

## Construcción con Tierra Tecnología y arquitectura

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos  
2010/2011.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz Guerra.

ISBN: 978-84-694-8107-3

D.L.: VA673-2011

Impreso en España  
Septiembre de 2011

Publicación online.

Para citar este artículo:

BESTRATEN CASTELLS, Sandra; HORMIAS LAPERAL, Emilio. "Informes de la Construcción, nº 523 Monográfico: La tierra material de construcción, una aproximación contemporánea". En: *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. P. 335-344. Disponible en internet:

[http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2011/2011\\_9788469481073\\_p335-344\\_bestraten.pdf](http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2011/2011_9788469481073_p335-344_bestraten.pdf)

URL de la publicación: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

## INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN, Nº 523 MONOGRÁFICO LA TIERRA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN, UNA APROXIMACIÓN CONTEMPORÁNEA

VIII Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, 2011

*Sandra Bestraten Castells\*, Arquitecta*  
*Emilio Hormias Laperal, Arquitecto*

*Universitat Politècnica de Catalunya. UPC. España*

*PALABRAS CLAVE: tierra, técnicas, ensayos*

### Resumen

Esta comunicación presenta una reflexión entorno a los contenidos del monográfico “*La tierra, material de construcción*”, correspondiente al volumen 63 y número 523 de la Revista Informes de la Construcción editada en el mes de julio de 2011 por el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción IETcc - CSIC. Este documento recoge la actualidad de la arquitectura en tierra, incorporando las novedades tecnológicas del sector, las últimas investigaciones en universidades de varios países y los principales centros de referencia en el estudio de este campo. La publicación ha sido co-

ordinada desde la Universidad Politécnica de Cataluña por los autores de la presente comunicación.

### Introducción

En enero de 1986 el Instituto Eduardo Torroja publica el monográfico “*La tierra, material de construcción*” volumen 37 y número 377 de la revista Informes de la Construcción. Aquel primer monográfico sobre la construcción con tierra, coordinado por el Dr. Ingeniero Julián Salas Serrano, se preguntaba sobre si era posible construir con tierra, ¿Construir con tierra?, ¿La tierra material de construcción? ¿La tierra objeto de investigación?.

## CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.

Aquel documento nos devolvió la memoria del pasado para abrimos las puertas del futuro anticipándose en sus respuestas a criterios de sostenibilidad ambiental y social que hoy consideramos irrenunciables. Presentaba desde artículos de análisis científico-técnico de la tierra como material de construcción, a proyectos piloto como Le Domaine de la Terre, un conjunto de vivienda social experimental realizado en Isle d'Abeau, en las proximidades de Lyon (Francia). La tierra tiene futuro.

Han pasado los años, y la tierra ya forma parte del presente. Es por ello que desde la revista Informes de la Construcción, y en especial a iniciativa de su director Ignacio Oteiza, se impulsa la realización de un nuevo monográfico que refleje los avances y experiencias que se han dado en el mundo en la utilización de la tierra como material de construcción. Es gracias a este impulso que podemos consultar este monográfico en el enlace: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion>

El documento aquí referenciado es el que esta comunicación analiza.

### Objetivo de la comunicación

El objetivo de esta comunicación es, en primer lugar, dar a conocer el estado del arte en relación a la tierra cruda como material de construcción y su presencia en la arquitectura contemporánea. Para ello se describen los criterios adoptados en la selección de autores y se analizan los contenidos de los diferentes artículos publicados en el número 523 Monográfico de Informes de la Construcción, con la voluntad de extraer conclusiones que se suman a las conclusiones de cada uno de los autores que participan en la publicación.

### Estado del arte

Desde la coordinación del monográfico, la voluntad ha sido ofrecer una herramienta capaz de incentivar entre los profesionales de la edificación el uso de la tierra como material de construcción. Para ello se ha buscado una visión internacional que abarque todos los continentes dando especial importancia al conocimiento en profundidad de las últimas experiencias construidas y de laboratorio. Por ello se ha priorizado que los artículos incorporen información técnica referenciada que permita entender las diferencias de comportamiento entre las diferentes técnicas así como sus potencialidades específicas.

