias las fases iniciales de preparación del terreno, fabricación de materiales de construcción y levantamiento del edificio; una vez elegido el edificio que cumple las condiciones para el nuevo uso sólo serían necesarias pequeñas obras de mantenimiento o renovación con lo cual todo el consumo de energía y los impactos causados en esas fases se eliminarían. Tampoco sería necesaria la demolición del edificio antiguo para la creación de uno nuevo con lo que se evita el problema de los residuos. Por tanto, en el cómputo global de la energía consumida a lo largo de la vida útil del edificio sólo aparecerían los sumandos debidos a la renovación y al uso, con lo que se podría llegar a un ahorro de hasta un 15% de la energía Winther, B.N and Hestnes, A.G. (1999); Adalberth, K. (1997); Adalberth, K. (2000). También tiene ventajas desde el punto de vista del impacto paisajístico debido a que se mantiene un edificio tradicional, que generalmente está bien integrado en el entorno.

Debido a las ventajas anteriormente citadas de las construcciones con tierra, se pueden crear alojamientos en cuyo interior las condiciones sean de confort siendo el gasto energético pequeño. Si a éste ahorro energético le añadimos el producido por el hecho de reutilizar el edificio se podría llegar hasta un ahorro del 30% de la energía global a lo largo de la vida útil.

4. Zona de estudio

4.1 El ámbito regional: Castilla-León.

Nos hemos centrado en la Comunidad Autónoma de Castilla-León, puesto que es una de las más representativas de la construcción con barro en España, por otra parte disponíamos de un proyecto de investigación que se centraba en esta región.

Dentro de la reutilización de las construcciones rurales, destaca por su número el uso para establecimientos turísticos, por ello hemos analizado los datos de los edificios destinados a turismo, haciendo una recopilación de datos de 340 establecimientos utilizando como fuente básica de información la base de datos en Internet de la Dirección General de Turismo de la Junta de Castilla y León del año 2001. En la figura 2 puede apreciarse la evolución seguida por el sector en los últimos años. A la vista de los resultados, se observa una clara tendencia al alza de un turismo de interior que ha motivado que el número de alojamientos se haya triplicado en el periodo 1997-2000 (4 años). Dentro de los datos obtenidos, nos interesa ver el porcentaje de edificios que han utilizado barro. Tan sólo en 82 edificios hemos podido determinar el material del

cerramiento, entre ellos los que usan piedra son 54, ladrillo 25 y adobe 3 (lo que significa un 4%). Como se observa muy pocos son los que se rehabilitan con tierra, siendo una zona donde es un material tradicional. Una información mas detallada de este análisis puede verse en (CAÑAS, Ignacio et al. (2001).

4.2 El ámbito comarcal: las comarcas de Tierra de Campos y del Páramo de León.

Con el fin de poder concretar mas el estudio nos hemos centrado el siguiente análisis en dos comarcas de Castilla-León: Tierra de Campos y el Páramo de León.

Las dos comarcas que están muy próximas (fig 3) ocupan la zona central de la Comunidad Castellano Leonesa, se caracterizan por la llanura de su territorio, escaso en árboles y en piedra, donde abunda el barro como material de construcción. Aparecen tanto el tapial como el adobe, siendo éste segundo el más empleado. El clima continental (se alcanzan temperaturas mínimas en invierno en torno a -6°C y máximas en verano que llegan a 34°C) ha hecho que los habitantes hayan tenido que crear sistemas para luchar contra las grandes oscilaciones térmicas utilizando la tierra como material de construcción. Flores (1974:65) describe la zona de Tierra de Campos del siguiente modo: “Estos pueblos de la Tierra de Campos, con ausencia casi total de mampostería, sus paredes de barro pardo-amarillento, las briznas de paja brillando bajo la luz del sol, y sus cubiertas de teja de un rosa desvaído, constituyen uno de los conjuntos plásticos más notables y homogéneos de cuantos puede ofrecer la arquitectura popular de nuestro país”.

La zona del Páramo de León, aparece descrita por Flores (1974:65) dentro del epígrafe los pueblos de barro. Ponga (2000:163) agrupa el Páramo con los Oteros asignándole el nombre de “El Páramo Leonés y los Oteros” dividiendo luego en dos subcomarcas: El Páramo y los Oteros de ambos dice: “los muros de las construcciones siguen siendo de barro, adobe y tapial, material que aparece en todo tipo de edificios, dominando la imagen de los pueblos”. Mientras que la tierra de Campos pensamos que representa un área donde la despoblación es, casi imparable, el Páramo representa una comarca en la que hay pueblos que parecen que se recuperan. Por ello hemos pensado que puede servirnos como zona de estudio.

4.2.1 La comarca de Tierra de Campos

Tierra de Campos está constituida por 153 municipios de las provincias de Zamora, Valladolid, León y Palencia con 5395 km^2 de extensión repartiéndose: Palencia: 2199 km^2 (62 municipios) Zamora: 964 km^2 (28 municipios), León: 289 km^2 (5 municipios) Valladolid: 1943 km^2 (58 municipios). Es conveniente señalar que los municipios pueden incluir varias entidades de población, o unidad poblacional, lo que habitualmente se llama pueblos.

La figura 4 muestra el descenso de población a lo largo del pasado siglo, comparando los datos de 1950 y 2001 ha pasado de 135.854 habitantes a los 59.131 habitantes lo que supone una reducción del 57% de la

población con relación a 1950, mientras que si lo comparamos con la población de 1900 significa una reducción de 61%. No obstante pensamos que es conveniente remarcar que hay municipios como son: Baquerín de Campos o Gatón de Campos, que tienen una pérdida de más del 90%, pasando respectivamente de 282 y 382 habitantes en 1950 a 25 y 38 en 2001. Solo podemos considerar que hay dos municipios que se mantienen que son Medina de Rioseco y Villaumbrales en Palencia.

Los municipios son pequeños, no hay ninguno que supere los 5.000 habitantes y tan sólo 6 superan los 2000, 121 municipios (79%) no llegan a 500 habitantes. En cuanto a la edad de la población, esta se está envejeciendo, así el porcentaje de menores de 20 años en la zona es de 15 % mientras la nacional es de 21% y la de Castilla-León de 18%. Hay 4 municipios que no tienen ninguna persona menor de 20 años.

En cuanto a la densidad de población la comarca tiene 11 hab/km² de media. Mientras que la media de Castilla y León es de 26 hab/km², la Nacional de 81 hab/km² siendo la europea de 117 hab/km². En la comarca hay 4 municipios con menos de 2 hab/km². Tan sólo 5 municipios superan la media de Castilla León.

Por lo que se refiere a edificios en Tierra de Campos hay según el censo de 2001 hay 32705 viviendas de las que 18141 son anteriores a 1941. Estas viviendas por estar construidas con técnicas tradicionales podemos establecer que se han realizado con tierra, la introducción de otros materiales en la zona se produjo a partir de la guerra civil siendo este cambio de forma progresiva a lo largo de 20 años 1940-1960. El número de viviendas que son anteriores a 1941 supone el 56 % del total, esto contrasta con los porcentaje medio de Castilla-León que es de 31% y de España que es del 22%. Por otra parte hay 64 municipios donde el porcentaje de vivienda anterior a 1941 es mayor del 70%, y 3 municipios donde el 100% de las viviendas son anteriores a 1941.

4.2.2 El Páramo de León

Por lo que se refiere al Páramo de León comprende 13 municipios (todos de León) con una superficie de 524 km² y una población en el 2001 de 13.310 habitantes. En la [figura 4](#) se observa la evolución de la población durante el pasado siglo 1900-2001 en donde se aprecia que el conjunto de la población ha disminuido sólo un 10% con relación a 1900 y un 31% con relación a 1950.

Dentro de los municipios estudiados el único en donde aumenta la población (casi dos veces) es Santa María del Páramo pasando de 1889 habitantes en 1950 a 3149 en el 2001 (en 1900 tenía 1317 con lo que en el último siglo ha aumentado más del doble), por ello realizamos un estudio de las construcciones agrarias en la zona recorriendo en coche el municipio y fotografiando las construcciones agrarias situadas fuera del núcleo, en total se identificaron 57 de los que utilizaban como material de cerramiento el adobe fueron 4 y el

tipial 1, el resto: 52, utilizaban otros materiales. Esto significa que en el aspecto externo el 91% de los edificios que actualmente se conservan ya no utilizan el material de tierra.

Por lo que se refiere a la densidad de población la media es de 25 habitantes/km², aproximadamente igual que la media de Castilla León; habiendo una gran diferencia entre unos pueblos y otros, el que menor densidad tiene es Zotes del Páramo con 11 habitantes/km² (media que coincide con la de Tierra de Campos) y el que mas densidad es Santa María del Páramo con 158 habitantes/km² (media muy superior a la española e incluso a la Europea).

La población oscila entre 366 habitantes de San Pedro de Bercianos y 3149 de Santa María del Páramo, dos municipios tienen menos de 500 habitantes y 4 mas de 1000. La estructura de la población es similar a la de Castilla León con un 17 % de la población menor de 20 años.

Por lo que se refiere a edificios sobre un total de 6543 viviendas 1158 son anteriores a 1941 lo que significa un 18%, muy inferior a Castilla León (31%) e incluso a la media española (22%); habiendo municipios como Santa María del Páramo con un 10%.

5. Conclusiones

En resumen nos encontramos que en las comarcas estudiadas podemos ver que representan dos situaciones extremas:

Tierra de Campos, en donde la densidad de población es muy baja 11 hab/km². Pueblos muy pequeños: 121 municipios (79%) no llegan a 500 habitantes. Grandes pérdidas de población: en los últimos 50 años una perdida de mas del 55%. Una población envejecida: menos de la mitad de la población está en edad de trabajar y algunos municipios sin ninguna persona con menos de 20 años.

El Páramo de León, cuyos datos nos reflejan que la población tiende a mantenerse con ligero descenso concentrándose en la capital comarcal: Santa María del Páramo donde la población ha aumentado casi el doble desde 1950 teniendo este municipio una densidad de población de 158 habitantes/km².

Al comparar las dos comarcas, podría parecer que la situación para la construcción en barro habría sido mas favorable en el Páramo, la realidad lamentablemente es muy distinta. En Santa María del Páramo después de un recorrido realizado por las construcciones agrarias nos hemos percatado que el progreso ha supuesto la práctica desaparición del barro tan sólo hemos localizado un 9% de construcciones en tierra.

Estimamos que en el Páramo todavía se conservan 1158 viviendas de barro lo que significa un 18% del total. Lamentablemente hoy día apenas se pueden apreciar.

En Tierra de Campos estimamos que hay 18141 viviendas de tierra lo que supone un 56% del total. No obstante según se refleja en la información que publica el grupo de acción local LEADER II, parece ser que un 70% está en mal estado. También manifiesta este grupo que “cada vez más abundan las de ladrillo, sin mucho que ver con la comarca”. Destacando que “hoy se tiende a destapar la piedra...por ser muy valorada” (<http://www.cdrtcampos.es>).

A los que hemos vivido entre eras, pajares y paneras durante la siega, y entre majuelos y bodegas durante la vendimia, nos produce tristeza el hecho de volver cada años al pueblo y observar que ha caído un antiguo pajar, se ha hundido una bodega o se ha tirado otra construcción para levantar una de ladrillo que nada tiene que ver con el paisaje cultural de la zona. De seguir así, se perderán todos los ejemplares de este importante patrimonio, testigo de una historia y unos modos de vida que son emblema de nuestras comarcas.

Por ello pensamos que es urgente tomar medidas para conservar el patrimonio de tierra, proponemos por lo tanto fomentar la reutilización de los ejemplares existentes y avanzar hacia una normativa de tierra que permita a este material un uso sin las limitaciones actuales, pensamos que debemos aprovechar las características ecológicas que poseen. Estas tres líneas de trabajo: reutilización, normativa y ventajas ambientales, son las que estamos llevando a cabo desde el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la E.T.S. Ingenieros Agrónomos

Bibliografía

ADALBERTH, K. (1997): “Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: Examples” en *Building and Environment*, vol 32, nº 4, pp 321-329.

ADALBERTH, K. (2000): “Energy use in four multi-family houses during their life cycle” en *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, vol 1.

BERJE, BJORN. (1992): “The ecology of building materials”. Architectural Press. Traducido del noruego al inglés por Filip Henley en 2000.

CAÑAS, Ignacio et al. (2001). ‘Los proyectos de rehabilitación de construcciones para el turismo rural en Castilla-León’. I Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Rural – Agroingeniería 2001. Valencia.

CAÑAS, Ignacio., ORTIZ, Juan., FANJUL, Mª Jesús. (1996). “Earth Architecture: A lost tipology of the Pàramo de León (Spain)”. International Conference on Agricultural Engineering. Madrid

DOMÍNGUEZ ALONSO, Manuel (1998): “Propiedades térmicas de los adobes” en *Arquitectura de Tierra, Encuentros Internacionales Centro de Investigación Navapalos*. Ministerio de Fomento.

FLORES, Carlos (1974): “Arquitectura popular española”. Aguilar SA de Ediciones.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1979): “Norma básica de la edificación. Condiciones térmicas en los edificios” NBE-CT-79.

NORÉM, A. et al. (1999): “The effect of thermal inertia on energy requirement in a Swedish building - Results Obtained with Three Calculation Models” en *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, vol 1.

PONGA MAYO, Juan; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M.Araceli (2000): “Arquitectura popular en las comarcas de Castilla y León”. Junta de Castilla y León.

SINHA, Sumitra (1997): “Down to earth buildings” en *Architectural Design*, vol 67, pp 91 – 93.

WINTHER, B.N; HESTNES, A.G. (1999): “Solar versus green: the analysis of a Norwegian row house” en *Solar Energy*, vol 66, nº 6, pp 387-393.

<http://www.cdrtcamos.es>

Página web del Colectivo para el Desarrollo Rural de Tierra de Campos.

<http://www.ine.es>

Página web del Instituto Nacional de Estadística.

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia y Tecnología la financiación de este trabajo dentro del Proyecto de Investigación PB98-0720 “Aproximación a una metodología de reutilización de construcciones rurales”.

Tablas y figuras del artículo

Tabla 1: Energía incorporada en la fabricación de materiales de construcción. Fuente: (Sinha, 1997:91) y conductividad térmica de distintos materiales de construcción. Fuente: NBE – CT – 79.

Materiales	Energía kWh/kg
Tierra	0,01
Ladrillo	0,86
Hormigón 1:3:6	0,28
Aluminio	27
Maderas locales	0,2
Maderas importadas	1,4
Vidrio	9,2
Plásticos	45

Materiales	Conductividad térmica (W/mK)
Lana de vidrio	0,032-0,042
Lana de roca	0,035-0,044
Poliestireno expandido	0,036-0,043
Adobe (d:750 kg/m3)	0,25
Bloque de tierra compactada	0,34
Ladrillo	0,85
Hormigón en masa	1,5

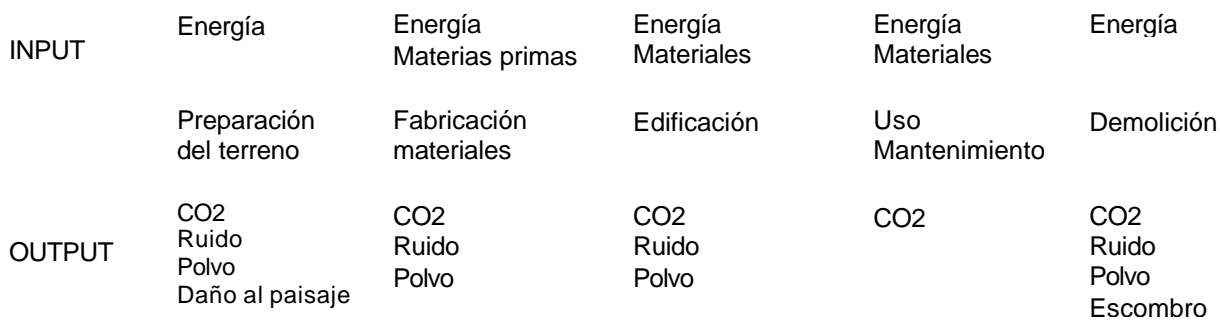
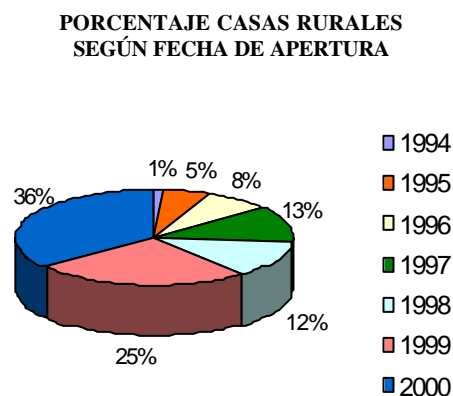
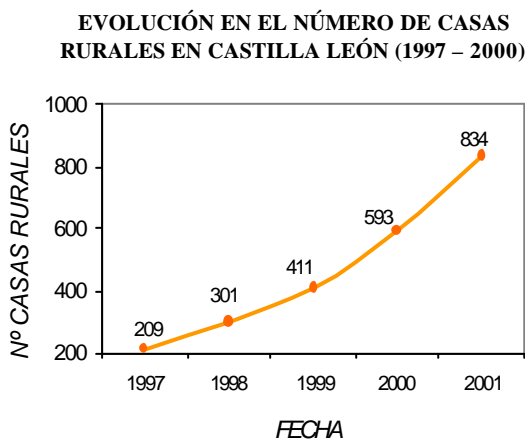


Figura 1: Fases del proceso de construcción de un edificio. Fuente: Elaboración propia



Estudio a partir de 340 casas de turismo rural en Castilla-León

Figura 2 .- Evolución de la oferta de alojamientos destinados al turismo rural en Castilla –León

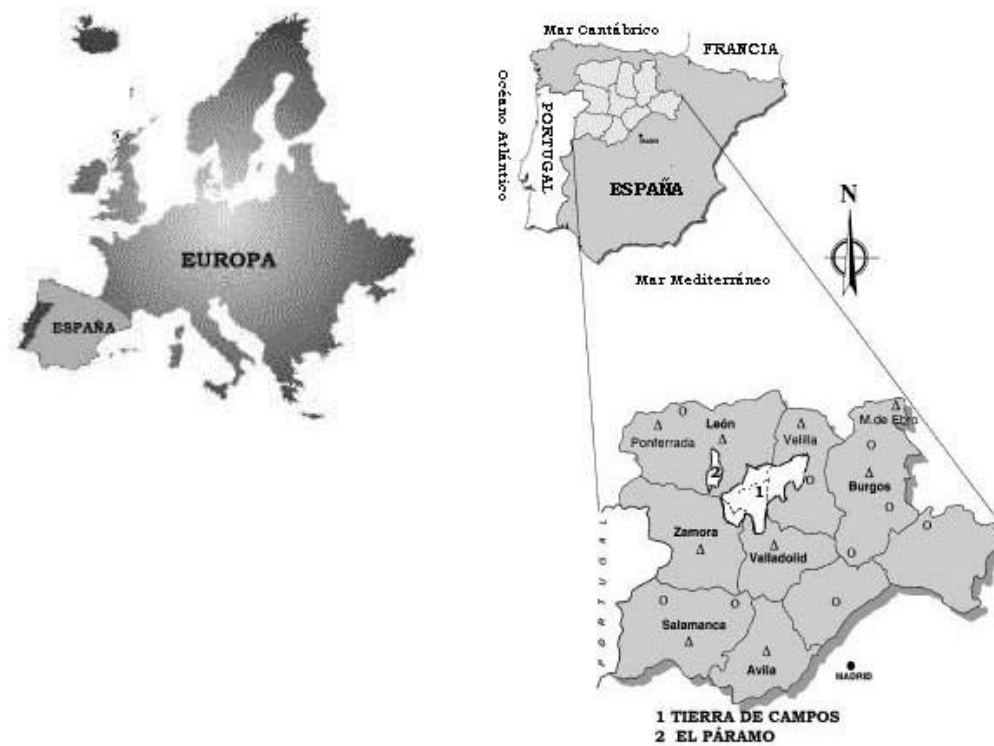


Figura 3 Localización de la zona de estudio

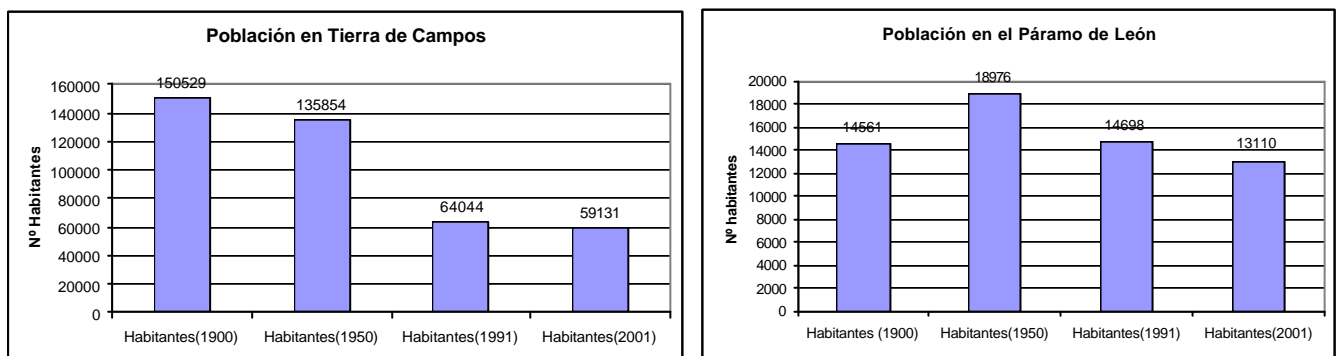


Figura 4: Variación de población en la comarca de Tierra de Campos y en el Páramo de León(Castilla y León). Fuente: INE y elaboración propia

A TAIPA ALENTEJANA: SISTEMAS TRADICIONAIS DE PROTECÇÃO

Mariana Correia, arquitecta

Escola Superior Gallaecia

CICRA – Centro de Investigação de Construção Rural e Ambiental

Largo das Oliveiras, 4920-275 Vila Nova de Cerveira, PORTUGAL

Tel:+351-251794054; Fax:+351-251794055; Email:marianacorreia@mail.telepac.pt

Palavras chave

Taipa, tradicional, Portugal

Resumo:

O estudo consiste na análise da taipa alentejana, técnica construtiva tradicional, muito utilizada na região sul de Portugal, aproximadamente até aos anos 50. Analisam-se as diferentes técnicas de construção em terra no Alentejo. O estudo destas técnicas inicia-se por uma abordagem à história da construção em terra no território actual português. Diversos autores referem-se à introdução na Península Ibérica das técnicas construtivas em terra pelos Fenícios, Romanos ou Muçulmanos. Todos estes contribuíram sobretudo com influências, mas foram provavelmente os Muçulmanos que mais divulgaram e generalizaram as técnicas referidas. No entanto, no actual território português a utilização da terra em elementos construtivos é já uma prática pré-histórica, visto existirem dados arqueológicos do Calcolítico e sobretudo da Idade do Ferro.

No artigo também se caracteriza a arquitectura rural da região, por meio de análises tipológicas e morfológicas, de forma a melhor se compreender o enquadramento dos sistemas construtivos, assim como dos materiais mais utilizados.

Finalmente analisam-se os sistemas construtivos tradicionais de protecção e reforço, que eram simples e de uma extrema eficiência: adicionavam-se agregados à terra de mistura, consolidava-se e protegia-se a taipa de terra mais arenosa, reforçava-se horizontalmente a taipa que apresentava terra com maior retracção, etc. Este estudo permite uma reflexão sobre a eficiente incorporação de elementos estruturais simples, nos métodos e materiais tradicionais alentejanos, o que possibilitava a sua maior resistência construtiva. Como consequência, contribui para um maior conhecimento no melhoramento de técnicas tradicionais de construção, o que permite uma maior tomada de consciência de possíveis métodos a utilizar no restauro e conservação da arquitectura de terra.

THE ALENTEJO RAMMED-EARTH: TRADITIONAL SYSTEMS OF PROTECTION

Key words

Rammed-earth, traditional, Portugal

Abstract:

The study consists of the analyses of the rammed-earth technique in the Alentejo region. This traditional constructive technique was commonly used in the south of Portugal until the fifties. The study starts by an introduction to the different earthen techniques and also by an introduction to the history of earthen architecture in the actual Portuguese territory. Several authors refer that it was the Phoenicians, Romans or Moslem, who introduced the earthen constructive techniques in the Iberian Peninsula. All of them contributed, especially with influence, but it was probably the Moslem, who spread and generalised the most the referred techniques. Nevertheless, in the actual Portuguese territory, the use of earth in constructive elements is already a pre-history practice, as there is archaeologist evidence from the Copper age and especially from the Iron Age.

To better understand the rural architecture of the region, analyses of the dwellings were made, concerning typology of the plans, morphology of the buildings, materials used and constructive systems. Finally, the systems of protection and reinforcement of the traditional constructive techniques were analysed. These systems were simple and extremely efficient: aggregates were mix to the

earth; more protection and consolidation was given to the rammed-earth if it was produced with sandy soil; horizontal reinforcement was used in the rammed-earth that had a soil with a high tendency to shrinkage; etc. This study allowed a reflection on the efficient incorporation of simple structural elements to the traditional techniques and systems of construction, which allowed a better constructive resistance. As a consequence, it contributes to a better knowledge of the improvement of traditional techniques of construction, which in turns allows a better understanding of possible methods to be used in restoration and conservation of earthen architecture.

Introdução.

A elaboração deste artigo teve por base levantamentos e investigação realizada pela autora, no âmbito da sua dissertação de mestrado (1), de restauros realizados, como arquitecta, em edifícios históricos, do séc.XVIII e XIX (Correia e Merten 2000: 226-230) e de investigação realizada como consultora na área da arquitectura vernácula Portuguesa (Correia 2001: 1-28).

1. Enquadramento Geográfico das técnicas construtivas de terra, em Portugal.

A sul do país, aproximadamente até aos anos 50, a taipa era a técnica construtiva mais utilizada, tanto no Alentejo e Ribatejo (também identificado em Abrantes e Santarém), como no Algarve (a sul das Serras de Monchique e do Caldeirão). Na região em estudo, esta técnica foi muito utilizada no *Baixo Alentejo*, assim como no sul do *Alto Alentejo*, existindo no entanto, áreas específicas isoladas no meio da construção em taipa, onde se edificava em alvenaria de pedra (especialmente alvenaria de xisto, como é o caso de Monsaraz) ou em adobe. Esta última técnica aparecia sobretudo em zonas de aluvião (por exemplo, o vale do Sado), mas também em bolsas pontuais onde a terra era mais argilosa (alguns edifícios da aldeia da Luz) e por vezes nas paredes interiores das habitações.

O centro litoral era dominado pelo adobe, devido às regiões de grande aluvião. Foi também observado na zona ribatejana (Almeirim, Coruche e Benavente). Uma grande variedade de tipologias de adobe são identificadas por todo o centro. Quando eram realizados com terra mais arenosa, como a existente em Pataias, concelho de Nazaré, procurava-se travar a alvenaria de adobe, entre cada fiada horizontal, com pedaços de telha, ou então utilizava-se uma argamassa forte de cal e areia. Quando o próprio adobe era composto por cal e areia, logo de melhor consistência, era possível inclusive a sua utilização na construção de poços de água para a rega agrícola, como os existentes na freguesia de Fermentelos, concelho de Águeda. A técnica foi desaparecendo durante as décadas de 60 e 70.

O norte e centro interior do país (zonas de maior altitude) são dominados pela alvenaria de pedra. Quando se tratam de dois ou mais pisos, mas também de habitação mais pobre de um só piso, é comum encontrarem-se paredes mais ligeiras em taipa de fasquio ou taipa de rodízio (2). No entanto, também se podem identificar bolsas isoladas de taipa de terra comprimida (3), nomeadamente na freguesia de Lanheses, concelho de Viana do Castelo. Nesta área, a população denomina a técnica por "tapia", provavelmente com reminiscências à

vizinha Galiza, em Espanha. Foram nesta freguesia identificadas pela autora, pelo menos, 30 construções tradicionais em taipa do séc. XIX e XX.

2. Abordagem Histórica à arquitectura de terra em Portugal

Diversos autores referem-se à introdução na Península Ibérica das técnicas construtivas em terra pelos Fenícios, Cartagineses, Romanos ou Muçulmanos. Todos estes contribuíram, sobretudo com influências, mas foram provavelmente os Muçulmanos que mais divulgaram e generalizaram as técnicas referidas (Ribeiro 1969: 39). No entanto, no actual território português a utilização da terra como elemento construtivo era já uma prática pré-histórica (Correia 2000: 18), visto existirem dados arqueológicos que o demonstram:

Do início do Calcolítico, aproximadamente 2500 a.C. (Santos Pinheiro 1993: 103), o arquitecto Mário Varela Gomes e a sua equipa, identificam uma habitação de planta circular "construída com pedras na base e adobe na parte superior, formando cúpulas". Monte da Tumba, Torrão, concelho de Alcácer do Sal.

Da Idade do Ferro (Beirão, Silva, Soares e Soares 1980-1981: 149-218), uma equipa de arqueólogos descobriu vestígios de uma estrutura de planta rectangular, com muros em adobe, fundações em pedra e pavimento de terra batida. Fórum Romano de Alcácer do Sal.

Na segunda Idade do Ferro (Santos Pinheiro 1993: 103), os arqueólogos Manuel da Maia e Maria Garcia Pereira Maia localizam uma construção "de pátio interior (...) com uma taipa extremamente forte". Minas de Neves Corvo, Castro Verde.

Também da Idade do Ferro (Raposo 1995: 19), e não muito longe, a Estação Arqueológica Neves II, estudada pela equipa do arquitecto Mário Varela Gomes apresenta "casas de planta rectangular, com paredes de taipa sobre fundações de pedra". Região de Castro Verde.

3. Análise Tipológica e Morfológica da arquitectura rural alentejana.

Na habitação tradicional da região alentejana, a planta caracteriza-se por uma forma rectangular simples. Em geral, no meio rural é composta unicamente por piso térreo e no meio urbano, por dois pisos. Se era necessário ampliar o espaço na habitação rural, normalmente o edifício aumentava ao comprido.

