

Pasado y porvenir de la arquitectura **de tapia**

Luis Fernando Guerrero Baca

Doctor en diseño con especialidad en conservación patrimonial. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.*



Tapias agrietadas por el uso de tierras arcillosas. Valle de Aconcagua, Chile. Fotografía: Luis F. Guerrero

Si se compara la arquitectura de tierra con otros sistemas de edificación, es posible darse cuenta de sus marcadas cualidades en el campo de la sustentabilidad ambiental. Como ha sido expuesto en otros textos,¹ estos atributos se derivan, entre otros aspectos, del bajo impacto hacia la naturaleza que representa la extracción y transformación de su materia prima, así como de su adaptación bioclimática a diversos contextos geográficos.

Entre los tipos de arquitectura de tierra existentes destaca, por su armonía con el medio ambiente, el sistema constructivo conocido como "tierra comprimida, tapia o tapial". Esta técnica consiste en la realización de muros mediante la compactación de capas de tierra dentro de una cimbra. Además de compartir las cualidades ecológicas del resto de los sistemas constructivos de tierra, la tapia presenta la ventaja de su austeridad material pues no requiere la inclusión de fibras vegetales y necesita muy poca agua para poder apisonarse adecuadamente.

Entre los tipos de arquitectura de tierra existentes destaca, por su armonía con el medio ambiente, el sistema constructivo conocido como "tierra comprimida, tapia o tapial". Esta técnica consiste en la realización de muros mediante la compactación de capas de tierra dentro de una cimbra

Además, estudios de resistencia de materiales han demostrado que los muros de tapia soportan en promedio 40% más de esfuerzos de compresión, tensión y cortante que aquellos edificados con base en mamposterías de adobe que, como se sabe, llegan a desarrollar fallas estructurales especialmente ante sismos, debido a la falta de homogeneidad entre las piezas y el mortero que las une.²

La arquitectura de tapia tiene un origen milenario y ha sido aplicada en diferentes latitudes en las que se han generado estructuras de un destacado valor patrimonial. Desafortunadamente, en nuestro país la falta de interés y conocimiento acerca de sus características y cualidades, ha incidido en el hecho de que en la actualidad se encuentre casi extinta.

El presente trabajo expone algunos rasgos de la edificación de tapia, con la finalidad de contribuir a su valoración, conservación y desarrollo. El texto se centra específicamente en la caracterización de esta técnica, como sustento del avance de sus principios tecnológicos para su uso en intervenciones de restauración, pero sobre todo, como base para la generación de proyectos arquitectónicos sustentables.

Los componentes materiales

Las características de la materia prima resultan determinantes para la construcción de tapias. La tierra en su estado natural está integrada por partículas de diferentes tamaños, en función de lo cual se clasifican esquemáticamente de la siguiente manera:

Los elementos de mayor tamaño se denominan *gravas* y *gravillas*, luego les siguen las arenas, después los *limos* y finalmente las *arcillas*. Cada uno de ellos cumple funciones específicas dentro del suelo. Los tres primeros se consideran "inertes", ya que no se ven afectados por el agua que conforma la mezcla. Sin embargo, su papel consiste en la conformación del "esqueleto" que mantiene estable al conjunto. En cambio, las arcillas poseen una dimensión y una forma de organización cristalina que permite su fácil hidratación, movimiento e inserción entre las partículas mayores y, al secarse, se convierten en un aglutinante que evita que el conjunto se disgregue.

No todas las arcillas son iguales. Por tratarse de compuestos minerales con diferentes elementos, su comportamiento varía en función de su capacidad de reaccionar con el agua y por lo tanto, de cumplir su función cementante dentro del conjunto. Las arcillas más "activas" capturan y pierden mayor

cantidad de agua, lo que las hace más adhesivas, pero al mismo tiempo más inestables. En el polo opuesto, las arcillas más "inactivas" reaccionan menos violentamente a la hidratación, pero unen con menos fuerza al resto de los componentes de la tierra.