Para completar la voluntad pragmática del documento editado, el mismo dispone de unos anejos finales que incorporan a una parte importante de los centros de investigación existentes en el mundo y es de especial importancia el listado de empresas constructoras con experiencia en la ejecución de proyectos con tierra así como el contacto con las mismas.

Dando continuidad a los criterios expuestos anteriormente, la información publicada quiere ser un documento abierto en el que nuevos centros de investigación y nuevas constructoras se puedan ir incorporando para crear una base de datos que facilite el trabajo a aquellos promotores, técnicos y constructores con voluntad de incorporar la tierra en sus proyectos con el máximo conocimiento y rigor.

Para definir el guión de contenidos de la revista, se realizó un trabajo de documentación previo a la selección de artículos consistente en identificar a nivel nacional e internacional las entidades que estaban trabajando con el material tierra, desde instituciones o universidades a arquitectos que estaban utilizándola en sus proyectos.

El índice de la revista se estructuró en cinco áreas temáticas:

1. Obra nueva construida en tierra.
2. Restauración de edificios construidos en tierra
3. Caracterización mediante ensayos de laboratorio.
4. Revestimientos.
5. Normativas vigentes en los diferentes países y continentes.

Al índice propuesto nos parecía importante añadir una nota técnica <sup>1</sup> que hiciera balance sobre la experiencia de **Craterre** en el proyecto de vivienda social de los años ochenta en Domaine de la Terre en Isle d'Abeau, artículo que nos enlaza de forma directa con el monográfico de tierra de 1986, y nos permite evaluar su comportamiento en este intervalo de tiempo.

De todas las áreas temáticas se puso especial énfasis en las temáticas 1 y 2, que mejor ilustran el uso de la tierra en los proyectos. Definido el guión e identificados los agentes, se contactó con los mismos para proponerles su participación en alguna de estas tres opciones:

1. Redacción del artículo de la revista.
2. Inclusión del proyecto de arquitectura en el artículo de otro autor.

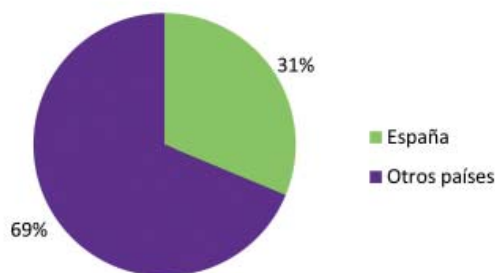


Figura 1. Porcentaje de edificios de obra nueva que aparecen en el monográfico 523 I.C. según ubicación.

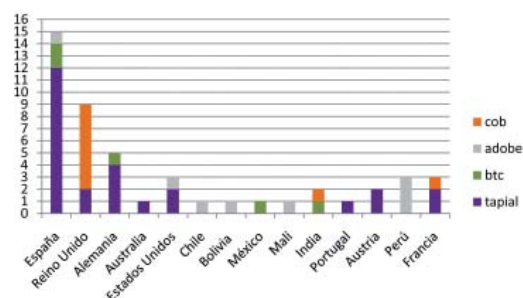


Figura 2. Número de edificios de obra nueva que aparecen en el monográfico 523 I.C. según ubicación y técnica empleada.

### 3. Colaboración como revisores de artículos de la revista.

Desde el consejo de redacción de la revista Informes de la Construcción también se ha hecho un esfuerzo de edición, para incluir el máximo número de autores posible. Si un número convencional de Informes de la Construcción consta de 8 artículos, en el Monográfico se han incorporado 16 artículos, 7 de los cuales son de autores españoles y el resto de autores europeos, iberoamericanos y australianos, cumpliendo con una de las intenciones iniciales, que era recoger la actualidad internacional entorno al material tierra.

Pese a este esfuerzo de edición, somos conscientes de que los artículos publicados representan una pequeña relación de todas las personas que actualmente están trabajando en el estudio de la construcción con tierra. Es por ello que queremos dejar constancia y animarlos a publicar sus trabajos en futuros números de la revista Informes de la Construcción, como mecanismo para actualizar de forma periódica los conocimientos en torno a la construcción con tierra.

