

ICVA - 1er. Congreso Virtual de Arquitectura

Diciembre 1999 a Enero 2000

Microcurso A8 - ARQUITECTURA DE BARRO

Profesor: Arq. Gonzalo Vélez Jahn

E-mail: gvelez@reacciun.ve

Caracas, Venezuela

"El increíble silencio de las paredes de barro "...

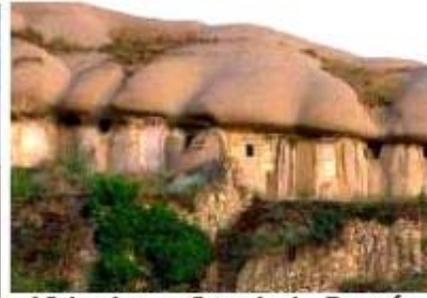
1- INTRODUCCION

Humilde barro !

El más noble, el más difundido, el de mayor plasticidad física y estética de todos los materiales constructivos que han acompañado al ser humano desde los albores de la civilización... Qué otro material puede compararse contigo? Eres alegría de constructor, refugio ambiental del desamparado, inspiración de artistas y mensajero de glorias milenarias, de miserias extremas y de pasada grandeza...



Huaca del Dragon, Perú



Viviendas en Capadocia. Turquía



Pueblo Taos en Nuevo México



Ruinas de Chan Chan, Perú



Vivienda en Santorini. Grecia



Vivienda en Arizona

El presente microcurso no pretende, desde ningún punto de vista, originalidad de conceptos y de redacción. Si algún mérito posee es la paciente conformación de un "collage" de información, gráfica y escrita, capturada en diferentes regiones de la Internet-WWW, cuya referencia se incluye al final del documento.

2- PROPOSITO

La creciente **conciencia ecológica** a nivel internacional, unida a la revisión y actualización tecnológica de muchas de las tecnologías tradicionales de construcción está trayendo como consecuencia la revivificación de recursos valiosos que ya se pensaban permanentemente descartados. Es importante, por tanto, mantener una visión actualizada de lo que está ocurriendo en el área a nivel internacional.

El propósito de este microcurso es iniciar al participante, dentro de una primera aproximación, en lo concerniente al conocimiento y apreciación del barro en sus muchas formas de participar como material de

conocimiento y apreciación del barro, en sus muchas formas de participar como material de construcción, incluyendo, finalmente referencias que permitan a este participante proseguir su proceso de autoformación en el área aquí iniciado.

3- DEFINICIONES INICIALES

Qué entendemos por "arquitectura de barro" ?

Por arquitectura de barro entenderemos, a los efectos del presente documento, aquella modalidad de construcción donde interviene como materia prima constructiva el **barro** en sus diferentes aplicaciones, procesado a través de una amplia gama de tecnologías tradicionales o innovadoras, bien solo, bien mezclado, sometido al calor del sol, prensado, tratado de diferentes formas. Queremos ser lo más amplios posibles para establecer así una trama flexible de referencia que pueda presentar diferentes variantes de su uso al que se inicia en su conocimiento. El único aspecto no tratado aquí es el del ladrillo de arcilla cocida, tan común en términos de su conocimiento a cualquier estudiante de arquitectura que para mencionar algo novedoso se requerirían más páginas que las que permite este microcurso. Por lo demás, esta suerte de "primo rico" parece correr en una categoría tecnológica y económicamente diferente aún cuando como veremos después el "primo pobre" del adobe no le va a la zaga en algunas tendencias recientes.

Eliminada así la despiadada competencia del ladrillo, indudablemente el ejemplo más representativo de la arquitectura de barro es el **adobe**, una mezcla de barro y paja en diversas proporciones, difundido y utilizado en el mundo entero desde hace miles de años.

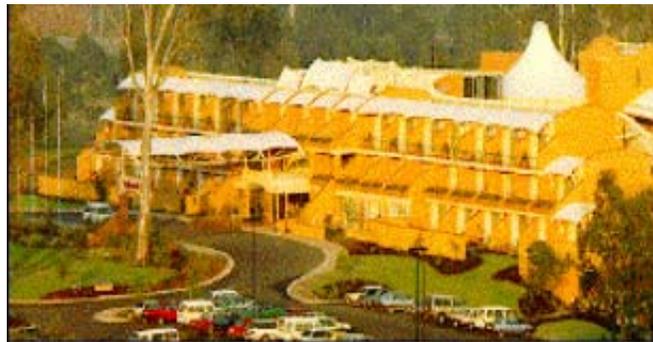
Con el adobe y otras formas de construcción tradicionales del barro iniciaremos el presente microcurso.

4- EL BARRO EN LA HISTORIA DE LA CONSTRUCCION

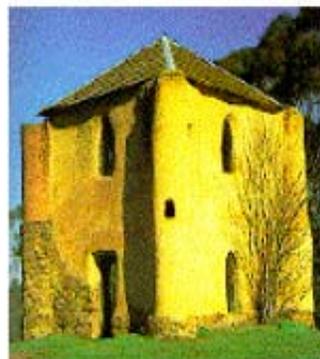
"El hombre tierra fue, vasija, párpado
del barro trémulo, forma de la arcilla,
file cántaro caribe, piedra chibcha,
copa imperial o sílice araucana".

Pablo Neruda - AMOR AMERICA

"El barro es uno de los materiales de construcción más antiguos de la humanidad. Por decenas de siglos, el hombre ha mezclado arena y arcilla con paja para moldear ladrillos que deja secar al sol, y que se conocen en muchos países como **adobes**. Aún hoy, mas del 50 % de la población del mundo construye sus viviendas con barro, en distintas formas y con diferentes técnicas. Mientras que muchos países han promovido el uso de "materiales modernos", caros e inadecuados en detrimento de los diseños arquitectónicos tradicionales, en la actualidad presenciamos un **resurgimiento** del uso del barro, como es el caso específico de Australia y Nueva Zelanda. En muchas zonas se han redescubierto sus ventajas como material de construcción de bajo costo o sin costo alguno".