No que respeita à tipologia da planta, a região litoral do Baixo Alentejo, caracterizava-se por uma habitação pobre, em geral constituída por um só compartimento (Fig.2 - Hab.1): cozinha, divisão principal da casa, também servindo de sala de estar e de trabalhar, que era dominada pela grande chaminé, para fumar os enchidos. Por vezes, existiam alcovas, encontrando-se separadas por ligeiros tabiques de 2m de altura e com

abertura para a divisão principal. No Alentejo interior, a planta era em geral, mais compartimentada (Fig.2 - Hab.2). Os muros de taipa dividiam as alcovas de maiores dimensões, consolidando também a construção.

Quanto à análise morfológica, ao contrário do norte do país, o volume do edifício apresenta tendência horizontal.

A maior parte das fachadas tem linhas puras e formas maciças, ainda mais destacadas pelas caiações brancas sucessivas. A fachada principal apresenta poucas aberturas, uma só porta com *postigo* incorporado ou uma porta e uma pequena janela (Fig.5), o que impedia o calor abrasador do Verão, de entrar no interior da habitação. As raras janelas existentes não tinham vidro e

apresentavam quase sempre portadas no interior (Correia 2002: 458).

Característica do sul do país, o volume da chaminé destaca-se na fachada principal, sendo utilizada não só para libertar o fumo, como também para ventilar o espaço interior.

Os edifícios são em geral brancos, de forma a reflectir a luz solar. O embasamento e a cercadura das janelas são pintados com cores tradicionais: o azul, para afastar os mosquitos ou o amarelo, para afastar os maus-espíritos. Mais recentemente, também se utilizam verde, rosa e amarelo.

4. Elementos constituintes, Sistemas construtivos e Materiais mais utilizados na arquitectura rural alentejana.

No exterior dos edifícios era comum encontrarem-se incorporados à fachada, *gigantes* ou contrafortes. A sua existência poderá denunciar, edifícios em taipa com falta de fundações, existência de abóbadas ou arcos no interior da habitação ou cobertura de maior vão. Associado à fachada surge também o *poial*, banco de pedra de descanso e de conversa ao anoitecer, que também servia de reforço da parede.

O embasamento, se existir, será em pedra, tendo em geral mais 30 a 50 cms, que a cota do pavimento interior, de forma a evitar a subida da capilaridade.

Nas casas mais pobres, os pavimentos eram em geral, de terra batida. Nas restantes, em baldosa (tijoleira fina de forma quadrangular), em tijoleira rectangular (colocado em “espinha de peixe”) e por vezes, em seixos rolados, nas zonas de maior circulação, como a entrada e a cozinha.

"As coberturas têm uma ou duas águas e são pouco inclinadas (26° a 27°). São compostas por telhas de canal, meia-cana ou canudo, pousadas directamente ou no *guarda-pó*, ou em caniço ou em ripas. Estas são apoiadas nos barrotes, que descansam no *pau de fileira* (no topo da cobertura, por baixo da cumeeira) na *madre* ou *terça* e no *frechal*. Quando o vão, entre as paredes exteriores, é largo, encontram-se asnas simples, a suportar

todo o madeiramento. Desde há algumas décadas que a telha de canal tem vindo progressivamente a ser substituída pela *telha Marselha* ou pela *telha de Aba e Canudo* ou *telha Lusa*" (Correia 2002: 458) (Fig.5).

Ao nível construtivo, e de uma forma geral, as paredes exteriores apresentavam-se em taipa (muros de 0,40m a 0,55m), enquanto que as paredes interiores, em adobe ou tabique de caniço, se apresentam-se entre 0,07m e 0,30m. Tal como já foi referido anteriormente, também poderiam surgir bolsas isoladas de edifícios com paredes exteriores em alvenaria de pedra ou adobe.

Apesar das variações locais, os taipais de madeira, no interior dos quais se elevavam os muros em taipa, eram desmontáveis e tinham 2m de comprimento, por 0,50m de altura. As juntas entre os taipais poderiam ser verticais ou em ângulo para melhor travejamento (Fig.3).

No que respeita aos materiais, os mais tradicionais e utilizados, até ao betão e o tijolo moderno terem-nos substituído, eram a terra, o tijolo cozido (mais conhecido por tijolo de burro), a pedra, a cal, a madeira, o *caniço* e o *piorno* (4).

5. A tipologia da taipa alentejana

A taipa alentejana apresenta variantes na tipologia de construção da habitação rural, dependendo do tipo de terra utilizada, da tradição de construção da região ou do taifeiro (5).

No interior alentejano, sempre que o solo se apresenta xistoso (como no Outeiro, concelho de Reguengos de Monsaraz ou em Vales Mortos, no concelho de Serpa), a taipa é forte, de tipologia simples e com juntas difíceis de distinguir. O grão de xisto é mais irregular, o que permite uma melhor agregação da taipa. Por vezes, entre as fiadas horizontais da taipa, é utilizada uma fina argamassa de barro.

Em Aldeias de Montoito, a terra já se apresenta com grãos mais finos. Detecta-se a presença de pequenos pedaços arredondados de quartzo, o que dificulta a boa agregação na consistência da taipa. Por conseguinte, a tipologia da taipa apresenta-se com duas camadas por taipal e quase sempre com uma fiada de tijolo de burro, envolvida por argamassa de cal, a consolidarem cada camada de taipa. Quando há menos recursos económicos, utiliza-se pedra de xisto estreita entre cada camada de taipa. De forma a compensar a falta de esqueleto do solo local, o taifeiro adicionava à composição da taipa, pedaços de tijolo ou telha, pedra irregular e "escumalha de ferro" (pequenas pedras castanhas naturais da zona).

Em locais de terra mais argilosa, como na antiga Aldeia da Luz, era por vezes utilizada uma fiada de adobes ou de xisto, entre cada camada de taipa, o que sugere uma certa procura pelo reforço horizontal dos muros.

Em Safara e Sobral da Adiça detectam-se grande variedade de solos, o que implica diferentes tipologias de taipa. Por vezes, a terra apresenta-se de grão mais fino, mas com elementos orgânicos na sua composição (bolotas e pequenos ramos). Nesta situação observa-se na taipa uma boa compactação, numa só camada por taipal. Nos casos em que o solo se apresenta mais xistoso, aparece no entanto na sua composição, algum quartzo misturado. Na tentativa de responder à tendência natural para a desagregação da taipa, na presença deste último elemento, utilizavam-se duas camadas estreitas de taipa por taipal, no segundo solo referenciado, e reforçava-se horizontalmente cada camada de taipa, com uma fiada de xisto.

Em Saraiva e Colos a terra apresenta-se fina o que permite uma boa compactação. A tipologia da taipa é simples, com argamassa nas juntas verticais e horizontais. No entanto, detectam-se problemas na taipa, mais de ordem estrutural (Fig.6), devido à falta de esqueleto na composição do solo, provavelmente devido a uma grande quantidade de limo (silt). Deste modo, nesta região, a taipa apresenta no topo de muitas das juntas verticais e inclinadas e de modo a evitar possíveis fissuras verticais, pedras deitadas, por vezes de certa dimensão (Fig.3).

Na costa alentejana, na construção em taipa, sempre que a terra era arenosa como em Ermidas do Sado, realizavam-se duas camadas de taipa, por cada taipal. A travar as estreitas camadas arenosas de taipa, uma fiada de pedra de elevadas dimensões, o que permitia consolidação da taipa se esta se encontrasse protegida por um forte reboco (fig.4).

Em Alcácer do Sal, na maioria das habitações em que se realizava a taipa com terra negra (presença de húmus) e devido à grande retracção do solo, procurava-se realizar duas camadas de taipa, por taipal. A complementar e como os recursos naturais eram pobres, utilizavam-se entre as fiadas de taipa, tijolo de burro e argamassa de cal. Por vezes detecta-se a presença nos muros, de taipa militar retirada do castelo de Alcácer do Sal (6).

6. Sistemas Tradicionais de Prevenção

Na zona do Outeiro e de São Pedro do Corval, como a taipa é bem consolidada (quando é bem construída), as fachadas muitas das vezes não se encontram rebocadas, com a excepção da fachada principal. As restantes, poderão apresentar reboco em locais de maior fragilidade (ombreiras laterais dos vãos, embasamento, juntas da taipa e buracos deixados pelas agulhas). Quando o edifício não é habitado, nem sempre é caiado. O beirado apresenta-se quase sempre com cimalha de tijolo, a proteger o topo das paredes devido às chuvas repentinas desta região (Fig.5). De forma a evitar-se a capilaridade proveniente da grande humidade do solo, o embasamento é quase sempre em alvenaria de pedra. Muitas dos vãos de acesso ao interior da construção apresentam um arco em tijolo de burro, por cima da verga de madeira ou pedra. O que permite uma melhor

descarga do peso da cobertura. Quando não recoberto, permite a ventilação e um pouco de luz no interior (Fig.5).

Em Aldeias de Montoito, é dada pouca importância ao beirado que é simples, enquanto que o embasamento é realizado com todo tipo de alvenaria de pedra, apesar de menor que o da região anterior. Os cunhais são reforçados entre as camadas de taipa, com tijolo e/ou pedra. Também não há muita preocupação pela protecção aparente dos muros, pois grande número de edifícios não se encontram rebocados, ao contrário do que era de prever devido ao tipo de solo existente. A explicação é provavelmente esclarecida pela consolidação que se conseguiu dar às paredes exteriores. Muitos dos edifícios também apresentam esticadores (tirantes).

Na Aldeia da Luz, devido à terra argilosa, a taipa em geral, apresenta-se protegida por um reboco de cal. Quando tal não acontece, é nítido o desgaste à superfície da taipa. O beirado protege um pouco mais que o da região anterior, utilizando-se mesmo por vezes, cápeas. O embasamento é de pouca dimensão e apresenta-se em alvenaria de pedra.

Na região de Safara e Sobral da Adiça, surge a reforçar a taipa, escoramento horizontal em xisto, não apenas entre cada camada de taipa, mas também no topo dos muros. Para além disso, os sistemas de prevenção de maior destaque nesta região, são os elementos lineares interligados e em forma de L, colocados no interior dos cunhais de taipa e que reforçam os ângulos rectos. Este sistema é claramente utilizado, como elemento de prevenção contra sismos de baixa magnitude, que assolam a região considerada de intensidade máxima VII, na *Projeção de Gauss* (Correia 2001: 17). Quando os elementos anteriormente referenciados não são utilizados, os edifícios apresentam contrafortes ou esticadores (tirantes). Denota-se também, a utilização de reboco em todas as fachadas. Se não sofrer manutenção, o paramento exterior apresenta-se bastante desagregado, o que se compreende pela composição da taipa anteriormente referida (foi desta forma, que foi possível identificar, os elementos encastrados nos ângulos). O beirado mais composto e o embasamento alto são pouco utilizados, o que se explica pelo facto de ser uma das regiões em que chove menos e há menos humidade no solo.

Em Vales Mortos e arredores, denota-se que a técnica construtiva da taipa é bem dominada. A taipa apresenta-se com juntas inclinadas. Alvenaria de tijolo de burro é utilizada em volta dos vãos e em forma de V deitado, de modo a bem se agregar à taipa. Por vezes, os cunhais são reforçados com tijolo ou xisto deitado. Identificou-se nesta região, assim como na de Saraiva (Fig.6) e Colos, a utilização de barro a envolver a madeira, de forma a evitar em caso de presença de humidade, desagregação desta pelo contacto com a terra. Esta situação é identificada nas vergas dos vãos e quando os barrotes encastram no topo dos muros. O barro era deste modo utilizado como elemento de protecção entre materiais de diferentes composições. Interessante de referir, o caso da antiga escola primária de Colos (Correia 2000: 103-104), construída entre 1947/48 (época

de introdução dos novos materiais na região) e na qual se realizou já um lintel de betão, no topo dos muros de taipa. Como ligante dos dois elementos, barro. Naturalmente que o peso da cobertura e o desconhecimentos do comportamento da interligação de materiais diferentes, fez que o muro aluísse.

Na zona de Odemira, perto de São Teotónio, também já foi identificado pela autora, assim como pelo arq. Henrique Schreck, a existência de barrotes de madeira entre as camadas de taipa. Elemento estrutural simples, que possibilita uma maior resistência horizontal do muro.

Nos arredores de Alcácer do Sal, a má qualidade da consistência da taipa fez com que se juntassem agregados à mistura. Por exemplo, foram identificados pedaços de telha, tijolo e cerâmica, grãos grosseiros de cal e de taipa do castelo, e mesmo ossos, entre outros agregados. Tudo que ajudasse a fortalecer a composição e consolidação da taipa.

Conclusões

Nas últimas décadas, as técnicas tradicionais construtivas têm vindo a sofrer um progressivo abandono. A alvenaria de pedra, mas sobretudo a taipa e o adobe, têm sido substituídos pelo betão e o tijolo furado industrializado. Deste modo, os materiais naturais e tradicionais têm sido abandonados e as habitações têm sofrido profundas alterações térmicas no seu interior. A parede de terra, com boa massa térmica, mantendo no Verão, a casa fresca durante o dia e mais quente durante a noite, foi preterida ao betão, bom condutor térmico. Actualmente, o interior da habitação é frio, quando no exterior está frio, e quente, quando no exterior está quente. As grandes diferenças térmicas existentes no Alentejo, entre o dia e a noite, implicam a utilização cada vez mais frequente, de aquecedores no Inverno ou de ar condicionado, no Verão. O resultado é um aumento no consumo de electricidade, para além das implicações na saúde, produzidas pelo clima seco e artificial. Felizmente, continua-se a cair as casas e a utilizarem-se beirados, protecções solares em lousa por cima de alguns vãos e vegetação (parrugueiras, por ex.) na entrada de outros vãos, para arrefecimento do ar quente, que entra na habitação pela porta entreaberta (Correia 2002: 459). De referir, que ainda se mantêm alguns casos isolados de taapeiros (apesar de poucos), que teimosamente e contra a legislação vigente, ainda constróem em taipa, nas regiões mais isoladas do interior alentejano. Para além disso, na última década, tem-se assistido em Portugal, a um renascer cada vez maior da construção em terra, especialmente na costa alentejana, no Algarve e em alguns casos isolados, na região centro do país. Este ressurgimento é sobretudo devido ao aumento da procura por uma habitação saudável e natural, como alternativa ao ritmo acelerado da vida citadina.

Também tem vindo a aumentar nos últimos anos, o número de restauros de habitações rurais e urbanas, em que se procuram respeitar as técnicas tradicionais originais. Como consequência, este tipo de investigação permite uma reflexão sobre a eficiente incorporação de elementos estruturais simples, nos métodos e materiais

tradicionais, o que possibilita a sua maior resistência construtiva. Como consequência, o estudo das técnicas construtivas vernáculas contribui para um maior conhecimento no melhoramento de técnicas tradicionais de construção, o que permite uma maior tomada de consciência de possíveis métodos a utilizar no restauro e conservação da arquitectura de terra, património rural em perigo e sem protecção eficiente.

Bibliografia

- BEIRÃO, Caetano de Mello; SILVA, Carlos da; SOARES, Joaquina; SOARES, Antónia (1980-1981): "Escavações arqueológicas no castelo de Alcácer do Sal" em *Setúbal Arqueológica*, vols. VI-VII, Setúbal, Portugal.
- CORREIA, Mariana; MERTEN, Jacob (2000): "Restoration of the Casas dos Romeiros using traditional materials and methods. A case study in the southern Alentejo area of Portugal", em *Terra 2000 – 8th International Conference on the study and conservation of earthen architecture*, Torquay, UK.
- CORREIA, Mariana (2000): "Le Pisé d'Alentejo, Portugal", em *Mémoire de Maitrise, DPEA-Terre 1998-2000*, CRA Terre, École d'Architecture de Grenoble, França.
- CORREIA, Mariana (2001): "Preliminary Report of the local seismic culture in Portugal", em *Taversism Project – Atlas of Local Seismic Cultures*; European University Centre for Cultural Heritage, Ravello, Itália.
- CORREIA, Mariana (2002): "A Habitação Vernácula Rural no Alentejo, Portugal", em *Memórias del IV Seminario y Iberoamericano sobre Vivienda Rural y Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales*, (Cap.4- Vivienda Rural, Etnia, Cultura y Género), La Red XIV.E del CYTED-HBYTED, Universidad del Chile, Chile.
- RAPOSO, Isabel (1995): *Alte na Roda do Tempo*, Casa do Povo de Alte, Alte, Portugal.
- RIBEIRO, Orlando (1969): *Geografia e Civilização*, em *Temas Portugueses*, Coleção Espaço e Sociedade, Livros Horizonte, Lisboa, Portugal.
- SANTOS PINHEIRO, Nuno (1993): "Terra - Material Milenar de Construção" em *Comunicações da 7ª Conferência Internacional sobre o estudo e conservação da Arquitectura de Terra*, Terra 93, DGEMN, Silves, Portugal.

Notas

- (1) em Correia (2000); Dissertação sobre a Tipologia da Taipa Alentejana em Portugal e para a qual foram realizados 40 levantamentos e análises de edifícios tradicionais rurais, construídos em taipa, na região alentejana.
- (2) A norte do país utilizava-se, para além da alvenaria de pedra, a taipa de fasquio e a taipa de rodízio. Em comum com a taipa a sul, apenas o termo, pois a técnica difere. As duas técnicas nortenhas eram estruturalmente em madeira. A primeira era realizada com um taipal ao alto (que deu origem ao nome), fasquiado e preenchido por argamassa e reboco de terra e cal ou só de cal. A segunda técnica era constituída por uma estrutura de madeira e preenchida por alvenaria de tijolo de burro. Na região nortenha, generaliza-se popularmente, o nome deste tipo de parede a "taipa", daí a confusão de termos, que poderá ser criada.
- (3) *Taipa*, originalmente da palavra árabe *tabíya*. Em castelhano, *tapial* ou *tapia*, dependendo das regiões de Espanha. Em francês, *pisé*, em inglês, *rammed-earth* e em português do Brasil, *taipa de pilão*. A terminologia referente à arquitectura de terra difere bastante de idioma para idioma, de país para país e ainda entre regiões do mesmo país, como é o caso português. Considerando-se *taipa*, a sul de Portugal, a técnica construtiva que permite elevar paredes auto-portantes, e que consiste na compressão de terra entre dois taipais (cofragens em madeira), por meio de um maço (pisão ou pilão).
- (4) Para mais informação sobre os materiais tradicionais da arquitectura alentejana consultar Correia (2002: 456-460).
- (5) Para mais informação sobre a tipologia da taipa consultar Correia (2000: 24-142)
- (6) Devido à falta de recursos naturais da região, a Câmara Municipal de Alcácer do Sal, nos anos 40, chegou a vender à população pedaços das muralhas em taipa militar, datadas do período Almóada, séc. XII.

Figuras:

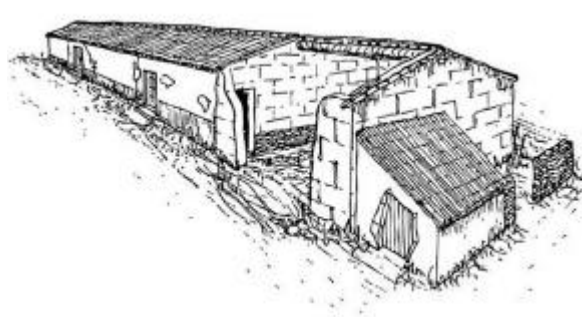


Fig.1 - Monte das Fontainhas, em Vales Mortos, Serpa, Portugal (Correia 2000: 92). Desenho da autora.

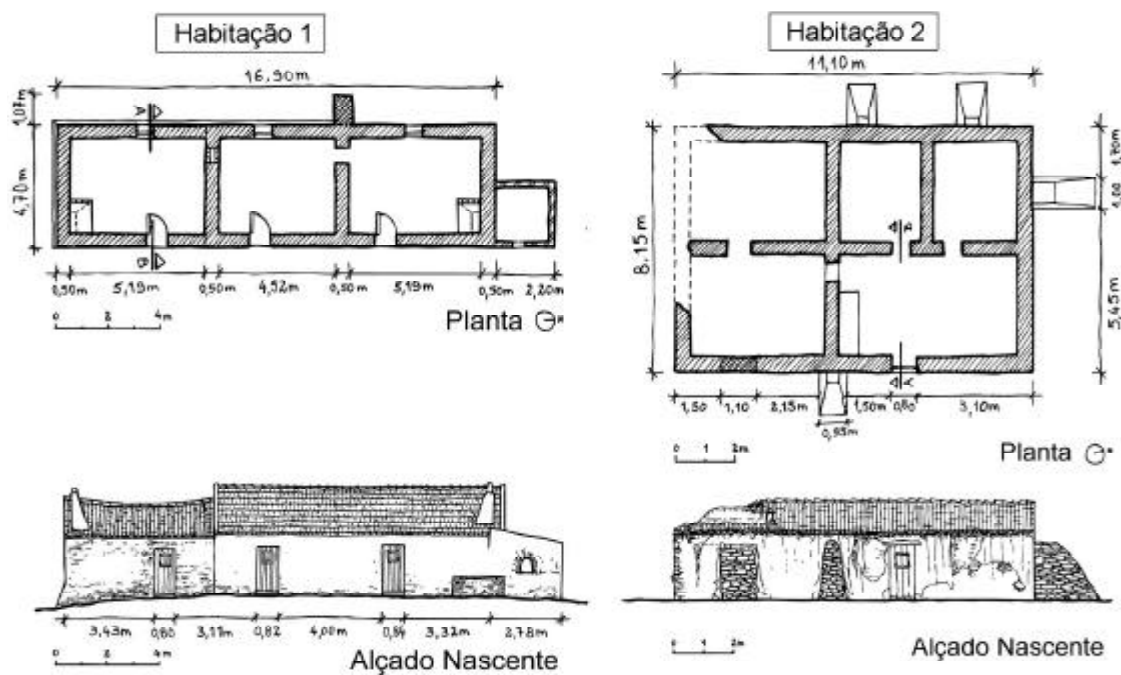


Fig.2 - Análise Tipológica: Hab.1, Monte do Passareiro, em Alcácer do Sal (Correia 2000: 112) e Hab.2, Monte da Cruz de Cigana, em Vila Nova de São Bento, Serpa (Correia 2000: 88). Desenhos da autora.



Fig.3 - Taipa com pedra no topo das juntas verticais. Casa do gado, Monte Pelicão, em Saraiva, Ourique (Correia 2000: 100). Fotografia da autora.



Fig.4 - Taipa com pedra no meio das fiadas na Casa Escola, em Ermidas de Sado, Santiago de Cacém (Correia 2000: 106). Fotografia da autora.

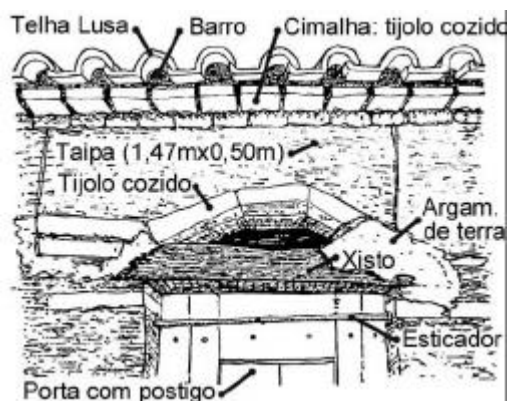


Fig.5 - Detalhe do Monte do Branquinho, Outeiro, Reguengos de Monsaraz (Correia 2000: 45). Desenho da autora .

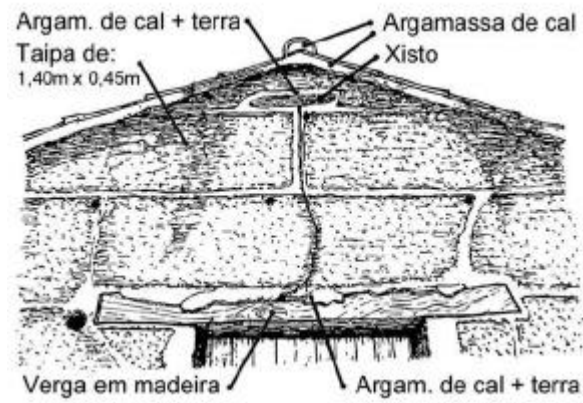


Fig.6 - Detalhe da Casa do Moiral no Monte da Boavista, em Saraiva, Ourique (Correia 2000: 102). Desenho da autora.

ADOBES Y LADRILLOS. ORIGEN Y EXPANSIÓN HISTÓRICA DE UNOS MATERIALES BÁSICOS

Jaime de Hoz

Universidad Alfonso X El Sabio

Resumen

La comunicación trata sobre el origen mesopotámico del adobe, y del ladrillo, y de su expansión por el mundo antiguo, paralelamente a otros hallazgos culturales, hasta su desarrollo en época romana y medieval y su implantación en la arquitectura española

En las tierras de aluvión del curso bajo de los ríos Tigris y Éufrates, un lugar cálido, árido y seco, donde sólo la milagrosa acción benéfica de estos míticos cursos de agua paliaron las dificultades propias de un ambiente poco adecuado para el desarrollo de la cultura humana, se inició un milagroso proceso de civilización y el amanecer de algunas de las primeras ciudades históricas. En el suelo caldeo no existían zonas montañosas de donde extraer la piedra necesaria para levantar emblemáticos edificios, ni bosques que proporcionasen madera suficiente como para crear estructuras capaces de configurar espacios de habitación. Sólo tierra y densos cañaverales. Y fueron precisamente las cañas el primer, y prácticamente único, material de construcción para los prehistóricos habitantes de las tierras pantanosas donde el Tigris y el Éufrates confunden sus míticas aguas dulces con las saladas del golfo Pérsico. Todavía hoy los *mudhif* iraquíes son fósiles vivos de aquellas primitivas construcciones realizadas mediante la estructura entretejida de haces de juncos, impermeabilizados con betún o con asfalto, formando anillos que a modo de pilastras configuraban las arcadas que daban lugar a un espacio interior abovedado y diáfano¹; su huella arqueológica ha desaparecido pero su representación en “cilindros-sellos” ha permitido su reconstrucción y su identificación con las modernas casas de juncos de las tierras pantanosas del suroriente iraquí (fig. 1). Sin duda así se hicieron los primeros templos y edificios representativos.

El ingenio suplió a la carestía y supo vencer a las adversidades. En el terreno había tierra, mucha tierra, y lodo en los humedales y en las riveras de los ríos y canales que se fueron construyendo tanto para permitir la irrigación de nuevas tierras y acoger a una mayor población como para posibilitar el desarrollo de nuevos espacios civilizados. El uso de la técnica del tapial es muy antiguo y así se erigieron los primeros edificios y lo que parecen ser viejas murallas. Las primitivas casas comenzaron a construirse también combinando estructuras de caña o palos con arcilla prensada a mano, llamada en sumerio *e-gar*, pelladas de barro que se iban uniendo unas con otras para conformar los muros. Pero pronto, hace la friolera de nueve mil años, las gentes de este país primigenio acertaron a mezclar paja con barro y luego a moldearla en bloques regulares

¹ GONZÁLEZ PRATS, A.: *La EDADA DEL Cobre en Mesopotamia (5500-3000 AC). Síntesis arqueológica*, Universidad de Alicante, 1991

que dejaban secar al sol. Había nacido uno de los materiales básicos de la construcción humana, uno de los elementos que más juego habrán de dar en historia de la Arquitectura y que mejores resultados proporcionarán a los espacios de habitación a lo largo de los siglos: el “adobe” o ladrillo de tierra cruda. Su empleo era fácil y eficaz. Rápidamente se levantaban muros sólidos y resistentes, capaces de aguantar, una vez endurecidos, el paso de las tempestades y de los meteoros, el paso del tiempo mismo, y albergar a varias generaciones antes de su definitiva destrucción, paliable mediante un sencillo mantenimiento. Para prevenir su deterioro aprendieron a guarnecer sus paredes con morteros de barro, a veces también con yeso (*im-bar-bar* era su nombre sumerio). No tardaron en aplicar a estas piezas (*sig*) las mismas técnicas que a las cerámicas y comenzaron a cocerlas en hornos, logrando así una mayor resistencia e impermeabilidad mural; no obstante resultaba costoso, con lo que su uso se limitó al revestimiento exterior de las fábricas de adobe, formando una especie de “encofrado fijo” que proporcionaba durabilidad y una estética más depurada. Esa misma preocupación estética hizo que se desarrollase una prototécnica musivaria consistente en configurar conos cerámicos coloreados que se incrustaban en el muro de tierra seca hecho con tapial o con adobes aún frescos, como todavía se conservan magníficamente en el Patio de las Columnas del palacio de Uruk (hacia el siglo XXII a. de C.), creando imaginativos juegos geométricos (fig.2).

El primer edificio sumerio conocido construido con adobes era un pequeño santuario sito en la ciudad de Eridú realizado con bloques prismáticos de notable longitud². Pero los adobes, y los ladrillos, evolucionarán a lo largo del tiempo y se irán adaptando a diversas circunstancias tanto constructivas como históricas. Los primeros prismas de barro, irregulares, rectangulares y de pequeño tamaño, acabarán perfeccionándose y creciendo hasta sustituir formalmente a los inexistentes sillares para conformar grandes edificios representativos del desarrollo urbano y social: palacios, templos... En el período llamado Dinástico Arcaico se emplearon los ladrillos conocidos como “planoconvexos”, regulares en su forma pero abombados, o “almohadillados”, por una de sus caras. Las dimensiones eran considerables: desde los adobes de 80 por 30 por 8 centímetros del período de Samarra hasta los de 16 por 16 centímetros, la unidad estandarizada en el Dinástico Antiguo. Esta tecnología constructiva había permitido a los arquitectos mesopotámicos (*šidim*) idear estructuras tan avanzadas como el arco de medio punto o la bóveda de cañón. Cuando las civilizaciones europeas aún experimentaban con formas preabovedadas y levantaban falsas cúpulas mediante la aproximación de hiladas ? el famoso “Tesoro de Atreo” micénico configuró así su cámara principal en torno al siglo XIII a. de C.? los habitantes de la Baja Mesopotamia ya construían auténticas bóvedas, llamadas por ellos *nir-gam-(m)*, en viviendas de adobe o tapial a mediados del IV milenio anterior a nuestra era. Estas viviendas podían tener también una techumbre vegetal formada por ramas entrelazadas o ramas recubiertas con barro o tierra aplastada. Los suelos quedaban colmatados con tierra batida recubierta con barro alisado o con yeso. Sólo el imparable transcurso del tiempo, un tiempo siempre dilatado, o una catástrofe como una

² V. G. CHILDE: *Nacimiento de las civilizaciones orientales*, Barcelona, Planeta-De Agostini, 1986, VI, p. 139

gran inundación o un incendio devastador, huella del paso de la guerra, destruía las construcciones de adobe o de ladrillo cocido.