### Técnicas constructivas y ejemplos contemporáneos de construcción con tierra

Los artículos enfocados a divulgar las experiencias recientes en el campo de la construcción, arrojan unos datos que dejan clara la favorable situación actual en este ámbito.

En total, se citan en la publicación 71 edificios actuales de arquitectura de tierra, como muestra representativa de los incontables casos con-

temporáneos. 48 de los edificios comentados exponen ejemplos de obra nueva. El 69% de los edificios de obra nueva explicados en el monográfico se encuentran situados fuera del territorio español. (Figura 1).

Estos ejemplos se citan mayoritariamente en los dos artículos que encabezan la publicación. En el primer artículo <sup>2</sup>, de los autores de esta ponencia, se ha puesto la mirada en el ámbito internacional y en las experiencias de los últimos años, incluyendo ejemplos tanto de sociedades muy tecnificadas como de otras que no lo están tanto. El segundo artículo <sup>3</sup>, de **Fermín Font** y **Pere Hidalgo**, autores con larga experiencia tanto en obra como en publicación, se centra en los ejemplos que durante los últimos años se pueden encontrar en el territorio español.

Se ha procurado mostrar en los ejemplos que las técnicas pueden abarcar construcciones de usos muy diversos, alejando la idea del material ligado únicamente a la vivienda unifamiliar. Es por ello que encontramos que un 50% de las nuevas construcciones que aparecen en el monográfico se refieren a equipamientos públicos. La mayoría de estos edificios públicos presentados en la monografía, han sido reconocidos con numerosos premios nacionales e internacionales.

Las técnicas de construcción que se presentan recogen aquellas prácticas más usuales en los ámbitos objeto de estudio. Somos conscientes de la existencia de muchísimos más proyectos, en especial de vivienda en Latinoamérica y África, así como de la utilización de otras técnicas y prácticas que se tendrán que tener en consideración en futuros trabajos.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.



Figura 3. Centro Nacional del Vino, Adelaide, Australia. (Fuente: University of Adelaide).



Figura 4. Biblioteca Sublette County, Pinedale, Wyoming, EE.UU. (Fuente: Carney Architects).



Figura 5. Construcción prefabricada en tapia. (Fuente: M. Rauch).



Figura 6. Imprenta Gugler, Melk, Austria. (Fuente: M. Rauch).

En obra nueva, el monográfico presenta 26 obras de tapia, que representa el 54% de los casos explicados (Figura 2). Esta técnica, ya sea por sus ciertas similitudes con el hormigón o por sus potencialidades de industrialización, así como su valor estético está ganando la confianza de técnicos en todo el mundo. Este hecho se ve demostrado en la proliferación de obras nuevas de tapia tanto de vivienda como de equipamientos públicos.

Podemos apreciar la modernización de la tapia a nivel técnico pero también a nivel estético y formal (Figuras 3 y 4). La mayoría de estas innovaciones surgen del estudio *Lehm Ton Erde*, dirigido por **Martin Rauch**, en Austria. A nivel formal y estético, encontramos realizaciones muy diversas tanto de elementos inclinados, grandes aberturas, muros con grandes alturas libres, trazos curvos, entre otros. Desde sus inicios, la innovación se enfoca hacia la estabilización y la compresión con medios mecánicos. A nivel estético, lo más extendido ha sido la adición de

tierras coloreadas que aportan una vibración de gran fuerza tectónica. A nivel técnico, sus últimas investigaciones sobre la prefabricación de paneles de tapia <sup>4</sup>, representan un acercamiento a la industrialización de esta técnica, aunque la poca demanda todavía no garantiza su viabilidad económica fuera del territorio austríaco (Figuras 5 y 6).

En porcentajes similares situados entre el 10 y el 20% se encuentran representados en el monográfico los ejemplos de edificios en cob, adobe y bloque de tierra comprimida. (Figuras 7 y 8).