Hotel Koorallbyn, Queensland, Australia



Bears-Castle, Victoria, Australia



Iglesia de Tomás Moro, Western Australia

Más específicamente, la palabra "adobe" de amplio uso en las Américas y que abarca ladrillos cocidos al sol, el material con el que se fabrican e incluso en algunos sitios el tipo/estilo de construcción con el que se los asocia parece provenir originalmente de la palabra árabe **atob** que significa cieno, lodazal o bién de **atuba** la denominación asignada a la forma del ladrillo. Otras fuentes remontan el origen de ese nombre a una era aún mucho más remota, ubicándolo entre los jeroglíficos egipcios de los cuales derivó a los pueblos árabes. Pero el origen de la técnica primitiva del uso del barro como material de construcción pudiera remontarse aún más, según se evidencia en los vestigios existentes de las primitivas comunidades agrícolas en Mesopotamia, hace más de 7.000 años antes de la era cristiana. Sea como fuere, el "estilo" de la construcción de adobe migró hace muchos siglos de Marruecos, en el norte de África, a territorio español desde donde se difundió a sus dominios, popularizándose el uso de moldes de madera para sistematizar la construcción con adobes. En las Américas el uso de material equivalente al adobe aparece por primera vez en el **Valle de Chicama**, en el Perú, hacia el año 3000 antes de Cristo. Durante la conquista y colonización americana, el adobe constituyó muchas veces la única solución para construir edificaciones en zonas remotas. La llegada de modernas vías de penetración y transporte cambió esa situación y nuevos materiales de construcción desplazaron y relegaron el uso del adobe en nuestro mundo contemporáneo. "Las construcciones de adobe representan las estructuras más antiguas del sud-oeste de los EE.UU. que todavía están en pie. Existen aún edificaciones de misiones religiosas y casas privadas que datan de siglos atrás. Los colonizadores de la región construyeron sus casas con adobe porque el material (tierra) era abundante. No había bosques o grandes cantidades de rocas, de manera que contruyeron con lo que tenían a mano. Resulta que hoy día hemos "descubierto" que ésta es la manera de elegir los materiales de construcción. Casi seguro que el material más abundante en una región es, asimismo, el que mejor se adapta al clima y al medio ambiente".

El otro factor fue, por supuesto, el arraigo de la cultura del adobe en regiones donde lo benigno del clima reducía los riesgos de su erosión y deterioro así como los costos de su mantenimiento...

A otras variantes del uso de la materia prima que conforma el barro para construcción se las ha denominado tierra apisonada, tapia, pisé, jacal y bahareque, entre otras...

5- CARACTERISTICAS DEL BARRO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

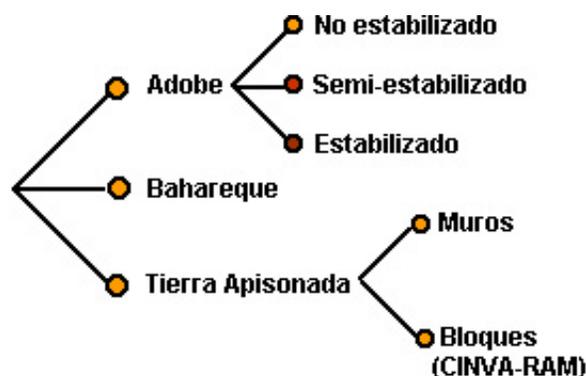
El barro constituye una excelente materia prima para la construcción. Es el resultado de una lenta eflorescencia de feldespato, cuarzo y mica. Es abundante, económico y reciclable, excelente para regular el control de las variaciones de la temperatura ambiental en una habitación. Mezclado con fibra provee aislamiento acústico y térmico, absorbe olores y no es atacado por el fuego. Y, como se verá en páginas subsiguientes, constituye un factor de estímulo a la creatividad, la estética y la flexibilidad de la obra arquitectónica.

En aquellos sitios de clima lluvioso, donde el secado tradicional del barro utilizando el calor del sol es problemático el uso del barro deriva hacia la **tierra apisonada** para la construcción de muros y paredes, lo cual exige su propia técnica constructiva.

En las áreas tropicales caribeñas y en algunas zonas de la costa peruana se utilizaba hasta hace relativamente poco tiempo la tecnología de barro aplicado en paredes sobre una estructura de caña. Este sistema denominado "**bahareque**", "bajareque" o "pajareque" se utiliza también en algunas regiones de España, constituyéndose en una solución climática satisfactoria aunque adoleciendo de otros defectos que han marginado gradual, y a veces injustamente, su uso.

6- TECNOLOGIAS TRADICIONALES DEL BARRO

Las tecnologías tradicionales del barro de uso más divulgado pueden resumirse según el siguiente esquema:



BARRO- Sistemas Constructivos Tradicionales

A- Técnicas de Construcción en adobe

EL ADOBE

Es un ladrillo hecho con barro que tiene, tradicionalmente, unos 25 x 35 x 10 cms, con un peso promedio de unos 14 kilos. La mezcla ideal contiene un 20% de arcilla y un 80% de arena. Estos materiales, mezclados con agua, adquieren una forma fluida que permite volcarla en formas de madera dotadas de las dimensiones citadas anteriormente. Cuando parte del agua se evapora, el ladrillo de adobe es entonces

dimensiones cuando se endurece. Cuando parte del agua se evapora, el ladrillo de adobe es entonces capaz de sostenerse por sí mismo. Es entonces cuando se remueve la forma, completándose su secado al sol en áreas libres disponibles para tal fin conocidas como "patios de secado". Después de varios días, para acelerar el secado, los ladrillos son movidos, apoyándose en una de sus caras laterales. Al cabo de unos pocos días están listos para ser apilados. La cura completa toma unos 30 días. Para ese momento el ladrillo es ya tan fuerte como el cemento.

El comportamiento del adobe está ligado a las condiciones y constitución del suelo del cual proviene. Un suelo excesivamente arcilloso exigirá la incorporación de una mayor proporción de otros componentes para balancear su mayor capacidad de contracción-expansión que puede conducir a fisuras y deformaciones. La mejor forma práctica de conocer el comportamiento del suelo es realizar inicialmente la construcción de una pequeña muestra de adobes y observar su comportamiento, incorporando luego, de haber necesidad, los correctivos del caso.

Tradicionalmente, el adobe, al no requerir de uso de combustible para su elaboración representa un ahorro sustancial estimado en un 40 % con relación al costo del ladrillo de arcilla que exige la utilización de hornos para su cocción. Como desventaja económica desde el punto de vista de su construcción comercial se encuentra el uso intensivo de obreros y de labor manual, una de las razones por las que su utilización comercial ha derivado hacia los altos niveles adquisitivos donde se producen hoy día maravillosas creaciones arquitectónicas con esta tecnología...

A la paja se la considera comunmente como parte esencial del ladrillo de adobe. Esto no es cierto y los ladrillos de adobe contemporáneos no la usan. Su uso se creyó importante para dar rigidez al adobe, o evitar rajaduras al secarse. Lo cierto es que si la proporción de arcilla y arena es la correcta, no se la necesita. Si el adobe se raja al secarse es porque tiene mucha arcilla".

