



LA HERENCIA VERNÁCULA. RECUPERACIÓN DE LAS BASES CONSTRUCTIVAS DE ARQUITECTURA TRADICIONAL PARA NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN: LA TIERRA ENSACADA

Ignacio Conde¹, Gadea García²

¹TramaLar: Bioconstrucción y arte textil, España, tramalares@gmail.com

²IdeARQ, España, gadeagarca@gmail.com

Palabras clave: construcción con tierra, auto-construcción, inercia térmica, sostenibilidad, arquitectura popular

Resumen

Aprender del pasado, de los múltiples ejemplos de la sabiduría popular, permite aunar técnicas antiguas con los avances tecnológicos actuales para crear nuevos sistemas constructivos más sostenibles y adaptados a su entorno inmediato, manteniendo la identidad con el territorio. Este artículo investiga los orígenes de diversas técnicas tradicionales y las confronta con la técnica constructiva de tierra ensacada en varios conceptos (materiales, técnicas, estrategias bioclimáticas y formas geométricas) para demostrar que es posible una nueva forma de construir y de vivir basadas en el respeto hacia el entorno, experimentadas anteriormente por la arquitectura vernácula. La construcción con tierra ensacada (CTE) permite realizar construcciones usando la tierra como material principal mediante técnicas sencillas que cualquier persona puede aprender y poner en práctica. Son construcciones que si se ejecutan de manera colaborativa, no necesitan un desembolso económico muy grande y que si bien están diseñadas para zonas climáticas áridas o secas, se pueden adaptar a cualquier otro tipo de clima. En la actualidad, cada vez más personas optan por el trabajo en comunidad y por materiales naturales y renovables, siendo esta técnica de construcción una solución óptima para zonas de bajos recursos económicos y para zonas en estado de catástrofe.

1 INTRODUCCIÓN

Redescubriendo la arquitectura originaria de diversos lugares del mundo, se observa que en todos ellos se cumplen ciertos principios básicos, tales como: protegerse del medio mediante materiales locales usando el ingenio humano en cada región; tipología condicionada por la adaptación a la propia orografía del terreno; uso de materiales disponibles de la zona, así como a sus condiciones climatológicas.

Aprender del pasado y de los principios utilizados en la arquitectura vernácula permite conocer las bases en las que se apoyaban los sistemas constructivos, además de poder observar cómo se han comportado a lo largo de su vida útil, aprender de su experiencia. En la actualidad se dispone de múltiples medios tecnológicos y materiales industriales, aunque los efectos que han causado con el paso del tiempo no han sido del todo satisfactorios en cuanto a sostenibilidad y respeto al medio ambiente. De esta manera, desde el estudio y conocimiento de los sistemas tradicionales y sus comportamientos, se hace necesario tener la capacidad de crear o transformar dichos sistemas para adaptarlos de la mejor manera a las necesidades del ahora (figuras 1 y 2). Este es el caso de la técnica de construcción con tierra ensacada (CTE), popularmente denominada superadobe.

El mundo se encuentra en un momento donde se resalta la importancia de las construcciones sostenibles y eficientes energéticamente, además del cuidado del medio-ambiente y del entorno que aloja nuestras construcciones y tras la experiencia de investigación se puede afirmar que la arquitectura tradicional ya incorporaba estos conceptos bioclimáticos por mera necesidad de hábitat y confort de sus habitantes.

La CTE es un ejemplo perfecto de un sistema nacido a través del conocimiento y desarrollo de técnicas y principios de la arquitectura popular, mezclada con ciertos avances

tecnológicos modernos. Su creador, Nader Khalili (1936-2008), arquitecto iraní, licenciado por la Universidad de California, desarrolló gran parte de su trabajo profesional en los Estados Unidos. En principio participa en proyectos y construcción de edificios en altura, rascacielos, con sistemas y materiales modernos hasta 1975, que viaja a Irán, donde pasa siete años dedicados a viajar por los pueblos del desierto. En este período, descubre la construcción tradicional de tierra de su Irán natal y se dedica a trabajar y estudiar sobre la misma.