Uno de los primeros textos que nos hablan de las técnicas de construcción es un relato sumerio de principios del II milenio a. de C.: *Enki y el orden del mundo*, y en algunos de sus versos se describe al dios de la tierra procediendo a erigir un edificio:

El gran príncipe puso la red³ cerca de la piqueta y preparó el molde, / fertilizó el agarin⁴ como mantequilla buena, / a su piqueta, cuyo penetrante diente es una serpiente que devora la carroña, la hizo [perfecta], / a su preparado molde, dispuesto sobre el lado [...]. / A Kulla, el gran [amasador] de arcilla de [todo] el país, / Enki lo puso a cargo de ellos. / Puso [sobre la tierra] la cuerda y preparó los fundamentos; / fundó la casa en las proximidades de las asambleas, reguló las abluciones. / El gran príncipe ahondó los cimientos, dispuso sobre ellos los ladrillos; / sus fundamentos así dispuestos no cederán jamás. / A su casa, así de firme, no la podrá arrastrar la inundación; / sus bóvedas, como el arco iris, tocan el cielo.⁵

El término utilizado por los sumerios para referirse al proceso del moldeado de los adobes es *du* y *u-šub* se usaba para aludir al molde o adobera. Todas estas técnicas se fueron perfeccionando y se aplicaron también a la construcción de canales y obras de ingeniería hidráulica (*kuš, pa.r*). Para la construcción de los palacios y los templos concebían sólidas cimentaciones (*uš*) sobre las que colocaban las hiladas de ladrillos, cocidos (*sig-bahār*) para asegurar su consistencia, resistencia e impermeabilidad. Cuando a lo largo del III milenio fueron surgiendo las famosas torres escalonadas conocidas en acadio como *ziqqurat* y en sumerio como *u-nir*, torres sobre las que se colocaba el templo y que dieron lugar a leyendas tan conocidas como la de la Torre de Babel, éstas se ejecutaron con una base o núcleo de adobe recubierto en su capa exterior con ladrillos cocidos resistentes y vistosos, cromáticamente decorados (fig. 3).

Uno de estos *ziqqurat* fue descrito por J. Cartwright a principios del siglo XVII: «[...] de una anchura de un cuarto de milla y de una altura aproximadamente igual a la punta de la torre de San Pablo de Londres —se refiere al edificio gótico y no al moderno—. Fue construida con ladrillos cocidos, cimentada y acoplada con mortero de betún [...]. Los ladrillos son de tres cuartos de yarda, en longitud, y de un cuarto de espesor».⁶ De forma parecida los arqueólogos del siglo XX nos describen las casas de ciudades del período Neosumerio, como por ejemplo las de Ur: inscritas en calles estrechas y unidas a otras similares, eran cerradas al exterior, sin ventanas ni otro hueco que no fuese el de la puerta. Solían tener las casas sumerias una planta en la que

³ Una esterilla de cañas para secar los adobes

⁴ Cubeta humedecida para preparar la masa de barro

⁵ F. LARA: *Mitos sumerios y acadios*, Madrid, Editora Nacional, 1984, pp. 87-88

⁶ Citado por A. CHAMPDOR en *Babilonia*, Barcelona, Aymá, 1963, y *Orbis*, 1985, cap. IV

varias habitaciones se disponían en torno a un patio interior, aunque en ocasiones también poseían dos plantas: la baja habitualmente era de ladrillo y la superior de adobe. El patio configuraba un espacio abierto central usado como distribuidor, permitiendo el paso de luz y la ventilación; con frecuencia se disponía en su centro un aljibe para recoger las valiosas y escasas aguas de lluvia. Los ladrillos se unían con mortero de arcilla y los muros se encalaban (fig. 4)⁷. Es decir: representaban un esquema que hoy en día nos resulta familiar en toda la cuenca mediterránea y es evidentemente identificable con cualquier vivienda contemporánea del próximo oriente o incluso con las casas griegas o romanas de la antigüedad.

La construcción de casas estaba perfectamente reglada en la antigua Mesopotamia y ya en viejos códigos legislativos como el de Hammurabi, rey asirio que vivió en el siglo XVIII a. de C., se da cuenta de un desarrollo técnico capaz de asegurar la duración y firmeza de las edificaciones, o eso se infiere de lo que indican algunas de sus normas: la arquitectura y la construcción eran ya entonces profesiones bien definidas y remuneradas pero que habían de recaer en manos de profesionales responsables de su trabajo: «Si un albañil ha edificado una casa para un señor pero no ha dado solidez a la obra y la casa que construyó se ha desplomado y ha causado la muerte del propietario de la casa ese albañil recibirá la muerte»⁸, drástica medida que parece más razonable en el caso de que los destrozos fueran sólo materiales: «Si ha destruido bienes todo lo que haya destruido pagará. Y puesto que no dio solidez a la casa que edificó y se desplomó (re)construirá a sus propias expensas la casa que se desplomó»⁹. También había una normativa que tenía que ser seguida por quienes ejecutaban los trabajos: «Si un albañil ha edificado una casa para un señor y no ha ejecutado su trabajo siguiendo las normas y un muro se ha inclinado ese albañil a sus propias expensas reforzará el muro»¹⁰.

La avanzada técnica constructiva de la Baja Mesopotamia se extendió por todo el Creciente Fértil hasta llegar a Palestina, Anatolia y Egipto, paralelamente a las artes escriptuarias, también “inventadas” por los sumerios. Incluso en las culturas del Indo se alzarán, desde mediados del III milenio, grandes muros de adobe rodeando el perímetro de las ciudades, de modo análogo a como ocurría en Uruk o en Larsa; así por ejemplo en Harappa, donde circundaban las murallas sus cinco colinas y donde sus casas se hacían de ladrillo. Cada vez es mayor el número de investigadores que opina que los grandes monumentos funerarios egipcios tienen su origen en Mesopotamia. Desde aproximadamente el año 3100 a. de C. las relaciones comerciales entre Egipto y Súmer o Akad eran tan estrechas como entre estos países y las ciudades elamitas (el Irán moderno) y los grandes centros urbanos del valle del Indo (Harappa, Mohenjo Daro...). Los primeros eventos sepulcrales de los faraones eran plataformas de adobe, conocidas como “mastabas”, cuya técnica procedía sin duda de tierras nororientales.

⁷ G. ROUX: *Mesopotamia. Historia política, económica y cultural*, Madrid, Akal, 1987, cap. 12, pp. 239 a 242

⁸ F. LARA: *Código de Hammurabi*, Madrid, Tecnos, 1986, § 229, p. 36

⁹ F. LARA: *Código de Hammurabi*, Madrid, Tecnos, 1986, § 232, p. 36

¹⁰ F. LARA: *Código de Hammurabi*, Madrid, Tecnos, 1986, § 233, p. 36

El desarrollo de esta tecnología tardará en penetrar en el occidente europeo. La arquitectura egea y luego la griega emplearon sistemáticamente la madera, y a lo sumo el tapial, junto con la piedra. Sus murallas y sepulcros estaban configurados por grandes bloques de piedra semidesbastada dispuestos en aparejos irregulares y configurando los conocidos muros ciclópeos, como en Micenas o en Tirinto, o el primitivo recinto de la Acrópolis de Atenas. Los templos griegos comenzaron siendo estructuras de madera con el tiempo “petrificadas” al trasladarse a una forma marmórea. El arco y la bóveda sólo llegarán a la Grecia antigua después de las victoriosas expediciones de Alejandro Magno por Mesopotamia y Persia, en la segunda mitad del siglo IV a. de C., es decir: durante el período helenístico, en el que la influencia cultural oriental penetrará en forma de nuevos conceptos urbanos, como la planta hipodámica, o en nuevos cálculos matemáticos, como la medición sexagesimal del tiempo. Sin duda los sistemas abovedados romanos nacieron como consecuencia de una influencia también oriental y la tecnología constructiva que empleaba el ladrillo vivió un enorme desarrollo tras el dominio romano sobre el mundo mesopotámico.

Diversos aparejos romanos tienen sus antecedentes sin duda en otros orientales: el *opus craticum*, muro con estructura de madera en el que los espacios intermedios quedaban rellenos de mampuesto, adobes, etc., claro antecedente de los muros entramados, el *opus latericium*, o típica obra de adobes o de ladrillos, u otros más complejos que alternaban materiales como el *mixtum* (fig. 5) o el *spicatum*, antecedente del aparejo de espinapez¹¹, o el *testaceum* o el *vittaticum*¹². Que éstos no eran plenamente tradicionales nos lo demuestra el hecho de que el *opus incertum*, muro de hormigón romano en el que se embotran pequeñas piedras, era también conocido como *antiquum*, o sea: ‘antiguo’. Lo cierto es que la tradición romana, aunque disipada tras la caída del Imperio occidental en el siglo IV de nuestra era, será la base de muchas de las tradiciones constructivas medievales, aunque sin olvidar que el verdadero heredero tanto de los logros romanos como de los orientales será el mundo bizantino.

En época medieval las tradiciones heredadas de Roma, aunque inferiores a las anteriores, mejoraron gracias a las influencias orientales. La coronación de Carlomagno, el gran rey franco, como emperador de Occidente el año 800 va a suponer una de las claves para comprender el primer renacimiento clásico, aún medieval. La influencia de los edificios de tradición bizantina realizados en el norte de Italia llegará hasta Aquisgrán, el corazón del mundo carolingio. El empleo del ladrillo será desde entonces también frecuente en otros lugares de Europa, compitiendo incluso con el sillar de piedra y sobre todo con el sillarejo. La industria ladrillera se extenderá por Italia y por el sur de la península Ibérica, donde la influencia islámica será evidente desde principios del siglo VIII. Sin embargo las cosas no son como se ha solido pensar.

¹¹ Con frecuencia ladrillos plano-covexos de tamaño reducido son dispuestos en paramentos del período Dinástico Primitivo en Mesopotamia a modo de *opus spicatum*, inclinados y enfrentados entre sí, disposición también habitual en Siria y en la ciudad de Biblos (CHILDE: VIII, p. 179)

¹² El *opus vittaticum* o *gallicum* consistía en la disposición de pequeños sillares colocados en hiladas horizontales que alternaban con otras de ladrillo. Este tipo de técnicas mixtas ya existía en Oriente desde tiempo muy antiguo con paredes revestidas de piedra y adobe.

La huella de Roma primero y las influencias bizantinas y africanas más tarde hicieron del levante y, sobre todo, del sur de España una tierra floreciente y avanzada. Mientras que la degradación afectó seriamente a todos los territorios menos “romanizados” del centro y del norte de la Península, donde el desarrollo urbano y la densidad de población eran menores, en la Bética y el sur de la Lusitania ciudades como *Emerita* (Mérida) o *Hispalis* (Sevilla) vivían un apogeo que les ponía en la cabeza de la Europa occidental. La cristianización había encontrado un caldo de cultivo extraordinario en estos centros y numerosas iglesias se iban a extender por toda la geografía hispana desde el siglo V, coincidiendo con la dominación visigoda del territorio ibérico y el establecimiento de la capitalidad del reino godo en *Toletum* (Toledo). Estos templos cristianos ibéricos, cuyos restos apenas sí se conservan tras la exaltada actuación de los bereberes africanos llegados a Al-Ándalus a “poner orden” en la difícil situación que vivía el islam español desde el siglo IX, solían representar un espacio basilical rematado con un ábside de expresión cúbica exterior y pastoforias o sacristías laterales, bien paralelas a éste, bien perpendiculares, dispuestas a ambos extremos de un transepto. Lo cierto es que poseían un elemento absolutamente característico: el arco de herradura, trazado sobre un centro considerablemente elevado sobre la línea de imposta, desde la que arrancaba para configurar hasta tres cuartos de círculo, frente al semicírculo del típico arco de medio punto. Esta técnica era novedosa, aunque también aparece en otros lugares del oriente romano, y se formó, sin duda, a partir del empleo del ladrillo como material básico. No nos cabe ninguna duda acerca de que ese mismo sería el material fundamental con el que se ejecutaba la mayoría estas iglesias, así como otros muchos edificios. No obstante, los escasos recintos templarios de este período que se han conservado fueron levantados en ámbitos marginales y muy al norte de la culta influencia de los territorios al sur del Tajo, con lo que el material empleado para su erección fue básicamente el sillarejo. La industria ladrillera apenas tendría tiempo ya de traspasar el sistema montañoso Central, con lo que quedaría confinada al territorio plenamente dominado por los musulmanes.

La arquitectura islámica surgida en España es una clara evolución de los sistemas y métodos desarrollados aquí hasta el siglo VIII y si el empleo del ladrillo y de su técnica la caracterizará será más por una acción continuada que por la importación de recursos desde territorio árabe. La interrelación cultural dentro el mundo islámico está clara, sin embargo es seguro que la aportación hispánica a la arquitectura árabe, aun cuando ésta ayudara al engrandecimiento de la propiamente andalusí, fue mayor que la que pudiera recibir desde África: el arco de herradura, los trabajos de ladrillo, las carpinterías... Muestra de su evolución interior serán tanto la arquitectura mozárabe, una clara continuación de las tradiciones cristianas preislámicas, como la mudéjar, caracterizada por el uso de un material básico, el ladrillo, más que por un estilo que la definiera.

Las pétreas arquitecturas monumentales románica y gótica parece que relegaron a los materiales hechos con tierra a un segundo plano, a una arquitectura “popular”, a pesar de lo cual su uso y su progresión continuarán hasta bien entrado el siglo XX, en el que, desgraciadamente, las técnicas del tapial y del adobe sufrirán un abandono brusco a causa de un mal entendido progreso industrial.

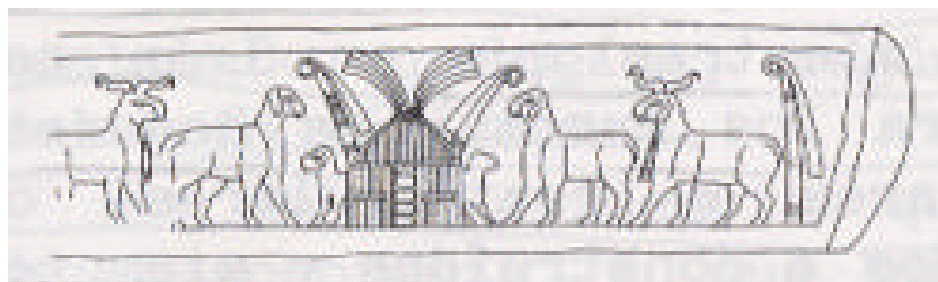
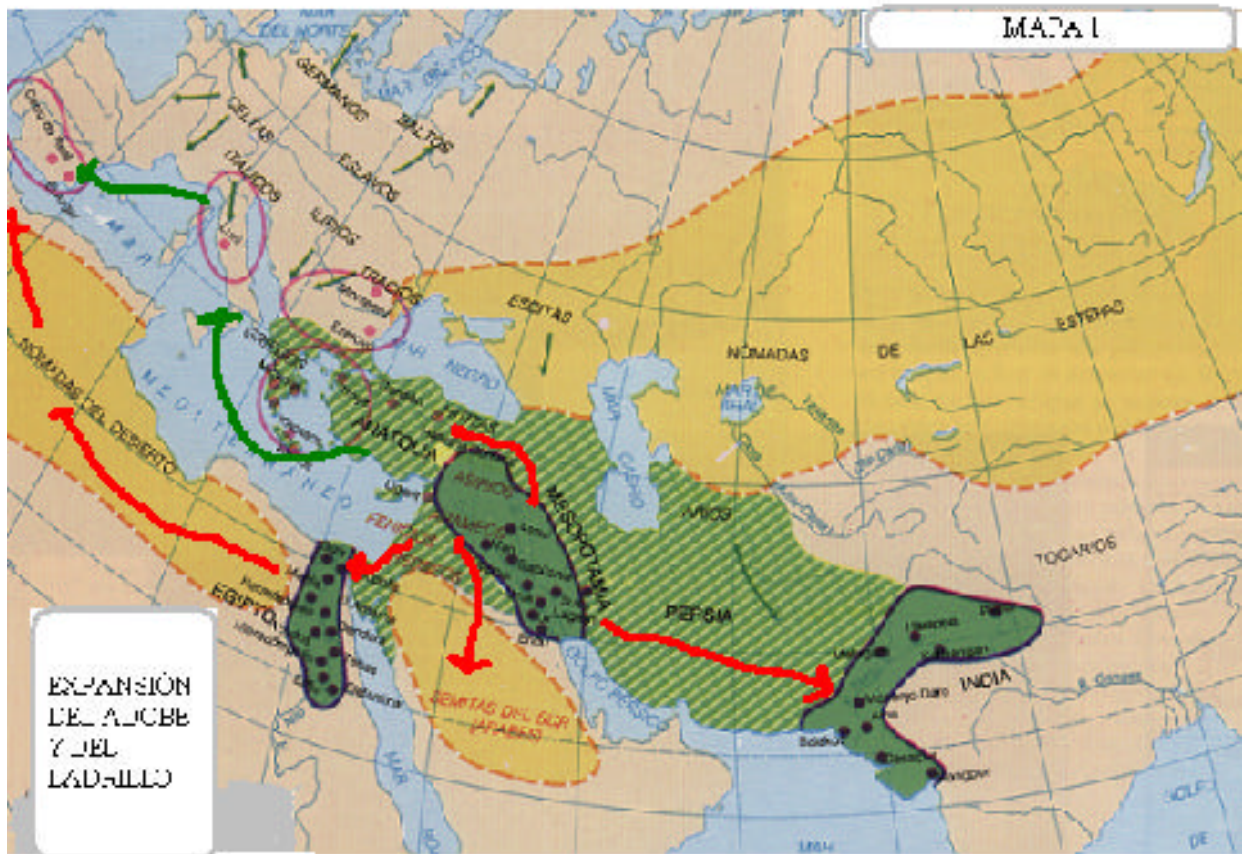


FIG. 1

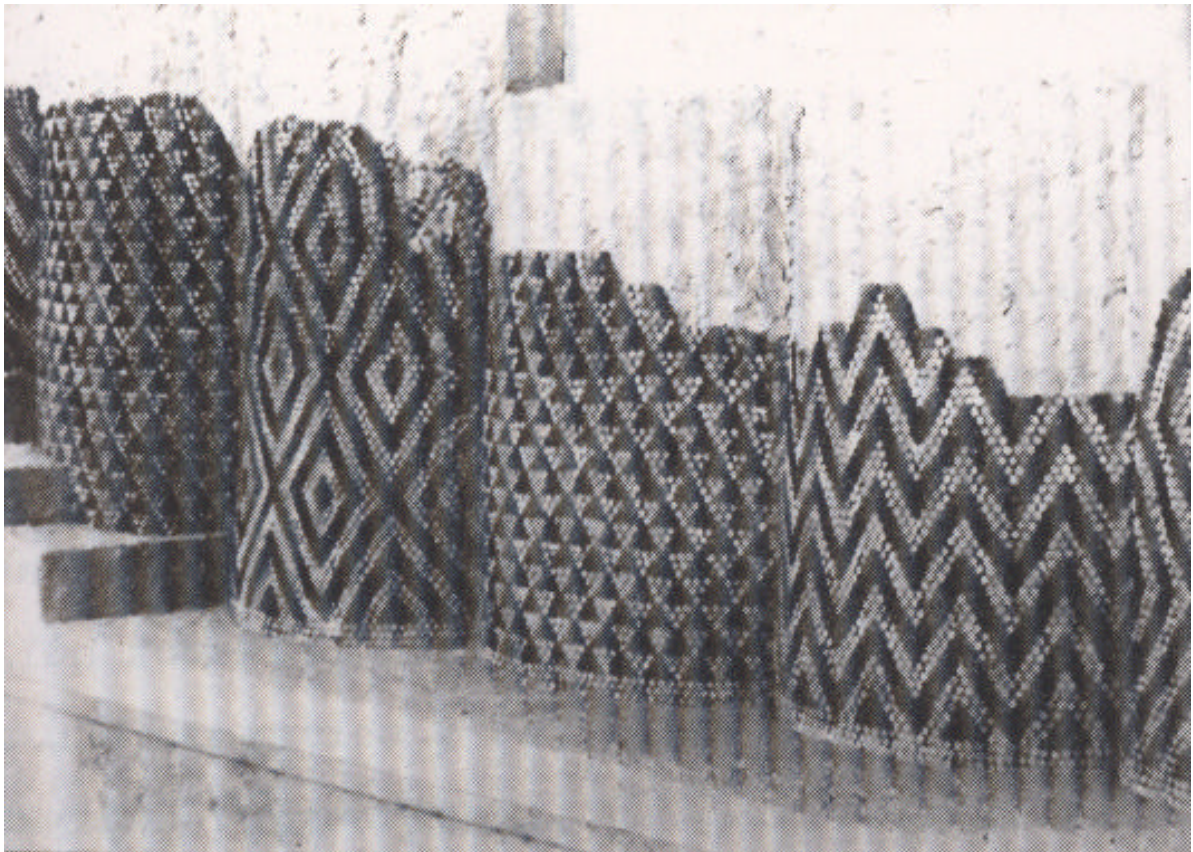


FIG. 2

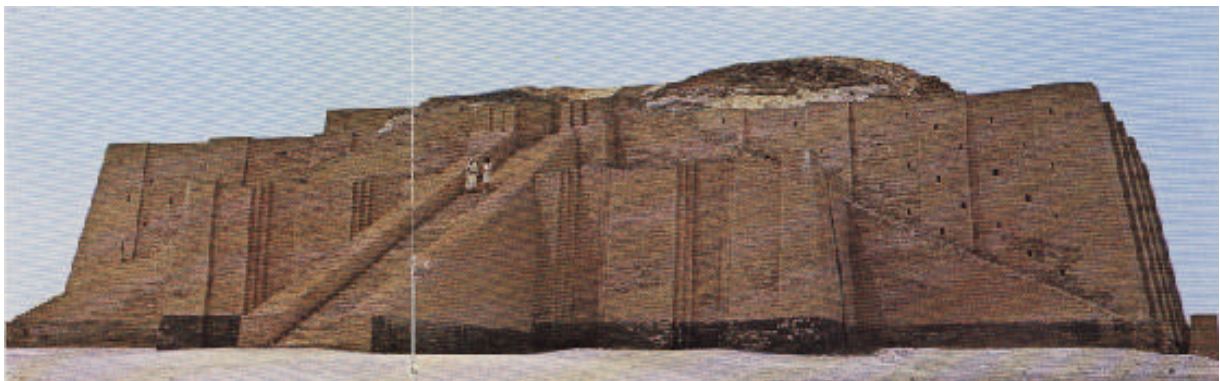


FIG. 3

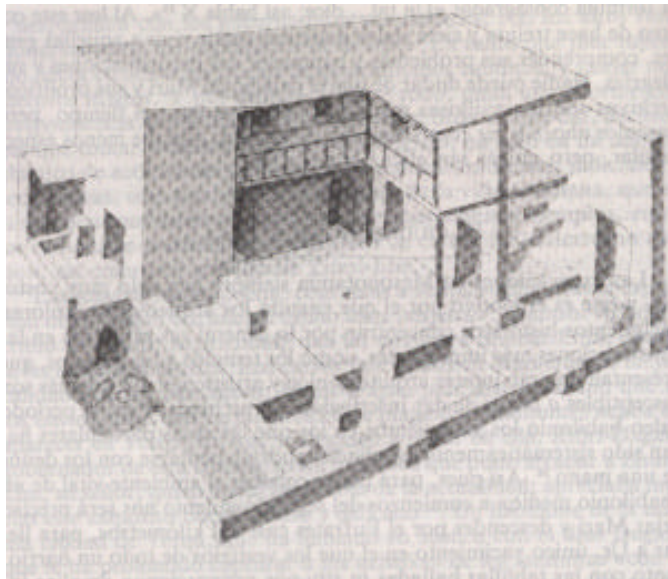


FIG. 4

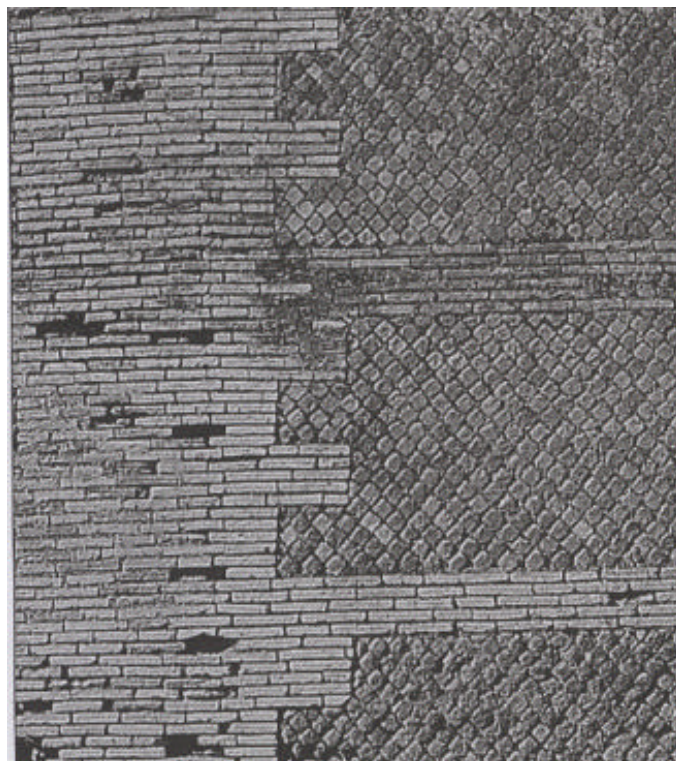


FIG. 5

LA CONSTRUCCIÓN DE TIERRA EN LOS TRATADOS Y OTROS ESCRITOS

Juana Font Arellano

Profesora de los Master de restauración del Patrimonio de las Universidades de Valladolid y Alcalá de Henares.

Dirección: La Puebla 5, 7º A, 34002, Palencia

Móvil : 629 810080.

Correo: juanafont@usuarios.retecal.es

Resumen

Mundo clásico, Renacimiento, Ilustración

El contenido de esta comunicación pretende recordar que en tres de los momentos decisivos para el protagonismo del ser humano, mundo clásico, Renacimiento e Ilustración, se valoraron las virtudes de la tierra y que las grandes culturas y las más refinadas civilizaciones construyeron con arcilla, cuando así les convino, considerándola como uno más de los materiales que podían ser usados para realizar sus edificios más célebres, sus palacios más ricos y sus construcciones más sorprendentes.

La tierra ha sido apreciada siempre por los constructores profesionales de cada época que sabían cómo utilizarla, con qué técnica usarla, en qué zonas del edificio incluirla o dónde preferirla. Así lo confirman los Tratados de Vitrubio, Alberti, Rusconi, Rondelet o Villanueva y los escritos de Caramuel, Cointeraux, del Rosso o Cobbet.

Repasando los textos de los grandes recopiladores del saber y de los famosos viajeros vemos que muchos siglos antes de nuestra era hablan de los edificios de tierra como habituales allí donde el clima o el dominio constructivo así lo aconsejaban. Las narraciones de Herodoto, Plinio o Tácito, las recopilaciones de San Isidoro o Diderot, las crónicas de Díaz del Castillo y de *el Inca* Garcilaso, los relatos de Idrisi, Ibn Battutah o Alí Bey y las noticias de los embajadores como Pinheiro da Veiga son sólo un testimonio escrito sobre la habitual presencia de la tierra junto al hombre.

Las extraordinarias posibilidades de adaptarse a las situaciones más adversas y los climas más variados así como su extraordinaria belleza han dado a la tierra un puesto destacado en obras de arquitectos tan famosos como Fatty, Le Corbusier o Lloyd Wright, profesionales que como Scamozzi, Guarini o Summerson percibieron claramente que no es el material utilizado en un edificio el que consigue que sea bello sino el lenguaje constructivo empleado para diseñarlo.

Summary

Classical World, Renaissance, Enlightenment

The content of this communication seeks to remember that in three important phases for the men, Classical world, Italian Renaissance and European Enlightenment, the earth's construction had an principal respect.

The big cultures and the most refined civilizations built with earth, when they needed this way it, like one more than the materials that used to carry out their more celebrated buildings, their richer palaces and their more surprising constructions.

The earth has always been valued by the professional manufacturers of each time that knew how to use it, with what technique to use it, in what areas of the building to include it or where to prefer it. They confirm this way it the Treaties of Vitrubio, Alberti, Rusconi, Rondelet or Villanueva and the writings of Caramuel, Cointeraux, the Rosso or Cobbet.

Reviewing the texts of the big reporters of the knowledge and of the famous travelers we see that many centuries before our era they speak of the earth buildings like habitual there where the climate or the constructive domain advised this way it. The narrations of Herodoto, Plinio or Tacit, the summaries of San Isidoro or Diderot, the chronicles of Díaz del Castillo and the Inca Garcilaso, the stories of Idrisi, Ibn Battutah or Alí Bey and the news of the ambassadors like Pinheiro da Veiga they are only a testimony written on the habitual presence of the earth next to the man.

The extraordinary adaptation's possibilities to the most adverse situations and to the most varied climates as well as their evident beauty has made of the earth main character of singular works of architects so famous as Fatty, Le Corbusier or Lloyd Wright. Professionals that Scamozzi, Guarini or Summerson perceived clearly that it is not the material used in a building that gets it its beautiful but the language constructive employee to design it.

Hay tres momentos para el hombre europeo en los que la razón cobra un gran protagonismo a la hora de determinar preferencias y actitudes

La célebre frase del sofista Protágoras quizá inicia el primero de ellos cuando reclama que el hombre ha de ser la medida de todas las cosas.

Y en estas tres etapas, mundo clásico, Renacimiento e Ilustración, que marcan como jalones todo el recorrido del ser humano intentando diseñar un mundo mejor, existe un gran interés por la edificación de tierra. Algo muy distinto de lo que observamos hoy, cuando la desinformación y la carencia de actitudes racionales nos está poniendo en trance de terminar con las sabias tradiciones constructivas.

Aunque haya resurgido en ciertos círculos un nuevo interés por la construcción tradicional, en general, el propio hecho de reunirnos para reflexionar sobre el material tierra como único tema de nuestro encuentro nos muestra la situación de *agonía*, en el sentido estricto de lucha, en la que se encuentra la construcción de arcilla.