Es decir que las propiedades de los suelos varían en función de los tipos de arcilla que contengan, así como de las proporciones relativas de estos materiales. De este modo, si la tierra es "arenosa", ya sea porque contiene poca arcilla o porque ésta es poco "activa" —a pesar de poseer gran estabilidad ante los cambios de humedad o temperatura—, será un material frágil que se dañará fácilmente ante fuerzas externas y lo degradará la erosión. En cambio, una tierra demasiado "arcillosa" poseerá una alta cohesión, pero cuando se presenten fenómenos de humidificación y secado continuos, sufrirá cambios volumétricos capaces de generar fuertes agrietamientos en su constitución, lo que la hará también poco apta para conformar sistemas constructivos.³

Aunque es imposible e inapropiado buscar "recetas" infalibles, se ha podido observar que tapias antiguas que fueron elaboradas con las proporciones que a continuación se presentan, tuvieron un desempeño adecuado: gravillas 30 a 40 por ciento, arenas 25 a 35 por ciento, limos 15 a 20 por ciento y arcillas 7-12 por ciento.⁴

Por otra parte, hay que señalar que una tierra sin suficiente variedad granulométrica, es decir, aquella cuya textura es totalmente homogénea, tendrá mayor fragilidad pues se presentan vacíos entre las partículas que producen un material menos denso y resistente. Es necesaria la presencia de porcentajes equilibrados de partículas de diferentes tamaños para que las más pequeñas —arcillas y limos— se inserten en los huecos que se presentan entre las arenas y gravillas, con lo que se consigue una mejor densificación del material constructivo y, consecuentemente, una mayor estabilidad. Para la elaboración de tapias es aconsejable la eliminación de las piedras y grava de dimensiones mayores a un centímetro, ya que se ha comprobado que pueden debilitar las estructuras ante esfuerzos sísmicos.

Lo que es un hecho irrefutable es que existen edificios de tapia en casi cualquier latitud en los que se ha empleado prácticamente todo tipo de tierra. Allí donde los suelos naturales no reúnen las condiciones ideales para la labor, de manera tradicional se han desarrollado medios empíricos para identificar las proporciones más adecuadas de relación granulométrica. A

El interés académico por este material es bastante reciente por lo que en muchas investigaciones arqueológicas anteriores a los años sesenta ni siquiera se menciona

partir de ellos se pueden modificar los rasgos naturales agregando tierras arcillosas o arenosas a las mezclas o, en casos extremos, introduciendo sustancias estabilizantes tales como mucílagos, emulsiones de grasas, cal y, en años más recientes, cemento.

El agua constituye otro componente fundamental en el proceso constructivo y cumple dos funciones sustantivas. En primer lugar, permite el movimiento de las partículas sólidas de la mezcla al transportar a las más pequeñas entre las de mayor tamaño. Y, en segundo lugar, activa las propiedades "adhesivas" de las arcillas que al hidratarse generan atracciones electrostáticas sobre el resto de los componentes.⁵

Sin que se trate de una regla estricta, normalmente los rangos de humedad que se requieren para la realización de las tapias giran en torno a 10 por ciento. Cantidades menores producen mezclas heterogéneas que se vuelven frágiles con el tiempo, mientras que el exceso de humedad dificulta la compactación y genera alteraciones o deformaciones en las estructuras a lo largo de la fase de secado.

Como se expuso anteriormente, resalta la evidente ventaja ecológica que representa el bajo consumo de agua, si se compara la técnica de tapia con los otros sistemas constructivos de tierra como el adobe, el barro modelado y el bajareque. Debido a la gran cantidad de agua que requieren estas técnicas, para su elaboración se precisa la incorporación de materiales estabilizantes tales como la paja, las hojas, el estiércol o las emulsiones bituminosas. Estos aditivos tienen como función la de conformar una estructura que evita que el barro se contraiga demasiado en el momento del secado y que por lo tanto se generen fisuras en los componentes constructivos.

Evolución de la tecnología

Desafortunadamente los estudios históricos sobre la arquitectura de tierra no han sido desarrollados ni documentados de manera sistemática. El interés académico por este material es bastante reciente por lo que en muchas investigaciones arqueológicas anteriores a los años sesenta ni siquiera se menciona, por estar centradas preferentemente en materiales considerados más "nobles" como la piedra, la cerámica o la madera. Además, debido a la fragilidad que presentan las estructuras de tierra al ser abandonadas, no siempre se cuenta con restos materiales suficientemente conservados como para realizar análisis adecuados.⁶

No obstante, existen múltiples evidencias que demuestran que la tierra ha acompañado el desarrollo urbano de la mayor parte de las civilizaciones conocidas durante diversas etapas de su evolución.