La actualización de las construcciones de adobe, desde una perspectiva técnica, ha consistido en primer lugar en conseguir una mejora de la estabilidad de los edificios frente a los esfuerzos horizontales en áreas de riesgo sísmico (Figuras 9 y 10). Las experiencias paralelas de **Marcial Blondet** <sup>5</sup> y su equipo de la **Pontificia Universidad Católica** y **Raquel Barrionuevo** <sup>6</sup> y su equipo de la **Universidad Nacional de Ingeniería**,



Figura 7. Bodega Los Robles, San Fernando, Chile. (Fuente: J. Cruz Ovalle).



Figura 8. Universidad Indígena de la Chiquitanía, Bolivia. (Fuente: S. Bestraten y E. Hormias).



Figura 9. Techo de Domocaña en Vivienda de Huymay. (Fuente: R. Barrionuevo).



Figura 10. Módulo reforzado para ensayos de simulación sísmica. Lima, Perú. (Fuente: M. Blondet).

ambas en Perú, reflejan los avances a nivel de estructura vertical y cubiertas, con la necesidad añadida de un coste económico mínimo.

En cuanto a la técnica del cob, las nuevas realizaciones de **Linda Watson** y **Kevin McCabe** <sup>7</sup> desde la **University of Plymouth**, en el Reino Unido, y las experiencias de cooperación en la India de la **Universidad de Arte de Linz**, Austria, (Figuras 11 y 12), invitan a experimentar con la plasticidad de esta técnica para crear edificios con formas orgánicas que aúnan tradición y futuro.

En el caso de los bloques de tierra comprimida (Figuras 13 y 14), al ser objeto de fácil industrialización, el mayor avance lo encontramos en el abundante número de regulaciones en todo el mundo, recogidas en el artículo de **Jaime Cid** <sup>8</sup> y su equipo de la **Universidad Politécnica de Madrid**, relativas a las especificaciones de los bloques, explicando las características geométricas, dimensionales y de composición.

Al tratarse de un material de mampostería, el bloque de tierra comprimida permite trabajar también a nivel de cubiertas. Vemos como ejemplo el caso de la impresionante bóveda de Auroville, una realización del Auroville Earth Institute, centro referente de aplicación de esta técnica en la India desde 1989.

#### Restauración, criterios y técnicas de intervención.

Para acercarnos a la actualidad de las técnicas de intervención sobre el patrimonio arquitectónico construido en tierra, **Luis Maldonado** y **Fernando Vela-Cossío**, de la **Universidad Politécnica de Madrid**, nos introduce en la historiografía existente como primer paso para la puesta en valor de los rasgos distintivos de la conservación y restauración de la arquitectura en tierra <sup>9</sup>.

Si bien la publicación tiene una voluntad internacional, los artículos presentados en esta sección

## CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.



Figura 11. Pabellón de Servicios del Eden Project, Cornwall, Reino Unido. (Fuente: A. Smallcombe).



Figura 12. Handmade School en Rudrapur, India. (Fuente: BASE-habitat).



Figura 13. Centro para la Atención de Gente Invidente, ciudad de México, México. (Fuente: M. Rocha).



Figura 14. Sala polivalente de la Escuela Deepanam, Auroville, India. (Fuente: Auroville Earth Institute).

muestran un 74% de casos en España. Desde la **Universidad Politécnica de Valencia**, **Camila Mileto** y **Fernando Vegas** inciden en el estudio de los criterios y las técnicas de intervención <sup>10</sup>, no solamente con soluciones técnicas, sino también de integración de la actuación en el propio monumento (Figuras 15 y 16).

El tercer artículo de este bloque hace referencia a una metodología para el análisis de lesiones y a las recomendaciones de intervención sobre el patrimonio construido en tierra. El equipo de **Miguel Ángel Rodríguez**, desde la **Universidad de Oviedo**, contribuye al conocimiento específico sobre la identificación de lesiones en los edificios de tierra del centro histórico de la Habana <sup>11</sup>, para lograr una óptima intervención en función de la patología caracterizada.