Ya en la construcción, los bloques de adobe se pegan entre sí utilizando mortero de barro.

"Debido a su facilidad, economía e independencia del uso comercial el adobe se convirtió, en todo el mundo, en el material "de los pobres", cuyas familias participaban en la fabricación de la mezcla usando los pies, y volcando la misma dentro de formas de madera para fabricar los ladrillos".

Aún cuando tradicionalmente el adobe no se sometía a la acción del fuego, hoy día existen adobes producidos comercialmente que sí la utilizan. En ese caso los "ladrillos" así producidos, manteniendo sus dimensiones originales, evidencian cambios con relación a los tradicionales en cuanto a textura, color y resistencia. También, algunas variantes del adobe contemplan su estabilización (en oposición a su disgregación) al añadirsele dosis de cemento, asfalto y/o materiales bituminosos. Pero esto altera la apariencia y la forma de trabajar del material original.

Una desventaja del adobe no cocido es su falta de **estabilidad** como materia, dado que su endurecimiento no reviste carácter permanente como sí ocurre en el ladrillo cocido, y ello puede conducir a cambios de acortamiento y ensanchamiento en sus proporciones al variar la proporción de su contenido de agua. También su resistencia varía con la cantidad de agua que aloja: a mayor cantidad de agua contenida menor capacidad de carga.

El adobe no se adhiere permanentemente a metal, madera o piedra en razón de su mayor variabilidad de comportamiento en dilatación-contracción. Sin embargo, en muchas obras se los encuentra juntos pero operando separadamente.



Construcción con adobe ¶



El tradicional mortero de barro ha sido sustituido hoy día, en el caso de bloques de adobe estabilizados, por morteros de cal y cemento pero los morteros de cemento, al ser más fuertes que el adobe no estabilizado y presentar diferente comportamiento de expansión/contracción pueden contribuir a deteriorar el material de

adobe utilizado.

Cuando el adobe se utiliza como muro de carga sus secciones aumentan considerablemente y las construcciones rara vez exceden los dos pisos de altura.

El adobe no es un buen aislante térmico. Tiene la capacidad de absorber calor durante lapsos considerables de tiempo. En los países de cambio brusco de temperaturas entre el día y la noche, establece un promedio de temperaturas extremas que resulta beneficioso para el habitante que aloja.

Utilizando dos o tres operadores en el uso de esta tecnología puede alcanzarse una producción diaria de entre 300 y 500 ladrillos de adobe.

El Adobe semi-estabilizado

Está clasificado como una forma de ladrillo resistente a la humedad debido a la incorporación a su composición habitual de 3% a 5% de su peso en forma de agente estabilizador o de agente impermeabilizante. Este estabilizador posee gran importancia en la protección del bloque de adobe durante el proceso de curado. La emulsión asfáltica es el principal estabilizador debido a su facilidad de uso y bajo costo pero el añadir en vez de ella un 5 a 10 % de cemento portland produce el mismo resultado.

El agente estabilizador debe ser incorporado a la materia prima del adobe con anterioridad a su vaciado en moldes.

El Adobe estabilizado

Un adobe totalmente estabilizado debe limitar la proporción del agua que asimila al 4 % de su peso, requiriendo para ello la incorporación de una emulsión asfáltica que fluctúa entre el 6 y el 12 % de su peso total. Las paredes exteriores construidas con el adobe así estabilizado (y su mortero) no ameritan de protección adicional y pueden ser dejadas expuestas, sin requerir frisado alguno. De hecho, la insistencia en recubrir paredes con alguna forma de friso impermeabilizado incrementa sustancialmente el costo de la obra.

Estadísticas realizadas en la industria de construcción en adobe en Nuevo México en 1994 indican que solo un 1 % de la producción de adobe se orientaba al adobe totalmente estabilizado.

Costos asociados

Si bien el propietario prospectivo de una vivienda de barro puede fabricarse sus propios ladrillos de adobe, el costo asociado (en USA) al construir una casa de 200 m² oscila entre \$ 2.000 y \$ 3.000 dólares. La diferencia en costo depende de su ubicación y de si se adquieren ladrillos tradicionales o estabilizados.

B- Tierra comprimida, apisonada o prensada ("rammed earth"). Tapia.

Esta tecnología tradicional, que ha acompañado a la del adobe desde los albores de la civilización, se distingue de aquella, durante su construcción en el hecho de que su masa es sometida a una presión o prensado que reduce el nivel de humedad en la mezcla así como también la posibilidad de penetración futura de la misma en las paredes de la edificación erigida. Además allí donde el adobe adopta la forma de bloques o "ladrillos" la tierra comprimida se utiliza preferencialmente en la construcción de paños de paredes. La tecnología de tierra comprimida ha sido utilizada en obras tan gigantescas y perdurables como la Gran Muralla China.

En España se conoce y utiliza desde hace siglos la tecnología de tierra apisonada bajo la denominación de **tapia**. Esta variante, que incorpora cal a la mezcla de barro, opera basándose en el uso de moldes modulares de madera denominados "tapiales" que permiten construir paños de paredes con material comprimido (ajustándose previamente al ancho deseado) y que luego se solapan en bordes angulados para lograr su unión definitiva. Tradicionalmente se identifican dos tipos de tapia: la **tapia real** que incorpora cal mezclada con barro y la **tapia comun** que opera basada en barro únicamente. La materia prima utilizada en la construcción de tapia y, en general, de todos los sistemas constructivos que hacen uso de tierra, debe ser cuidadosamente cernida a objeto de eliminar impurezas vegetales que, al pudrirse, pueden originar cavidades y deformaciones en el interior del producto acabado. Igualmente, deben eliminarse guijarros cuando su tamaño afecte las condiciones de coherencia de la pasta del material a ser producido.

En los últimos años, la actualización de la tecnología de tierra apisonada en lo relativo a sus aspectos ingenieriles y de mecanización, incorporando técnicas y maquinaria moderna a su proceso de construcción, ha contribuido poderosamente a su reincorporación competitiva en el mundo de las tecnologías de construcción. Abanderadas en la recuperación de dicha tecnología figuran, al igual que en adobe, los países de Nueva Zelanda y Australia.