Figura 1. Ciudad de Shibam, Yemen (Crédito: Jean-Jacques Gelbart)



Figura 2. Contaminación en ciudad (www.unlocodeseo.blogspot.com)

Posteriormente, esta base de estudio le sirvió para desarrollar un método de construcción en el que recupera la tierra como material básico y los principios del arco como generador de formas estructurales simples y resistentes.

En 1984, presentó un proyecto para la NASA, enfocado al diseño de posibles asentamientos humanos en la Luna y Marte, en el cual desarrolló teóricamente la técnica de construcción con sacos rellenos de tierra. Por este proyecto recibió varios premios y reconocimientos. A mediados de los años 90, tras la Guerra del Golfo Pérsico, desarrolló un proyecto de refugios de emergencia para personas desplazadas en Irán (figura 3), acogido y materializado de la mano de las Naciones Unidas (PNUD y ACNUR).



Figura 3. Campo de refugiados en Irán (Créditos: CalEarth Press)

A partir de este momento, Khalili se vuelca en seguir desarrollando este sistema constructivo, nacido de la herencia vernácula, con muchas posibilidades de futuro, y accesible para todo el mundo, ya que es un sistema que aprovecha los recursos del entorno, utiliza herramientas poco industrializadas, abaratando de esta manera los costes de la edificación. Es una técnica de fácil ejecución y puesta en obra, respetuosa con el medio ambiente, resistente ante los fenómenos naturales y que si bien están diseñadas para climas áridos y semi-áridos, se puede adaptar a otras zonas climáticas.

2. OBJETIVOS

Difundir y lograr la aceptación de la construcción con tierra ensacada y rescatar dos características de la herencia popular: la construcción por los mismos moradores de la edificación a construir (auto-construcción) y el apoyo de la comunidad para lograr este fin (trabajo comunitario).

Este tipo de acciones comunitarias, actualmente se evidencian en sociedades que de alguna manera no han sido absorbidas por la globalización imperante, sociedades rurales y de bajos recursos monetarios pero de grandes recursos colectivos. Es precisamente en estas sociedades rurales, donde se han desarrollado las construcciones vernáculas, que han influenciado o que de algunas maneras se asemejan a las formas curvas de la CTE, como se puede observar en los asentamientos rurales (Trulli) del sur de Italia (Minke, 2007) , en aldeas rurales Musgum de Camerún (Gatti, 2012), en los asentamientos de la cultura Chipaya (De la Zerda, 1993) y en los poblados rurales del oriente próximo como Turquía, Irán o Siria (Izad et al., 2010). En todos ellos hay un factores comunes, el uso del material local como fuente de construcción (tierra y piedra) y el uso de formas cupulares y circulares.

3. LA HERENCIA VERNÁCULA

A lo largo de la historia de la humanidad, la tierra ha sido el principal material con el que las personas comenzaron a construir refugios donde protegerse; es por tanto un material que inevitablemente se vincula con el origen de la humanidad, ejemplos de ello se encuentran en los restos de las civilizaciones de la antigua Mesopotamia (8000 a.C.) (Gatti, 2012), las ruinas de Caral (3000 a.C.) (Blondet et al., 2011), la civilización egipcia (3500 a.C.) (Huerta, 2007) y un largo etcétera que llega hasta los días actual, dónde una gran parte de la población mundial sigue viviendo en casas construidas con tierra.