### Caracterización de las construcciones mediante ensayos

La importancia de la caracterización mediante ensayos de las técnicas de construcción con tierra recae en la necesidad de verificar frente a la comunidad científica los conocimientos tradicionales, ofrecer datos de que puedan llegar a certificar las propiedades de los materiales y de éste modo, ganar la confianza de técnicos y profesionales. A su vez, permite avanzar en la introducción de inno-

vaciones en la composición de los materiales que pueden suponer una optimización de las técnicas.

En el campo de la investigación científica, se presentan tres artículos tratando áreas temáticas complementarias.

El primer artículo hace referencia a la relación entre el proceso de secado y la adquisición de resistencia de los muros de tapia. Desde la **Bauhaus University de Weimar**, Alemania, **Horst Schroeder** analiza la importancia del contenido inicial de humedad de las diferentes probetas ensayadas así como la disparidad de resultados según la composición de las mezclas, subrayando la heterogeneidad de las tierras como material de construcción. El artículo obtiene entre otras conclusiones que, en el caso de la tapia, la resistencia característica se obtiene tras 90 días de secado a diferencia de los 28 días del hormigón <sup>12</sup>.

El comportamiento a nivel térmico de las construcciones de tapia es objeto de estudio en el segundo artículo de este bloque. Este tema nos pareció de gran actualidad ya que el Código Técnico de la Edificación exige, en las disposiciones de eficiencia energética, unos valores de transmisión térmica para los paramentos verticales difíciles de cumplir sin añadir capas de aislamiento específico a los muros de tierra.



Figura 15. Restauración del Castillo de Nogalte. Murcia, España. (Fuente: J.M. López Osorio).



Figura 16. Restauración de la torre de Bofilla de Bétera. Valencia, España. (Fuente: Mileto & Vegas).

Desde la **University of Technology en Sidney**, Australia, **Kevin Heathcote** analiza los distintos procedimientos que afectan al confort interior y se muestra muy crítico con los valores de las edificaciones de tierra. Concluye que un buen diseño pasivo junto a los beneficios de la inercia térmica pueden suplir la falta de aislamiento térmico ya que consiguen en verano unas condiciones de confort superiores a las de las construcciones convencionales <sup>13</sup>. Aun así, reconoce las deficiencias a nivel de transmitancia térmica que suponen una desventaja durante el invierno.

Finalmente en torno a la caracterización mecánica de las construcciones de adobe, encontramos un nuevo estudio realizado por el equipo de **Humberto Varum**, en la **Universidad de Aveiro**, Portugal, que ofrece una metodología de análisis para la obtención de valores mecánicos característicos con mucho rigor <sup>14</sup>. Este estudio, además, complementa las investigaciones a nivel sísmico en Europa.

#### Técnicas de revestimiento

Las novedades más significativas que recoge el monográfico en el ámbito de la consolidación y revestimiento de los muros de tierra consisten en la descripción de **Francisco Javier Castilla**, desde la **Universidad de Castilla la Mancha**, sobre la proliferación de nuevos productos industriales de protección frente a los agentes erosivos <sup>15</sup>. El autor incide en la importancia que supone que estos nuevos productos estén basados en los criterios de compatibilidad con el soporte y transpirabilidad.

Debemos destacar también la aportación de uno de los autores más prestigiosos en el ámbito de la construcción con tierra. **Gernot Minke**,

desde la **Universität Kassel**, Alemania, nos presenta uno de sus últimos trabajos de investigación, en este caso, acerca de los revocos de barro <sup>16</sup>. Analiza las propiedades decisivas para la elección de un revoque de tierra: la retracción, abrasión, erosión y absorción de humedad. Corrobora en un estudio de más de 30 muestras con composiciones diferentes, que los revocos con partículas de paja presentan una mínima retracción y abrasión y que el aceite de linaza es tan efectivo como la cal o el cemento para la protección contra la erosión de la lluvia.

#### Entidades de investigación, formación y construcción alrededor de la arquitectura en tierra

Con el propósito de acercar el conocimiento técnico a todo profesional interesado en la construcción con tierra, se decidió incorporar un listado que incluye 148 asociaciones, instituciones y centros de formación sobre la materia, 73 de ellas situadas en Europa.