Un elemento que resulta muy interesante acerca de la arquitectura de tierra es el desarrollo inconexo de sistemas constructivos muy similares en distintas regiones culturales. La construcción térrea tuvo una evolución independiente en sitios tan distantes como el norte de África, Mesopotamia, India, China, la región andina o Mesoamérica, desde antes de la Era cristiana.

En nuestro continente hay datos del uso de tapias muy anteriores a la conquista europea. Un ejemplo relevante es Perú, en donde existen sofisticadas estructuras de tiempos preincaicos en las que se crearon tapias tanto de manera aislada como en combinación con técnicas, como la *quincha* y el adobe. Los palacios que conforman la ciudad de Chan Chan son mudos testigos del avance tecnológico que alcanzaron las culturas mochica y chimú para la edificación de imponentes murallas.

La ciudad de Paquimé, así como las impresionantes casas en acantilado de la sierra de Chihuahua, en el norte de México, resultan también casos ejemplares. Sin embargo, aunque durante varias décadas se aceptó casi sin discusión que el sistema con el que se habían edificado los muros de sus monumentales conjuntos habitacionales era la tapia,⁷ investigaciones recientes han



Muros de tierra colada en las ruinas de Sirupa, Chihuahua. Fotografía: Luis F. Guerrero

puesto en evidencia que esta creencia no es del todo exacta. La irregularidad geométrica de los edificios y los patrones de deterioro que presentan las estructuras, hacen suponer que el sistema predominante pudiera haber sido el barro moldeado en húmedo,⁸ un sistema que también se conoce como "barro colado".

Dicha técnica, que desde luego está emparentada con la tapia, se diferencia de ésta en el hecho de que, para su elaboración, las cimbras son llenadas con lodo en estado plástico. Al igual que en el caso de la tapia, al secarse se consigue la elaboración de piezas monolíticas, pero su consistencia y resistencia involucran la introducción de piedras y grava en procesos similares a los que suceden con el concreto contemporáneo.

Lo que es un hecho muy claro es que en nuestro país los ejemplos de arquitectura de tapia son proporcionalmente mucho más escasos que los de adobe. Y, al igual que ocurre en la mayor parte de América Latina, la tradición constructiva que ha llegado hasta nuestros días se deriva fundamentalmente de la tecnología europea traída por los colonizadores y perfeccionada durante el siglo XIX.

El proceso constructivo en el centro de México

En México resulta relevante el hecho de que la única zona en la que se localizan restos de edificios históricos y tradicionales hechos de tapia se concentra en la región limítrofe entre los estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Sin embargo, es necesario aclarar que no se cuenta con suficientes estudios que permitan conocer su datación precisa. Se trata de una zona en la que existe una gran cantidad de sitios prehispánicos en los que se ha identificado el manejo frecuente del adobe, pero los datos arqueológicos no hablan en ningún caso de tapias. Se piensa que los colonizadores de la zona pudieron haber sido originarios de provincias españolas donde se utilizó esta técnica constructiva y que fueron ellos quienes la difundieron.

También es posible que la tecnología sea posterior a la época virreinal y que haya sido introducida de manera paralela a muchas otras influencias arquitectónicas que llegaron de Francia a fines del siglo XIX. En esa época se logró un alto desarrollo en varias haciendas agrícolas y ganaderas en las que esta tecnología constructiva se utilizó de manera muy destacada hasta mediados del siglo pasado, como lo constatan algunas personas mayores que participaron en la edificación de tapias en los años cuarenta y cincuenta.

Además del origen regional de esta técnica, se presentan dudas acerca de su acotada expansión regional. Resulta extraño que a pesar de las evidentes cualidades de la tapia y del intercambio cultural que existió durante siglos entre esta comarca y otros valles centrales del país, no se encuentren huellas de su difusión.

Los bloques de tapia característicos de esta demarcación se utilizaban básicamente para realizar bardas de los predios y muros perimetrales de las viviendas. En el interior de los locales la técnica se combinaba con el adobe para construir muros divisorios o para generar la vertiente de las techumbres de vigería y teja.