3.1 Recuperación de materiales originales

Las técnicas populares, haciendo uso de los recursos locales que le ofrece su entorno inmediato, demuestran que la tierra, sin necesidad de un gran tratamiento previo ni una mano de obra muy especializada, es idónea para construir. Son muchos los sistemas y técnicas de construcción que se han desarrollado alrededor de la tierra (adobe, tapial, cob, BTC, etc.) que han sido utilizados tanto para construcción de viviendas como para edificaciones monumentales

El adobe ha sido ampliamente utilizado en las construcciones vernáculas del mundo (figura 4). Es un sistema basado en la fabricación de bloques de barro secado al sol que posteriormente se usa en la ejecución de hiladas consecutivas para las estructuras que definen los espacios habitables (mampostería). Para los adobes se usa una mezcla de barro y paja que se conforma en moldes para generar la forma rectangular de los mismos. La unión de las piezas entre sí se realiza con la misma mezcla de adobe un poco más plástica.



Figura 4. Campo de secado de adobes en Gaza. 2009 (Créditos: Eva Bartlett)

El tapial ofrece paredes monolíticas generadas por la ejecución de grandes bloques de tierra apisonada (figura 5). Estos bloques se elaboran mediante de tongadas de tierra humedecida vertida en el interior de un encofrado de madera y apisonadas manualmente. Según la composición de la tierra y la resistencia requerida, se añadían estabilizantes naturales (paja, crin de caballo, cascotes, cal, etc.). El secado se realiza al aire libre bajo la acción del sol (Vela Cossio, 2003).

Estos dos sistemas son los más usados en la arquitectura tradicional de los países de oriente, de la que se inspira Khalili para desarrollar su técnica constructiva. La CTE se basa en la consecución de hiladas de sacos rellenos de un mortero de tierra, utilizando la tierra del lugar, estabilizada (con elementos naturales o industriales) según la composición de ésta, para conseguir una mayor resistencia. Las hiladas son compactadas por medio de un pisón, ya sea manual o hidráulico. Las distintas hiladas van unidas con alambre de púas para solidarizar estructuralmente todo el conjunto (figura 6).



Figura 5. Operarios apisonando tapial, (Créditos: Cimino, 2012)



Figura 6. Detalle de saco de tierra apisonado con alambre de púas (Créditos: Ignacio Conde)

La CTE hereda el uso de los morteros de tierra para la ejecución de hiladas de la técnica del adobe y, al igual que en el tapial, los sacos rellenos de tierra se deben apisonar para generar una cohesión en la mezcla y otorgarle sus propiedades resistentes, sólo que en este caso el saco de polipropileno hace las veces de encofrado perdido.

Es por ello que el sistema de construcción con sacos es mucho más rápido de ejecutar que los dos anteriores, ya que se ahorra el proceso de moldeado y secado en caso del adobe y el proceso de montaje y desmontaje de los encofrados en el caso del tapial.

3.2 Recuperación de formas y técnicas constructivas vernáculas

En zonas más pedregosas, la piedra es el material predominante en el entorno, por lo tanto es el más usado en la arquitectura tradicional de la zona. De este tipo de construcciones destacan las formas circulares de las edificaciones más primitivas. La necesidad de generar un cobijo a partir de este material lleva a desarrollar el sistema de piezas en saledizo cerrando anillos de radio decreciente, proceso constructivo conocido desde el mundo egipcio en sus bóvedas en saledizo, y que, a lo largo de la historia, se ha desarrollado y adaptado a nuevas necesidades. Ejemplos de estas construcciones se encuentran en los tholos funerarios griegos (figura 7), en los refugios temporales de pastores en los casos de las brañas o las barracas en España (figura 8), los trullis en Italia (figura 9).