Hoy existe a su alrededor una batalla entre bandos irreconciliables. Opinan unos que este material es el refugio de la miseria y el subdesarrollo mientras otros quisieran construir todo de tierra, en cualquier lugar. Junto a ellos, y ocasionando un daño no menor, encontramos enormes errores en profesionales o publicaciones que, incluso, se dan como compendio de congresos especializados.

Es más urgente que nunca formar adecuadamente porque el conocimiento es la mejor herramienta que podemos manejar en esta desigual batalla contra la ignorancia, el prejuicio o el olvido.

A lo largo de su recorrido por el mundo el hombre ha construido siempre con tierra allí donde hacerlo con ella era lo más sensato por lo extremado del clima o por la lejanía de otros materiales. Pero no de cualquier modo sino adoptándose a cada zona, o a las diferentes partes de los edificios, del modo más eficaz.

El objetivo de estas líneas es ayudar a que la construcción de tierra se re-normalice, en el doble sentido de que pueda volver a usar normas experimentadas con éxito y de que regrese al lugar habitual que tenía entre los materiales de construcción en el que se encontraba hasta hace pocas décadas. Por ello repasaremos las referencias que los cronistas, viajeros, escritores y tratadistas le dedican, referencias en las que se muestra lo cotidiano de su presencia entre los diferentes pueblos del mundo.

No hablaremos de la fantástica posibilidad de mitigar, con el uso de la tierra, el enorme impacto con el que el hombre de hoy está marcando, de modo indeleble, el planeta que nos alberga y que se atenuaría si ella, el material más antiguo, pero también el más moderno, se utilizara para reconvertir este deterioro.

La tierra, formidable enemigo capaz de engullir ciudades enteras en pocos minutos, puede ser también, como lo es el agua para el acuarelista, no sólo un terrible adversario sino el mejor de los aliados, si se usa sabiamente.

La extraordinaria vinculación que el ser humano tiene con la tierra se recoge en todas las narraciones que hacen de sus orígenes las diferentes culturas. Si vemos en el extremo oriente cómo se organizó el lugar que cada ser vivo tendría sobre el suelo gracias a que un gran pilar de tierra fue izado por los dioses para que la enorme bóveda celeste dejara espacio para los hombres, éstos son modelados con sangre de Marduk y arcilla en Mesopotamia o moldeados por Jnum en el barro de Egipto. El Génesis nos cuenta que Dios hizo de tierra a Adán, padre de todos los hombres, mientras que la mitología griega nos narra la creación del primer ser humano, hecho con lodo, por Prometeo, al que infundió vida con una centella tomada del carro del Sol. La envidia de Júpiter fue tan grande que logró convencer a Pandora, también realizada con arcilla para ser la esposa de Prometeo, aunque éste, receloso, la rechazó, de que aceptara el maravilloso recipiente en el que se albergaban dones de todo tipo. Conocemos la historia y sabemos de los males que aquejan al mundo, liberados cuando el cierre fue levantado, aunque no olvidamos que la esperanza quedó, distraída, en el fondo de la caja.

La conmovedora denominación de *allpamancasa*, "tierra animada", con la que los indios amauta llaman al cuerpo del hombre, nos muestra la enorme profundidad de la relación que existe entre el ser humano y la arcilla.

De tierra fueron no sólo los recipientes donde se protegían los alimentos y los lugares que los albergaban sino también los soportes de la primera escritura occidental, así como de los sellos oficiales con los que, en oriente, protegían la inviolabilidad de sus documentos diferentes dinastías de China.

De arcilla son multitud de preparados cosméticos, medicinas, mascarillas mortuorias y urnas funerarias de numerosas culturas.

La tierra, ese material denostado ahora por quienes olvidan lo que ha constituido la historia del hombre, es con lo que construyeron las culturas más refinadas sus edificios más famosos, como la Torre de Babel, sus construcciones más extensas, como la Muralla de China o sus realizaciones más maravillosas, como los Jardines Colgantes de Semíramis. Fueron y siguen siendo las más cálidas en invierno y más frescas en verano, las que ofrecen un grado de humedad más acogedor, en las que disfrutamos mejor de la música, las que más nos protegen del ruido.

Parecer de tierra era incluso obligatorio cuando se empezó a usar la piedra en edificios oficiales. Su prestigio era tan grande que podemos leer, en la base de la pirámide de Asydís : *"No me afrentes comparándome con las pirámides de piedra porque soy tan superior a ellas como lo es Osiris al resto de los dioses ya que estoy hecha con adobes de limo del lago"*.

El uso de la piedra, allí donde no abundaba, para construir edificios vinculados al poder se debe al intento de evitar reparaciones periódicas y a que, por ser más dura, más difícil de extraer, más escasa y, por ello, más cara, proporcionaba prestigio a los edificios en los que se usaba, razón por la que hoy todavía se utiliza en construcciones oficiales mientras que para las viviendas se suele usar el ladrillo, que nos resulta más cercano y preferible para nuestros hogares.

Son convicciones heredadas desde muy antiguo entre los no profesionales de la construcción que pretenden para ésta una sólida apariencia mientras que los arquitectos de todos los tiempos han llamado la atención sobre lo conveniente que es usar los materiales locales y lo que, por cercano, está experimentado. Cuando Alberti, Scamozzi, y Guarini advierten de que no es el material sino la disposición lo que hace bello un edificio están hablando ya de lo que muchos años después explicará Summerson cuando dice que no es lo que la constituye sino el lenguaje en ella empleado lo que hace que una arquitectura sea o no clásica.

El comentario lleno de orgullo que Suetonio inserta en la vida de Augusto considerando a éste, que había recibido una Roma de adobe, capaz de transformarla en una ciudad de mármol, no es más que el reflejo de algo muy común que ya hizo ironizar a Vitruvio, constructor profesional, que siempre había admirado las virtudes de la tierra, cuando al citar que el palacio de Mausolo era de adobe añade: *"No lo hizo este rey por ser pobre, ya que gozaba de riquezas infinitas porque era el rey de toda la Caria"*. Que este famoso gobernante hiciera su palacio de tierra nos recuerda que con ella construyeron las culturas más notables, aquéllas en las que los monarcas debían de velar por el impulso de las grandes realizaciones y, que por ello, se hacían representar con atributos de constructor, tal como vemos al rey Urnamu en el relieve de su zigurat. De ellas surgen conquistas tan importantes como los trazados regulares de las ciudades, las normas que salvaguardaban la intimidad y el derecho a una buena orientación, el uso de un patio central que articulaba las viviendas en su torno, la simetría y la proporción, las primeras bóvedas y arcos o los ensayos de piezas constructivas prefabricadas. Sin los hogares de Hasuna ,Ur o Muryebet, que nos iniciaron en el valor enorme del patio central, sin las enseñanzas de las balbucientes simetrías ubedianas, sin el comienzo de elementos en serie que constituye el *strut* usado por los medos con singular maestría, sin el respeto a la privacidad que impulsó algo tan arraigado en las gentes mesopotámicas que, llevado como herencia al norte de África, consiguió de los romanos que edificaran allí las singulares villas *en bayoneta* en las que las habitaciones mantienen su intimidad, nuestro pasado remoto sería menos rico y mucho más pobre nuestro cercano futuro.

Si la infancia es la patria del hombre, como afirmaba Rilke estos primeros edificios son el momento en el que empiezan las hermosas construcciones. No vamos a confundir construcción con arquitectura, como hacemos coloquialmente. Sabemos que *cumstruere*, construir, es decir, *amontonar con orden*, manifiesta una intervención mental más decisiva que *struere*, simplemente *amontonar*, pero no es, propiamente arquitectura, ya que ésta es un hecho mental, pero queremos también defender los humildes edificios populares. Aunque sólo su belleza debería de ser un argumento para conservarlos en este mundo nuestro, tan golpeado por los desastres que nosotros provocamos, son, además, como recuerda Pier Luigi Nervi, no sólo bellas realizaciones sino sabios hechos constructivos. Si como Platón o Alberti pensamos que un entorno armonioso puede hacer mejor al hombre o como Dostoievski creemos que la belleza salvará al mundo, deberíamos de luchar para que las construcciones rurales sean protegidas

Y conviene recordar aquí que la tierra está presente tanto en los sencillos edificios populares, que han sido el banco de pruebas donde se han ensayado soluciones constructivas llenas de sabiduría, como en las más deslumbrantes arquitecturas. La vemos ya en el Herôon de Lekandi, en las residencias reales de Creta, en los palacios de Persépolis y Parsagada. También en nuestra península, en la que monarcas musulmanes y cristianos construían con ella palacios como Medina Azahara, la Alhambra o los Alcázares de Sevilla. Señores y nobles cercaban sus villas con tan fuertes murallas de tierra que éstas han llegado a ser utilizadas como cantera de la que obtener material constructivo, como ocurre con la fortaleza de Alcaçar do Sal, al sur de Lisboa. Sabios como Cisneros impulsaban la creación de universidades, como la de Alcalá, cuyo maravilloso Paraninfo está realizado, íntegramente, de tapia.

Adobes, tapia y encastados son capaces de construir los maravillosos edificios de tres mundos tan refinados como el minoico, el omeya o el criollo peruano.

Nuestras tradiciones constructivas continúan en los suelos hermanos de latinoamérica, allí donde se alzan, de tierra, desde las hermosas misiones del norte a las grandes iglesias y bellas mansiones de Lima.

En Hispania la construcción de tierra estaba ya domeñada muchos siglos antes de nuestra era. Edificados con adobe encontramos las viviendas que en la Edad del Hierro se hicieron en Soto de Medinilla o las que el pueblo vacceo alzó, cuatro siglos antes de nuestra era, en Pintia. El singular túmulo de Osorno muestra un encofrado de tierra cuya antigüedad puede estimarse en 5.000 años.

No podemos extrañarnos de su continuada presencia. La Hispania en la que Roma encontró, totalmente dominadas, las técnicas de la tierra, fue, mucho tiempo antes, visitada por fenicios, cartagineses y griegos. Los fenicios, a los que la Odisea describe como “*esos marinos falaces que, en su negro bajel, llevan mil fruslerías*” habían asentado en los bordes de nuestra península poblaciones de todo rango, desde la costa oriental a casi la boca del Tajo. Astutos observadores de diferentes culturas, cuyas prácticas constructivas

utilizaron en singular sincretismo, usaron también la tierra y reforzaron su influencia tras el establecimiento de Cartago, la *Ciudad Nueva*, que nueve siglos antes de nuestra era se fundó sobre la colina de Byrsa.

Es fácil ver que la construcción de tierra se daba en ambos lados de Gibraltar antes de la presencia musulmana no sólo porque Plinio *el Viejo* asegura haber visto las atalayas que mandara alzar Anibal en nuestro suelo ni por la descripción que San Isidoro hace en sus *Etimologías* de cómo se realizaban en Hispania las paredes de tierra entre moldes. Otros muchos viajeros, escritores y eruditos describen los edificios de tierra alrededor del Mediterráneo.

Ya Herodoto (484-425 a.C) en su *Historia*, citando la cultura líbica que se extendía en África desde el río Níger hasta llegar al mar, por el norte, y que tenía una lengua y un alfabeto propio, el *tifinar* ,dice que en este pueblo era costumbre alzar muros de tierra llamados *tabut*.

Marco Poncio Catón (232-147 a. C.) que fue censor y también cónsul en Hispania , interesado por los asuntos del campo, en *De Agricultura* explica cómo construir una granja en piedra o con adobes.

Marco Terencio Varrón (116-27 a. C.) en su *Res Rustica* describe las tapias de tierra que delimitan las granjas sabinas y las cercas de adobe, muy comunes en su época y explica que en Hispania se utiliza la tierra para construir.

Estrabón,(63 a.C.-19 d.c) en su inmensa *Geografía*, de 17 libros, dedica uno entero a describir la península ibérica. También detalla cómo son las chozas circulares de los galos y los hogares de numerosos pueblos.

Julio César (100-44 a.C.) tanto en su *Guerra de las Galias* como en su *Guerra Civil* habla de los edificios galos y de los modos de edificar sus muros.

Plinio *el Viejo* (23-79 d .C.) incansable viajero que murió en la erupción del Vesubio , también describe en su *Historia Natural* no sólo los edificios de tierra de diferentes países y sus tipos más usuales sino las mejores épocas para realizar adobes y cómo hacerlos citando, a menudo, a Vitruvio.

Lucio Junio Moderato, *Columela*, gaditano del siglo primero, intentando reavivar la antigua devoción romana por la agricultura explica en *De Re Rustica* cómo construir en el campo y la conveniencia de rodear los edificios con cercas de piedra o adobe.

Publio Cornelio Tácito (55- 119) en su *Germania* relata la falta de interés que los germanos demostraban por sus hogares realizados amontonando materiales, en bruto, que luego revestían de tierra.

Dion Casio (155- 235)describe cómo eran los edificios de adobe de Roma y las destrucciones que sufrían en los barrios cercanos al Tiber cuando su curso se desbordaba.

San Isidoro de Sevilla (565- 636) cuya ingente recogida de datos hace que su obra, las *Etimologías*, constituya una verdadera enciclopedia del saber de su época, describe el modo de realizar las paredes de tierra entre moldes, habitual en Hispania.

Todos estos autores recogen en su obra hechos ocurridos antes de la colonización islámica en el norte de África y en el sur europeo, pero muchos otros confirman que después siguió siendo la habitual tanto en el marco mediterráneo como en países muy alejados.

Podemos comprobarlo solamente con examinar las narraciones de algunos famosos viajeros que se movieron por lugares muy lejanos entre sí.

Al-Idrisi (1100- 65) el gran geógrafo nacido en Ceuta, que por sus enormes conocimientos llegó a ser consejero de Roger II de Sicilia, relata en sus obras diferentes aspectos de la construcción de su época.

Marco Polo (1254- 1324) nos describe su fantástico viaje en *El Millón* en el que recoge costumbres insólitas, como el empleo del mortero de asfalto.

Mohamed ibn Battuta (1304-63) nacido en Tánger, que también llegó hasta China y visitó muchas regiones, como el sur de España y en norte africano, nos explica cómo se cubrían con brea, aparentando ser mármol negro, las casas de tierra de Bagdag en su obra, *Rihlah*, Viajes.

Ibn Jaldun ,(1332-1406) cuya ascendencia sevillana quizá le hizo interesarse por este tema ,en *Al-Muqaddimah*, es decir, Prolegómenos, de su *Kitab al-Sbar*, Historia de los bereberes o Historia Universal, describe muchos edificios de tierra y el sistema para realizarlos con tapia de este material.

León *el Africano* (1495- 1550), nacido en Granada, recoge en su famosa *Descripción de África* el aspecto de las casas de arcilla que encontró en sus viajes a Marruecos y al sur de España.

Alí Bey *el Abassí* (1767-1818)enigmático personaje que se hacía pasar por príncipe, en realidad un español llamado Domingo Badía , mientras espía para Godoy cómo introducir nuestro comercio desde Marruecos a Egipto trabajaba también para Londres y París. Al margen de su honestidad profesional, dejó una enorme cantidad de datos escritos y dibujados sobre arquitectura y otras muchas materias.**(Ilustración 1)**

Parece indudable, pues, que edificar con arcilla era habitual en el ámbito mediterráneo. Y que su uso se reforzó en las zonas donde se instalaron los musulmanes en su expansión hacia Europa.

Esto se ve incluso en los nombres actuales de nuestros modos más usadas de construir con tierra. Encontramos el término *adobe* ya desde 1139, en el Fuero de Pozuelo de la Orden y en multitud de obras, como el *Libro de Petronio* que escribiera en el siglo XIV el infante Don Juan Manuel e en el *Tesoro de la*

lengua castellana o española que redactara Sebastián de Covarrubias a primeros del XVII. La palabra *tapia* aparece, en 1247, en el Fuero de Huesca y desde 1255 se documenta como medida correspondiente a 49 pies castellanos.

Pero en las denominaciones anteriores de ambas se pueden rastrear etimologías diferentes.

Gleba, el antecedente del adobe, quiere decir, precisamente “tierra” y *chamizo*, o *pared de montón*, antecesor de la tapia, también evidencia de qué está hecho el muro. Recordemos que para el adobe se hacía *la pisa*, y que *la emplenta*, claramente relacionada con *emplecton*, es decir, “relleno”, era la carga de tierra que se precisaba para hacer una determinada cantidad de muro en tierra. Todo ello está perfectamente consignado en las normas por las que se regían los tapiadores, que trabajaban en marzo y octubre, que tenían sus sueldos y jerarquías claramente delimitadas.

Vemos que puede mantenerse la presencia de lenguas anteriores al árabe en términos que éste adoptó pues parece que *tabiya*, “pared de tierra”, de la que surge “tapia”, deriva de *tabut*, palabra de origen fenicio recogido en el bereber, tal como hemos visto al examinar los textos de Herodoto y adobe, *a tob*, “trozo de tierra”, también parece tomado por el árabe clásico de lenguas norteafricanas más antiguas.

Y entre nosotros ocurre, como en varias zonas del Magreb, donde llama *leuh* es decir, “tabla”, al muro de tierra, que denominamos *tapial*, a lo que es, en realidad, el molde, tal como hacen ellos al usar el nombre del encofrado para referirse al resultado. Tanto allí como aquí, por ser tan habitual, ha pasado a querer significar solamente algo que divide.

Pese a que algún estudioso ha querido ver que el uso de la tierra fue traído a la península ibérica con la invasión del Islam y aunque E. Laoust sostenga en *L'Habitation chez les transhumants du Maroc Central* que fue tomada desde España para el norte africano, lo sensato es considerar que se daba en las dos orillas porque ambas estuvieron adscritas a fenicios y cartagineses, que la utilizaron con maestría. El comentario de Al Galib, cuando hace constar que los cajones para tapia fueron traídos desde la India hasta España, parece referirse a técnicas especiales de cimentación, parecidas a las usadas bajo la Giralda para realizar la potente cuña que soporta este minarete singular.

Al recorrer los Tratados, sus autores, constructores profesionales y buenos conocedores de las virtudes de la tierra, nos recordarán este hecho y que este material ha sido valorado como uno más entre los posibles para ser usado, e incluso considerado el mejor en muchos casos.

El concepto de patrimonio es cambiante y hoy consideramos como tal aspectos que hace poco serían objeto de burla. Multiplicamos ahora los estudios, de todo tipo, nacidos de la urgencia con la que hay que actuar

antes de que desaparezcan, del todo, los pocos restos materiales que nos quedan .Pero la estima por las cosas que no tenía en cuenta su precio sino su valor, parece ya perdida para siempre.

Si acompañamos al hombre en su camino como constructor, veremos que la tierra siempre le ha seguido como eficaz compañera. Su capacidad de adaptarse a los climas más extremos, a las técnicas más diferentes, a las situaciones más adversas y a las carencias más absolutas ha granjeado para ella un respeto profesional que se ha mantenido a lo largo de los siglos y que se ha roto apenas hace unas décadas.

Es sólo en el primer tercio del siglo XX cuando se empiezan a alzar voces en su contra. .Pese a que por su encantadora apariencia agradaba a los amantes de lo primitivo que militaban en las vanguardias, porque les evocaba un estado de inocencia similar al que ellos pretendían encontrar, pronto se oyeron opiniones contrarias a estas técnicas ancestrales. Cuando el crítico Henry Russell Hitchcock proponía, en 1929, que fueran proscritos los materiales tradicionales por estar implicados en un pasado que había de ser abolido, sólo estaba tomando postura con el *Movimiento Moderno* que hacía tabla rasa de lo antes construido.

Se alzaron voces protestando por estos juicios extremados. Obras como *Antropología de la casa*, de Amós Rapoport ,exposiciones sobre “la arquitectura sin arquitectos”, para la que reclamaba Bernard Rudofsky un lugar importante , estudios sobre estas humildes construcciones como los realizados en España por Fernández Valbuena, Mercadal o Carlos Flores logran neutralizar tan feroces opiniones.

La construcción de tierra gozó de aprecio entre los ricos y poderosos del mundo helénico, de gentes que, como el riquísimo Cresos, se hicieron construir de arcilla sus suntuosos hogares .Desde Grecia pasó a Roma esta estima y fue en el universo romano donde surgió el que podemos considerar el primero de los Tratados occidentales de arquitectura, pues no podemos ignorar que ya en el 1090 antes de nuestra era se difundía en China el *Ying zao Faschi* , o Normas arquitectónicas.

La obra que escribió, hacia el año 27 antes de nuestra era, el constructor e ingeniero militar Vitruvio nos deja ver la admiración que sentía por la construcción helenística a la que consideraba mejor que la de su época .Preocupado porque creía ver perderse las buenas prácticas constructivas logradas por los griegos, escribió *Los Diez Libros de Arquitectura*, en cuyo texto podemos constatar, una y otra vez, el gran aprecio que tenía por los edificios de tierra. Asegura que fue la imitación de lo que hacen las golondrinas lo que llevó a los primeros hombres a realizar así hogares más cómodos y duraderos que los hechos con ramas y barro. Describe los edificios de tierra que hay en Hispania, Aquitania o la Galia y explica, minuciosamente cómo y cuándo hacer los adobes.

Recomienda a la persona que esté interesada en adquirir un edificio de adobe que no regatee en el precio porque es el más cómodo de los edificios posibles.

Aunque en Roma era muy común el uso de adobes entre entramados (*opus craticium*) detalla cuidadosamente cómo hacer muros de dos o tres hojas, convenientemente trabadas, para alzar las paredes de gran altura que precisaban los edificios de pisos ,necesarios para acoger a los campesinos que buscaban en la metrópoli mejores oportunidades.

El supuesto hallazgo de la obra de Vitruvio que hiciera , a primeros del Quattrocento ,el humanista Poggio Bracciolini y que no fue tal porque, como sabemos, se conocía en la Edad Media y en el Trecento, pues en 1380 lo cita Filippo Villani en *De origine civitatis Florentiae*, trajo un renovado interés por el texto del primer Tratado de arquitectura. Se pensaba encontrar en él una clarísima exposición teórica de cómo habían sido construidos los edificios de Roma.

Estudiar, medir, dibujar y comparar lo hallado con lo expuesto por Vitruvio fue algo habitual para muchos de los arquitectos italianos del siglos XV, época en la que escribieron sus Tratados Alberti y Francesco de Giorgio.

León Bautista Alberti manifiesta en su *De Re Aedificatoria* un deliberado deseo de retomar la arquitectura antigua hasta el punto de que sus construcciones, que parecen evocar lo etrusco, resultan hasta arcaizantes comparándolas con las ligeras arquitecturas de Brunelleschi, mucho más cercanas al mundo tardo-gótico que a la Roma clásica.

En su deseo de preservar esta *maniera antica* no olvida el material tierra entre los usados habitualmente. Considera las virtudes del adobe, con el que los hombres vieron pronto las hermosas, sólidas y estables casas que podían edificarse, incluso para reyes, especificando que son más sanas que ninguna otra.

En el libro III cita los fuertes muros que se construyen con tierra, iguales a los de África o Hispania, que pueden durar largos años sin verse afectados por los vientos o la lluvia.

Francesco de Giorgio, como ingeniero militar es hombre muy práctico. Tanto en su *Architettura, Ingegneria e Arte Militare* como en *Architettura Civile* se ve esta voluntad de acción. Por ello analiza los diferentes materiales y sus propiedades y no olvida consignar los *gabiones*, tejidos de varas que, reforzados con tierra, son una de las técnicas de fortificación más usadas junto a la de *tepes* y *fajinas*.

Durante el *Cincuecento* los Tratados italianos pasan a ser como repertorios para que los órdenes arquitectónicos se utilicen correctamente. La comprobación de que lo que exponía Vitruvio, que como sabemos lo que comentaba era la arquitectura helenística, no solía concordar con los restos romanos, produjo una confusión que hizo proliferar estos repertorios.

Sin embargo sí podemos considerar Tratados a las obras de Palladio o de Rusconi porque no se limitan a exponer recetarios sino que se apoyan sobre la propia obra realizada y sobre la indudable autoridad de la construcción tradicional veneciana.

En 1570 se realizó la edición príncipe de la obra de Palladio, *I Quattro Libri d'Architettura* en la que los dibujos eran parte fundamental. Claro y preciso en su redacción, pasa revista a los materiales y las técnicas. Buen conocedor de la Terra Ferma y sus prácticas constructivas, explica lo que es el *muro a cajón*, relleno con tierra y piedras y la fabricación de las piezas que proporciona el ingenio humano, entre las que incluye los ladrillos

En la última década del siglo XVI sale a la luz la obra de Giovan Antonio Rusconi, *Della Architettura*. Sus grabados nos muestran los sistemas constructivos del Véneto, las técnicas y los materiales y cómo éstos son elaborados. **(ilustración 2)**

Ya en 1615 aparece, también en Italia, *L'Idea della Architettura Universale* en la que Vincenzo Scamozzi, con un sentido más moderno que sus predecesores, analiza los diferentes materiales y para qué son más aptos. Habla también de los adobes, considerando que son de óptima calidad los de Calento, en España, de la que comenta algo que ya era un problema hace cuatro siglos, la enorme despoblación de Castilla. Dice que en Roma se dejaron de usar los adobes cuando se inició un programa de lucha contra los incendios además de por otras cuestiones, ya citadas por Vitruvio, como la prohibición de alturas mayores de 70 pies y el deseo de mantener calles de anchura adecuada. Recuerda que el palacio de Attalo o la cella del templo de Juno eran de adobe. En el libro VIII explica la manera de hacer muros de tierra.

En Francia encontramos un gran interés por construir de modo económico, racional e higiénico desde el segundo tercio del siglo XVI.

En 1548 ya se había publicado en París *Les Balivernies* o *Contes nouveaux d'Entrepel*, obra de Noël du Fail, que nos refiere el asombro y la admiración provocados, en el noble protagonista, por la contemplación de un humilde hogar de tierra.

Pionera en su atención a la edificación con tierra es la obra de Charles Estienne y Jean Liebault, *La maison rustique ou l'économie général de tous les biens de la campagne*, publicada en 1564, examina las técnicas del encestado (*torchis*) chamizo (*bauge*) y tapia (*pisé*), llamando la atención sobre la solidez impresionante que ésta última consigue.

Desde 1567 van apareciendo los escritos de Philibert de L'Orme, *Reigle General d'Architecture* y *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petit frais*, título este último que nos deja ver cuánto pesaba la economía para este gran arquitecto

En el último cuarto del siglo XVII aparecen las aportaciones de Blondel y Félibien y las obras de Ouvrad, *Arquitectura armónica* y de Bullet, *Arquitectura práctica*. Los primeros años del siglo XVIII nos muestran a Francia inmersa en un debate sobre el gusto, la formación y el valor de lo pasado. Voltaire publica *Le Temple du Gout*, Soufflot revisa lo gótico y Caylus analiza la arquitectura de la antigüedad.

Y es en ese contexto en el que el arquitecto G.M.Delorme lee, en 1745 su *Mémoire pour la construction des murs en terre* y, en 1772 Georges-Claude Goiffon publica *L'Art du Maçon Piseur*, sólo un año después de que, en 1771 Diderot escribiera un suplemento al volumen 4º de la Enciclopedia titulado *Pisay, pisey, pisé*. Conviene recordar que este autor había escrito en 1750 un *Tratado sobre lo bello*.

En 1784 la Academia de Amiens convoca un concurso para obtener edificios sanos y seguros que François Cointeraux, nacido en 1740, consigue ganar. Poco después logra construir, en Grenoble, un edificio cuya bóveda estaba hecha con bloques de tierra compactada.

Instalado en París en 1788, pone en funcionamiento diferentes escuelas de arquitectura rural y publica más de 70 escritos en los que explicaba o demostraba las virtudes de la tierra con la que construyó granjas, viviendas, edificios industriales o escuelas. [\(Ilustración 3\)](#)

Su obra, traducida al inglés, alemán, italiano o danés, impulsó de modo decisivo la construcción de edificios higiénicos e incombustibles.

Jean-Baptiste Rondelet, otro gran arquitecto de Francia, ayudante de Soufflot en las obras de lo que sería el Panteón, que terminó tras la muerte de su maestro, se interesó también por la construcción de tierra, incluyéndola en su famoso *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, de 1802. Las cuidadas imágenes de este texto nos permiten ver el interés con el que su autor analizó la construcción de tierra. [\(ilustración 4\)](#)

Es conocida por todos la enorme difusión que tuvo la obra de Palladio en el mundo anglosajón. Muy pronto, hacia 1600, fue adquirida una copia de su texto por Íñigo Jones. En 1624, sir Henry Wotton reclamaba ya en *Elements of Architecture* algo más clásico que las construcciones góticas, preferencia que también se observa en los textos de Gibbs o en la obra de Chambers *Treatise on Civil Architecture*.

Inmerso en este mundo, pero abierto a nuevas experiencias, está el 5º duque de Bedford que atendiendo las sugerencias de Thomas Eccleston, quien había construido con tapia de tierra en el Lancashire, decide edificar así unos pabellones en su Abadía de Wolburn.

El experimento interesó al arquitecto Henry Holland que recomendó este método en el *Board of Agriculture*. Consignó Holland, tras un viaje a París en el que conoció a François Cointeraux, que este arquitecto francés había conseguido “*a method of building strong and durable houses, with no other materials than earth*”.

De la tapia informó a los futuros colonos de la América del Norte un singular personaje, William Cobbet, autor de una *Guía para Emigrantes* en la que explicaba lo asequibles y sanas que serían las viviendas de tierra. La nueva técnica interesó a dos presidentes norteamericanos tan partidarios de la arquitectura clásica como Washington o Jefferson, que conocieron los textos de Cointeraux.

Éstos también se tradujeron en Alemania por el arquitecto David Gilly, padre de Federico y fundador de la Escuela de Arquitectura..

En Italia difundió el texto, adaptado al medio toscano, Giuseppe del Rosso en 1793. El título de la obra, *Dell'economica costruzione delle case di terra*, nos muestra a este arquitecto inmerso en la misma preocupación que tenían sus colegas europeos para conseguir viviendas sanas y seguras.

No estaba ausente entre los profesionales otro problema, evitar la destrucción de los bosques cuya madera era usada no sólo en la industria, que empezaba a ser pujante en Europa, sino en diferentes aspectos constructivos.

Estas cuestiones también preocupaban a los Ilustrados españoles, pero empezaremos el análisis de los textos que sobre arquitectura se publican en nuestra patria revisando los que se producen en el Renacimiento.