Las tapias miden alrededor de 1.8 m de largo por 1.8 m de alto y 60 cm de espesor. La cimbra se realizaba con tablonces de madera que se fijaban mediante una serie de estacas clavadas en el suelo y reforzadas por puntales y horcones atados con cuerdas en la parte superior para evitar su separación, y con barrotes transversales en el interior con objeto de mantener un grosor uniforme del muro.⁹

Existen muchas otras maneras de realizar muros de tapia, aunque la diferencia básica entre cada método está en fun-



Vivienda con muros de tapia. Calpan, Puebla. Fotografía: Luis F. Guerrero



Constructores contemporáneos de tapia. Alentejo, Portugal. Fotografías: Luis F. Guerrero

ción de la cimbra y los pisones que se utilizan para compactar la tierra en su interior. En primer lugar, se debe procurar el uso de tierra recientemente extraída para que ésta mantenga parte de su humedad natural. El procedimiento es el siguiente:

...picar la tierra, deshacer los grumos con la cabeza de la pica o con las palas, a fin de dividirla bien. Después se hace un montón, lo cual es esencial, porque los obreros lanzando paladas de tierra hacia lo alto del montón, obligan a las piedras y grumos a rodar al pie de éste. Allí se retiran fácilmente con la ayuda de un rastrillo que no toma sino las piedras de tamaño superior al de una nuez. [...] No se prepara más tierra, amontonándola así, que aquella que los pisadores puedan utilizar en un día y si el tiempo es lluvioso conviene tener cerca de sí, algunas tablas, esteras o telas viejas para cubrir el montón a fin de que la lluvia no moje la tierra. En efecto, no se puede utilizar la tierra sino cuando no está completamente seca ni empapada. Es imposible apisonar la tierra mojada por la lluvia. Durante las grandes sequías, se tiene el recurso de humedecer la tierra al grado deseado con una regadera. Se deben excluir todos los vegetales de la tapia pisada: raíces, hierbas, briznas de paja o pedazos de madera que puedan pudrirse.¹⁰

Los muros se levantan después de construir una cimentación de piedra o ladrillo que sobresalga del nivel de piso para proteger las bases de la humedad. Sobre este cimiento se coloca la cimbra, comenzando en una esquina de la construcción y verificando el plomo y nivel de sus paños.

Posteriormente el pisador entra en la cimbra, recibe las cubetas con tierra y la extiende para compactarla en capas de 15 a 20 cm de espesor. Después de repetir la operación hasta llenar la cimbra, ésta se desarma para colocarla nuevamente en el paño lateral del bloque recién concluido. Se verifican nuevamente plomo y nivel y se repite la operación hasta cerrar el perímetro de toda la construcción. En ese momento el secado de la primera hilada será suficiente para soportar la siguiente.

Resulta fundamental que las juntas verticales entre los bloques no coincidan con las de la hilada ya terminada, por lo que éstos se deben desplazar hasta la mitad de la pieza inferior, de acuerdo a la lógica de traslape de cualquier mampostería. El mismo cuidado se ha de tener en las esquinas y



El maestro Calixto Marcos Bermeo, constructor tradicional de tapia. Calpan, Puebla.

uniones de muros en los que los bloques de cada hilada se "cuatrapean" con los superiores e inferiores.

La instalación de puertas y ventanas se puede hacer antes de la colocación de las hiladas de tapias. Sin embargo, debido a la complejidad de esta previsión resulta bastante común que los vanos se realicen por horadación, cuando el material ha sido desmoldado. Los muros se pueden perforar mientras no se hayan secado por completo, buscando que la ubicación y dimensiones de los huecos no debiliten las estructuras.

Una vez concluidas las tapias de los muros ya es posible construir la techumbre que, debido a la resistencia del sistema, bien puede ser resuelta con viguería, bóvedas, en techo plano, con una o más vertientes, de acuerdo con las condiciones climáticas locales.

A pesar de la supervivencia secular de este sistema constructivo en la región, por falta de conocimiento y valoración de su relevancia histórica se encuentra, hoy, en franca decadencia. Hace más de cuarenta años las comunidades locales dejaron de construir tapias y actualmente sólo algunos ancianos conocen la técnica.