Vivienda en Otorohonga, Nueva Zelanda

Características del procedimiento constructivo

Las viviendas de tierra prensada poseen comunmente paredes mucho más gruesas que las requeridas por otras tecnologías pudiendo alcanzar los 90 cms. La construcción de estos muros se realiza mediante el uso de formaletas de hierro o de madera colocadas sobre fundaciones de piedra o de concreto y aplicando gradualmente, unas sobre otras, capas de material húmedo de 15 a 20 cms. de espesor. Se aplican entonces pisones hidráulicos que comprimen cada capa reduciendo el volumen de humedad en un 25 a 30 %. Una vez que las capas de barro apisonado alcanzan la altura deseada, se retiran los moldes y se deja secar a la pared. Generalmente se añade a la mezcla como estabilizador el cemento portland. Debido a su mayor coherencia y consistencia la tecnología de tierra apisonada abarca un mayor espectro climático que la de adobe que debe evitar condiciones rigurosas de lluvias intensas y frecuentes.

Beneficios de la tierra prensada

La tierra prensada posee una muy elevada masa térmica (es decir, habilidad para almacenar calor). En los países de clima frío, esto constituye un invaluable recurso en los diseños de **sistemas pasivos de energía solar**. Durante el invierno, la pared actúa como un acumulador de energía calórica a los rayos del sol, que luego irradia al interior de la edificación compensando el incremento de frío en la temperatura ambiental y actuando como un regulador climático en la edificación. Durante el verano, el diseñador debe prever adecuada protección solar sobre las paredes (prolongación de quiebrasoles y otros recursos que impidan el recalentamiento excesivo de las paredes de la edificación). De existir una marcada caída de temperaturas nocturnas con relación a las diurnas las paredes "respirarán" hacia afuera el exceso de calor acumulado durante el día *antes de que el mismo haya logrado penetrar al interior de la edificación*. Un manejo apropiado de la ventilación de los espacios de la vivienda puede mantenerlos frescos durante las horas diurnas.

Otros beneficios incluyen: el uso de la tierra como recurso afín al ambiente; bajo mantenimiento; solidez y sentido de estabilidad y permanencia derivado de la forma construida; ambiente saludable interno; ahorros y economías en cuanto a la administración del sistema de aire acondicionado de la edificación; adecuada protección climática, paredes contra incombustibles y protección a la penetración de insectos a su interior.



Templo de "Middle Path" en Nueva Zelanda

Operaciones de acabado

Operaciones de acabados

La pared de tierra apisonada, una vez seca, puede ser revestida con friso exterior ("stucco") e interiormente enyesado ("plaster"), el cual puede ser coloreado o simplemente dejado al natural para reducir costos. Y aún este revestimiento puede ser diferido o eliminado.

Las paredes construidas con tierra apisonada continuarán endureciéndose durante el primer año de su construcción.

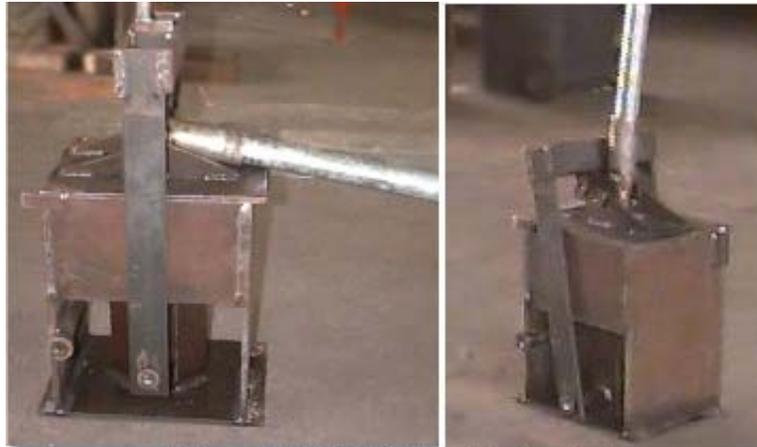
Orientación y control de costos

Los costos de una vivienda basada en tierra apisonada son generalmente comparables a los de otros tipos de construcciones, donde el costo total de la obra de construcción depende grandemente de la calidad de acabados y el grado de detalle de construcción exigido por el propietario. Los sistemas de paredes por regla general representan entre el 10 y el 20 % del costo de la obra. Apartando la habilidad y experiencia del diseñador para hacer el mejor y más eficiente aprovechamiento del sistema constructivo, una cuidadosa selección de materiales para pisos y techos, plomería y electricidad y otras instalaciones pueden constituirse también en importantes factores de control de costos de construcción.

Bloques de Tierra Apisonada utilizando la tecnología CINVA-RAM

Es posible producir bloques de tierra apisonada, en vez de paredes y muros, utilizando la venerable sencilla y práctica tecnología de la máquina CINVA-RAM originada en Chile y Colombia durante la década de los cincuenta.

Esta máquina, portátil, que opera sin requerir alimentación de energía eléctrica alguna y que es accionada por un operador humano se ha expandido por el mundo, llegando a permitir una producción de tipo doméstico dada la sencillez de su fabricación.



Máquina CINVA-RAM Modelo doméstico

Para operar un equipo CINVA-RAM debe primero maniobrarse el marco metálico que la rodea de modo que permita abrir el tope de la caja y vaciar dentro de ella la tierra debidamente preparada. Una vez hecho esto, se cierra de nuevo la tapa y se inclina con fuerza la larga barra metálica que posee para producir un efecto de prensado manual sobre el material contenido en la caja.

Una vez que el material ha sido debidamente compactado se maniobra nuevamente el marco metálico para liberar la tapa de la caja y permitir la emergencia del bloque que emergerá parcialmente fuera de la caja. De allí podrá ser fácilmente extraído para su secado y acumulado en pilas..

El uso del equipo CINVA-RAM implica duro esfuerzo físico pero su recompensa consiste en la disponibilidad e independencia de una forma de construcción barata y efectiva de producir bloques de tierra comprimida y un invaluable recurso de apoyo a la autoconstrucción de viviendas de muy bajo costo.

C- EL Bahareque, Bajareque o Pajareque

La tecnología del bahareque (bajareque o pajareque como se la denomina en otras latitudes) ha sido durante siglo una de las más populares formas de construcción tradicional de bajo costo en el área del Caribe (existe también su usos en ciertas regiones de España donde su aplicación constructiva resulta en la producción de "barracas").