Oceanía es un claro ejemplo del crecimiento de la construcción con tierra contemporánea. Con 18 empresas constructoras especializadas en tapia, asociadas en 3 instituciones de profesionales, conformando uno de los grupos organizados emergentes del ámbito de la construcción con tierra.

Este listado, aunque seguramente falten incorporar en él diversos grupos y empresas no detectados, sirve para tomar conciencia del estado del arte y sobre todo establecer vínculos entre los profesionales y las entidades que ya tienen experiencia en este campo. Por proximidad, esta búsqueda se ha concentrado en nuestro territorio. (Figura 17).



CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.

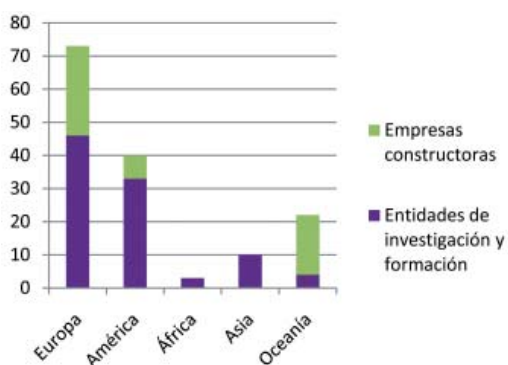


Figura 17. Número de empresas constructoras y entidades de investigación y formación que aparecen en el monográfico 523 I.C. según su ubicación.

En América, África y Asia tenemos constancia de la existencia de empresas con experiencia en construcción con tierra pero en general pertenecen al sector informal cosa que dificulta su incorporación en la publicación.

**Conclusiones**

Tras el análisis de los artículos publicados en el volumen 63 número 523 de Informes de la Construcción, *Monográfico La tierra, material de construcción*, podemos observar como primera conclusión que las numerosas construcciones encontradas demuestran una libertad expresiva, de las composiciones arquitectónicas actuales, más allá del mimetismo vernáculo. Este hecho demuestra la solvencia no únicamente técnica, sino también estética, de “las tierras” como material de construcción en la primera década del siglo XXI.

Se han producido grandes avances desde aquel primer monográfico que comentábamos en la introducción. La información aportada en este nuevo monográfico constituye un referente de las posibilidades que ofrecen hoy en día estas técnicas.

**Localización.** Este resurgir como material no se localiza en un área geográfica concreta y observando que su uso claramente en expansión entre los países desarrollados, propiciado por la necesidad de buscar alternativas que nos permitan acercarnos a una arquitectura realmente sostenible. Desde esta perspectiva, la tierra puede darnos algunas respuestas. Este hecho ha de propiciar una recuperación de la identidad

constructiva en los países en vías de desarrollo, tan atentos a lo que pasa en los países tecnificados.

**Normalización y regulación.** Aunque se han consolidado algunos procesos de normalización, estos se dan casi exclusivamente en el Bloque de Tierra Comprimida BTC, y hay que seguir trabajando en lograr la regulación de otras de las técnicas actualmente en uso. Para ello es básico realizar investigaciones que permitan establecer protocolos de control de ejecución de obra y de control de calidad del material resultante, este realizado in situ o prefabricado.

En el caso concreto de la rehabilitación, es habitual encontrarse el material tierra en las intervenciones. Por ello, es imprescindible establecer criterios de análisis, peritaje e intervención. Sería interesante incorporar herramientas de caracterización mecánica mediante ensayos no destructivos, similares a las utilizadas en el análisis de otros materiales como el hormigón o la madera. Ya sea para la determinación de la resistencia de una fábrica en un edificio patrimonial a rehabilitar, como en una tapia de obra nueva; esta caracterización permitiría mejorar las decisiones de intervención así como asegurar la calidad de la obra ejecutada.

**Industrialización.** Es necesario profundizar en la viabilidad de la producción industrializada que ayude a mejorar la calidad del producto y a reducir costes de ejecución. Desde esta perspectiva sería interesante abrir líneas de investigación, como hace Francisco Javier Castilla en su artículo, incorporando productos industrializados que el mercado ofrece y que pueden ayudar a mejorar algunas prestaciones del material.