Ahora se construye con bloques de cemento combinados con otros materiales industrializados que resultan totalmente ajenos a las condiciones económicas, ecológicas y tradicionales locales.

Arquitectura contemporánea

Por fortuna no todo está perdido para la tapia. En casi todo el mundo jóvenes arquitectos, ONGs y entidades académicas motivadas por el empuje que en las últimas dos décadas ha recibido la llamada arquitectura ecológica y sustentable, se han dado a la tarea de recuperar esta técnica milenaria con el fin de emplearla en estructuras modernas, con un lenguaje acorde con las necesidades actuales.

En Alemania, Australia, Brasil, Canadá, Colombia, España, Estados Unidos, Francia y Portugal, por sólo nombrar algunos países, la construcción con tapia ha tomado un vertiginoso impulso. Para constatarlo basta con ver la importante serie de libros y artículos publicados en los últimos diez años.



Interior de la Escuela de Artes Plásticas, Oaxaca. Fotografía: Luis F. Guerrero

En México, este movimiento ha sido mucho más lento. A la fecha no llegan a diez los grupos de profesionales que han vuelto la mirada hacia la tapia y que la han aplicado en edificios contemporáneos.

Una obra que se ha vuelto emblemática por su impacto en nuestro país y en el extranjero es la Escuela de Artes Plásticas en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, realizada por el arquitecto Mauricio Rocha. Se trata de un interesante edificio conformado por unidades separadas por pasillos y pequeñas plazas en las que se buscó sacar el máximo provecho a la ventilación cruzada, la inercia térmica de la tierra y el cuidado de las orientaciones solares, elementos cruciales en una zona cálida como la ciudad de Oaxaca. Asimismo, se procuró explotar la plástica propia de la tapia dejando su textura natural a la vista.

Exploramos tierra de diversos colores (verde, rojo, amarillo) y analizamos en laboratorio su comportamiento de consolidación con el cemento o cal para conseguir los beneficios estructurales y arquitectónicos esperados en presencia de poca agua. Se encontró una excelente tierra que cimbrada en vertical —para favorecer la resistencia a compresión del material— en módulos de 0.61 x 1.22 m, generan muros que se van apisonando para dar un espesor final de 15 cm hasta llegar a la sección mencionada y lograr elementos muy sólidos y que son sostenidos por una cimentación de concreto levantada 20 cm del suelo para que la humedad no afecte al sistema estructural.¹¹

El sistema constructivo empleado en estas obras maneja la logística y cimbrado de uso convencional para el concreto armado, combinando estructuras de concreto armado en un manejo tecnológico vanguardista. El conjunto resulta sorprendente por la originalidad de su diseño, colores, volumetría y relación con el contexto regional de Oaxaca.

Otro diseñador que ha incursionado con gran éxito en la edificación con tapia es el arquitecto Fernando Tepichín. En esta búsqueda destaca por su estética, desarrollo tecnológico e integración a su emplazamiento, el conjunto escolar y centro cívico de Copalita, también en el estado de Oaxaca, muy cerca de la zona turística de Huatulco.

Este conjunto se edificó con el apoyo de Fonatur como una respuesta a la comunidad rural que resultó afectada por la crecida del río Copalita, después de las fuertes tormentas sufridas en 2006. La idea de recuperación del poblado partió de su reubicación en torno a un centro urbano que, además de resolver las necesidades urgentes de la población, le permitiera reforzar su identidad y ser el punto de partida para nuevos proyectos.

Además del uso de muros —hechos a base de tapia preparada con tierra estabilizada con cemento y pigmentada en tonos rojizos—, el proyecto combina diversos recursos de bajo impacto ambiental tales como el máximo aprovechamiento de la iluminación y ventilación naturales, así como la inserción armoniosa con la vegetación y la topografía.

El tercer caso digno de destacar es el trabajo generado por el arquitecto Ramón Aguirre a lo largo de los últimos dos años, en el que ha desarrollado diversas intervenciones y obras nuevas en las cuales, de manera experimental, utiliza la tapia en combinación con cubiertas y entresijos hechos con bóvedas de ladrillo recocado.