Este método también es utilizado en distintas construcciones de oriente (casas de hielo en Irán, viviendas en Siria y Turquía), pero en estas zonas el material base utilizado son bloques de tierra (figura 10) y en el altiplano andino boliviano en los *phutukus* de la cultura chipaya (figura 11) en las cuales el material base es el tepe – bloque de tierra con raíces directamente extraído del suelo (De La Zerda, 1993)

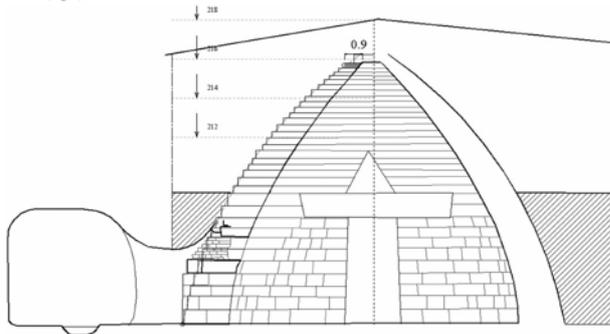


Figura 7. Sección de cúpula del Tesoro de Atreo (Como, 2006)



Figura 9. Trullis en Italia (Minke, 2007)

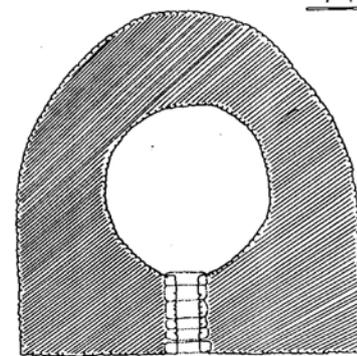


Figura 8. Barraca de Menorca (Ferre de Merlo; García González, 1998)



Figura 10. Interior de una casa de hielo en Kashan (Izad Panahi et al., 2010)



Figura 11. Phutukus chipaya, Bolivia (Créditos: J.F. Mingorance)

La elección de dichas formas no es al azar, sino fruto de la experiencia vital de dichas culturas y de su adaptación al entorno (Hennings, 1999). La forma circular consume menor cantidad de materiales para cubrir la misma superficie que una forma cuadrada, se protege mejor contra los fuertes vientos o la fuerte radiación solar y la cúpula resuelve la manera de ejecutar un techo sin necesidad de usar otro tipo de material salvo la tierra o la piedra. Este conocimiento vital se traspasa durante generaciones y conlleva un rasgo de identidad cultural y una forma de vida respetuosa con el medio ambiente.

4. LA CONSTRUCCIÓN CON SACOS DE TIERRA

La técnica constructiva que usa la CTE, recupera el sistema de falsa cúpula, de generatriz cónica o parabólica, colocando hiladas horizontales de sacos de tierra compactada que avanzan de forma concéntrica hacia el interior, cerrando anillos de radio decreciente. Cada uno de ellos forma una corona indeformable preparada para recibir otra de radio menor que avanza sobre la anterior lo suficiente como para no tener necesidad de cimbra en la ejecución, generando una estructura autoportante (figura 12).



Figura 12. Vista interior de cúpula de CTE (Créditos: Ignacio Conde)

Para mejor ejecución de la cúpula se utiliza una herramienta sencilla, un sistema de dos compases, de centro y de altura, que por medio de diagonales (radios), ayudan a replantear correctamente las distintas hiladas de sacos y que éstos tengan su posición ideal para no perder la forma geométrica autoportante sobre la que se basa (figura 13).