En principio, el bahareque constituye una tecnología constructiva constituida por un entramado de cañas sobre el cual de ha extendido manualmente una gruesa capa de barro. La vivienda así elaborada se apoya generalmente en el uso complementario de horcones y de techos de palma entretejida para brindar un refugio ambiental y climático a las clases más desposeídas. Esta tecnología utilizada consistentemente a través del tiempo cayó progresivamente en desuso durante la segunda mitad del siglo XX, desplazada por un número de importantes factores entre los cuales se destacan:

a) Las campañas sanitarias orientadas a combatir condiciones de vida insalubres derivadas del deterioro interior de las viviendas que hace que sus paredes puedan convertirse en refugio de roedores y de insectos indeseables incluyendo el terrible flagelo del "chipo". También contribuyen a este cuadro de insalubridad el uso de pisos de tierra no tratada, que no necesariamente tiene que ver con el sistema pero que lo

uso de pisos de tierra no tratada, que no necesariamente tiene que ver con el sistema pero que lo acompañan tradicionalmente.

b) Inseguridad de protección de la vivienda contra el robo por vulnerabilidad del techo de palma.

c) Riesgo de incendio por la misma razón.

d) Inseguridad como refugio ante vientos fuertes, tormentas e inundaciones.

e) Y lo que, quizá es el factor decisivo: facilismo de disponer de la solución "laminas de zinc" como forma rápida y fácil de erigir, muchas veces de procedencia gratuita. Esta antiestética costumbre ha poblado el paisaje de anárquicos despliegues "ferreteros", que han destruido el equilibrio plástico y ambiental y armónico y auténtico que proveían las originales construcciones de bahareque a lo largo de las costas tropicales y de otras regiones de climas más rigurosos.

Como se vé la tecnología del bahareque ha debido cargar con culpas ajenas las cuales no le son directamente atribuibles.

Un último punto adverso a destacar resulta el poco atractivo presentado por una tecnología de labor intensiva para las empresas de construcción profesionales.

Felizmente, al filo del año 2000, el bahareque, como muchas otras tecnologías del barro parece contemplar, a la luz de los avances tecnológicos y sanitarios de la época una revisión y actualización de reducción de sus defectos y de valorización de sus virtudes.

7- EJEMPLOS DE USO DE TECNOLOGIA DEL BARRO EN LATINOAMERICA

Sólo a modo de ilustración superficial, debido a la extensa gama de aplicaciones efectuadas en tiempos modernos en países latinoamericanos, mencionaremos:

En Colombia

Desde hace al menos cuarenta años se utiliza en Colombia la tecnología de tierra apisonada conocida como CINVA-RAM en la construcción de edificaciones de bajo costo de uso popular. Este conocimiento tecnológico ha sido largamente divulgado por institutos de investigación a través de diversos tipos de publicaciones.

En la actualidad es importante destacar la existencia de un Subprograma para la Sistematización del Uso de la Tierra en Vivienda de Interés Social, Habiterra del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo que promueve entre otras actividades cursos de divulgación sobre la tecnología de uso de la tierra en construcción.

En Costa Rica - El Museo de Cultura popular ha realizado cursos sobre la construcción utilizando bahareque. En la región sur de Honduras.

En la actualidad, nuevas escuelas de adobe han sido completadas en el sur de Honduras bajo auspicios del programa dirigido por el Departamento de Educación Hondureño con asistencia del US / AID via seminarios educativos, maquinarias y gerencia. El programa, iniciado a comienzos de los 90 se basó en la gran diferencia de costos de construcción a favor del adobe (un 60 % menor que otras tecnologías de bloques). Los maestros han reportado en el uso inicial de estas nuevas instalaciones condiciones interiores más frescas durante épocas de calor riguroso, mejor calida de sonido y mejor comportamiento de clases en comparación con otras escuelas existentes basadas en bloques de concreto.

Uno de los aportes claves a este proyecto fue la participación comunitaria de la población hondureña local en la construcción de las escuelas. Otro hito de importancia lo constituyó la adquisición del diseño y construcción de una maquinaria de bajo costo para la compresión de los bloques de adobe utilizados en el proyecto. Esto contribuyó a acelerar notablemente la producción de los bloques constructivos requeridos.

8- FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL BARRO EN LA CONSTRUCCION

Fortalezas

a) Independencia y disponibilidad.

Un factor importante a favor del barro es su independencia y la abundancia, disponibilidad y uso de su materia prima con fines de participación comunitaria y de su uso por mano de obra no especializada.

b) Trabajabilidad.

En el caso del adobe tradicional, otro beneficio lo constituye la facilidad para cortarlo, tornearlo o ajustarlo dimensionalmente.

c) Costo de fabricación.

Las tecnologías tradicionales del barro aquí tratadas (adobe, bahareque, barro prensado) no presentan exigencias energéticas que no sean el uso del sol como fuente de secado. Esto representa un ahorro significativo con relación a otras tecnologías.

En el caso específico del adobe tradicional como material de construcción el ahorro del costo energético en su producción es factor decisivo, máxime si se toma en cuenta que el "quemado" del ladrillo rojo de arcilla representa el 40 % de su costo. Si comparamos los valores energéticos requeridos para producir ambos materiales encontraremos que son de 2.000 Btu para el adobe contra 30.000 para el ladrillo de horno.

d) Insonorización y climatización.

El uso del barro en construcción representa un buen aislante acústico y, aún cuando no puede ser clasificado como un buen aislante térmico en regiones donde hay diferencias marcadas día-noche en la temperatura ambiental exterior, la pared de barro actúa como un regulador ambiental en materia de climatización interna.

e) Sentido ambientalista

y, sentido ambientalista.

Desde el punto de vista de la creciente conciencia ambientalista que caracteriza a la arquitectura actual el barro se agrupa con las tecnologías ambientalmente correctas en razón de su auto reciclaje.

Debilidades

Las construcciones que incorporan el uso del barro son especialmente vulnerables al deterioro y ameritan de atención y mantenimiento. Esto por supuesto depende en mucho del grado de estabilización y compactación del material utilizado así como de sus condiciones originales. En muros de tierra comprimida y estabilizada estas debilidades son mínimas mientras que se elevan al máximo en construcciones que utilicen el bahareque o el adobe tradicional no estabilizado.

Otra debilidad es, hasta ahora, la baja popularidad que disfruta en el campo de mecanización industrial de sistemas constructivos en razón de su excesiva dependencia en labor manual ("labor intensive"), lo cual tiende a encarecer los servicios de su producción profesional.

9- PRESERVACION DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE

"La preservación y rehabilitación de una construcción de adobe deteriorada es tanto más exitosa cuanto más se aproxime al empleo de las técnicas que se utilizaron en la construcción original".

"El mantenimiento cíclico es una de las claves de la revitalización en el uso del adobe como material de construcción".