El arquitecto Aguirre, a diferencia de Rocha y Tepichín, fundamenta la materialización de sus proyectos en la recuperación de los conocimientos tradicionales de la construcción. Las herramientas, materiales y organización del trabajo rescatan los saberes vernáculos que se actualizan en la realización de estructuras claramente contemporáneas

El arquitecto Aguirre, a diferencia de Rocha y Tepichín, fundamenta la materialización de sus proyectos en la recuperación de los conocimientos tradicionales de la construcción. Las herramientas, materiales y organización del trabajo rescatan los saberes vernáculos que se actualizan en la realización de estructuras claramente contemporáneas.

Los muros de tapia que ha desarrollado son estabilizados y recubiertos parcialmente con aplanados de cal y arena a los que se da color con pigmentos minerales. Sin embargo, cuando la intención de los proyectos consiste en dejar las superficies vistas, combina tierras de diferentes coloraciones y texturas que se colocan de manera irregular en las capas con las que se llenan las cimbras, de manera que, al terminar, los paños de muro presentan vetas que se asemejan a los cortes geológicos de los terrenos naturales.

La combinación de estos muros con los entrepisos y cubiertas hechos a base de bóvedas vaídas de ladrillo, genera espacios de gran armonía estética y estructural. El contraste de los tonos ocres de la tierra cruda y cocida con el color blanco de la cal permite resaltar el cuidado artesanal de los detalles.

Finalmente, hay que mencionar las actividades que se están realizando en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco para documentar los sistemas constructivos tradicionales de tierra y generar alternativas para la intervención en edificios históricos, así como el diseño de obras nuevas. Se busca vincular el patrimonio intangible presente en los saberes vernáculos e históricos con los procesos de análisis y diseño emanados de los nuevos recursos científicos.

Desde principios de 2009 se trabaja en colaboración con la Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, la Red Iberoamericana Proterra, la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con el fin de valorar y difundir técnicas constructivas sustentables.



Además de los resultados de las investigaciones, en este proyecto destaca el desarrollo de talleres de transferencia de tecnología que hagan accesibles los conocimientos constructivos a los estudiantes universitarios y a las comunidades locales. Para ello se realizan talleres en diferentes lugares del país en donde los participantes tienen la oportunidad de "aprender haciendo". En estos espacios se busca la recuperación de los conocimientos de la tradición constructiva, tanto para la elaboración de tapias como de otras técnicas de construcción con tierra.

Los resultados obtenidos hasta ahora en estos talleres son muy alentadores por dos razones: 1) el entusiasmo con el que participan los asistentes, y 2) las destrezas que adquieren a través de la práctica constructiva.

Conclusiones

Los sistemas constructivos de tierra forman parte de nuestra cultura por su remoto origen y por su vigencia gracias a sus cualidades económicas y ecológicas. Sin embargo, el reconocimiento de estos valores es notablemente limitado.

Aunque muchos de los moradores de casas edificadas con tierra reconocen su elevado grado de confort térmico, desprecian su materialidad debido a que la asocian con la idea de pobreza y retraso. Las comunidades tradicionales aspiran a tener el dinero necesario para poder demoler sus "viejas tapias" para hacerse de una "vivienda digna", hecha de "material".

Con el objeto de conservar las estructuras patrimoniales edificadas con tierra, y en especial las realizadas con el sistema constructivo de tapia —que cada vez son más escasas—, es necesario empezar por su correcta identificación. Llama la atención revisar estudios de académicos o de instituciones que realizan estadísticas o conteos de vivienda y descubrir que los muros de tapia suelen ser confundidos con los de adobe pues no se tiene una idea clara de su diferencia.

Como se ha dicho en repetidas ocasiones, no se valora lo que no se conoce; por ello es necesario seguir avanzando en esta labor de caracterización de los materiales y sistemas constructivos como base para su difusión.

Las actividades de documentación que se han emprendido en el ámbito universitario contribuyen, por una parte, al conocimiento y divulgación de las características de estas modestas pero singulares obras, a fin de incidir en la recuperación de una tradición que se está extinguiendo.