Por ejemplo habría que encontrar reductores de retracción en el secado, así como aceleradores de dicho secado, para compatibilizar el mismo con los tiempos de obra actuales, cada vez más ajustados.

**Sostenibilidad.** Se requiere la cuantificación de la aportación de las técnicas de construcción en tierra a la sostenibilidad en edificación, desde las emisiones de CO2 durante la ejecución o la ausencia de productos contaminantes, a sus virtudes poco exploradas como la inercia térmica.

**Innovación.** La continuidad en el proceso ya iniciado de innovación constructiva y material, permitirá encontrar soluciones que se aproximen a las necesidades habitacionales y ambientales



Figura 18. Vivienda unifamiliar en Martorelles, Catalunya, España. Arquitectos: S. Bestraten, E. Hormías y G. Barbeta.

del hábitat humano. A nivel arquitectónico vemos un futuro camino hacia la combinación de las técnicas de construcción con tierra con nuevos materiales, como los tableros de madera contralaminada, que integran la compatibilidad de características físico-mecánicas con la flexibilidad del diseño. (Figura 18).

Muchas de estas conclusiones son compartidas por los artículos editados en el monográfico “La

Tierra, Material de Construcción”. Es por ello que como conclusión final queremos alentar a todos los que ven en la tierra un material de futuro, a seguir investigando desde las universidades y centros de investigación, y a ampliar los conocimientos y horizontes de la construcción con tierra presentando sus resultados en los canales de divulgación científico-técnicos abiertos a este campo del conocimiento, como es la revista **Informes de la Construcción**.

## Bibliografía

ANGER, Roman; FONTAINE, Laetitia. “Bâtir en terre”. Editions Belin. Paris, 2009

DETHIER, Jean. “Arquitecturas de Terra”. Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Arte Moderna José de Azeredo Perdigão. Lisboa, 1993.

FONT, Fermín- HIDALGO, Pere. “Arquitectures de tàpia”. Col·legi Oficial d’Aparelladors i Arquitectes tècnics de Castelló. Castelló de la Plana, 2009.

MALDONADO, Luis; VELA-COSSÍO, Fernando; DE HOZ, Jaime. “Diccionario de construcción tradicional. Tierra”. Editorial Nerea. Madrid, 2003.

MINKE, Gernot. “Manual de construcción con tierra”. Ediciones Ecohabitar. Teruel, 2010.

RAEL, Ronald. “Earth Architecture”. Princeton Architectural Press. Nueva York, 2009.

RAUCH, Martin; KAPFINGER, Otto. *Rammed Earth, Lehm und Architektur*. Ed. Birkhäuser. Basel, 2001.

REGUERAS, Fernando. “Más es menos. Construir en barro. Una arquitectura de futuro”. Actas de las IV Jornadas de Estudio. Benavente, 2009.

V.V.A.A. “La tierra, material de construcción”. Volumen 63, nº523. *Informes de la Construcción*. Madrid, 2011.

V.V.A.A. (1987) “La tierra, material de construcción”. Monografía nº 385/386 Instituto de Ciencias de la Construcción E. Torroja. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, 1987.

V.V.A.A. “La tierra, material de construcción”. Volumen 37, nº377. *Informes de la Construcción*. Madrid, 1986.

V.V.A.A. “Arquitectura de tierra”. Encuentros Internacionales de Navapalos. Centro de Publicaciones Ministerio de Fomento. Madrid, 1998.

V.V.A.A. “Earthen structures”. International Symposium 22-24 August 2007. Bangalore, India. BV Venkatarama Reddy, Monto Mani. Bangalore, 2007.

V.V.A.A. “Terra Incognita”. Editorial Argumentum. Lisboa, 2008.

WALKER, Peter; KEABLE, Rowland; MARTIN, Joe; MANIATIDIS, Vasilios. *Rammed Earth. Design and construction guidelines*. Ed. BRE Bookshop. Watford, 2005.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA.