Para abreviar consideraremos que en las dos mitades del siglo XVI, en la primera los Tratados son obra de personas que no son arquitectos mientras que en la segunda sí son profesionales quienes los redactan.

En 1526 aparece *Medidas del Romano*, obra de Diego de Sagredo, capellán de la reina Juana. Su lectura demuestra que conocía, aunque superficialmente, los textos de Vitruvio y Alberti.

También se ve este conocimiento en la *Ingeniosa comparación entre lo antiguo y lo presente*, del humanista Cristóbal de Villalón, lo que no es extraño pues sabemos que *De Re Aedificatoria* estaba en muchas bibliotecas cultas, entre ellas en la de Felipe II.

En la segunda mitad del siglo escriben y construyen Hernán Ruiz, Vandelvira, Gil de Hontañón, Herrera y Arfe. En 1578 Juan de Ribero traduce parte del texto de Palladio y en 1582 aparece la obra de Alberti, ya en castellano gracias al interés del alarife madrileño Lázaro de Velasco. Vemos que muchos de estos autores conocen los grandes Tratados en los que se valora la construcción de tierra.

El siglo XVII español muestra una dualidad que produce escritos muy prácticos junto a otros de contenidos especulativos. Los primeros, los textos de Diego de Arenas, Rodrigo Álvarez y fray Andrés de San Miguel, son concebidos como ayuda para constructores y carpinteros mientras que los segundos, los escritos de

Villalpando, Ricci o Arias Montano se ocupan de elaborar teorías que concilien la construcción del Templo de Salomón con los principios de la arquitectura clásica.

Entre unos y otros está la obra singular de Juan de Caramuel, autor de *Arquitectura civil recta y oblícua* al que Kamen considera el único científico español con relaciones internacionales. Sabemos que se carteaba con Descartes o Kircher, que polemizó públicamente con Bernini, Wotton o Guarini y que construyó en Vigebano la fachada de la catedral, completando así la plaza que diseñara Bramante.

Admirador de la construcción de tierra explica que fueron Euríalo e Hyperbio quienes hicieron los primeros adobes para construir fuera de los lugares subterráneos que habitaran antes de imitar a las golondrinas. Explica cómo evita el castellano, que llama adobe a la pieza cruda y ladrillo a la cocida, la confusión que tiene el latín con la palabra *lateres*. Y remontándose a la antigüedad de estas piezas dice “*que antes de hubiese Athenas y Grecia*” los hombres se juntaron para hacer con ella la Torre de Babel que Pietro della Valle, *el Peregrino*, vio en 1616 consignando que era de adobes muy grandes “*a guisa delle Tappie di Spagna*”

Otro importante texto para la construcción de tierra es el realizado en 1639 por el agustino fray Lorenzo de San Nicolás, *Arte y uso en arquitectura*, calificada por Kubler como la mejor obra sobre construcción. Entre sus líneas están detalladas explicaciones sobre la tapia valenciana y otros usos de la tierra.

A finales del siglo XVIII aparece la obra de Benito Bails *De la Arquitectura Civil* para completar la formación de los futuros arquitectos. Intentando hacer una síntesis de los mejores autores, de manera que resulte un instrumento eficaz, toma partes de distintos textos europeos incurriendo en contradicciones tales como proponer la realización de cubiertas francesas o ignorar la gran tradición de las magníficas escaleras españolas. Pese a ello se ve que considera de gran interés los materiales de tierra por sus excelentes propiedades, que si se llegan a hallar en mal estado “*es porque en el discurso de tantos siglos, se han arruinado los guarnecidos ó revocos y expuesto el barro crudo á las lluvias y aguavientos*”

El mismo aprecio por la tierra muestra la obra de Juan de Villanueva, *Arte de Albañilería*, publicada en 1827, es decir, 16 años después de su muerte. Esta práctica y breve obra completa sus claras explicaciones con bellas ilustraciones en las que se ven tanto los diferentes tipos de tapia de tierra, con brencas o machones, como las distintas partes que componen los tapiales o el aspecto que tiene una adobera común.

Aunque habla de los tabiques de listón no encontramos en sus páginas la atención que prestaron a los muros tejidos los constructores hispanoamericanos como el dominico fray Diego de Maroto o el jesuita Juan Rehr, cuya autoridad en construcción de quincha es incuestionable. Así lo prueban, en Lima, con obras tan hermosas como los templos, la catedral o el Palacio de Torre Tagle.

No podemos olvidar los españoles los testimonios de nuestros cronistas, adelantados, preladados o misioneros que, maravillados, describen edificios de ensueño o invencibles fortalezas. Las noticias que da en sus cartas Hernán Cortés a Carlos V y las descripciones de las ciudades que hace Bernal Díaz del Castillo, que las considera mejores que Roma o Constantinopla en su *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España* nos hablan de la magnificencia mejicana. Las narraciones de singulares cronistas mestizos como Garcilaso *El Inca*, nacido en Ayacucho, hijo de una princesa, autor de los *Comentarios Reales* que se publicaron en 1609 nos dan cuenta de cómo se construían los gigantescos *tica* de tierra mientras que las de Huaman Poma de Ayala, en *Nueva Crónica y Buen Gobierno*, de 1615 nos ilustran, con sus sencillos dibujos, sobre cómo construían las gentes andinas. Todo ello será completado años después con la relación de grabados sobre los edificios de su diócesis que envía a la corte, en el siglo XVIII, el obispo Martínez Compañón en la que se percibe hasta qué punto pueden resultar fastuosas las construcciones de quincha. **(ilustración 5)**

En esta relación de viajeros y cronista no podemos omitir las que hacían los embajadores ante la corte española a sus respectivos monarcas. Particularmente ilustrativa de lo habitual que era la construcción de tierra en España es la obra de Tomé Pinheiro da Veiga, *Fastiginia*, escrita en 1605 cuando la residencia oficial del rey estaba asentada en Valladolid, ciudad de la que dice que sus casas “ *de los cimientos para arriba son de tapia de cuatro palmos* “

El valor de todos estos textos, el esfuerzo realizado para alzar los maravillosos edificios de tierra que nos han sido legados, la infinita sabiduría que encierran las técnicas utilizadas y la enorme belleza que reside en sus dorados muros no pudo ser ignorada ni por los gobiernos ni por quienes han de formar futuros restauradores.

Con el propósito de recopilar esta herencia increíble y preservarla para el futuro nació, a fines del siglo XX, el Tratado de los profesores Houben y Guillaud, magnífica obra que debería estar presente en todas nuestras escuelas de arquitectura donde parece ignorarse la responsabilidad que tienen los planes de estudios en la conservación de estos edificios.

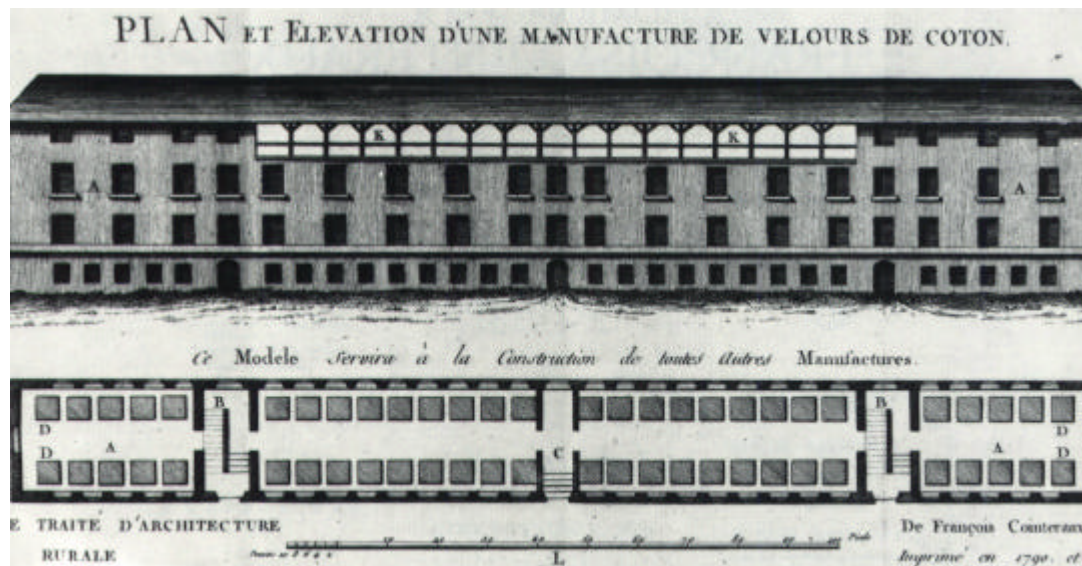
Si se quiere olvidarlos porque representan el pasado, debería de recordarse en estos centros de formación que varios de los más grandes arquitectos del siglo XX, como Hassan Fathy o Le Corbusier admiraron, comprendieron y proyectaron con tierra. Y que fue Frank Lloyd Wright, que también la utilizó, **(ilustración 6)** quien dijo que “*cada material tiene su poesía y es capaz de expresar su propio mensaje, pero exige ser empleado conforme a sus posibilidades plásticas, técnicas y funcionales por lo que hay que conocerlo, sentirlo y amarlo*”

Ilustraciones:**1. Palomares egipcios de tierra**

Lámina XLVI / 2 Biblioteca de Cataluña. Barcelona

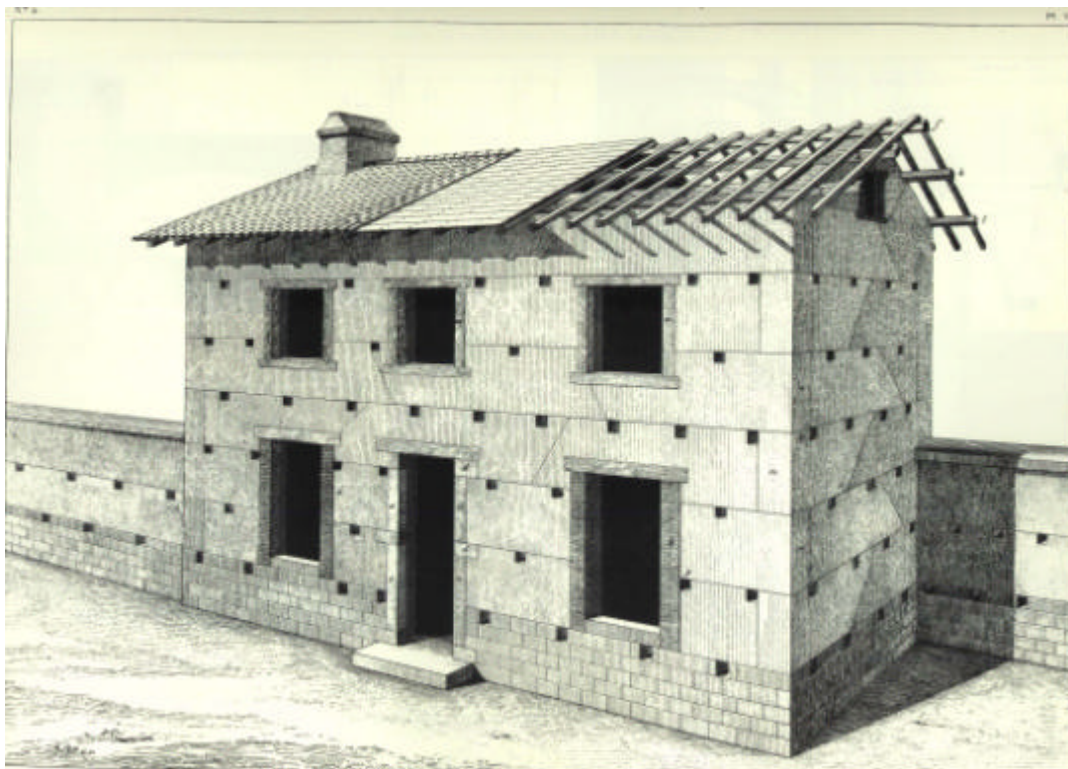
**2. Tratado de Rusconi.**

Operarios preparando la tierra para realizar piezas



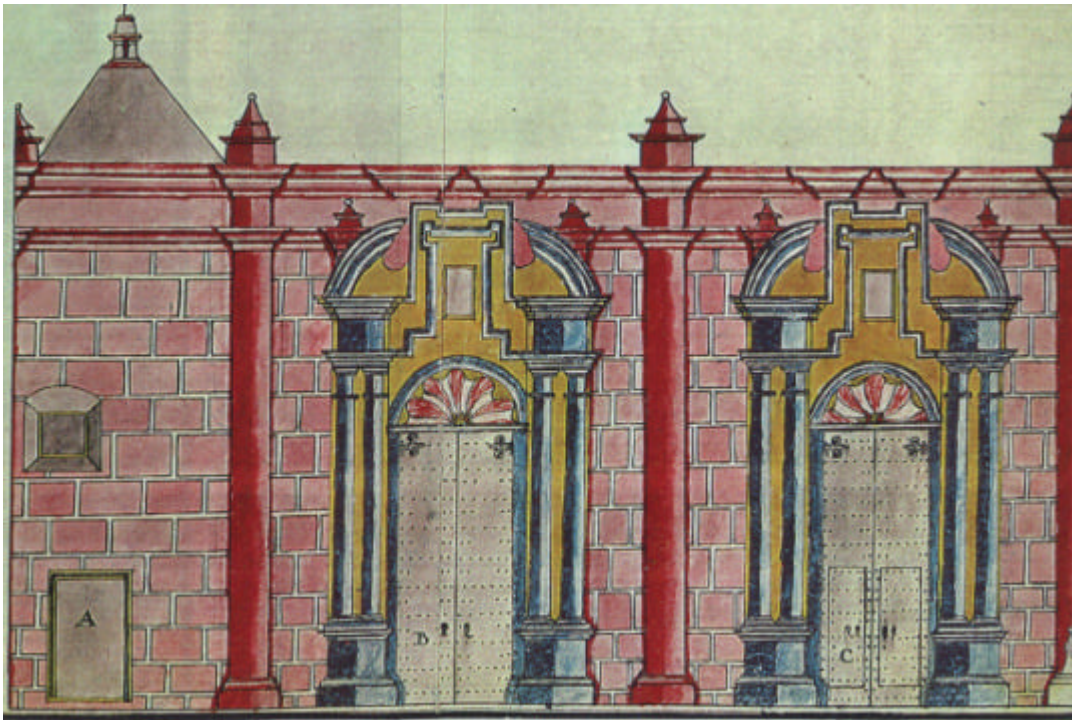
3. François Cointeraux, Tratado de arquitectura Rural

Planta y alzado para fábrica de terciopelo



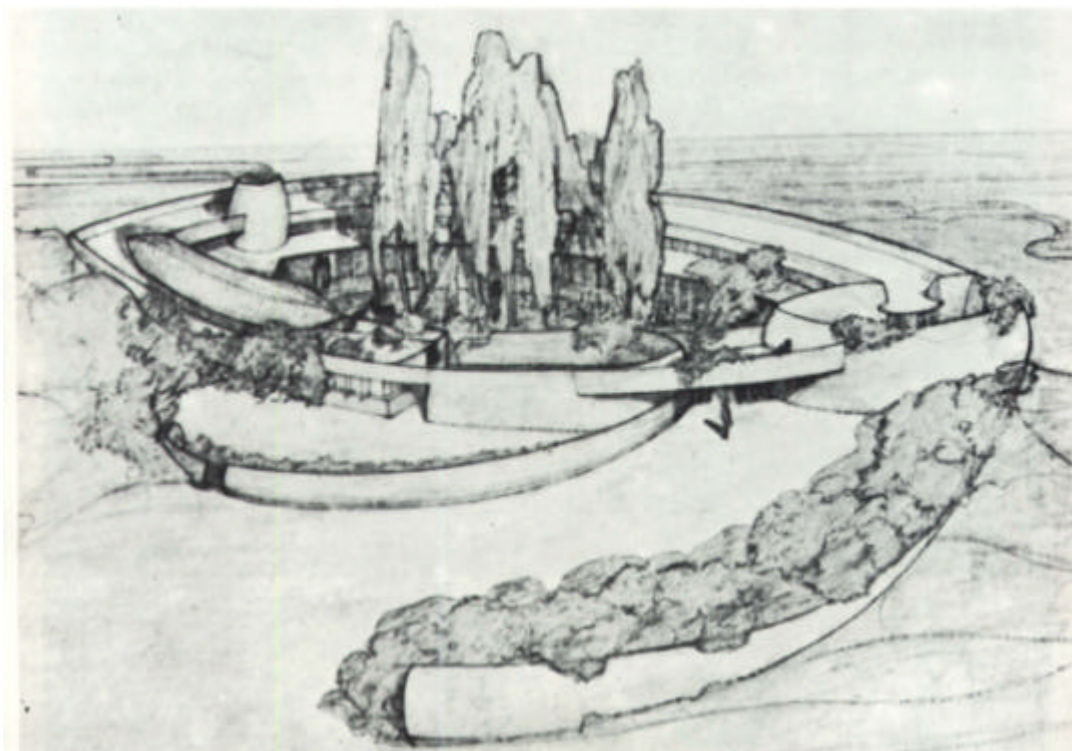
4. Tratado de Rondelet, libro I, 1ª secc., cap. 2, lámina V

Vivienda de tapia de tierra



5. Baltasar Martínez Compañón

Fachada del Tribunal de Diezmos de Trujillo, Perú



6. Frank Lloyd Wright. Proyecto de la Pottery House, 1942.

La firma Sotheby's la subastó en 1986 por 2.200 000 dólares.

Bibliografía

ADAM, Jean Pierre. La construcción romana. Materiales y técnicas. Editorial de los Oficios, León 199

ALBERTI Leon Baptista. De Re Aedificatoria. Akal 1991

ALI BEY *el Abassí*. Viaje por África y Asia. Olimpo, Barcelona 1943

ALONSO PONGA, José Luis. La arquitectura del barro. Junta de C. y L. 1994

ARNAU AMO, Joaquín. La teoría de la Arquitectura en los Tratados. Tebar Flores, Madrid 1987

BAILS, Benito. De la Arquitectura Civil. Colegio de Aparejadores, Murcia 1983

BÁRCENA, Pilar y BAULUZ, Gonzalo. Bases para el diseño y construcción con tapial. MOPT, Madrid 1992

BARDEL, Pilippe et MAILLARD, Jean Luc. Architecture de Terre en Ille- et- Vilaine. Apogée Editions, París 2003

BARDOU, Patrick. Arquitectura de adobe. G.Gili, Méjico 1986

BAYÓN, Damián. Sociedad y Arquitectura colonial sudamericana. G.Gili 197

BENAVENTE, Miguel de. Elementos de toda la Architectura Civil. Colegio de Arquitectos de Aragón, Zaragoza 1985

BENITO, Félix. Arquitectura tradicional de Castilla y León. Junta de C. y L.,Valladolid 1998

BERTAGNIN, Mauro. Architetture di Terra in Italia.. Edicom Edizioni 1999

BORRÁS Gualis, Gonzalo M. El Islam. Sílex, Madrid 1990

BOURGEOIS, Jean-Luis. Spectacular Vernacular. The adobe tradition. Aperture Foundation, New York 1996

BROLIN,C.Brent. La arquitectura de integración. CEAC 1984

CARAMUEL, Juan de. Architectura civil recta y oblicua. Turner, Madrid 1984

CARO BAROJA, Julio. La Casa en Navarra. Caja de A. de Navarra, Pamplona 1982. Los pueblos de España. Itsmo 1975

CARRICAJÓ, Carlos. Arquitectura popular. Construcciones secundarias. Simancas, Valladolid 1995

CASTILLA, Francisco, MALDONADO, Luis, VELA, Fernando. La técnica del tapial en la comunidad de Madrid. CSIC, Madrid 1997

CEA, Antonio. Arquitectura popular en España. CSIC, Madrid 1990

CÉSAR, Cayo Julio. Comentarios de la Guerra de las Galias y de la Guerra Civil. Iberia, Barcelona 1956

CEVALLOS, Mario. Conservación y restauración de la arquitectura de tierra. Universidad de San Carlos, Guatemala 2000

COLMUELA. Los doce libros de agricultura. Iberia, Barcelona 1959

COVARRUBIAS, Sebastián de. Tesoro de la lengua castellana o española. Alta Fulla, Barcelona 1998

CHAPELOT, Jean et DOSSIER, Robert. Le village et la maison au Moyen Âge. Hachette, Bibliothèque d'archéologie

CHOISY, Auguste. El arte de construir en Bizancio. El arte de construir en Roma. Instituto Juan de Herrera, Madrid 1999

DETHIER, Jean. Arquitecturas de Terra. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa 1993

DÍAZ del CASTILLO, Bernal. Historia verdadera de la conquista de la Nueva España. Imprenta del Rey 1652

ESTEVE BARBA, Francisco. Historiografía Indiana. Gredos, Madrid 1992

ESTRABÓN. Geografía. Gredos, Madrid 1991

FATHY, Asan. Construire avec le peuple. Sinbad, París 1970

FEDUCHI, Luis. La arquitectura popular española. Blume 1973

FLORES, Carlos. Arquitectura popular española. Aguilar 1973

Pueblos y lugares de España. Espasa Calpe, Madrid 1991

FONT, Fermín e HIDALGO, Pere. El Tapial. Una técnica milenaria. Colegio de Aparejadores, Castellón 1991

GARCÍA BELLIDO, Antonio. España y los españoles hace dos mil años según la Geografía de Estrabón. Espasa Calpe, Madrid 1993

GARCÍA MERCADAL, Fernando. La casa mediterránea. G.Gili 1984

La casa popular en España. Punto y Línea 1930

GARCIA SALINERO, Fernando. Léxico de alarifes de los siglos de oro. Real Academia Española, Madrid 1968

GARCILASO *El Inca*. Comentarios reales de los incas. Fondo de cultura económica, México 1995

GOLDFINGER, Miron. Arquitectura popular mediterránea. G.Gili 1993

GRABAR, Oleg. La formación del arte Islámico. Cátedra 1999

GUINEA, M^a Jesús. Consolidación, mejora y nuevas técnicas de construcción en tierra. Ministerio de Cultura 1991

GUILLAUD, Hubert. "An approach to the evolution of earthen building cultures in Orient and Mediterranean regions". *Al- RĀFIDĀN*, vol.XXIV, 2003

"François Cointeraux (1740 – 1830) Pionnier de la construction moderne en pisé". Les Carnets de l'architecture de terre. CRATerre-EAG, 1997

L'Architecture de terre au Maroc. ACR Édition, París 2002

" Les cultures du pisé dans le monde ". *Grands Ateliers* de l'Isle d'Abeau, 2002

"Pour une histoire des Architectures de terre". Mémoire de Certificat d'Études Approfondies en Architecture. Ministère de la Culture et Communication 1997

GIORGIO, Francesco Di. Trattato di architettura. Giunti Barbera, Firenze, 1979

GUISE, Clòde de. Vers un habitat écologique. Montagne 1992

-
- HUAMAN POMA de AYALA, Felipe. Nueva crónica y buen gobierno. Historia 16, Madrid 1987.
- Houben, Hugo et Guillaud, Hubert. *Traité de construction en terre*. Parenthèses 1995
- IBN BATUTA. A través del Islam. Editora Nacional, Madrid 1981
- IBN JALDUN, Abderraman. *Prolegómenos* en Historia Universal. F.C.E.,Méjico 1997
- IDRISI. Geografía de España. Anubar, Valencia 1974
- ISIDORO, San. Etimologías. B.A.C. 1994
- JUAN MANUEL, Infante don. Libro de Petronio. Castalia 1984
- KUONI, Bignia. Cestería tradicional ibérica. Serbal 1981
- LAMPÉREZ y ROMEA, Vicente. Arquitectura civil española. Saturnino Calleja 1922
- LAVADO PARADINAS, Pedro. “Tipología y análisis de la arquitectura mudéjar en Tierra de Campos”. *Al-Andalus XLIII*, 1978
- LAWS,Bill. Rural Spain. Collins and Brown 1995
- LLAGUNO y AMÍROLA, Eugenio. Noticias de los arquitectos y arquitecturas de España. Turner 1977
- LEÓN VALLEJO, Javier. “Inspección y análisis patológico de los muros de fábrica”. *IV Curso de Postgrado*. Universidad de Valladolid 1994
- LOUBES,S.P. Arquitectura subterránea. G.Gili 1985
- MALDONADO, Luis y VELA, Fernando. Curso de construcción con tierra.Técnicas y sistemas tradicionales. Curso de construcción con tierra. Vocabulario tradicional. Instituto Juana de Herrera, E.T.S. Arquitectura, Madrid 1999
- MARTA; Roberto. Técnica constructiva romana. Kappa, Roma 1986
- MARTÍNEZ COMPAÑÓN, Baltasar. Trujillo del Perú. Cultura Hispánica, Madrid 1993
- MICHELL, Georges. La arquitectura del mundo islámico. Alianza 1985

MINGARRO, Francisco. Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico. *Curso de Verano*, El Escorial 1996

MIMO, Roger. Fortalezas de barro en el sur de Marruecos. Compañía literaria, Madrid 1996

MONJO, Juan. De los sistemas y detalles constructivos en la edificación popular castellana. Asociación de investigación de la construcción, Madrid 1983

MORIN, Etienne. Una ciudad en Mesopotamia. Mensajero 1990

MUÑOZ, Alfonso. La conservación del patrimonio español. Ministerio de Cultura 1986

NAWANGWE, Barnabas. Vernacular Architecture series. Makerere University, Kampala 1995

OLARTE, Jorge y GUZMÁN, Evelin. Manual de edificación con tierra armada. Comunidad de Madrid 1993

OLCESE, Mariano. Arquitecturas de tierra: Tapial y adobe. Colegio de Arquitectos, Valladolid 1993

PALLADIO, Andrea. Los cuatro libros de Arquitectura. Akal 1988

PEARSON, David. Earth to Spirit. Gaia 1995

PLINIO. Textos de Historia del Arte. Visor 1988

PINHEIRO da VEIGA, Tomé. Fastiginia. Ayuntamiento de Valladolid 1973

POLO, Carmen. Patrimonio de la Humanidad en el Magreb. Gas Natural 1998

POLO, Marco. El Libro de Micer Marco Polo, ciudadano de Venecia, llamado *El Millón*. Lauro, Barcelona 1944

REBOLLO, Alejandro. La Plaza y Mercado mayor de Valladolid 1561-95. Universidad de Valladolid 1989

ROLDÁN, F.P. Palomares de barro en Tierra de Campos. Caja de A. Provincial de Valladolid 1983

ROSSO, Giuseppe Del. Dell'economica costruzione delle case di terra. Bouchard, Firenze 1793

RUSCONI, Giovan Antonio. Della Architettura. Venezia 1590

SAGREDO, Diego de. Medidas del romano. Ministerio de Cultura, Madrid 1986

SAN NICOLÁS, Laurencio de. Arte y uso de arquitectura. Albatros, Valencia 1989

SCAMOZZI, Vincenzo. L'idea della architettura universale. Amaldo Forni, Bologna, 1982

SUETONIO. Vidas de los doce Césares. Gredos 1992

SUMMERSON, John. El lenguaje clásico de la arquitectura. G:Gili 1984

TACITO. La Germania. Santarén, Valladolid 1944

TORRES BALBÁS, Leopoldo. Folklore y costumbres en España. Alberto Martín 1946

V.V.A.A. Arquitectura en Al-Andalus. Documentos para el siglo XXI. Lunwerg 1996

Arquitecturas de Tierra. Encuentros internacionales en Navapalos. Ministerio de Fomento 1998

Arte precolombino de México. Eleta 1990

Journey into China. The National Geographic Society,1982

La antigua India. Plaza y Janés 1990

Les agronomes latins: Caton, Varron, Columelle, Palladius. Didot frères, Paris 1856

Le Pisé.. Editions Créer 1993

Les Traités d'Architecture de la Renaissance. Picard, Paris 1988

Los incas y el antiguo Perú. Sociedad Estatal V Centenario 1991

Los Mayas.El esplendor de una civilización. Turner 1990

Marruecos pre-sahariano. Colegio Aparejadores, Barcelona 1998

Procedimientos y técnicas constructivas del Patrimonio. Universidad de Alcalá 1999

Terra 2000. 8 International Conference on the Study and Conservation of earthen Architecture. University of Plymouth, 2000

Vernacular Architecture in the World. Cambridge University Press 1997

VIGURI, Miguel de y SÁNCHEZ, José Luis. Arquitectura en la Tierra de Campos y el Cerrato. Colegio Oficial de Arquitectos de León, 1993

VILANUEVA, Juan de. Arte de albañilería. Editora Nacional 1984

VITRUVIO. Los Diez Libros de Arquitectura. Akal 1987

WATKIN, D. Moral y Arquitectura. Tusquets 1981

WIEBENSON, Dora. Los Tratados de Arquitectura. De Alberti a Ledoux. Herman Blume, Madrid 1988

LA ARQUITECTURA DE TIERRA HOY: *LOW TECH* Y OPCIONES ALTERNATIVAS EN LA CULTURA ARQUITECTÓNICA MODERNA

David Rivera Gámez

Profesor de la Universidad Alfonso X el Sabio (Villanueva de la Cañada, Madrid)
Subdirector Científico del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional - CIAT (Boceguillas, Segovia)
Miembro del Proyecto de Investigación Proterra (CYTED)

Resumen

El presente texto realiza un breve examen del camino seguido por la arquitectura de tierra desde la aparición de la industrialización, presentando un estado de la cuestión en torno a la situación de la construcción con tierra en el mundo actual y sus posibilidades en un futuro próximo.

Abstract

This text offers a panoramic survey over the development of earthen architecture since the beginning of the industrial revolution, analyzing the situation of present earth construction all around the world and its particular potential facing the future.

“Las Naciones Unidas han reconocido desde hace tiempo la importancia que tiene la construcción de viviendas con tierras estabilizadas (...). Como la aplicación de la química e ingeniería de los tiempos modernos a este antiquísimo y tradicional método de construcción es un fenómeno relativamente reciente, no se ha publicado todavía ningún resumen de los progresos técnicos logrados en este campo, ni existe un tratado para los técnicos que deseen utilizar este método” (1). Así se expresaba en 1959 el prólogo a un *Manual sobre construcción de viviendas con tierras estabilizadas* editado por las Naciones Unidas con el fin de promover el equilibrio social (en este caso, en el campo de la vivienda) en el contexto de la Guerra Fría.