Se trata de un patrimonio tangible e intangible que debe ser apreciado y conservado. Pero, además, el aprendizaje que se desprenda del conocimiento de una cultura constructiva que ha probado su eficiencia bioclimática y su bajo impacto ambiental a través de los siglos, sin lugar a dudas permitirá el desarrollo de una verdadera arquitectura sustentable para el porvenir. ■



Casa habitación diseñada por la arquitecta Graça Jalles. Odemira, Portugal
Fotografía: Mariana Correia



Vista del acceso a la Escuela de Artes Plásticas de Oaxaca
Fotografía: cortesía de Fernando Tepichín

*Coordinador del Comité Científico de Arquitectura de Tierra del ICOMOS-Mexicano. Coordinador de la Red Iberoamericana PROTERRA

Notas

- Véase, por ejemplo, Guerrero, Luis, "El tapial, una técnica constructiva ecológica", en *Anuario de Arquitectura Bioclimática 2002*, Limusa-UAM-Azcapotzalco, México, 2002, pp. 149-150.
- Vargas, Julio, "Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings", en *Memorias de la 7ª Conferencia Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, DGEMN, Lisboa, p. 507.
- Guerrero, Luis, *Arquitectura de tierra en México*, UAM-Azcapotzalco, México, 1994, p. 22.
- Doat, Patrice et al., *Construir con tierra*, t. II, Craterre-Fondo Rotatorio Editorial, Bogotá, 1996, p. 32.
- Rodríguez, Manuel et al., *Introducción a la arquitectura bioclimática*, Limusa-UAM-Azcapotzalco, México, 2001, p. 84.
- Guerrero, Luis, "Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva", en *Apuntes*, vol. 20, núm. 2, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2007, p. 194.
- Gamboa, Eduardo, "Paquimé y el mundo de la cultura de Casas Grandes", en *Arqueología Mexicana*, vol. IX, núm. 51, septiembre-octubre, Conca-Raíces, México, 2001, p. 55.
- Cano, Olga, "Paquimé y las casas acantilado", en *Arqueología Mexicana*, vol. IX, núm. 51, septiembre-octubre, Conca-Raíces, México, 2001, p. 84.
- Hernández, Edna, "El tapial en Calpan, Puebla. Noticia de la pérdida inminente de un conocimiento ancestral", en Guerrero, Luis (coord.), *Patrimonio construido con tierra*, UAM-Xochimilco, México, 2007, p. 143.
- Doat, Patrice et al., *op. cit.* t. I, p. 25.
- <http://www.imcyc.com/revistacyc/arquitectura.htm>

Referencias

- Correia, Mariana, *Taipa no Alentejo*, Argumentum, Lisboa, 2007.
- Easton, David, *The rammed earth house*, Chelsea Green Publishing Company, Vermont, 1996.
- Font, Fermín, e Hidalgo, Pere, *El tapial, una técnica constructiva milenaria*, COAT, Castellón, 1997.
- Houben, Hugo, y H. Guillaud, *Earth construction. A comprehensive guide*, ITDG Publishing, Londres, 2001.
- Jaquin, Paul, *Analysis of Historic Rammed Earth Construction*, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy School of Engineering, Durham University, 2008.
- Jeannot, Jacky et al., *Le pisé. Patrimoine, restauration, technique d'avenir*, Éditions Créer, Nonette, 1997.
- López, Cecilia (ed.), *Patrimonio y arquitectura en tierra. Avances de investigación*, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2009.
- McHenry, Paul, Adobe. *Cómo construir fácilmente*, Trillas, México, 1996.
- Palma, Gabriel, "Uso da taipa no Alentejo: apontamentos em defesa da sua reutilização", *Memorias de la 7ª Conferencia Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, DGEMN, Lisboa, 1993.
- Puccioni, Silvia, y C. Lyra, "O uso da taipa-de-pilão em construções Luso-Brasileiras", *Memorias de la 7ª Conferencia Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*, DGEMN, Lisboa, 1993.
- Rodríguez, Manuel et al., *Introducción a la arquitectura bioclimática*, Limusa-UAM-Azcapotzalco, México, 2001.
- Salmar, Eduardo, A. Heise, y M. Hoffmann, *Como construir com terra*, MST, Sao Paulo, 1999.
- Viñuales, Graciela María (comp.), *Arquitectura de tierra en Iberoamérica*, Habitterra, Buenos Aires, 1994.