Citas y Notas

\* **Emili Hormias**, Arquitecto, profesor de la Escuela Politécnica Superior de la Edificación de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya, desarrollando la docencia e investigación entorno a la diagnosis y rehabilitación sostenible en edificación. <emilio.hormias@upc.edu>

**Sandra Bestraten**, Arquitecta, profesora de la E.T.S. de Arquitectura de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya, desarrollando la docencia e investigación entorno a vivienda y cooperación, tecnologías de bajo coste y accesibilidad. Vocal de Junta Directiva del Colegio de Arquitectos de Catalunya. Miembro de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya. Miembro del Consejo del Centre de Cooperació al Desenvolupament de la Universitat Politècnica de Catalunya. <sandra.bestraten@upc.edu>

Socios de Bestraten Hormias Arquitectura, ejecutan proyectos con materiales de bajo impacto ambiental como la tierra cruda (tapial) y la madera, tanto en obra nueva como en rehabilitación. Coordinadores de proyectos de cooperación en la Asociación Universidad sin Fronteras que desde hace más de 10 años, realiza proyectos de construcción de equipamientos socioeducativos utilizando tecnologías de bajo coste e implican a la población en su construcción y gestión. [www.bharquitectura.com](http://www.bharquitectura.com)  
[www.usf.cat](http://www.usf.cat)

1. GUILLAUD, H. (2011). *Domaine de la Terre en Vilfontaine (Isère, France) : balance de una experiencia ejemplar*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 171-174 doi: 10.3989/ic.10.0012.
2. BESTRATEN, S., HORMÍAS, E., & ALTEMIR, A. (2011). *Construcción con tierra en el siglo XXI*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 5-20 doi: 10.3989/ic.10.046.
3. FONT, F., HIDALGO, P. (2011). *La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 21-34 doi: 10.3989/ic.10.015.
4. RAUCH, M., VON MAG, A. (2011). *Paredes de tapial y su industrialización*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 35-40. doi: 10.3989/ic.10.013.
5. BLONDET, M., VARGAS, J., TARQUE, N., & IWA-KI, 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 doi: 10.3989/ic.10.017.

6. BARRIONUEVO, R. (2011). *Investigación tecnológica aplicada: Domocaña*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 51-58 doi: 10.3989/ic.10.025.
7. WATSON, L., MCCABE, K. (2011). *The cob building technique. Past, present and future*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 59-70 doi: 10.3989/ic.10.0018.
8. CID, J., MAZARRÓN, F.R., & CAÑAS, I. (2011). *Las normativas de construcción con tierra en el mundo*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 159-169 doi: 10.3989/ic.10.0011.
9. MALDONADO, L., VELA-COSSÍO, F. (2011). *El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento de sus valores en el contexto de la arquitectura popular española*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 71-80 doi: 10.3989/ic.10.0062.
10. MILETO, C., VEGAS, F., & LÓPEZ, J.M. (2011). *Criterios y técnicas de intervención en tapia. La restauración de la torre de Bofilla en Bétera (Valencia)*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 81-96 doi: 10.3989/ic.10.0014.
11. RODRIGUEZ, M.A., MONTEAGUDO, I., SAROZA, B., NOLASCO, P., & CASTRO, Y. (2011). *Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 97-106 doi: 10.3989/ic.09.0007.
12. SCHROEDER, H. (2011). *Moisture transfer and change in strength during the construction of earthen buildings*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 107-116 doi: 10.3989/ic.10.0023.
13. HAETHCOTE, K. (2011). *The thermal performance of earth buildings*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 117-126 doi: 10.3989/ic.10.0024.
14. VARUM, H., Figueiredo, A., Silveira, D., Martins, T., & Costa, A. (2011). *Investigaciones realizadas en la Universidad de Aveiro sobre la caracterización mecánica de las construcciones existentes en adobe en Portugal y propuestas de rehabilitación y refuerzo. Resultados alcanzados*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 127-142 doi: 10.3989/ic.10.0016.
15. CASTILLA, F.J. (2011). *Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 143-152 doi: 10.3989/ic.10.0019.
16. MINKE, G. (2011). *Shrinkage, abrasión, erosion and sorption of clay plasters*. *Informes de la Construcción*, 63(523): 153-158 doi: 10.3989/ic.10.0020.