Durante la Segunda Guerra Mundial había sido frecuente cierta experimentación con la tierra comprimida y el suelo-cemento con fines tácticos y militares (por ejemplo, en la construcción rápida de pistas para el aterrizaje de los aviones de carga), pero fue la preocupación política y social de la postguerra la que volvió a traer a la conciencia de las sociedades desarrolladas las posibilidades modernas de la construcción con tierra y la verdadera magnitud y dimensión de su abundante uso en el pasado (2).

Desde los años 50 hasta el momento presente discurre medio siglo de tentativas, iniciativas, ensayos y proyectos que han corrido parejos al establecimiento y la universalización de la arquitectura del Estilo Internacional, con cuyos triunfantes y contagiosos productos de hormigón la “arquitectura de tierra” no ha podido empezar a medirse ni siquiera en los países en vías de desarrollo. Pensar en la situación de la arquitectura en lugares como Caracas, Lima o Sao Paulo nos transporta de inmediato al consabido panorama

de un *cityscape* excesivo en el que la construcción en altura y los bloques de viviendas indiscriminados proliferan congestionando las megalópolis mientras las soluciones efectivas y tradicionales de la arquitectura de adobe o tapial son rechazadas en la medida de lo posible y reservadas únicamente a los emplazamientos rurales y pobres en los cuales a menudo se construye sin suficientes conocimientos ni criterios.

Sin embargo, a pesar de todo, la investigación y los programas desarrollados a partir de la postguerra no han dejado de tener efecto y de promover un tipo distinto de construcción cuyo carácter y potencialidades empiezan a ser reconocidos ampliamente ahora, al mismo tiempo que la construcción industrializada convencional ha perdido una parte del poder que hasta hace poco conservaba sobre la imaginación de arquitectos y planificadores. No queremos afirmar que la “arquitectura convencional” haya entrado en algún tipo de crisis de base, ni que esté concluyendo su ciclo para dar lugar a otro completamente distinto; antes bien, la tecnificación y el *boom* de la construcción industrializada son quizás hoy en día más potentes que en ningún momento del pasado.

Pero es cierto que la “arquitectura convencional” se ha desgastado en algunos puntos importantes y arroja una serie de interrogantes que hasta ahora no ha sabido contestar. Fundamentalmente se trata de una crisis en su relación con el equilibrio bioclimático del planeta y con el grado de confort que es capaz de proporcionar en ambientes sociales y culturales en los que ha sido implantada por la fuerza y desde arriba, partiendo de decisiones políticas precipitadas que buscaban un mimetismo fácil con los países originarios de la arquitectura moderna.

De forma paralela al desencanto que este tipo de arquitectura estandarizada y concentracionaria ha ido generando en los países en vías de desarrollo, en Europa y Estados Unidos se han ido recuperando, mejoradas, las tradiciones de construcción con tierra abandonadas en el siglo XIX. Ambas líneas confluyen en el momento actual, cuando la célebre “globalización” permite compartir experiencias y poner en contacto inmediato a todos aquellos profesionales que trabajan sobre un mismo objeto (3). En conjunto, se puede afirmar que hoy existe una cultura arquitectónica alternativa que se basa en la tierra como material de construcción y que posee, de forma sorprendente, su propio mundo de códigos, procedimientos y herramientas, del mismo modo que cuenta ya con una pequeña historia que cubre varias etapas.

Esta cultura alternativa puede rastrearse hasta las últimas experiencias sistemáticas de construcción con tierra en la primera parte del siglo XIX, mientras que se constata una etapa de interrupción o minimización de su desarrollo a partir de la expansión de la construcción industrializada a mediados de ese siglo. Aunque la construcción moderna no haya retrocedido ni perdido hoy por hoy ninguna de sus prerrogativas esenciales, la arquitectura de tierra parece haberse recuperado del impacto que le produjo la aparición de la construcción industrializada y ha reconstruido una cierta tradición que se adapta a los tiempos que corren, proponiendo opciones diferentes que luchan por hacerse un lugar junto a la inercia de las corrientes dominantes y el

volumen de los intereses establecidos, un camino difícil e incierto que sin embargo ya ha sido recorrido al menos de forma parcial.

LOS PIONEROS DEL SIGLO XIX EN EUROPA Y ESTADOS UNIDOS

La construcción con tierra no ha estado nunca ausente de los grandes tratados de arquitectura, desde la “biblia” vitruviana hasta los últimos compendios dieciochescos, pues convivía junto a la piedra y la madera como uno de los materiales tradicionales de uso difundido y habitual; su posición empieza a complicarse con la generalización de los manuales técnicos de construcción. Con el auge de la ingeniería industrial y el crecimiento absorbente de las grandes ciudades a partir de los comienzos del siglo XIX, la especulación, primero, y más tarde la normalización eligieron naturalmente al ladrillo como el material más apropiado para la construcción incluso después de la difusión de las estructuras metálicas a partir de mediados de siglo; los edificios de más de tres pisos se generalizaron en las ciudades mientras los pueblos y los núcleos menores perdían población y se estancaban a causa de las migraciones interiores.

Una serie de ingenieros civiles, tratadistas y constructores aportaron de todas maneras una línea de investigación divergente basada en la mejora y la sistematización de la arquitectura tradicional de tierra. Los precedentes más lejanos pueden hallarse en las tentativas ilustradas cercanas a la fisiocracia; el “teórico” más significativo en esta línea es François Cointeraux, cuyos escritos sobre tierra apisonada (los célebres “cahiers” publicados en 1791) serían ampliamente difundidos y adoptados por Europa y el norte de América. La obra de Cointeraux se relaciona con la tradición bien asentada de la construcción con tapial en torno a la región de Lyon, una tradición mantenida a lo largo del siglo XX y que hoy en día ha sido revitalizada por los esfuerzos de los equipos de restauración y los nuevos proyectos orientados y supervisados por el laboratorio CRATerre, adscrito a la Escuela de Arquitectura de Grenoble. Los esfuerzos de Cointeraux en defensa de la construcción con tierra lo convierten prácticamente en el padre simbólico de muchos laboratorios y equipos actuales, e influyeron en otros países aún antes de terminado el siglo XVIII. Henry Holland en Inglaterra y Stephen Johnson en Estados Unidos son dos buenos ejemplos de adaptadores de Cointeraux (4).

El caso de Estados Unidos es particularmente interesante para nosotros porque muestra el surgimiento de un tipo de construcción con tierra ilustrado y modernizado que incluso hoy en día continúa dando fruto en las mismas zonas, y también porque presenta una fascinante línea de encuentro entre la arquitectura “cultura” y la “popular” sin salir del terreno enormemente versátil de la construcción con adobe o tapial (5).

En efecto, la frontera de Estados Unidos con México (tan problemática en el siglo XIX) es precisamente la que marca la distancia física entre una tradición secular de arquitectura popular (cuyos fundamentos son tan prehispánicos como herederos de la arquitectura popular española) y la nueva definición de las villas, haciendas y residencias suburbanas que son construidas con tierra pero siguen al mismo tiempo los dictados

de tradiciones estéticas históricas que provienen de la vieja Europa. Además, los colonos holandeses, alemanes, rusos e ingleses distribuyeron sus propias versiones de la arquitectura de tierra con refuerzos a entramados de madera por una gran cantidad de lugares de la costa este (6), llegando también hasta Canadá.

El “laboratorio” estadounidense, que seguiría progresando a través de la experimentación y a través del intercambio de información en las revistas y reuniones científicas, tuvo un éxito peculiar gracias al mantenimiento o la expansión de la organización agraria a lo largo del siglo XIX, mientras que el mundo europeo daba progresivamente la espalda a la arquitectura de tierra al mismo tiempo que a la vida del campo.

Las iniciativas de los fisiócratas, quienes durante un breve periodo formaron parte del ala “progresista” del Despotismo Ilustrado, se convirtieron velozmente durante el siglo XIX europeo en utopías obsoletas teñidas de socialismo utópico; al mismo tiempo comenzaron a plantearse las reformas urbanas y la adopción de normativas técnicas para la construcción y la organización del hábitat, y la construcción con tierra fue quedando al margen de este desarrollo convirtiéndose en el fenómeno exótico (y al margen de las disposiciones legales) que continua siendo hoy en día.

Esta solución ha marcado de forma muy diversa la situación de la arquitectura de tierra en Europa y Estados Unidos; en las antiguas colonias británicas como Sudáfrica o Australia el camino fue similar al seguido en Estados Unidos, y también por las mismas razones (a las que cabe añadir la presencia de un clima cálido y apropiado para la construcción con adobe y sobre todo con tapial). Por otra parte, en los países que luego pasarían a denominarse “en vías de desarrollo”, la situación a su vez era muy diferente y presentaba peculiaridades decisivas.

LA PERVIVENCIA Y ADAPTACIÓN DE LA ARQUITECTURA POPULAR

Los fenómenos de urbanización e industrialización han causado un enorme impacto también fuera de Europa y Estados Unidos, pero el grueso del mundo no ha seguido la tendencia europea a la reducción de la natalidad y la redistribución económica interna, de modo que las desigualdades sociales y la carencia de vivienda han propiciado en muchos países el mantenimiento de la vida rural y la continuación de los modos constructivos y tipológicos básicos de la arquitectura popular de siempre (7).

Además de ello, la iniciativa gubernamental y comunitaria ha favorecido en los países en vías de desarrollo, a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial, una serie de intentos de recuperación y actualización de las tradiciones constructivas, así como el mejoramiento de los sistemas y el *confort*, la sistematización e industrialización de los métodos constructivos y el estudio y solución de aquellas debilidades básicas que lastran la construcción tradicional (por ejemplo en el caso de zonas sísmicas). Esta variante de la preocupación por la vivienda social resulta sorprendentemente similar en sus fundamentos a la generada por el Movimiento Moderno tras el fin de la Primera Guerra Mundial. Fuera de Europa, la clave es distinta, sin

embargo. Se trata de frenar el crecimiento indiscriminado de las ciudades en las que se agolpa multitud de población flotante y miserable y de promover el llamado “desarrollo sostenible” entroncado a menudo con los modos de vida rurales que nos remiten al mundo preindustrial.

Las viviendas y edificios de tierra construidos durante la segunda mitad del siglo XX en los países en vías de desarrollo nos remiten a iniciativas como la asesoría de las Naciones Unidas que ha sido aludida al comienzo de este escrito y nos hablan de una serie de tipologías que se basan voluntariamente en una tecnología o industrialización “débiles” y en modelos de aspecto sencillo al margen de las corrientes internacionales de la arquitectura “cultas” y “oficiales”.

Este viraje no es aceptado por todos, desde luego, y es sabido que los propios habitantes de los países que se benefician de estas iniciativas rechazan la arquitectura de tierra como reflejo de un pasado caduco y de una situación de miseria permanente y sometimiento a las duras condiciones de la vida en la naturaleza. El hormigón y los estilemas “modernos” proporcionan prestigio, estatus y una ilusoria sensación de perspectiva y prosperidad a los habitantes de Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela o Perú (pero también La India, Turquía o Egipto) que se adhieren a una imagen urbana del progreso, seducidos por la propaganda y los logros selectos de la cultura occidental, que ha colonizado el inconsciente colectivo en la misma medida que los mercados, los modos de vida y la cultura material del globo.

Promover una imagen modernizada y al mismo tiempo respetuosa con el medio y la salud es el desafío primero que la arquitectura de tierra ha debido afrontar en estos países durante este medio siglo en que las tendencias de crecimiento económico desigual y la alteración drástica de los paisajes han operado de forma acelerada en el sentido opuesto a la tradición. Si la arquitectura de tierra “popular” y una serie de iniciativas novedosas se han podido desarrollar aquí, ello ha sido, como se sugería al comenzar este epígrafe, por cuestiones de pura necesidad.

LAS VENTAJAS COMPARATIVAS DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Como se ha indicado ya al principio de este texto, la arquitectura convencional actual está siendo el blanco de una serie de críticas y de exigencias que no ha conseguido llegar a responder, o de las que imprudentemente ha hecho caso omiso. Entre ellas se encuentran algunas de orden puramente estético (lo que no debe subestimarse) y otras de raíz más bien técnica o decididamente “ecológica”. Las observaciones que siguen reflejan un estado de opinión que no solo afecta a la arquitectura y la construcción por sí mismas sino que hace referencia indirecta a muchas otras facetas del mundo en el estado en el que se encuentra a comienzos del siglo XXI.

1. El problema del reciclaje

La arquitectura convencional se basa en la utilización de materiales industrializados cuyo impacto sobre las condiciones naturales del medio es claro e irreversible; la arquitectura de hormigón metálica o de ladrillo no se puede reconducir una vez obsoleta a su “estado original”, y genera una gran cantidad de residuos que se pueden observar habitualmente en las grandes ciudades donde enormes edificios son abandonados o pierden regularidad en su mantenimiento, generando un paisaje decadente que convierte ciertos sectores urbanos en escombreras cuya limpieza resulta cara y dificultosa. La tierra, en cambio, es un material natural que puede volver a ser reducido a su estado original y depositado sin peligro ni molestias en cualquier lugar (*in situ*), y los edificios de tierra que no están en uso tampoco generan problema alguno de degradación ambiental ni alteran las condiciones bioclimáticas.

2. Equilibrio bioclimático

Precisamente el carácter “bioclimático” de la construcción con tierra, es decir, su adaptación natural a las condiciones ambientales, sin utilización de procedimientos industriales que alteren la estructura del material, es uno de los factores que han vuelto a convertir a la tierra en un material a la orden del día. El desequilibrio bioclimático provocado en las ciudades por el uso masivo de acero y hormigón, y sobre todo por los sistemas de regulación artificial de la temperatura, es cada día mayor y más contaminante. La arquitectura de tierra, como se ha demostrado sobradamente a través de múltiples experiencias, puede proporcionar un nivel de confort idéntico o superior al habitual en la arquitectura convencional, pero sin utilizar aparatos eléctricos y valiéndose de la regulación y utilización de las propias características del material (cuya composición puede asimismo regularse y cuya aplicación puede controlarse con el uso de nuevos productos de revestimiento, acabado, etc., que atenúan o incrementan las potencialidades aislantes o retardantes de la tierra).

El equilibrio térmico, el confort acústico y el bienestar físico que derivan de la utilización de cerramientos de tierra ha sido analizado numerosas veces, y si la arquitectura actual aún no la ha convertido en parte de su breviario constructivo (por ejemplo, no aparece entre las enseñanzas universitarias) es por una cuestión de inercia y de falta de información.

3. Gasto energético

La arquitectura convencional produce un gasto energético considerable a través de una serie de pasos sucesivos que, además, encarecen el producto; la fabricación de los materiales y su tratamiento, su almacenamiento, su traslado a los puntos de obra y, finalmente, la energía gastada por los equipos que regulan el clima interior de todos los espacios.

La arquitectura de tierra apenas precisa de un proceso de tratamiento del material (solo hay que seleccionarlo y moldearlo), puede aprovechar la tierra que conforma el propio suelo y puede determinar el confort climático con una precisión y pasividad que pueden enfrentarse a los climas cálidos, templados y hasta fríos. La eficiencia de la arquitectura de tierra en este aspecto es innegable y se enfrenta a una escalada despilfarradora por parte de la arquitectura convencional que apenas tiene justificación en gran número de casos.

4. Arquitectura saludable

Un factor que aún no ha sido admitido a estudio en la medida necesaria es la influencia que los materiales industriales de construcción tienen sobre la salud humana. Una serie de materiales habituales desde los años 50 han demostrado su carácter nocivo y han sido retirados de los edificios, como es sabido, demostrando así el peligro que la falta de control en este aspecto puede representar para nosotros. Pero, aparte de los casos más dramáticos, asociadas al amianto y otros productos de acabado o protección, se están estudiando igualmente los efectos que el uso indiscriminado del hormigón o el acero puede tener sobre el confort y el bienestar de las personas.

La tierra ofrece la posibilidad de respetar el entorno bioclimático natural y de promover la adaptación inmediata al entorno de los ritmos y aprensiones corporales de los habitantes, no solo desde el punto de vista psicológico (acústico, visual, etc.) sino del físico (térmico, en la calidad del aire, la ventilación, etc.). Sobre todo en los climas cálidos y templados, las ventajas de la arquitectura de tierra en estos aspectos son palpables y conocidas desde tiempos inmemoriales.

5. Costes y política social

Del mismo modo que los equipos y los materiales industriales encarecen el coste de las obras, la disposición bioclimática de los elementos y el uso de la tierra cruda abaratan la construcción con solo dotar a ésta de un correcto proceso de diseño. En los países en vías de desarrollo, la autoconstrucción elimina además los costes de mano de obra. En el caso de las políticas sociales y la preocupación por la escasez de vivienda, el uso de la tierra ofrece una alternativa eficaz a disposición de todas las regiones y países. En el caso de las operaciones con más recursos e inversión, la tierra abarataría de cualquier manera las viviendas, que se han convertido en un peso gravoso y preocupante, incluso para las clases medias de los países desarrollados.

La generalización de las aplicaciones modernas de la tierra en la arquitectura y la sistematización del diseño adecuado a las propiedades de la tierra generarían una cultura constructiva alternativa cuyas posibilidades estamos lejos de entrever. Pero en este caso, los problemas de mentalidad y las redes de intereses creados presionan directamente hacia el mantenimiento del *statu quo*. Quizá el proceso de concienciación al respecto deba empezar por el sector educativo y deba ser promovido por las Escuelas de Arquitectura.

6. Aspectos estéticos y tradición cultural

La polémica acerca del déficit estético propagado por la arquitectura del Movimiento Moderno y del Estilo Internacional se encuentra ya bastante obsoleta. Gran parte del público opina aún que la arquitectura moderna (de hormigón, acero y cristal) es fría e impersonal, o, para decirlo de una vez, fea, además de hallarse desconectada de las tradiciones culturales vernáculas; pero nadie deja de admirar las obras de arquitectura más tecnológicas y espectaculares ni de apreciar las ventajas espaciales, higiénicas y funcionales que la arquitectura moderna ha deparado. El problema aquí, como siempre, es el saber diferenciar entre *buen* y *mala* arquitectura, evitando establecer anatemas superficiales y gratuitos.

No obstante, el problema estético planteado por una arquitectura moderna implantada indiscriminadamente y a golpe de especulación no deja de ser notable en los grandes núcleos y en los barrios periféricos de los países tanto europeos como latinoamericanos o asiáticos; sin duda, las grandes megalópolis de los países “en vías de desarrollo” son las que presentan un panorama más aterrador a este respecto; el hormigón y el acero permiten elevar la altura hasta lo irracional sin gran aumento de los costes totales, y el sistema estandarizado de construcción multiplica los bloques y las torres de habitación; las grandes superficies acristaladas plantean problemas de acondicionamiento térmico; y la imagen ortogonal y reiterativa del sistema celular favorecido por el uso del hormigón resulta deshumanizada y carente de estructura a los ojos de gran cantidad de personas, generando paisajes inhabitables y oprimientes que son bien conocidos de todos. En este punto, la fascinación por esa “piedra europea” que es el hormigón como símbolo de estatus se ve contrarrestada por el rechazo del sistema concentracionario que parece consustancial al uso de este material.

En este aspecto estético, la arquitectura de tierra ha supuesto un alivio para las periferias suburbanas donde se han aplicado programas de desarrollo basados en la construcción de viviendas de tierra; los resultados del buen proceso de diseño y la cualificación estética de la tierra pueden observarse además en experiencias numerosas en Estados Unidos e incluso en Alemania, Francia, Italia o Portugal.

El material tierra y sus propiedades parecen inclinarse hacia un modelo de paisaje urbano de alturas naturalmente reducidas (aunque se puede llegar a 5 o 6 pisos con los zunchados adecuados y el cálculo correcto de los espesores murarios sucesivos), de estructuras unifamiliares o al menos orientadas a la configuración moderada de hileras de viviendas, y de desarrollos compositivos orgánicos que se adaptan al medio y al clima y proveen una posición y orientación propicia del edificio en el entorno.

MODALIDADES ACTUALES MAS COMUNES EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Todas estas ventajas y otras más que podrían pensarse están siendo puestas en práctica y experimentadas desde hace tiempo en una escala reducida y al margen de las corrientes imperantes. Las modalidades más

habituales de construcción con tierra en el momento actual son básicamente la restauración, la vivienda social en áreas desfavorecidas y la arquitectura alternativa.

La *restauración arquitectónica* aporta dos campos específicos de experimentación y aplicación de la construcción con tierra tradicional: la intervención en el patrimonio arquitectónico de carácter histórico-artístico y la conservación del patrimonio vernáculo popular.

El primer campo solo recientemente empieza a ser efectivo, ya que hasta no hace mucho la propia restauración arquitectónica hacía caso omiso de los procedimientos de construcción y acabado tradicionales, limitándose a consolidar o reforzar los edificios empleando medios modernos; hace unos años que va siendo más frecuente, en cambio, la investigación y la aplicación de los sistemas tradicionales, tanto en la fabricación de piezas de sustitución como en su reparación o en elementos como los revestimientos. Las murallas islámicas en España o los antiguos zigurats mesopotámicos son dos buenos ejemplos de estas tendencias, siempre sometidas al albur de la formación de los técnicos y a las decisiones imprevisibles de las comisiones de patrimonio (la UNESCO se viene preocupando activamente desde hace un par de décadas del trabajo con la tierra en el campo de la restauración monumental).

En el caso del patrimonio vernáculo, la situación es más complicada, ya que la llamada “arquitectura popular” sólo muy recientemente está siendo considerada como digna de inventariarse y protegerse (si descontamos las iniciativas sin resultado de algunos pioneros de los años 20 ó 30, como es el caso en España de Torres Balbás o García Mercadal).

Las construcciones populares rurales son actualmente casi residuos de un modo de vida y unas técnicas constructivas (en general, de una cultura material) ya completamente desvanecidas, pero no poseen la consideración patrimonial adecuada y son demolidas y reemplazadas progresiva y velozmente. Pronto nos quedaremos sin muestras de este tipo de bien cultural que es la arquitectura popular, a no ser que los organismos pertinentes y las administraciones decidan incluirlo de una vez en sus catálogos de elementos protegidos y favorezcan su recuperación (pero antes que nada sería necesario realizar un inventario de lo que efectivamente aún nos queda). En el momento en que esto sucediera, el conocimiento de las técnicas tradicionales y el estudio de las propiedades de la tierra se convertirían en herramientas fundamentales para la conservación de los edificios. Actualmente sólo un reducido grupo de empresarios que han abierto “casas rurales” (como se ha dado en llamarlos) y algunos capitalinos preocupados o interesados por la arquitectura tradicional y deseosos de hacerse con una segunda residencia, han tratado de rehabilitar edificios construidos con tierra (así sea parcialmente) aunque no cuentan con el apoyo del mundo universitario o profesional, y aunque las interpretaciones de la arquitectura tradicional varían en estos casos a tenor de cada iniciativa.

La *vivienda social* en áreas desfavorecidas es el campo de aplicación más prolífico en lo que respecta a la construcción con tierra. Aunque ya los grandes arquitectos del Movimiento Moderno se habían interesado por la vivienda social de tierra cuando no contaban con la posibilidad de obtener el suficiente hormigón (8), han sido los arquitectos e ingenieros de los propios países en vías de desarrollo quienes se han visto obligados a definir extensivamente una nueva modalidad de “vivienda mínima” basada en el adobe o -más frecuentemente- el bloque de tierra comprimida (BTC).

Sin embargo, en este caso, el problema del diseño ha quedado relegado a unas condiciones insatisfactorias, sobre todo en cuanto la vivienda social depende de programas estatales poco escrupulosos o en cuanto se trata de vivienda autoconstruida que debe seguir un patrón elemental y rígido a salvo de fatales errores. Las preocupaciones más habituales en lo referente a la vivienda social construida con tierra suelen girar en torno a su seguridad inmediata, impermeabilización, refuerzos antisísmicos, correcta disposición de los muros de carga, etcétera.

La industrialización “débil” y la estandarización son tendencias habituales en la vivienda social construida con tierra, lo que sin duda nos devuelve a los márgenes del funcionalismo de los CIAM, pero las contradicciones culturales y la persistencia de las desigualdades sociales y la corrupción estatal en muchos de los países protagonistas en estos desarrollos contribuyen a producir unas situaciones sensiblemente diferentes a las de la Europa de los años de posguerra. La tradición y los modos de vida rurales aún son influyentes en la mayor parte de los territorios donde se construyen viviendas sociales de tierra.

En definitiva, la vivienda social construida con tierra ha tenido un importante recorrido durante todo el siglo XX, y lo que es más, tiene aún un futuro realmente amplio. Quizá una consideración más favorable del material tierra a escala global y una mayor difusión de los resultados de la investigación en torno a sus límites y posibilidades pueda influir también sobre las viviendas sociales de los países en vías de desarrollo en un sentido estético y urbanístico, al tiempo que los demás países se benefician de la experiencia y las realizaciones acumuladas en este campo a lo largo de al menos medio siglo.

Finalmente, lo que llamaremos *arquitectura alternativa* supone una rama no desdeñable de la construcción con tierra actual, ligada a intereses ecológicos, estéticos y sociales contestatarios con respecto a la cultura dominante, y en este punto las realizaciones promovidas en Europa son tan escasas como modélicas, aunque en realidad resultan menos impresionantes que los ejemplos de construcción tradicional mejorada para la clase media habitual en el sur de Estados Unidos o en antiguas colonias con un importante núcleo de población de origen occidental como Australia, Nueva Zelanda o Sudáfrica.

La construcción con tierra “alternativa”, tal como la supervisada y promovida por instituciones como el laboratorio de investigación de la construcción con tierra de la Universidad de Kassel o el grupo CRAterre de

la Escuela de Arquitectura de Grenoble, se presenta explícitamente como una posibilidad real de arquitectura “saludable” y “sostenible” para una Europa cada vez más preocupada por los problemas de la contaminación y el descenso de la calidad de vida en el contexto de las grandes ciudades.

Bloque de tierra comprimida, tapial mejorado, técnicas mixtas (con elementos de metal o de hormigón si fuera preciso) se presentan como términos arquitectónicos que podrían ser de uso corriente en el siglo XXI y que evocan realizaciones conocidas y difundidas ampliamente en el marco de los interesados en la arquitectura experimental; en este caso, la complejidad de los proyectos y la alta cualificación estética de los resultados aportan las facetas que faltaban en la arquitectura social de tierra del último medio siglo y presentan bien claramente la viabilidad de la tierra como material convencional de construcción para hoy (9).

En todos los países europeos existen propuestas y realizaciones en este sentido, aunque hoy en día se hallan dispersas y carecen del impulso común y la fundamentación que hicieron el éxito de la arquitectura de hormigón a principios del siglo XX. Probablemente, el momento no ha llegado aún para la arquitectura de tierra alternativa, dado que el predominio de la arquitectura convencional practicada por las constructoras y también por los grandes estudios es aún demasiado cerrada. Pero el material tierra no puede ser ignorado siempre, máxime cuando sus propiedades y capacidades son bien conocidos ya y se han experimentado con éxito en diversas escalas o circunstancias. Aunque el camino resulta aún oscuro, la red de la arquitectura de tierra se fortalece y vuelve más coherente y organizada de año en año, de una forma orgánica y autosostenida, por más que al público en general aún le resulta prácticamente desconocida y los profesionales de la arquitectura la consideren marginal e irrelevante.

La arquitectura alternativa de tierra no se basa (o no debe en modo alguno basarse) en una utopía comunitaria o un regreso al pasado que la condenarían al carácter episódico que tuvieron las burbujas de plástico *hippies* y los delirios urbanísticos de ciencia-ficción que proliferaron en los años 70; por el contrario, surge de unas necesidades de bienestar y progreso sentidas por un gran número de personas, y se basa en la asunción y la manipulación de una serie de propiedades térmicas, acústicas, biológicas y estéticas cuyo conocimiento y disfrute se hallan al alcance de cualquier cliente inquieto que logre romper el bloqueo creado por los modos de habitar institucionalizados y esté dispuesto a asumir que las alternativas actuales en la arquitectura exceden el panorama que nos presentan las revistas profesionales y corporativas.

LOS INICIOS DE UNA NUEVA TRADICIÓN

El título de este texto utiliza la expresión *low tech* como propuesta para definir un tipo de arquitectura diferente de la convencional, dispuesta a apreciar y reintroducir técnicas y conocimientos que provienen de un pasado inmemorial y al mismo tiempo flexible y adaptada a las condiciones de vida de la sociedad

“postindustrial” y los niveles de *confort* y dominio ambiental que el hombre ha conquistado en los dos últimos siglos.

La expresión “tecnología apropiada” es ya de uso corriente entre aquellos interesados en la vivienda social de los países en vías de desarrollo (fundamentalmente en lo que respecta a la construcción con tierra) y supone un antecedente parcial del término que hemos adoptado en el texto presente. “Tecnología apropiada” es aquella que se adapta a las condiciones de habitabilidad específicas de un lugar determinado (tal y como afirma la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, de las Naciones Unidas). En realidad, el término ha sido interpretado en un sentido restrictivo y se refiere hoy por hoy únicamente a la construcción barata en pequeñas comunidades rurales desfavorecidas.

Durante la Primera Conferencia Mundial sobre Asentamientos Humanos de Vancouver (1976), se realizaron algunas afirmaciones importantes: “la simple transposición de técnicas occidentales no beneficia la solución de vivienda para las capas más deprimidas”; “las normas y reglamentos basados en modelos del mundo desarrollado hacen inaccesible la vivienda a las capas populares”; etc.; la Segunda Conferencia Internacional sobre Asentamientos Humanos de Estambul (1996) precisaba la “necesidad de crear redes regionales e internacionales de intercambio de conocimientos y experiencias sobre los marcos institucionales, jurídicos y reglamentarios”.

Estas reflexiones son tan necesarias como acertadas, pero no es preciso limitarlas al área de los países en vías de desarrollo y las regiones depauperadas. Europa y Estados Unidos producen contaminación y congestión en un grado igualmente peligroso y al igual que el resto de los países poseen una tradición y un pasado imbricados con la construcción con tierra.

La arquitectura *high tech* y la investigación tipológica y científica complejas seguirán siendo importantes y continuarán desarrollándose naturalmente, y no hay nada que objetar a ello; la pretensión de algunos colectivos alternativos con respecto a congelar el desarrollo y retomar el modelo de pequeñas comunidades rurales es tan fantástica como retrógrada, y no es necesario extenderse más sobre este punto.