"La preservación del adobe es uno de los problemas más difíciles de la conservación. Bajo el impacto del clima, la lluvia y el aumento de humedad, el adobe se revierte a barro y se desploma y vuelve inexorablemente a la tierra. Tradicionalmente, las casas y edificios de barro habitados son sometidos a reparaciones y mantenimiento anuales, muchas veces agregando aditivos naturales al barro para darle mayor durabilidad".

"A fines de los años 80, cuando las excavaciones de Tel Dan en Israel revelaron una puerta de triple arqueado de ladrillo de barro de mediados de la Edad de Bronce, el GCI se interesó en investigar la preservación del adobe. En un corto período de exposición a la intemperie, el sitio empezó a deteriorarse rápidamente".

El uso de polisilicatos y siloxanos hidrofóbicos constituyen un estupendo recurso en al recuperación de obras arquitectónicas de valor histórico construídas con barro, pero su elevado costo atenta contra la popularidad y divulgación de su uso.

El conocimiento especializado en la restauración de hallazgos arqueológicos de obras en adobe o en la recuperación del patrimonio histórico y artístico de los países abocados a su uso constituye un importante recurso tecnológico.

Signos y fuentes de deterioro de la construcción en adobe

Entre otros:

- **Daño estructural** originado por fundaciones insuficientes, mala calidad del material o efectos de fuerzas externas como viento, agua o movimientos sísmicos.
- **Problemas de humedad** originados por exceso de humedad o lluvia o de agua en el subsuelo debido a causas naturales o a drenajes inapropiados.
- **Agrietamiento** originado por incompatibilidades entre la rata de dilatación/contracción del friso existente con relación al de la pared de barro que recubre.

Más específicamente refiriéndose a la humedad como la más frecuente y más agresiva causa de deterioro en las edificaciones de adobe se pueden formular varias recomendaciones:

- 1) Verificar y restringirla proximidad indeseable de **vegetación** a la construcción de adobe, dado que las raíces pueden penetrar la construcción conduciendo un exceso de humedad al interior de la misma.
- 2) Verificar el **drenaje del pavimento** inmediato a la construcción de adobe velando porque el mismo ofrezca pendientes adecuadas para evitar el emposamiento de aguas al pie de sus muros.
- 3) Considerar la posibilidad de crear **canales de drenaje** que contribuyan a aliviar la carga excesiva de agua sobre la edificación.
- 4) Reforzar frisos y revestimientos originales aplicando **películas protectoras** higroscópicas y/o impermeabilizantes.
- 5) Combatir **erosión del viento** en la parte superior de las paredes o incorporando en casos extremos una **cortina de vegetación** como rompevientos.
- 6) Combatir la penetración de **plagas, insectos y de roedores o aves** que contribuyan a acelerar el proceso de deterioro de la edificación.
- 7) Combatir el crecimiento de **vegetación parásita** que se aloje en los intersticios de los muros de la edificación.

10- RAZONES PARA LA DISMINUCION DE IMPORTANCIA EN EL USO DEL BARRO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.

Existen un número de razones para la pérdida de popularización de las edificaciones de tecnología de barro en recientes décadas. Entre ellas:

- 1) Exigencias de mano de obra intensiva.
- 2) Imagen de las obras de barro asociada en nuestras latitudes (por desinformación) con "nobreza"

La imagen de las obras de barro asociada en muchas culturas (por desinformación) con pobreza. Irónicamente, en otras sociedades tecnológicamente más actualizadas y efluentes se le considera actualmente como símbolo de "status".

3) Exigencias normativas de ordenanzas de construcción.

4) Exigencias de mantenimiento cíclico.

5) Imagen publicitaria. Las construcciones convencionales basadas en tecnologías más comercializables conllevan un ejército de publicistas: escritores, constructores, propietarios de empresas de fabricación de materiales de fontanería, herrería, carpintería, transportistas y muchos más. Los constructores de estructuras de barro evidencian un muy bajo perfil publicitario.

Pero estas condiciones muestran signos de estar cambiando a la luz de recientes avances en el campo de la preservación de edificaciones y de los continuos adelantos en materia de recursos y de tecnología de construcción.

10- NUEVAS TECNOLOGIAS Y ACTITUDES EN EL USO DEL BARRO EN CONSTRUCCION

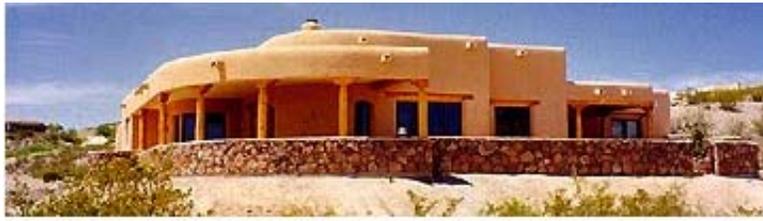
Presentamos seguidamente una muestra de experiencias que se adelantan en la búsqueda de aplicaciones e innovaciones en las tecnologías tradicionales del barro.



A- Adobe. Nuevas interpretaciones de una tecnología tradicional

Presenciamos en la actualidad el inicio de un cambio en hábitos y actitudes acerca de lo que tradicionalmente había sido la cultura del barro en la construcción. Hoy día, sin dejar de lado los enfoques del uso del barro aplicados a tecnologías de uso popular y de bajo costo, presenciamos cómo la tecnología constructiva y sus recursos han abierto caminos en el aprovechamiento del otrora humilde y despreciado adobe que estimulan la creatividad y la sensibilidad por las formas arquitectónicas de barro en el arquitecto actual. La tecnología del barro parece haber entrado, lo decíamos anteriormente, en una nueva fase de refrescado y revisión no sólo de su manejo y tecnología constructiva sino también en su capacidad para expresar la forma arquitectónica y en su valorización colectiva como elemento de prestigio dentro de la vida urbana en la que ha comenzado a participar con renovados bríos.





Viviendas de alto costo en adobe.



Avances de la mecanización

De un estudio-inventario de tecnologías utilizadas en la producción de 288 millones de ladrillos de adobe realizada en Nuevo México, USA en 1994 se detectó que sólo el 1 % se abocaba al empleo de la tecnología manual tradicional mientras que el 99 % restante se dividía por partes iguales entre métodos de producción mecánicos y semi-mecánicos. Por otra parte el volúmen de producción de ladrillos de adobe estabilizados era muy bajo y solo a solicitud mientras que la producción de bloques de barro prensado de tipo CINVA-RAM era también muy baja equivalente solo a 118.000 bloques.