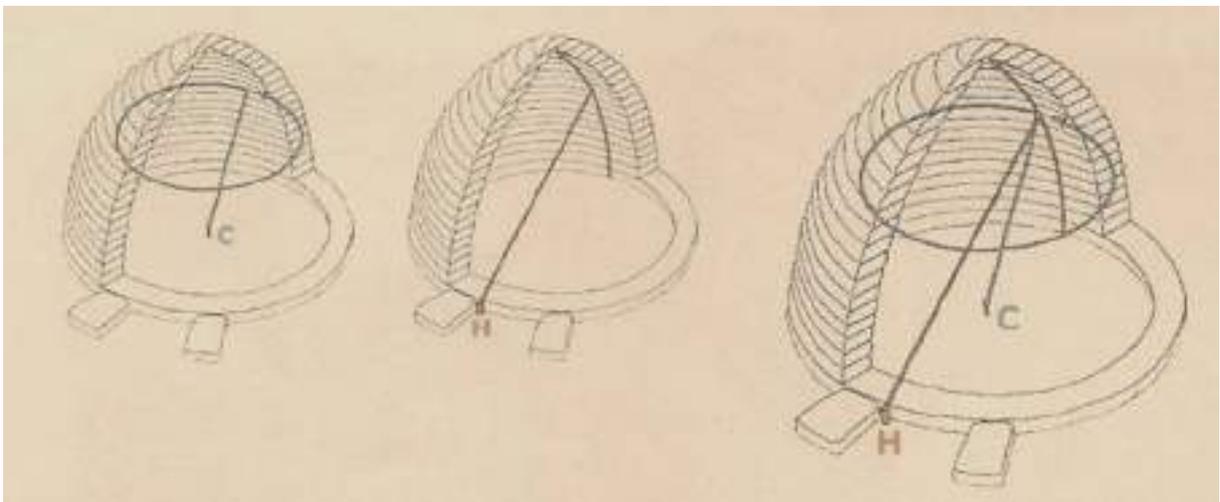


Figura 13. Esquema de compases para replanteo de las hiladas de superadobe (Khalili, 2008)

Este sistema de compases, junto con otras simples reglas de diseño (número y tamaño máximo de huecos, dimensiones máximas de la cúpula, cálculo del ancho de saco óptimo) permiten ejecutar construcciones autoportantes y sólidas que trabajan básicamente a compresión. Cualquier persona que tenga nociones básicas de la técnica puede empezar a auto construir un refugio, ya que dicha técnica se concibió para alojar personas en zonas de catástrofes naturales o de conflicto bélico. Es importante señalar la capacidad antisísmica de este tipo de construcciones gracias al monolitismo final de la estructura y a la forma circular, son capaces de disipar la energía liberada en los terremotos.

El funcionamiento estructural de la cúpula es muy parecida a la del arco, desarrollando fuerzas internas que se transmiten a la base. Esta transmisión se hace por forma, trabajando a compresión; al llegar a la base, la componente horizontal de la fuerza se contrarresta con un anillo de compresión y, de esta manera, se estabiliza todo el conjunto. A diferencia de los arcos, las cúpulas pueden resistir mayores esfuerzos debido a la contracción de los anillos. Las tensiones horizontales que surgen a lo largo de la cúpula son absorbidas por el propio saco y por el alambre de púas que se coloca entre los sacos (Canadell Ruiz, 2014).

La tierra con la que se trabaja en la CTE puede ser casi cualquier tierra, si bien es importante que contenga entre un 15% y 25% de arcilla; en la ausencia de ésta se puede solucionar estabilizando la mezcla con cal hidráulica o cemento; mejor la cal para no truncar la transpirabilidad del muro. Es por ello que la CTE se puede realizar con casi cualquier tipo de terreno.

Formas geométricas circulares han demostrado tener una gran estabilidad estructural y una gran adaptación al entorno así como un mejor aprovechamiento de la superficie habitable y gran eficiencia energética de la edificación.

Asimismo, ha quedado sobradamente demostrado que las formas cupulares tienen grandes ventajas, tanto climáticas como arquitectónicas, frente a las formas cúbicas, sobre todo en zonas más áridas y con fuertes cambios de temperatura, ya que la cúpula actúa como un regulador térmico (Cardinale et al, 2011; Andino, 2014). Debido a la altura de la cúpula en su centro, el aire caliente, más ligero, tiende a acumularse allí y así poder evacuarlo fácilmente (Minke, 2007, p.336); la forma apuntada de la cúpula favorece una mejor circulación de aire interior, creándose un sencillo sistema de ventilación pasivo, favoreciendo la regulación térmica en el interior de la construcción (figura 14).