Pero Europa necesita otro modelo de arquitectura convencional que poder elegir, en consonancia con el medio ambiente y que no genere costes adicionales ni esquilme las energías disponibles; es el puro y simple desconocimiento lo que dificulta el acceso al panorama arquitectónico y al mercado de una “arquitectura saludable” construida con tierra (o con técnicas mixta).

Sin embargo, esta falta de acceso al mercado no significa una condena definitiva ni el bloqueo efectivo del desarrollo de la moderna construcción con tierra. De hecho existe un mundo paralelo de técnicas, conocimientos, lugares comunes, normas y documentación que han ido cuajando y solidificándose durante la segunda mitad del siglo XX; el mundo del *low tech*, del BTC, de los sistemas de acondicionamiento

bioclimático pasivos, los ensayos de caracterización del material no sometidos a control oficial y la asesoría técnica independiente.

En casi todos estos aspectos y muchos otros, el mundo del *low tech* y el de la “tecnología apropiada” coinciden en lo esencial (en los aspectos técnicos) si bien no lo hacen en lo que se refiere a los aspectos de proyecto, la escala, los recursos disponibles y la orientación social. Sus modalidades, en todo caso, son de carácter global y unifican las preocupaciones de los países ricos y pobres en el campo de la vivienda, el confort y la definición del hábitat. Los constructores, arquitectos y autoconstructores utilizan semejantes e idénticos manuales informales (a veces editados por los programas gubernamentales y otras veces por particulares y cooperantes) (10), usan de referencia las normas técnicas disponibles o las extrapolaciones que sobre ellas pueden efectuarse (11), realizan los mismos y consagrados ensayos de material (que van desde los más sencillos y tradicionales hasta los realizados en laboratorios de las universidades), desarrollan formas y espacios relacionados con las propiedades del material tierra y curiosamente coincidentes (de Hassan Fathy a Gernot Minke casi podemos hablar de “invariantes” constructivos) (12), y toman de la industria aquella maquinaria, aditivos y elementos seleccionados que pueden contribuir a mejorar o abaratar la construcción (por ejemplo en el caso de los revestimientos, donde existe aún un amplio campo de investigación abierto a la colaboración entre la industria y los profesionales).

Por otra parte, los propios norteamericanos han puesto ya en claro que la construcción con tierra modernizada puede formar parte del mercado convencional exactamente igual que las otras formas de edificación; las numerosas empresas de venta de bloques de tierra comprimida (los cuales reciben, como en algunos países iberoamericanos, diversos nombres basados en sus distintas composiciones y pretensiones: geoblock, ecoblock, naturbrick, etc.) y los estudios especializados en la construcción con tierra y los nuevos tratamientos de diseño ad-hoc, atestiguan lo que podría suceder en la propia Europa y en muchos otros lugares con solo volver la mirada hacia un material tradicional que ha sido puesto a punto, redefinido y revalorizado silenciosamente, en diversas escalas y por variados motivos, a lo largo del medio siglo que salva la distancia entre el fin de la Segunda Guerra Mundial y la implantación definitiva del capitalismo internacional en casi todos los países del mundo (con los desequilibrios, espejismos y traumas que este proceso ha conllevado).

LA BUSQUEDA DE LA SOSTENIBILIDAD A TRAVÉS DE LA CONSERVACIÓN DE LOS SITIOS HISTORICOS, Y DE LAS NUEVAS CONSTRUCCIONES EN ARQUITECTURA DE TIERRA

Raymundo Rodrigues Filho

Arquitecto, Maestro en Urbanismo, Especialista en Conservación de Sitios Históricos y Arqueológicos edificados en Arquitectura de Tierra – Jefe de la División Técnica de la 13ª Superintendencia del Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil – Miembro del Proterra y Consultor.
rayrodrigues@hotmail.com - raymundo.13sr@iphan.gov.br

“En cuanto pasa el tiempo, las preocupaciones con el medio ambiente adquieren magnitudes alarmantes y al mismo tiempo de extrema importancia. Nos enfrentamos con una serie de problemas globales que están dañando la biosfera y la vida humana de manera muy rápida, y que luego puede tornarse irreversible. Cuanto más estudiamos los problemas de nuestra época, mas nos llevamos a percibir que ellos no pueden ser tratados aisladamente. Son problemas sistémicos, eso significa que están interconectados y son interdependientes. Por ejemplo, solamente es posible estabilizar la población cuando se reduce la pobreza en esfera mundial. La disminución de los recursos y la degradación del medio ambiente mezclan con poblaciones en rápida expansión, lo que lleva al colapso de las comunidades locales y la violencia étnica, tribal y religiosa que he sido la característica más importante de la era pos guerra fría” (Capra 1996: 25)

Las sociedades modernas reflejan las situaciones más ambiguas de los últimos cien años, por un lado el desarrollo de la tecnología y sus pseudos beneficios, por otro el crecimiento de la pobreza y de los pueblos sin autonomía, elemento básico de la dignidad humana. Las culturas más antiguas fueran olvidadas, las contribuciones más básicas quedarán en el prejuicio, en nombre de la modernidad y del progreso.

Con la posibilidad del agotamiento de algunas materias primas, surgió la preocupación con el cambio de ellas, por otras que tuvieran características de extracción sostenibles. La arquitectura de tierra he sido una de las técnicas más factibles, por el hecho de resultar una gran capacidad de generar confort térmico y ambiental, distintamente de los materiales convencionales y producir bajo impacto en su extracción.

La utilización de la tierra como material de construcción llevo al Brasil de maneras distintas, con el proceso de colonización fueran introducidas las técnicas del adobe y también la tapia, pero, creemos que el fenómeno de los arquetipos he evidenciado que los nativos locales, los indígenas brasileños, y los nativos africanos que

llegarán como esclavos, ya dominaban las técnicas del “pau a pique” (tipo de entramado, bahareque o quincha).

Las primeras ocupaciones ocurrieran en la franja litoral donde llegaban los navíos, en la región nordeste Salvador, São Luiz do Maranhão, Recife e Natal, en el sudeste: Rio de Janeiro, Angra dos Reis, y São Vicente, y en la región sur Paranaguá, Ilha de São Francisco y Rio Grande. Como resultado de las exploraciones de los bandeirantes, otros sitios fueran identificados y las características de las ocupaciones ocurrían en función de las descubiertas hechas en el sitio. El oro, fue el gran responsable por las primeras y mas importantes formaciones en la región central del país, en el norte y nordeste fueran la producción de caña de azúcar y del algodón.

Las construcciones fueran hechas, en la gran mayoría, en arquitectura de tierra, las mas sencillas de un piso eran hechas normalmente en “pau a pique”, para las construcciones de dos o mas pisos las preocupaciones estructurales eran fundamentales, en muchos casos el primero piso se hacia con piedra o en tapia, y los



Santana de Parnaíba – São Paulo



Tiradentes – Minas Gerais

superiores con adobes en las paredes externas y pau a pique en las internas.

Acciones de conservación preventiva es un tema que todavía es nuevo en Brasil, hasta poco tiempo las políticas de preservación han privilegiado las restauraciones aisladas de monumentos, sin ninguna preocupación con el monitoreo de las patologías de las construcciones en tierra. La recuperación de esas construcciones cuando la degradación esta muy avanzada, tiene un costo financiero, cultural y social muy alto, en estas situaciones se han perdido muchos monumentos en sitios históricos.



Acciones de emergencia en construcción en tierra - Mariana – Minas Gerais



El déficit habitacional en Brasil es cerca de 6 millones de viviendas, en la América Latina este número es mayor que 30 millones, el Sistema Financiero de Habitación – SFH, financia viviendas para personas que tienen renta superior a tres salarios mínimos mensuales (cerca de US\$ 250), lo que pasa es que más de 70% de la población recibe un salario mínimo solamente, y como consecuencia no puede ingresar en el programa de financiación, que además no apoya regímenes de construcción de auto ayuda, tampoco la utilización de las técnicas tradicionales como la arquitectura de tierra, mejor dicho, una de las propagandas institucionales del SFH, en forma de video, empieza mostrando la sub habitación en Brasil, con la imagen de una construcción de pau a pique. Mas, por otro lado, financian construcciones hechas con materiales anti-ecológicos, que además de agotar el medio ambiente, algunos son perjudiciales a la salud, como los productos de fibro cemento. Son materiales sin lo mínimo de confort térmico y ambiental, resultando en ambientes que, a medio y largo plazo pueden afectar la salud de las personas que allí viven, sin considerar la baja durabilidad de esos materiales. En el caso de viviendas donde viven familias de mayor poder económico, la ausencia del confort térmico es compensada mecánicamente con la utilización de aparejos de

aire condicionado que emiten gases contaminantes en la atmósfera, generando problemas de salud en las personas que quedan mucho tiempo en esos ambientes.

Revertir esa situación exige esfuerzo concentrado de algunos profesionales que intentan demostrar la necesidad de romper el paradigma de la “dictadura de los materiales”, impuesta por fuerza de los lobbies y de los medios de comunicación. Lamentablemente, propuestas que buscan la sostenibilidad todavía no sensibilizan la industria de la construcción, que utiliza técnicas y procedimientos importados de países con climas, costumbres y realidades sociales lejanas de nuestro contexto.

El apareamiento de instituciones que agregan profesionales preocupados con la preservación del patrimonio edificado en tierra cruda, y también con la difusión de la utilización de esas técnicas, he colaborado para sensibilizar jóvenes profesionales a través de la organización de cursos, oficinas y conferencias a respecto de esos temas. La Associação Brasileira dos Construtores com Terra – ABCTerra, con sede en São Paulo y la Associação Brasileira de Ciências em Materiais e Tecnologias Não Convencionais – ABMTENC, con sede en la ciudad de Río de Janeiro, ambas tienen dado contribución sobretodo para profundizar el debate sobre la necesidad de buscar alternativas posibles, teniendo en cuenta la cuestión de la sostenibilidad.



Capacitación de albañiles y obreros en la utilización de prensa tipo “cinva-ram”, para hacer ladrillos de suelo-cal
Resende – Río de Janeiro

El pensador y arquitecto brasileño Lucio Costa, percibiendo la ausencia de valores de la arquitectura brasileña, siempre argumentaba por la necesidad de una profunda reflexión cerca del tema, y en sus proyectos utilizaba elementos constructivos que además de la compatibilidad con nuestra realidad climática, rescataban un poco de la historia de nuestro recorrido en cuanto pueblo que he tenido distintas influencias culturales. Hacemos alusión a dos citas en el libro “Com a Palavra Lucio Costa”, organizado a partir de sus testimonios por su hija Maria Elisa Costa (1999: 87).”En 1922, Mario de Andrade, Tarsila do Amaral,

Oswald de Andrade y otros, en cuanto actualizaban internacionalmente nuestra descompasada cultura, también recorrían las ciudades antiguas de Minas Gerais y del norte del país, buscando “antropofagicamente” nuestras raíces.....”.....”La maquina brasileña de vivir, en el tiempo de la colonia y del imperio, tenia dependencia de la mezcla de cosa y gente que fuera el esclavo. Si las viviendas de los tiempos antiguos son difíciles de vivir, por falta de comodidad es porque el negro esta ausente”. Que hacia la vivienda funcionar.....”. Es ese negro ausente, que hoy se traduce en el uso inadecuado de la tecnología, que he transformado, entre tantas consecuencias, las ciudades brasileñas en metrópolis de papel”.

Otros profesionales cuestionaran los destinos de la arquitectura en otros continentes, el francés Le Corbusier, el americano Frank Lloyd Wrihth, y en Brasil personalidades como el arquitecto, maquetista y diseñador Zanine Caldas, que hacia la defensa de la utilización de materiales reaprovechados y que fueran elaborados con bajo consumo energético y por lo tanto viable económicamente.

Hoy DIA, en varios sitios del planeta si habla y se produce arquitectura de tierra, podemos garantizar que en todos los continentes se utilizan esas técnicas, a nivel de conservación del patrimonio arquitectónico,



Construcción con ladrillos de suelo-cal -
Vizconde de Mauá - Río de Janeiro

arqueológico y también en la ejecución de nuevas construcciones.

La combinación de la arquitectura de tierra con madera de reforestación, es una tentativa de ampliar el concepto de la sostenibilidad, en los dos casos, lo de arriba y en lo que sigue abajo, hicimos introducciones técnicas y conceptuales, siempre intentando buscar soluciones compatibles con el discurso de la utilización de materiales de bajo impacto. La búsqueda y la esperanza es que no solamente las clases media y alta, tengan condiciones de vivir bajo el conforto térmico y ambiental, y si toda población, sobretodo los más lejanos del proceso productivo, social y cultural.



Construcción en estructura de eucalipto citrodora autoclavado y cerramiento en pau a pique y adobe
Monteiro Lobato – São Paulo



Nuestra comprensión de sostenibilidad es que tenemos la responsabilidad con el rescate de los valores éticos, culturales y ambientales para garantizar mejores condiciones de vida para las generaciones futuras, eso es un compromiso permanente.

Bibliografía

Borges, Marcos, Rodrigues Filho, Raymundo (1993) : “The Modernity and Tradition Constructing the Future – 7^a International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture – Silves - Portugal

Capra, Fritjof (1997) : “The Web of Live, A New Scientific Understanding of Living Systems – Editora Cultrix;

Costa, Maria Elisa (1999) : “Com a Palavra Lucio Costa” – Aeroplano Editora;

Rodrigues Filho, Raymundo (2002) : Identificação, Atribuição de Valores, Contextualização analítica, Proposições de Intervenções e de Diretrizes em Sítios Históricos Edificados em Arquitetura de Terra – I Seminário Ibero Americano de Construção com Terra – Savador – Bahia – Brasil.

NEW CHANCES FOR MODERN EARTH BUILDING

Dipl.-Soz. Peter Steingass

Institution: Die Wille gGmbH
Street: Kohlfurter Str. 41-43
Place: 10999 Berlin, Germany
Tel.: 0049-30-26476254
Fax: 0049-30-26476299
Email: peter.steingass@diewille.de
Web: www.moderner-lehmbau.com

Keywords

Certification, Dissemination, Earth Building Fair, Earth Building Conference, Earthen Plasters, Rammed Earth

Introduction:

Earth has been a tried and tested natural building material for thousands of years, and in combination with modern techniques can be used for modern ecological buildings. This paper will describe the development of earth building in Germany and discuss finally the new chances of modern earth building. Additionally, the paper will briefly review the evolution of earth building in Germany, it will describe the technical development of earth building products and the next steps for a future dissemination.

The history of earth building in Germany:

Earth building in Germany has a long tradition. The oldest framework house with earthen interior in the region of Berlin-Brandenburg was built in 1408 in the Brandenburger Bäckerstraße (*KirchBauhof 1998 : 214*). In the 18th century the construction of earthen architecture was very widespread in Germany. In this period especially David Gilly had a big influence on the development of earth building in Germany. The oldest still existing rammed earth building was built 1795 in Meldorf, Schleswig-Holstein. The owner wanted to show that rammed earth as a construction method is much more fire resistant than traditionally built framework houses. The aspect of fire resistance was one reason for the introduction of earthen architecture in the 18th century in Germany. The highest rammed earth building of middle Europe we can find in Weilburg an der Lahn (constructed in 1828). This rammed earth building has 5 floors and it symbolises not only the durability of earthen architecture but also documents the possibility of constructing higher than 2 floors when operated with the rammed earth building technique.

During the industrial revolution at the end of the 19th century constructors didn't use earth any more as a building material. Only in the period between the two world wars, when building materials were rare, we can remark the reuse of earth as a building material. While we can interpret the reasons for the use of earth in the 18th and 19th century as a form of reduction of forest overexploitation, we will find financial aspects for the use of earth as a reason after the second world war; that means especially the reduction of building costs (*Minke 1997:16 f.*).

After the second world war the inhabitants in the eastern part of Germany (GDR) used earth as a building material again, because they had no other building products and of course no financial resources. In the western part of Germany (GER) we can observe another ideological background for using earth in the eighties of the last century. It was the background of the ecological movement and the aim to get a better and proper world without pollution, which was the reason to look for environmental friendly building materials. In this period some enthusiastic alternative groups emphasised the importance of recycling, which also is a very important aspect of building materials or building waste. Nevertheless those individualists and alternative groups have been the pioneers of one of the following eras – the so called “renaissance of earth building” in Germany.

The renaissance of earth building:

For a couple of years earth building techniques have been growing in Germany and all over Europe. The reason for this increase is the interest in ecologically friendly construction. Another reason is the growing dissatisfaction with the results of conventional constructing methods. We can observe a renaissance of earth building in Germany since the end of the nineties. The increasing interest in healthy working and living rooms, rural methods of rehabilitation and the increase of allergies are only a few reasons for this development. Between 1990 and 1996 for example in the region of Berlin/Brandenburg there was a use of earth building products in more than 85 buildings (*Rüger 1998 : 66*). While in the eighties it was a group of idealists who used earth as building material, in the nineties also “normal” people were interested in the positive effects of earthen architecture. But earth building only developed slowly in Germany, because it still was a construction method for individualists and the costs were still very high. A lot of architects, constructors and craftsman had no knowledge and experience with the usage of earth building products in new and actual buildings.

Healthy living:

At the same time there is both an increase of new earth building products and technical developments in the production of this sustainable building material. As one consequence there are now a lot of new products available on the market. Since people “re-recognised” that it is possible to use earth as a building material

they are more and more interested. We know constructors who built houses conventionally with cement, but after they read an article in a magazine or watched a report on TV about earth construction, they now are interested in the new earth building products. The market of new earth building products is increasing and various pre-fabricated products are now available in a lot of different sizes. Also the first steps of certification of earthen plasters are done. Especially the combination of a earth and wall-heating-system is

increasing, because people have heard of the positive and healthy effects of earthen products. The advantage lies in the different usages of heating and cooling systems.



Picture 1: Preparation of a wall-heating-system



Picture 2: Earthen plaster on a wall-heating-system

Another big new market for urban housing projects lies in the use of earthen plasters. They are available in natural earthen colours as well as in a lot of other colours. On the one hand we find healthy reasons and on the other hand esthetical reasons for using earthen products.



Picture 3: Earthen plaster for a favourable room climate

Protection from electrochemical smog

New research studies showed that earth is better than any other building material (e.g. brick, calcareous sandstone or concrete) to protect human being from electrochemical smog. On behalf of the Building Research Institute of the University in Kassel, the Universität der Bundeswehr in Munich made a comparative analysis between different construction materials and found out that an earth building with a green roof has a shield of 99,9 % (*Minke 2002 : 110 f.*).

Social housing projects:

Some project developers and architects developed new social projects. A combination of ecological and social housing projects have been developed in the past years. Unskilled workers were added to the construction team to provide additional labor and to train the team in the techniques. The effect is that former unemployed people get qualified in ecological construction methods and achieve a better chance on a harder getting job market through the new skills.



Picture 4: A vocational training in earthen plasters

A building-material with a certification:

A new dimension for further research studies lies in the certification of earth building products. A lot of people in Germany buy earthen products because they believe in its healthy quality. In 2002 the Technical University in Berlin made a comparative analysis between different mortars and found out, that not all earthen plasters are better than conventional mortars. Holl and Ziegert (*Holl/Ziegert 2002 : 91 ff.*) found out that the steam sorption of earthen plasters is very different. Some plasters have a steam sorption which is about 34 times higher than conventional mortars. In the sense of consumer protection it is necessary to develop a method to standardise earth building products; for example the sorption of earthen plasters.

Otherwise the consumers could get uncertain and no longer use earth building products as a construction material. The analysis of material values and building elements is the first step for the development of a standardised method. Especially the producer of earth building products should have an interest in a certification of their products, if they want to exist on the market.

Earth Building – a new market?

The prospects for an earth building market in Germany are good and we can observe a tendency that the expansion of earth building also takes place in new areas where earth building doesn't have a historical background. In Germany over 50 enterprises exist which produce different kinds of earth building products for new building, interior construction and rehabilitation. More and more we can observe that large enterprises are interested in the production of earth building products.

Sustainable construction:

Within the framework of urban renewal and urban development is the promotion of a sustainable development by a combination of economic, ecological, sociocultural and technological factors to be reached. The key for a sustainable development of buildings which have to be refurbished as well as new utilised, lies in the correct answer of the question of utilisation. A new utilisation of refurbished buildings (e.g. churches, factory buildings) can exist on a long-term basis only by taking into account urban-sociological and local-specific conditions as well as the economic circumstances on the spot. A new utilisation is to be understood in this respect as a social process, which includes the involved participants in the planning process. At the same time construction measures must be implemented if necessary ecologically and technological innovatively, so that the building can be pursued in the following as resources-careful as possible.

The preservation and refurbishment of existing buildings is often ecologically more sensible than a new building. Finally an ecological refurbishment draft symbolises the linkage of ecologically oriented technologies with the obvious preservation of historic structural fabric up to care of monuments. The refurbishment and preservation of the building also includes social aspects, because the surrounding field is a component of the urban planning change process. Finally with the ecological re-utilisation of buildings a demonstration object appears which symbolises the integration of modern ecological technologies - for example passive solar energy or ecological building materials - in a heritage monument.

Dissemination of earth building:

In the mid nineties a small group at KirchBauhof – they were one of the largest employment and qualification enterprises in Berlin, which went bankrupt in 2002 - thought about the idea to start a project to

support small and medium sized enterprises (SME) of the building sector. To support planners, manufacturers and merchants of building materials, construction companies and initiatives committed to earth building, to promote communication between the protagonists, to inform the specialised public and to present earth building as a modern, sustainable and payable alternative to future builders. The idea was to offer unemployed handcrafts a qualification in ecological building techniques (e.g. earth buildings, ecological colours) and to organize a platform to enhance the market for ecological construction in the region of Berlin-Brandenburg. These activities were linked with the promotion of earth building by the European project ADAPT-TREAT which KirchBauhof carried out along with further EU-partner projects. In 1997 KirchBauhof organized the 1st European conference “Modern Earth Construction” in Berlin and a small earth building fair. The result was a conference with about 200 participants, a web presentation and a book (including a CD-ROM). For the dissemination of this ecological and modern technology it is important to document the new developments in earthen architecture. Books dealing with the different techniques of handling earth as a renovation and building material is one instrument to enhance the knowledge about earthen architecture. Meanwhile earth builders from all continents come to Berlin to get new international contacts and develop new projects. To enhance modern earthen architecture it is important to make this construction method popular. Indeed events like conferences, exhibition and fairs are an ideal media. The public notices these events and is getting more and more interested in this way of construction.

We can count now the 4th international conference “Modern Earth Building 2003”, which will take place in October 2003 in Berlin. The aims of the future is to organize events like this and start a broad network of people who share a common vision of a sustainable world and who are actively working to make it happen.

References:

- [1] KirchBauhof: Modern Bauen mit Lehm, Berlin 1998
- [2] Minke, Gernot: Lehmbau-Handbuch – Der Baustoff Lehm und seine Anwendung, Staufen 1997
- [3] Rüger, Burkard: Seit 1980 in Berlin/Brandenburg ausgeführte Lehmbauvorhaben; in: KirchBauhof, Modern Bauen mit Lehm, Berlin 1998
- [4] Steingass, Peter: Moderner Lehmbau 2002, Stuttgart 2002
- [5] Minke, Gernot: Schutz gegen hochfrequente elektromagnetische Strahlung durch Lehmbaustoffe und Grasdächer; in: Peter Steingass, Moderner Lehmbau 2002, Stuttgart 2002
- [6] Holl, Heinz-Gerd/Ziegert, Christof: Vergleichende Untersuchung zum Sorptionsverhalten von Werk trockenmörteln; in: Peter Steingass, Moderner Lehmbau 2002, Stuttgart 2002
- [7] Steingass, Peter: LEHM 2000, Berlin 2000

INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Fernando Vela Cossío

Dr. Arqueólogo. Profesor de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo del Departamento de Composición Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de la Universidad Politécnica de Madrid. Avda. Juan de Herrera núm. 4, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

Resumen

Esta ponencia tiene como finalidad poner de relieve la extensa tradición constructiva en tierra que existe en la Península Ibérica, tradición que se remontaría, como mínimo, al Tercer Milenio anterior a nuestra Era. Para ello se describen las distintas clases de técnicas de construcción utilizadas, entre las que destacan, naturalmente, las del tapial y el adobe, aunque sin obviar otros procedimientos de edificación que emplean la tierra en revestimientos, acabados, etc. En este sentido, la ponencia pone especial atención en los procedimientos constructivos que emplean la tierra en las arquitecturas protohistóricas peninsulares y especialmente en las celtibéricas. El trabajo incluye una revisión bibliográfica sobre arquitectura y construcción con tierra en la pre y la protohistoria de la Península Ibérica, que recoge las aportaciones más significativas de los últimos veinte años e incorpora algunas reflexiones relativas a la pervivencia de estas técnicas y procedimientos de edificación en las arquitecturas populares y vernáculas españolas y portuguesas. Este campo específico de trabajo, el del estudio comparado de soluciones constructivas y procedimientos en la arquitectura popular y vernácula, constituye seguramente una de las áreas que conocerá una señalada proyección científica en los años venideros.

Palabras clave:

Arqueología / Prehistoria de la Construcción / Paleoarquitectura

Las técnicas y sistemas tradicionales de construcción con tierra utilizados históricamente en la Península Ibérica pueden agruparse en tres grandes bloques: el de la tierra apisonada (o técnica del tapial), el de la tierra amasada y moldeada (fabricación de adobe) y el de la tierra amasada para proyección o tendido en paramentos (técnica del encestado, manteados, etc). En el primer caso la tierra se compacta, mediante el uso de un pisón, prácticamente en seco o con la humedad que pueda contener tras ser extraída del terreno, utilizando un encofrado de madera o cajón. De esta manera pueden construirse fábricas de tierra apisonada de gran espesor (de entre 60 y 120 cm, generalmente) y durabilidad asegurada. En el segundo grupo incluiríamos los edificios construidos mediante muros de fábrica de adobe con mortero de barro o de cal, y aquellos que utilizan los adobes como cerramiento de estructuras portantes de madera, que generalmente denominamos entramados. El tercer grupo lo constituyen aquellos sistemas que requieren el empleo de argamasas, morteros y revocos de tierra. Se trata de soluciones constructivas para resolver determinadas clases de cerramientos (encestados) o tipos de acabado interiores o exteriores (revocos, tendidos, trullados, etc).

Casi todas las monografías dedicadas al estudio panorámico de la arquitectura popular y vernácula de la Península Ibérica hacen referencia a los sistemas de construcción con tierra (Feduchi, 1986; Flores, 1973; García Mercadal, 1981; Moutinho, 1979; Veiga de Oliveira y Galhano, 1994). Existen también diversas

monografías sobre construcción con tierra (Alonso Ponga, 1989; De Hoz, Maldonado y Vela, 2003; Font e Hidalgo, 1991; Maldonado Ramos y Vela Cossío, 1999 a y 1999 b; Maldonado, Vela y Rivera, 2000; Olcese Segarra, 1993) y, por supuesto, trabajos de ámbito regional o local que incluyen el estudio de técnicas y sistemas tradicionales (Maldonado Ramos y Vela Cossío, 1996; Maldonado, Castilla y Vela, 1997). No podemos, por último, dejar de hacer mención a las dos obras clásicas españolas en las que se hace referencia a la construcción con tierra: *De la Arquitectura Civil*, de Benito Bails y *El arte de la albañilería*, de Juan de Villanueva.

Sin embargo, en lo que se refiere a su estudio desde una perspectiva básicamente arqueológica, los investigadores españoles han tratado el tema escasamente y aunque existen algunos trabajos al respecto de cierto interés (Asensio Esteban, 1995; Bonet y Pastor, 1984; Romero Carnicero, 1992) se encuentra aún pendiente la producción de obras de referencia de la magnitud que requiere el tema. Pueden destacarse, por ejemplo, las aportaciones francesas, donde los investigadores han venido mostrando mayor atención al estudio de la tierra como material de construcción y en el que se han producido avances científicos muy notables sobre edificación pre y protohistórica construida en tierra (véanse: Bessac, 1999; Bessac y Leriche, 1992; Lasfargues, 1985).

La técnica del tapial, una tradición constructiva peninsular

El término tapial se emplea habitualmente para definir tanto a la técnica de construcción utilizada como al elemento constructivo resultante. En un sentido estricto, debería emplearse únicamente para referirse al primer concepto, dado que el segundo sería una tapia propiamente dicha. Las tapias pueden clasificarse en dos grandes grupos, el de los tapias monolíticos, en los que el muro funciona como un todo homogéneo y de igual resistencia, y el de los tapias mixtos, en los que ciertas zonas del muro son más resistentes que otras. Dentro de la primera categoría encontramos multitud de variedades en función de la composición de la tierra empleada. Por lo que respecta al segundo, el de los tapias mixtos, aquellos en los que las cargas principales del edificio son asumidas por las partes más resistentes, vamos a observar la presencia de otros materiales complementarios como el adobe, el ladrillo, la piedra o la madera.

Entre las primeras referencias escritas sobre el empleo del tapial en la Península Ibérica se encuentran las de Plinio, que se refiere a este sistema de construcción en su *Historia Natural*, en la que señala, por ejemplo, que “*en España se veían torres y atalayas hechas de tierra, de remotísima antigüedad*” añadiendo “*¿no hay en Africa e Hispania paredes de barro, a las que llaman de molde porque se levantan, más que construyéndolas, vaciándolas entre dos tablas, las cuales paredes duran siglos por ser inmunes a la lluvia, al viento, al fuego, siendo más fuertes que cualquier cemento? En Hispania aún están a la vista las atalayas de Hannibal y las torres de barro alzadas en lo alto de las montañas*” (véase Monjo Carrió, 1998: 32-33).