Cifras de producción comparativas

Construcción tradicional (manual de) adobes: 300-500 adobes / día

Construcción semi-mecanizada de adobes: 1.500-3.000 adobes / día

Construcción mecanizada de adobes: 3.000+ adobes / día

Adobe de "Alta Tecnología"

"Si bien la combinación correcta de barro y arcilla permanece inalterada, en este tipo de adobe se le agrega un nuevo componente: **asfalto emulsionado**. Esta emulsión es un subproducto del petróleo que es comunmente usado en la construcción de caminos. Cuando se lo mezcla con agua, barro y arcilla, dependiendo de la proporción, se obtiene un ladrillo de adobe resistente al agua (semi estabilizado) o totalmente impermeabilizado (completamente estabilizado). La incorporación del asfalto emulsionado no es aceptada por todos, ya que la pared exterior de adobe va a ser cubierta con un revoque (plaster). Cuando la pared da a un patio o jardín interior su uso es justificado. Los "puristas" no se encuentran cómodos con la idea de agregar un producto del petróleo a algo que, de por sí, ofrece una belleza natural al edificio. La posible **gasificación** del asfalto es otro motivo de preocupación. Todos los materiales usados en una construcción liberan gases que resultan ser nocivos y, algunos de ellos, carcinogénicos. No tenemos conocimiento de que se haya investigado el tema de la gasificación de la emulsión de asfalto con algún detalle, sobre todo sus posibles efectos a largo plazo".

Adobe con pómez para construir refugios en las montañas de Colorado

Esta tecnología, experimentada por William Porter y su empresa sin fines de lucro "Sangre de Cristo Solar Adobe Works" utiliza una unidad móvil de construcción para transporte de material de pómez ("escoria") muy liviano, de color rojizo, textura coralina llena de huecos y de aristas que favorecen la adherencia con el barro de bajo costo y no expansiva cuando se humedece. Una vez en el sitio, se le mezcla con el barro en una proporción de cinco partes de escoria de pómez por una parte de barro local y un 4 % en peso de emulsión asfáltica lo que dá como resultado un bloque maniobrable y liviano, proveyendo a la vez un buen balance de la relación aislamiento/masa.

Construcción con astillas de madera y relleno de barro liviano

Una de las más recientes innovaciones en el desarrollo de la moderna tecnología alemana de construcción con barro consiste en el uso de astillas de madera amalgamadas con barro liviano y utilizadas como material aislante en paredes externas e internas. Desde su aparición en el mercado de construcción a comienzos de los años noventa, los contratistas de obra han podido ofrecer un relleno de barro, monolítico, natural y saludable. El aligeramiento del material utilizado es comparable al de los sistemas de barro y paja pero de mucho más corto tiempo de producción, más fácil de construir y menor tiempo de secado y curado. Adicionalmente resulta más eficiente y hace menor énfasis en la participación del recurso humano. La proporción de mezclado es de 3-4 baldes de astillas por cada balde de barro liviano dependiendo de la relación fuerza/peso requerida, la calidad del barro y el tamaño de las astillas utilizadas. Esta combinación se amalgama en la mezcladora durante un minuto hasta constatar que todas las astillas han sido recubiertas con una capa de barro y, al terminar, queda ya lista para ser vaciada en las formaletas que constituyen el molde de la pared. Luego se vacía la mezcla elaborada verificando la no existencia de espacios vacíos. Es factible utilizar una variedad de recursos como trama sustentante del barro de la pared, entre ellos el uso de varas de bambú. Otros tipos de tramas de madera más o menos formales según el caso pueden ser utilizadas. La existencia de la trama sustentante contribuye a rigidizar y fortificar la constitución de la pared, reduciendo a la vez las posibilidades de contracción. Una vez seca la superficie de la pared puede aplicarse sobre ella un friso de yeso sin mayor dificultad. Una pared de 30 cms. de espesor puede requerir unas ocho semanas de tiempo de secado.

B- Industrialización del Bahareque

"Un hombre por sí solo no puede construir su propia casa pero diez hombres trabajando en grupo pueden fácilmente construir diez casas".

- Hassan FATHI

Inspirados por esta filosofía, la empresa franco-canadiense "Polypus", con base en el Canadá, ha proyectado al mundo la tecnología sistematizada del **bahareque** (que el sistema ofrecido denomina "bahareque") iniciándose con aplicaciones en países latinoamericanos y árabes. Una fuente más de sorpresas en este reciente proceso de globalización que viven las sociedades del planeta...



Construcción comunal en Etiopía



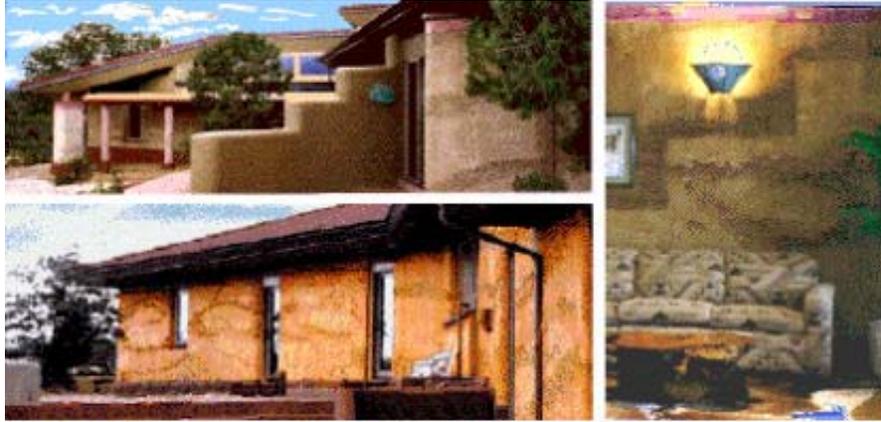
Sistema Bajareque- Empresa Polypus de Quebec, Canada

El producto de la experiencia de Polypus, al evidenciar el comportamiento superior de tradicionales estructuras de cañas y barro, soportando incólumes devastadores terremotos en la región centroamericana, consiste en un sistema de construcción de viviendas tipo "cesta" flexible y adaptable a condiciones exteriores, conformada por una estructura que utiliza una trama sustentante de madera tratada contra insectos y humedad, a modo de trama, sobre la cual se extiende una masa laterítica de barro. Esta sencilla estructura puede ser transportada en cajas a las más remotas regiones geográficas para su conformación in situ. Así, que una caja de 1.20 x 1.20 x 3.60 mts. y de unos 320 kg. de peso puede alojar los componentes para construir una casita con un área de 40 mts².