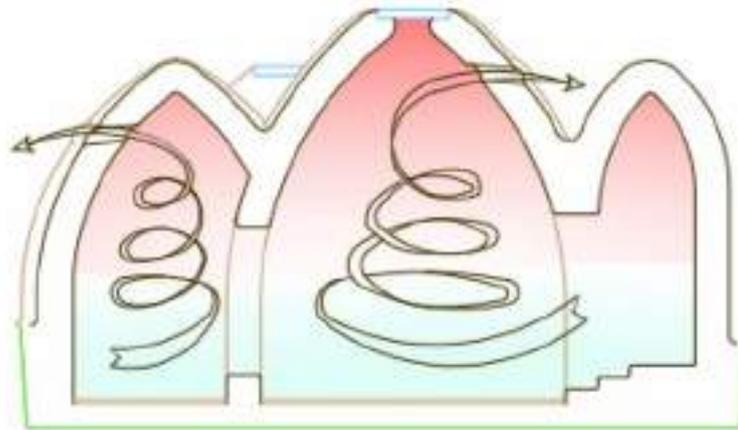


Figura 14. Esquema de circulación de aire en interior de cúpulas (Créditos: Gadea García)

Además, el coeficiente de forma de las estructuras cupulares es menor, en torno a un 25% inferior, a las estructuras cúbicas convencionales (Bardou; Arzoumanian 1981, p.33), por lo que aparte de economizar en el uso del material, también limitamos la cantidad de radiación que incide en la misma y la cantidad de radiación transmitida al exterior. Si a esto se le suma las propiedades de la tierra como material de regulación térmica (alta inercia térmica), se pueden considerar estas formas cupulares muy adecuadas para casi cualquier tipo de entorno climático y natural, haciendo los ajustes pertinentes en el diseño de ejecución.

Con la CTE se puede realizar cualquier tipo de diseño, no sólo circular o de cúpulas. Es una técnica que permite combinar la tierra con otros materiales ecológicos, es decir, materiales que son renovables, como la madera, lo que permite una gran cantidad de diseños de variada forma (figura 15), aunque es conveniente señalar el efecto psicológico (anímico) de la forma circular y cupular, ofreciendo una mayor sensación de espacio y de tranquilidad en los habitantes de este tipo de construcciones (Minke, 2007, p.336).



Figura 15. Casa Vergara, Colombia. (Créditos: José Vallejo, Arquitectura en equilibrio)

5. CONCLUSIONES

La arquitectura vernácula hace uso de los recursos locales del entorno para generar edificaciones, en un primer momento por la propia necesidad de protección frente al medio. Las construcciones populares son elementos prácticos y responden, ante todo, a objetivos adaptativos al entorno y a las circunstancias reales del grupo humano que las genera. Las materias primas de las que hace uso son aquellas a las que tiene más fácil acceso.

Durante el paso del tiempo, estas técnicas vernáculas se han desarrollado y evolucionado por medio del ingenio humano. La CTE recoge la herencia de estas técnicas vernáculas, implementa nuevos materiales y genera un sistema de construcción que responde a las necesidades actuales de la sociedad, esto es: bajo impacto ambiental, gran eficiencia bioclimática, alta durabilidad y seguridad frente a fenómenos climáticos, y un gran ahorro económico debido al uso de la tierra como material base, a las herramientas sencillas y a la rapidez en la ejecución de la estructura final.

En la actualidad, una gran parte de la población mundial no tiene acceso a una vivienda digna. El rápido crecimiento de la población, la gran desigualdad económica que azota las sociedades del mundo y las crisis generadas por los conflictos bélicos están obligando a la población más humilde a vivir en construcciones precarias. Es necesario empoderar a las comunidades para que puedan construir sus propias viviendas de forma rápida y económica, viviendas que ofrezcan resistencia y abrigo frente a las adversidades climáticas.

La CTE es una técnica apropiada para ello, ya que es apropiada para la auto construcción y para el trabajo colaborativo. Es una técnica de fácil aprendizaje y que junto a una asesoría controlada es capaz de levantar refugios dignos para aquellas comunidades de bajos recursos económicos en casi cualquier parte del mundo.