Por lo que respecta a la historiografía reciente, Asensio Esteban se hace eco de la aparición de construcciones de tapial en el Valle del Ebro, aunque describe la materia prima y el proceso constructivo de forma errónea (Asensio Esteban, 1995:25-26). Citando a Adam (1984) Asensio se refiere al tapial como *“mezcla de arcilla, siempre desengrasada con grava o arena y nunca con vegetales, que se dispone en capas sucesivas dentro de un molde o encofrado en el que la mezcla, previamente amasada, es arrojada, batida y pisada (sic) con un pisón o maza de madera, con objeto de eliminar la humedad y homogeneizar el material”* cuando en realidad la tierra siempre contiene, en distintas proporciones según su composición granulométrica, limos, arcillas, arenas y gravas; ya dijimos que la tierra no está constituida sino de rocas disgregadas en fracciones de muy diversos tamaños, de ahí su capacidad de ser sometida a ensayos granulométricos muy sencillos. Por otra parte, la tierra empleada en la construcción de tapias nunca es amasada –es decir, mezclada con agua- sino que se emplea prácticamente sin seleccionar o tratar y, efectivamente, es apisonada y compactada mediante el empleo de un encofrado de madera y de un pisón, que puede ser de piedra, madera o hierro. Se refiere después el autor al empleo de tapias en *“tabiques interiores sin función tectónica”* (Asensio Esteban, 1995:26), cosa atribuible sin duda a la confusión entre un sistema de construcción con tapial y algún otro procedimiento (quizá un encestado o un tabique de adobe) y confunde también la misión de las agujas de los cajones al comentar que *“es muy característica la presencia en estos muros de unos agujeros circulares alineados originados por los maderos pasantes que reforzaban el encofrado en el interior del muro durante la fase de secado”* (Asensio Esteban, 1995: 28) cuando éstas en realidad suelen ser inmediatamente retiradas, junto con el resto del encofrado, para facilitar precisamente este proceso de secado. Las agujas, ya lo hemos visto, actúan como tirantes durante el proceso de compactación de la tierra, disponiéndose así con la intención de evitar, sobre todo, el desplazamiento de las puertas del tapial durante su construcción. Sólo en muros de gran espesor quedan sin retirar de la fábrica, pero no para mejorar la resistencia de la misma. Por último, en una de las citas en la que se alude a Maluquer de Motes (1986:19) añade refiriéndose a los adobes que *“estas piezas afectadas por el calor tienen la facultad de adquirir una enorme dureza, mientras que en el tapial ocurre lo contrario”* (Asensio Esteban 1995: 28), un comentario que entendemos se debe referir a un proceso casual de cocción respecto de los primeros y que en nada es comparable a la resistencia al fuego de las tapias, cualidad del todo probada y fuera, por supuesto, de toda sombra de duda. Añade, por último, la conveniencia de disponer las tapias de tierra y los muros de fábrica de adobe sobre zócalos de mampostería, apreciación que sí compartimos, y se refiere finalmente a la localización de ejemplos aragoneses al respecto, citándose los turolenses de El Cabezo de Alcalá (Azaila), Castillejo de la Romana (La Puebla de Híjar) y El Palao (Alcañiz), así como el de Cabezo de Miranda (Julisbol) en Zaragoza (Asensio Esteban, 1995:27).

Sobre empleo de tapial en otros yacimientos más antiguos de la Península pueden destacarse las referencias a yacimientos calcolíticos y de la Edad del Bronce. Entre los primeros se contarían Los Millares (Almería), Parazuelos (Murcia) o El Cerro de la Virgen (Orce, Granada), tratándose en los tres casos de referencias

relativas a las fortificaciones. Para los periodos del Bronce Antiguo y Medio debemos destacar, sobre todo, los poblados argáricos. Creemos que en casi todos ellos más que de tapias debe hablarse de muros de mampostería de piedra de dos hojas con relleno interior de tierra, quizá apisonada o compactada, o de barro y cantos de piedra muy probablemente. Pueden consultarse, además de las obras ya clásicas de los Siret (1890), los trabajos de Lull (1983) y de Pellicer (1986: 207-264). En yacimientos de la “cultura de las Motillas”, como el de Azuer, en Daimiel, se han podido estudiar fortificaciones de muros de doble hoja de mampostería de piedra con relleno de barro y cantos (Maluquer, 1982: 18). En el estudio de yacimientos de la Edad del Bronce abundan, en general, las referencias al empleo de “*adobe y tapial*” (*sic*) por lo que nos inclinamos a pensar también en la posible confusión de sistemas de construcción de tierra amasada (barro) con sistemas de tierra apisonada (tapial). Podemos suponer que, sobre todo en la construcción de viviendas, es corriente el empleo de sistemas primitivos de encestado, en los que la madera juega un papel determinante desde el punto de vista estructural, puesto que se dispone como elemento de soporte, mientras la tierra (que se aplica mediante su proyección y amasada con agua, en forma de barro) sirve únicamente de revestimiento y cerramiento de dicha estructura.

Por lo que respecta al empleo del sistema constructivo del tapial durante las etapas protohistóricas, las referencias también son escasas. Para Maluquer (1982:19), en yacimientos tartésicos como el de Carambolo Bajo o el castro de Setefilla (Sevilla) “*los materiales de construcción son, naturalmente indígenas: piedra y barro (tapial y adobe); pero la técnica de labra de la piedra es exótica*”. Esto nos hace pensar, de nuevo, en la confusión entre revocos o enlucidos de barro con el uso de la técnica del tapial. Asensio Esteban (1995: 25-28) y Burillo (1985: 115) señalan su aparición en el Valle del Ebro en época ibérica, pero no ofrecen ejemplos concretos de su utilización. El propio Asensio Esteban se extiende en su trabajo en la disposición de los zócalos de piedra para aislamiento del terreno, señalando por último que “*el único problema en este procedimiento constructivo (...) consiste en encontrar la proporción entre la anchura y la altura de las porciones, para conseguir así un secado uniforme y evitar la aparición de grietas*” (Asensio Esteban, 1995: 27), lo que pone de manifiesto su desconocimiento de los fundamentos de la construcción con la técnica del tapial, en la que el reto tecnológico principal del constructor es, precisamente, el del diseño correcto del sistema de encofrados (cajón), siendo irrelevante la aparición de grietas en la superficie exterior del paramento, sobre todo si tenemos en cuenta que se trata de un muro de gran espesor (superior normalmente a los 60 cm).

El adobe, técnica milenaria

Las técnicas y sistemas de construcción con adobe han variado muy escasamente con el transcurso del tiempo, pudiendo afirmarse que fue bien conocida por numerosas comunidades pre y protohistóricas de la Península Ibérica. Junto con la técnica del tapial, la construcción de fábricas de adobe constituye uno de los sistemas de construcción con tierra más arraigados en nuestra Península desde la Prehistoria.

Asensio Esteban (1995:32) hace referencia a la presencia del adobe en la construcción desde el Calcolítico, sin precisar si se trata de una tradición importada de otras áreas del Mediterráneo o puede decirse que conoció un desarrollo autónomo en la Península Ibérica. Respecto a la clasificación de los adobes según su tamaño, el trabajo más completo de que disponemos es el ya citado del mismo autor, que se extiende en la descripción de distintos módulos sobre los que se detiene, además, para llevar a cabo apreciaciones de carácter territorial en las que parece demostrar que, al menos en el Valle del Ebro, responden a una serie de grupos que se relacionan con los conocidos en el Mediterráneo: módulo Antiguo de 15 x 9 x 7 cm (para Asensio sin referentes en el Mediterráneo y que nos parece, decididamente, muy pequeño), módulo 30 x 20 x 10 cm (alejado de los módulos romanos, que no son de un pie, sino de dos o de pie y medio), módulo 40 x 29 x 14 cm y módulo 50 x 30 x 10 cm.

Al igual que en las tapias, la construcción de las fábricas de adobe se inicia con la ejecución de su cimentación, que deberá aislar la futura fábrica de la humedad del terreno y protegerla de las aguas de escorrentía, tanto de circulación como de salpiqueo. La cimentación suele emerger algunos centímetros por encima del umbral del terreno y está ejecutada normalmente con mampostería de piedra. Para la ejecución de la misma son necesarias unas labores previas de limpieza y desbroce del terreno, replanteo de los muros proyectados, excavación hasta terreno firme y aplicación de una capa de nivelación. Una vez hemos terminado la construcción de este zócalo se procederá a la construcción de la fábrica. El material empleado fundamentalmente es la tierra, que se utiliza en forma de adobes y de mortero de barro. Se observan diferentes aparejos en la colocación de los adobes, siendo el espesor del muro siempre igual o superior a un pie, de forma que sea suficiente como para permitir a la fábrica realizar su función resistente. En cuanto al mortero, su composición se basa en la propia tierra, con o sin aditivos, ligantes como la cal o agentes impermeabilizantes en forma de extractos vegetales: fibras de plantas o directamente estiércol. El mortero realiza principalmente tres funciones: recibir adobes y sellar las juntas que quedan entre ellos; hacer las veces de revoco para revestir el muro, lo que permite por un lado proteger los adobes de las inclemencias del tiempo (heladas, viento, lluvia, etc.) y por otro disimular las posibles irregularidades del muro, como cualquier revestimiento; finalmente, el mortero se emplea para rellenar la estrecha franja que queda en la coronación del muro al encontrarse con la cubierta.

El adobe es un material de construcción muy bien documentado en los yacimientos españoles, sobre todo durante la protohistoria, aunque los investigadores ofrecen referencias de su empleo desde etapas muy anteriores. Así, la técnica del adobe es perfectamente conocida y comúnmente usada en muchos poblados calcolíticos (Pellicer, 1986: 214); se ha documentado, al parecer, en Almizaraque (Almería) y Valencina de la Concepción (Sevilla) entre otros. En el poblado argárico del Cerro de la Virgen de Orce (Granada) se han podido describir cabañas con muros de fábrica de adobe sobre zócalo de mampostería (Arribas, 1976: 141; Kalb, 1969: 216-225; Lull, 1983: 382; Schüle, 1967: 118; Schüle y Pellicer, 1964), aunque en la mayoría de los poblados argáricos hemos podido constatar que se utilizan principalmente fábricas de mampostería

tomada con barro, ya sean de lajas o concertadas, como en otros muchos yacimientos de Levante y en *las motillas* de La Mancha, en los que puede decirse que sucede de la misma forma. En Teruel, en el yacimiento de Castillo de Frias (Albarracín) se han excavado también, según parece, estructuras de adobe (Pellicer, 1986: 311).

Por lo que respecta a la protohistoria, el uso del adobe en muros de fábrica está bastante mejor documentado. Aunque no es corriente en las áreas atlánticas de la Península, la presencia del adobe en el Bronce Final de la Meseta parece incuestionable, tanto en poblados de llanura como en cerros. En los primeros se han querido interpretar además los fondos de cabaña como el resultado de la excavación del terreno para la obtención de la propia materia prima para construir (Almagro, 1986: 366). Ya entrado el primer milenio, podremos ver el uso del adobe en yacimientos catalanes de la Cultura de los Campos de Urnas Recientes, como es el caso de Molá, donde se documentaron casas rectangulares de piedra y adobe.

Durante la Edad del Hierro el adobe es material de uso común en buena parte de la Península. Está bien documentado, como veremos, en los principales yacimientos del valle del Ebro, sobre todo en el de Cortes de Navarra (Asensio Esteban, 1995; García López, 1994; Maluquer, 1954; 1958; 1982; 1985; 1990). Asensio Esteban (1995: 49-50) ofrece referencias de tamaños de módulos principalmente alavesas, como La Hoya (Laguardia), y aragonesas, como Alto Chacón, Cabezo de Alcalá en Azaila, La Puebla de Híjar, La Caridad y otros yacimientos de Teruel y de Zaragoza, como Herrera de los Navarros o Los Castellazos, pero incluye algunas reseñas de yacimientos más meridionales, como Borriol (Castellón) (García y Bellido, 1985), Puntal del Llops (Valencia) (Bonet y Pastor, 1984) o el Cerro de las Cabezas en Ciudad Real (Vélez y Pérez, 1987). Las variaciones son tan llamativas (con longitudes entre 48 y 14 cm) que puede dudarse de la fiabilidad de alguno de estos datos, si bien la mayor parte oscila en módulos aproximados de 40/30 x 20/15 x 10/8 cm. En las comarcas orientales de la Meseta también está clara su presencia; en El Ceremeño (Herrería, Guadalajara) se han podido documentar adobes del siglo VI aC. (Cerdeño, 1995; Cerdeño, 2002) En la Meseta sur, además del ya citado Cerro de las Cabezas, es bien conocido en yacimientos como Plaza de Moros (Toledo), un poblado del siglo IV aC. en el que se han podido estudiar con gran precisión las características y el tamaño de los bloques gracias a la excelente conservación de los restos de muros de fábrica de adobe, dispuestos en paramentos de uno y dos pies de espesor aproximadamente. Se han documentado así piezas rectangulares (de 29 x 15 x 8 cm y de 30 x 22 x 10 cm) y piezas cuadradas (de 29 x 29 x 8 cm) (Urquijo y Urbina, 2000: 19). Los muros aparecen con un revoco de barro mejorado con paja que se extendía a mano, habiendo quedado marcadas las improntas de los dedos de los individuos que los aplicaron (Urquijo y Urbina, 2000: 20). El yacimiento presenta además una serie de aspectos complementarios de gran interés, como es la conservación de paños de fábrica de adobe de gran altura (hasta 2 m) y la documentación del empleo de sistemas de entramado de madera con relleno de plementería de adobes colocados “a espina de pez”, bien visibles en los derrumbes que se han conservado de estas estructuras (Urquijo y Urbina, 2000: 19). El yacimiento ha dejado a la luz el empleo de enlucidos de barro y cal en paramentos verticales y en pavimentos.

Para terminar con este somero repaso del uso del adobe en nuestra protohistoria sólo resta añadir que, por supuesto, aparece documentado en algunos yacimientos Tartésicos, pero sobre todo, y como es natural, en los principales yacimientos Ibéricos, en los que a pesar de su gran dispersión regional, predominan las variables típicamente mediterráneas, que favorecen el empleo de la tierra cruda en la construcción. En este sentido, los yacimientos mejor estudiados son los catalanes (Belarte Franco, 1993; 1994; 1996; 1999; Belarte et al. 2000; Belarte, Pou y Sanmarti, 2001; García y Bellido, 1985; Maluquer, 1986) así como algunos del Levante y el Sudeste Ibérico. García y Bellido (1985: 248) ofrece una interesante referencia procedente de Borriol (Castellón) en la que nos informa sobre adobes de 40 x 30 x 10 cm que incluyen marcas en forma de cruz en sus dos caras mayores, *“incisiones hechas con un hierro, sin duda con el fin de facilitar su ligazón en la obra”*.

Morteros y revocos de barro en la construcción prehistórica

En la arquitectura de la pre y la protohistoria es muy frecuente el empleo de fábricas, principalmente de mampostería de piedra (en lajas, mampuestos, cantos, etc...) y, como ya hemos visto, también de adobe. Los morteros de barro son así utilizados de manera habitual como argamasa y como revestimiento de estas distintas clases de fábricas, y también para conformar la impermeabilización y el acabado, tanto interior como exterior, de muchas estructuras de cerramiento y de cubrición ejecutadas con madera o fibras vegetales trenzadas.

El uso del barro en la construcción tiene antecedentes remotos; para Asensio Esteban (1995: 25) el “manteado” es, sin duda, “el procedimiento más antiguo del empleo del barro como material de construcción”. En el Neolítico europeo lo veremos como material para la ejecución de los cerramientos en las viviendas alargadas de las zonas loésicas (Childe, 1929; Soudsky, 1969). Éstas edificaciones están ejecutadas mediante una estructura de madera a base de postes sobre la que se dispone un entretejido de elementos vegetales, a modo de encestado, que después se recubre con barro tanto por su cara exterior como por el interior del paramento. Se supone que este tendido de barro se llevaba a cabo en varias capas de aplicación, progresivamente más delgadas, hasta conformar un cerramiento homogéneo que protegiese las viviendas de la acción del agua y el viento. Por otra parte, los muros construidos con tierra, bien sean de tapial, de fábrica de adobe, armados o entramados de madera con plementería de adobe, pueden perdurar durante años sin necesidad de revestimiento alguno siempre que se encuentren debidamente protegidos, en especial del ataque del agua, pero un buen acabado exterior mediante la aplicación periódica de un tendido de barro, mejorado con paja para evitar retracciones y fisuras, garantiza una mucho vida más duradera.

También es corriente encontrar morteros de barro en toda nuestra prehistoria como revestimiento y enlucido de muros de piedra. En yacimientos de la “cultura de las Motillas”, como Azuer, se han descrito bien enlucidos de barro (Maluquer, 1982). En todo el área atlántica, en la que predomina el sistema de

construcción de muros mediante fábricas de mampostería de piedra, la argamasa es siempre de barro ocasionalmente mejorado con cal, un material del que aunque aún sabemos poco sobre su empleo en tiempos protohistóricos. García y Bellido se refiere a su empleo en yacimientos ibéricos (García y Bellido, 1985: 249).

El barro es también uno de los materiales que más abundan en la ejecución de los cerramientos y soluciones constructivas de tipo encestado. Éstos nos muestran una base estructural de carácter leñoso, pero se revisten posteriormente mediante la aplicación de un tendido de mortero o *entortado* de barro. Este sistema debió de ser habitual en muchos poblados argáricos (Lull, 1983) y del Bronce Final de la Meseta, en los que es corriente la presencia de estructuras de madera con cerramientos ejecutados mediante la aplicación de revestimientos de barro (Almagro-Gorbea 1986: 368).

Para los yacimientos interiores granadinos se refiere Lull a la presencia, de suelo a techo, de *“tapial (sic) encofrado por postes, ramas y otros materiales perecederos”* (Lull, 1983: 454), después de haber comentado que *“las techumbres en todos los casos en que se han podido detectar restos, suelen estar compuestos de ramas y barro y ocasionalmente vigas de madera a modo de contención”* (Lull, 1983: 453). También es corriente la impermeabilización de cubiertas mediante la extensión de embarrados muy arcillosos, y por tanto impermeables, sobre las cubiertas vegetales de barda. Estas soluciones son muy habituales, como luego veremos, en el Valle del Duero. En yacimientos como el de los Tolmos de Caracena (Soria) se han estudiado casas circulares de estructura de ramaje y revestimiento de barro de gran similitud con edificaciones de la Edad del Hierro de áreas centroeuropeas y atlánticas.

Conclusiones y propuestas de investigación para el futuro

El empleo de los sistemas de construcción con tierra es una constante en la arquitectura pre y protohistórica de la Península Ibérica. La disponibilidad inmediata del material a pie de obra y la escasa preparación previa que requiere la materia prima permitieron, como hemos visto, poner en práctica con algunos conocimientos técnicos y un utillaje relativamente elemental distintos sistemas de construcción con tierra, todos ellos eficaces y muy duraderos. El estudio y la valoración de estos sistemas y procedimientos debe hacerse, sobre todo por lo que respecta al estudio descriptivo del registro arqueológico, con el rigor necesario que demanda una investigación de carácter arqueológico. Ahora bien, no deben ser descuidadas las posibilidades de análisis que nos brindan otras disciplinas entre las que se cuentan, como es natural, la etnoarqueología y la historia de la arquitectura y de la construcción.

Desde un punto de vista arquitectónico, debemos recalcar que las edificaciones que utilizan sistemas de construcción basados en el uso de la tierra fueron seguramente dimensionadas en su estructura atendiendo casi exclusivamente a la estabilidad, puesto que debemos pensar que sus constructores desconocían, en un

sentido estricto, la capacidad portante del material. Así, podemos suponer en los *arquitectos* pre y protohistóricos una actitud de carácter intuitivo que, como en el caso de los constructores de las sociedades primitivas o los artesanos de las comunidades de campesinos preindustriales, les hizo trabajar a partir de aquellas experiencias individuales o colectivas y, por supuesto, generacionales que conocían. Podemos pensar, además, que lo hacían al límite de sus medios técnicos y fuertemente influidos por los factores ambientales.

Desde un punto de vista arqueológico, la utilización por parte de muchas de las culturas pre y protohistóricas peninsulares de estos sistemas de construcción con tierra —que requieren, como hemos visto, espesores de muro mínimos bastante considerables— ha facilitado la conservación en el registro arqueológico de muchos elementos constructivos que pueden ser identificados y caracterizados. Es cierto que la tierra, a diferencia de la piedra, es un material que requiere una conservación periódica más acusada y responde más sensiblemente a las condiciones climáticas y meteorológicas, ahora bien, la extraordinaria conservación de algunos materiales recuperados en yacimientos protohistóricos debería hacernos reconsiderar cualquier prejuicio acerca de la supuesta “delezabilidad” de este material de construcción.

Desde una perspectiva etnoarqueológica, las distintas tradiciones constructivas a las que nos hemos referido en este breve artículo no hacen sino demostrar el fuerte arraigo de esta clase de construcción en muchas regiones de la Península Ibérica así como su extenso desarrollo a lo largo del tiempo, desde el Tercer Milenio a.C. hasta la segunda mitad del siglo XX. Entendemos por ello, y a la vista están para demostrarlo muchos de los ejemplos documentados, que puede rastrearse con éxito la línea —o líneas— de conexión entre las culturas arquitectónicas populares españolas y las formas de construcción de nuestra prehistoria y nuestra protohistoria. En este sentido debe reconsiderarse muy seriamente el tema de las pervivencias de estos sistemas tan primitivos en las arquitecturas vernáculas y populares españolas y creemos que es posible obtener en este campo resultados científicos muy importantes y sumamente alentadores para el mejor conocimiento del origen y desarrollo de la arquitectura prehistórica, en la que el uso de la tierra ha tenido, como hemos podido comprobar, una relevancia fuera de toda duda.

Bibliografía

ADAM, J.P. (1984): *La Construction Romaine*. París.

ALMAGRO-GORBEA, M. (1986): “El Bronce Final y la Edad del Hierro. La formación de las etnias y culturas prerromanas” en *Historia de España, I. Prehistoria*: pág. 341-545.

ALONSO PONGA, J.L. (1989): *La arquitectura del barro*. Junta de Castilla y León, Valladolid.

ARRIBAS, A. (1976): “Las bases actuales para el estudio del Eneolítico y la Edad del Bronce en el SE de la Península Ibérica”. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada, 1*: pág. 139-157.

ASENSIO ESTEBAN, J. A. (1995): “Arquitectura de tierra y madera en la Protohistoria del Valle Medio del Ebro y su relación con la del Mediterráneo”. *Caesaraugusta, 71*: pág. 23-56.

BAILS, B. (1991): *Diccionario de arquitectura civil*. Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, Zaragoza.

BELARTE FRANCO, M.C. (1993): “Arquitectura domestica al Bronze Final i primera etat del ferro a Catalunya: habitacions construïdes amb materials duradors: estat de la qüestió”. *Pyrenae, 24*: pág. 115-140.

—— (1994): “La casa ibérica a la Catalunya litoral. Els elements i la distribució”. *Cota Zero, 10*: pág. 38-48.

—— (1996): “L’estudi de la casa protohistòrica a Catalunya i arees adjacents: proposta tipològica i terminològica”. *Pyrenae, 27*: pág. 103-115.

—— (1999): *Arquitectura domèstica i estructura social a la Catalunya protohistòrica*. Universidad de Barcelona / Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Barcelona.

BELARTE FRANCO, M.C., MORER I LLORENS, J., SANMARTÍ GREGO, J. y J. SANTACANA MESTRE (2000): “Experimentacions sobre arquitectura protohistòrica realitzades en el Baix Penedès (Tarragona)”. *Saguntum, 3 Extra*: pág. 423-430.

BELARTE FRANCO, M.C., POU VALLÉS, J. y J. SANMARTÍ GREGO (2001): *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la mediterrània*. Universidad de Barcelona / Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Barcelona.

BESSAC, J.C. et al. (1999): *La construction en pierre*. Editions Errance, París.

BESSAC, J.C. y P. LERICHE (1992): “L’analyse des techniques de construction en pierre et en brique crue”. *Dossiers de l’Archéologie, 172*: pág. 70-82.

BONET, H. e I. PASTOR (1984): “Técnicas constructivas y organización del hábitat en el poblado ibérico del Puntal del Llops (Olocau, Valencia)”, *Sagvntum*, 18: pág. 178-185.

BURILLO MOZOTA, F. (1985): “Introducción a los orígenes de la arquitectura de tierra en Aragón”. *Turia*, I: pág. 112-117.

CERDEÑO, M.L. (1995): “Proyecto de recuperación del castro celtibérico de El Ceremeño (Herrería, Guadalajara)” en Balbín, R. et al. (coords.) *Arqueología en Guadalajara*: pág. 193-207.

CERDEÑO, M.L. y P. JUEZ (2002): *El Castro Celtibérico de “El Ceremeño” (Herrería, Guadalajara)*. Seminario de Arqueología y Etnología Turolenses / Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Teruel. 183 pág.

CHILDE, V.G.(1929): *The Danube in Prehistory*. Clarendon Press/Oxford University Press, Oxford. 479 pág.

FEDUCHI, L. / MARTÍNEZ FEDUCHI, L. (1986): *Itinerarios de Arquitectura popular Española*. Hermann Blume, Barcelona. 5 vol.

FLORES, C. (1973): *Arquitectura popular española*. Aguilar, Madrid. 5 vol.

FONT, J. y P. HIDALGO (1991): *El Tapial: una técnica constructiva milenaria*. Edición de los autores, Castellón. 172 pág.

GARCIA Y BELLIDO, A. (1985): *Urbanística de las grandes ciudades del Mundo Antiguo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas / Instituto Español de Arqueología, Madrid.

GARCÍA LÓPEZ, E. (1994): “Un modelo de análisis de evolución arquitectónica e interpretación social. El asentamiento del Bronce Final-Primera Edad del Hierro del Alto de la Cruz (Cortes, Navarra)”. *Pyrenae*, 25: pág. 93-110.

GARCIA MERCADAL, F. (1980): *Sobre el Mediterráneo*. Hermann Blume, Madrid.

—— (1981): *La casa popular en España*. Gustavo Gili, Barcelona. Existe una primera edición, de Espasa-Calpe, publicada en Madrid en 1930.

—— (1984): *La casa Mediterránea*. Ministerio de Cultura, Madrid.

HOZ ONRUBIA, J. de, MALDONADO RAMOS, L. y VELA COSSÍO, F. (2003): *Diccionario de construcción tradicional. Tierra*. Editorial Nerea, San Sebastián.

KALB, F. (1969): “El poblado del cerro de la Virgen de Orce (Granada)”, *C.N.A.*, X: pág. 216-225.

LASFARGUES, J. ed. (1985): *Architectures de terre et de bois: l’habitat privé des provinces occidentales du monde romain, antécédents et prolongements, protohistoire, Moyen Age et quelques expériences contemporaines*. Actes du 2e Congrès archéologique de Gaule méridionales. Lyon.

LULL, V. (1983): *La cultura de El Argar*. Akal, Madrid.

MALDONADO RAMOS, L., CASTILLA, F. y F. VELA COSSÍO (1998): “La técnica del tapial en la Comunidad Autónoma de Madrid. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia”. *Informes de la Construcción*, vol.49, 452: pág. 27-37.

MALDONADO RAMOS, L. y F. VELA COSSÍO (1996): “Arquitectura Popular en el Valle del Tiétar”. *Narria* 75-76: pág. 1-7.

—— (1999a): *Curso de Construcción con Tierra. 1. Técnicas y sistemas tradicionales*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid / Instituto Juan de Herrera, Madrid.

—— (1999b): *Curso de Construcción con Tierra. 2. Vocabulario Tradicional*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid / Instituto Juan de Herrera, Madrid.

MALDONADO RAMOS, L., VELA COSSÍO, F. y D. RIVERA (2001): *Curso de Construcción con Tierra. 3*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid / Instituto Juan de Herrera, Madrid.

MALUQUER DE MOTES, J. (1954): *El yacimiento hallstático de Cortes de Navarra. Estudio Crítico I*. Pamplona.

—— (1958): *El yacimiento hallstático de Cortes de Navarra. Estudio Crítico II*. Pamplona.

—— (1982): “Los núcleos de población prerromana” en VV.AA. *Vivienda y urbanismo en España*: pág. 13-32.

—— (1985): “Cortes de Navarra. Exploraciones de 1983”. *Trabajos de Arqueología Navarra*, 4: pág. 41-64.

—— (1986): *Arquitectura i urbanisme ibèrics a Catalunya*. Instituto de Arqueología y Prehistoria, Barcelona.

-
- MALUQUER DE MOTES, J. et al. (1990): *Alto de la Cruz (Cortes de Navarra) Campañas 1986-1988*. Trabajos de Arqueología. Navarra, 9. Pamplona.
- MONJO CARRIÓN, J. (1998): “La evolución histórica de la arquitectura de tierra en España” en *Arquitectura de Tierra. Encuentros Internacionales Navapalos*: pág. 31-44.
- MOUTINHO, M. (1979): *A arquitectura popular portuguesa*. Editorial Estampa, Lisboa..
- OLCESE SEGARRA, M. (1993): *Arquitectura de tierra: tapial y adobe*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid, Valladolid.
- PELLICER, M. (1986): “Calcolítico” en *Historia de España, I. Prehistoria*: pág. 207-264.
- ROMERO CARNICERO, F. (1992): “Los antecedentes protohistóricos. Arquitectura de piedra y barro durante la primera Edad del Hierro” en Báez Mezquita, J.M. (coord.) *Arquitectura Popular de Castilla y León. Bases para un estudio*: pág. 175-211.
- SCHÜLE, W. y M. PELLICER (1964): “Excavaciones en la zona de Galeras (Granada). *C.N.A., VIII*: 387-392.
- SCHÜLE, W. (1967): “El poblado del Bronce Antiguo en el cerro de la Virgen de Orce y su acequia de regadío”. *C.N.A., IX*: 113-121.
- SIRET, E. y L. (1890): *Las primeras edades del metal en el Sudeste de España*. Barcelona. 2 vol.
- SOUDSKY, B.(1969): “Etude de la maison neolithique”. *Slovenska Archeologia XVII*: pág. 5-96.
- URQUIJO ÁLVAREZ DE TOLEDO, C. y D. URBINA MARTÍNEZ (2000): *El Proyecto Arqueológico Plaza de Moros*. Iniciativa Comunitaria Leader II Comarca de Ocaña / Asociación Comarcal Don Quijote de la Mancha, Madrid.
- VEIGA DE OLIVEIRA, E y GALHANO, F. (1994): *Arquitectura Tradicional Portuguesa*. Publicações Dom Quixote, Lisboa.
- VÉLEZ, J. y J.J. PÉREZ (1987): “El yacimiento protohistórico del Cerro de las Cabezas (Valdepeñas, Ciudad Real)”. *Oretum, III*: pág. 167-196.
- VILLANUEVA, J. de (1984): *El Arte de la Albañilería*. Editora Nacional, Madrid.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE
ARQUITECTURA DE MADRID



AYUNTAMIENTO DE BOCEGUILLAS



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE MADRID