Barro vaciado ("cast earth") y yeso calcinado

La tecnología de **barro vaciado** no requiere la colocación de ladrillos de adobe ni de bloques de tierra apisonada ni la lenta compactación de muros típicos de la tecnología del barro. En contraste, consiste en vaciar rápidamente una construcción de una vez por todas, pudiéndose remover las formaletas utilizadas a corto tiempo del vaciado. Lo que hace posible lo antedicho es la rapidez del fraguado del yeso calcinado y el incremento de su fuerza hasta alcanzar una fuerza, aún húmedo, suficiente para soportar una pared en su sitio definitivo. Y lo más sorprendente de todo es la muy baja concentración de material requerido para aglutinar el barro que lo acompaña. Una proporción de 15 % o menos de yeso calcinado aportará suficiente

agritar el barro que lo acompaña. Una proporción de 15 % o menos de yeso calcinado aporta una suficiente resistencia para cumplir el proceso anteriormente descrito. Y no ameritará de refuerzos metálicos... Tradicionalmente, la tecnología de la construcción con barro refleja una imagen de uso intensivo de mano de obra que la hace atractiva sólo a los muy pobres (que la utilizan sin intermediarios) o a los muy ricos (que pueden pagar por ella). En contraste, la tecnología de barro vaciado, combinado con una proporción de yeso calcinado reduce al mínimo la árdua y lenta labor de mano de obra de antaño sustituyéndola por unas pocas horas de uso de maquinaria de construcción. Y los diseños innovativos no pierden su vigencia dado que el "armado" del material se realiza en su estado plástico. Los costos de construcción con la tecnología de barro vaciado resultan significativamente menores que aquellas correspondientes al adobe y a la tierra apisonada y hasta pueden llegar a serlo, dependiendo de las circunstancias, con respecto al "nuevo" bahareque (sistematizado). La tecnología de barro vaciado es competitiva en un amplio espectro que va desde las viviendas de producción masiva hasta la de altos costos adquisitivos.



Pese a su natural resistencia a la humedad, siempre resulta aconsejable recubrir la superficie exterior de paredes con una capa de silicona una vez que la pared construida se encuentre totalmente seca. Este "spray" sin alterar su apariencia ofrece habitualmente una protección que se extiende hasta por cinco años.

11- PANORAMA FUTURO: REVITALIZACION !

"Y mandó el Faraón aquel mismo día a los cuadrilleros del pueblo que lo tenían a su cargo, y a sus capataces, diciendo: De aquí en adelante no daréis paja al pueblo para hacer ladrillo, como hasta ahora; vayan ellos y la recojan. Y les impondréis la misma tarea de ladrillo que hacían antes, y no les disminuiréis nada" (Exodo 5:6-8)"

"Hoy día, en Egipto todavía pueden verse los restos de estas estructuras construidas con barro y ladrillos de paja".

La tecnología que caracteriza la época y sus avances espectaculares han traído como consecuencia, paradójicamente, una revisión y rehabilitación de las formas más humildes y más primitivas de construir. En parte ello se debe al vigoroso surgimiento de una creciente conciencia ambientalista en todos los frentes del quehacer humano. Falta sin embargo mucho por hacer, muchas batallas por luchar para llevar de nuevo a las tecnologías del barro a su antiguo sitio de gloria y esplendor.

Los arquitectos latinoamericanos, en particular, tenemos ante nosotros un reto de proporciones: volver a extraer de la madre tierra la fuerza de nuestras convicciones y de nuestras creaciones...

Pero: cómo hacer para lograr hallar el camino apropiado, mantener el rumbo hacia metas dignas de este reto ?



Del majestuoso pasado al deslumbrante futuro hay solo un puente que puede salvar la enorme brecha que los separa: el Arte. Y la labor de rescate que escultores y ceramistas han asumido con tanto éxito desde

hace años debemos realizarla ahora los arquitectos para rehabilitar la tecnología del barro de su injusta marginación del concierto de poderosas tecnologías que conforman el ejercicio y práctica de la arquitectura contemporánea.

REFERENCIAS INTERNET

CUANDO LA TIERRA SE MUEVE

http://www.getty.edu/qci/conservation/11_1sp/news_in_conservation/News1_1.html

PRESERVACION DEL ADOBE

http://www.getty.edu/qci/conservation/10_3sp/feature2/feature2_4.html

EARTH ARCHITECTURE- AN OVERVIEW

http://www.ran.org/ran/ran_campaigns/old_growth/earth_arc.html

CONSTRUIRSE UNA CASA DE ADOBE EN PERU

<http://www.crdi.ca/books/reports/1996/38-01s.html>

ADOBE PARA HACER CASAS (Tecnología Moderna)

<http://www.epsea.org/esp/adobe.html>

"ADOBE, MADERA Y LADRILLO EN LA ARQUITECTURA DE SAN PEDRO SULA"- Anuncio del libro de Angela María Stassano Raquel, Honduras.

<http://www.laprensahn.com/socarc/9712/s08001.htm>

POLYPUS QUEBEC- The Bajareque System

<http://www.polypus.ca/about.html>

ADOBE CONSTRUCTION- AN OLD METHOD WITH NEW APPLICATIONS

<http://www.buildamerica.com/old98/04-06-98/wkshow.htm>

INTER-AMERICAS ADOBE BUILDER MAGAZINE

<http://www.adobebuilder.com/>

SOLAR ADOBE SCHOOL (Cursos)

<http://www.adobebuilder.com/>

ADOBE ENGINE (Motor de Búsqueda)

<http://www.adobebuilder.com/index2.html>

NATURAL BUILDING TECHNIQUES BIBLIOGRAPHY

http://www.zianet.com/blackrange/br_pages/bibliography.html

MUD AND MAN_ A HISTORY OF EARTH BUILDING IN AUSTRALASIA

<http://www.mansfield.net.au/ppp/lqmitch/>

PRODUCTION TECHNIQUES

<http://www.emnrd.state.nm.us/ecmd/html/Publications/Adobe/ADOPq10.htm>

SOLEDAD CANYON EARTH BUILDERS. Hermosa arquitectura !

http://www.adobe-home.com/html/showcase_home.html

OJO !! REFERENCIA IMPORTANTE !!

<http://www.waitakere.govt.nz/ecocity/ecobuild/homeguide/earthbuilding/default.htm>

Contiene procedimientos, técnicas, etc.

http://www.ran.org/ran/ran_campaigns/old_growth/earth_arc.html

BUILDING WITH WOOD CHIP AND LIGHT-CLAY INFILL SYSTEMS

<http://www.nxi.com/www/joinersquarterly/proclay.htm>

TIERRA COMPRIMIDA ("Rammed earth")

<http://www.hahaha.com.au/rammed.earth/links.htm>