Es necesario cambiar el paradigma de ayuda gubernamental, pasando de la entrega de viviendas precarias sin ningún tipo de diseño bioclimático ni estético a la capacitación de las comunidades locales a auto-construir viviendas con materiales locales y con un grado de confort mucho mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andino, C. (2014). Evaluación del comportamiento térmico de los domos de superadobe em climas fríos. Trabajo final de Master de Arquitectura, energía y medio ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña, ETSAB. Barcelona, 2014.

Bardou, P.; Arzoumanian, V. (1981). Sol y arquitectura. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Blondet, M; Vargas, J; Tarque, N; Iwaki, C. (2011) Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Informes de la Construcción 63 (523) 41-50.

Canadell Ruiz, S. (2014). Estudio estructural de domos realizados con la técnica de falsa cúpula y superadobe. Trabajo final de grado. Escuela técnica superior de ingeniería de caminos, canales y puertos (UPC), Barcelona.

Cardinale, N; Rospi, G; Stefanizzi, P; Augenti, V. (2011). Thermal properties of the vernacular buildings envelopes: the case of the "Sassi di Matera" and "Trulli di Alberobello". *International Journal Of Energy and Environment*, Vol. 2, Issue 4, 2011, pp 605-614.

Cimino, D. (2012) Case che nascondo dalla terra: La tapia in Portogallo. Politecnico di Milano, Facoltà de Architettura e Società – Milano Leonardo. Laurea Magistrale in Architettura a.a. 2011/2012.

Como, M. T. (2006). Analysis of the statics of Mycenaean *Tholoi*. En Dunkeld, M.; Campbell, J; Louw, H; Tutton, M; Addis, B; Powell, C; Thorne, R. (eds.) *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, Volume 1, 777-790. Cambridge: University of Cambridge.

De La Zerda G., J. (1993). Los Chipayas: modeladores del espacio. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Artes, IIFAA -UMSA y Misión de Cooperación Técnica Holandesa.

Ferre de Merlo, L.; García González, E. (1998). Variantes constructivas de las Barracas. En Bores, F.; Fernández, J; Huerta, S; Rabasa, E. (Eds.) *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, p.159-164. Madrid, España: Instituto Juan de Herrera.

Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción con tierra. Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. Máster oficial en Tecnología de la arquitectura, construcción e innovación tecnológica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Hennings, V.V. (1999). La identidad de los pueblos. Una aproximación milenaria: Los chipayas. Disponible en <http://www.architecthum.edu.mx/Architecthumtemp/historiografiasuno/Heninngs.htm>

Huerta, S. (2007). Oval domes: History, geometry and mechanics. *Nexus Network Journal*, 9(2): 211-248.

Izad Panahi, P.; Amirkhani, A.; Seddigh, M.; Eskandari, M.; Yazdan P.; Ablodmaleki, P. (2010). Iranian vernacular ice-houses: notable example of a traditional architecture in proportion to its climatic conditions. *International Journal of Academic Research* Vol. 2, 6, Part II (Noviembre 2010): 395-400.

Khalili, N. (2008). *Superadobe sandbag shelter*. California, USA: Cal-Earth Institute

Minke, G. 2007. Cúpulas de adobe. *Apuntes*, 20(2): 336-341. Bogotá, Colombia:

Vela Cossío, F. 2003. Investigación arqueológica y construcción con tierra en la península ibérica. II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. *Actas...* Madrid: Editorial Mairea.

AUTORES

Ignacio Conde, licenciado arquitecto por la Universidad Alfonso X El Sabio de España, constructor natural, cofundador de TramaLar (Bioconstrucción y arte textil).

Gadea García, arquitecto técnico por la Universidad de Alcalá de Henares. Magíster en patología, peritación y rehabilitación sostenible del patrimonio por la Universidad Europea de Madrid.