

Construcción con Tierra Patrimonio y Vivienda X CIATTI 2013

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos
2013.

Coordinadores: José Luis Sáinz Guerra, Félix Jové
Sandoval.

ISBN: 978-84-617-0473-6

DL: VA 470-2014

Impreso en España

Junio de 2014

Publicación online.

Para citar este artículo:

ESTÉVEZ, Ángel; MARTÍN-LARA MORENO, Sandra. "Casa s-low. Sistema innovador de bioconstrucción modular con entramado de madera y tapial". En: *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 247-258. Disponible en internet:

<http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2014/247-258-estevez.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.

CASA S-LOW. SISTEMA INNOVADOR DE BIOCONSTRUCCIÓN MODULAR CON ENTRAMADO DE MADERA Y TAPIAL

X CIATTI 2013. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

Angel Estévez, Arquitecto, Doctorado Especialidad en Madera y Bio-construcción. España.

Sandra Martín-Lara Moreno, Arquitecta especializada en construcción con tierra y paisajismo. España.

PALABRAS CLAVE: tapial, tierra, innovación.

1. Antecedentes

El sistema S-Low se asienta sobre la tradición de dos sistemas constructivos milenarios y extendidos por todo el mundo, el sistema de entramado de madera y el de muros de tapial. La novedad radica en la unión y la sistematización rigurosa de estos dos sistemas, de tradiciones constructivas parejas, pero hasta ahora separadas.

Las estructuras de entramado pesado de madera, que surgieron en Europa y China, se extendieron a lo largo del mundo (Japón, sureste asiático, Norteamérica y Suramérica) y tuvieron su apogeo des de finales de

la edad media hasta el siglo XIX, cuando fueron parcialmente desplazados por las estructuras de acero y hormigón, y por el sistema de entramado ligero de madera. Este último sistema de entramado ligero (que es el sistema estructural utilizado por el SBM S-Low) nace en EE.UU. en el siglo XIX gracias a la producción masiva de clavos metálicos, y llega hasta nuestros días como el sistema estructural más eficiente y económico.

En cuanto a la construcción con tierra las técnicas son tan antiguas como lo es la civilización, o al menos, el nacimiento de las civilizaciones mesopotámicas. Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra como

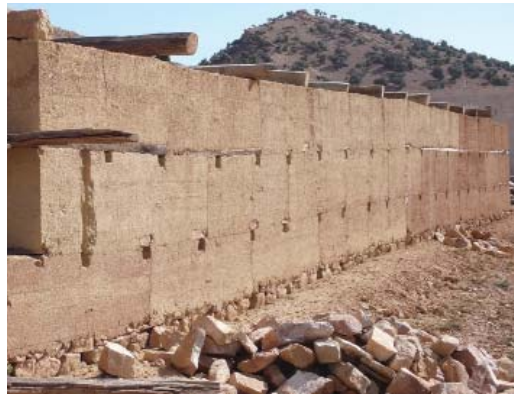


Figura 1. Entramado de madera y muro de tapial en construcción. Cody Trottery Pablo Farfan, respectivamente.

material de construcción por su proximidad y facilidad de transformación. En España; se sigue construyendo tapial con métodos tradicionales y con nuevos métodos, lo que permite contar con operarios familiarizados con el material.

2. El sistema constructivo

El sistema constructivo de la Casa S-Low está basado en el sistema de entramado de madera americano Platform Frame. Los cerramientos se realizan con tapial, y la cimentación que los sostiene, que es corrida, se ejecuta con hormigón o mampostería de piedra. La cubierta que utilizamos es plana, transitable y ajardinada, y se ejecuta con un sistema sencillo de aljibe de Urbanarbolismo® que permite su uso recreativo.

2.1. Estructura de Paneles de Madera

La estructura se construye a partir de pequeñas escuadrías de madera termo-tratada y de paneles estructurales de madera que forman muros y forjados. Después de ejecutar la cimentación, se van uniendo los módulos entre sí hasta formar muros y forjados, que se van elevando y uniendo en plataformas de madera que quedan arriostradas entre sí. Los muros se arman por módulos en horizontal, in situ, antes de levantarse. Cuando los muros están escuadrados y aplomados se unen entre sí trabando las esquinas e intersecciones

con otros paneles. El entramado resultante funciona como una estructura espacial de planos horizontales y verticales de diafragma que reparten las cargas uniformemente a través de todos los muros, ya sean cargas verticales de peso, como horizontales de viento.

Este sistema permite montar en 4 días una estructura de 150m², lo que supone una ventaja competitiva importante en la reducción de los plazos de construcción.

Por supuesto toda la madera proviene de explotaciones sostenibles con sello SCF y los tableros están libres de formaldehído.

2.2 Cerramiento de tapial

Después de realizar el montaje de la estructura de madera, que quedará en el interior del edificio, se inicia el cerramiento exterior que será un muro de tapial estabilizado. Se encofra la cara exterior del muro mediante el sistema de encofrado del SBM S_Low dejando un espacio de 50cm entre la estructura del entramado y el encofrado exterior, que será el espesor del cerramiento. De esta manera la estructura del edificio será también el encofrado perdido del muro de tapial, mientras que el encofrado exterior se va desplazando a medida que se va levantando el cerramiento exterior de tapial.



Figura 2. Vista del montaje del prototipo S-low en la UPC. Ensamblaje de muros portantes de madera y encofrado perdido. Casa S-low

El mismo cimientto de la estructura de madera será el zócalo donde se apoyara el cerramiento de tapial, para evitar las humedades del suelo. Posteriormente se tapa la cumbre del muro de tapial con un panel de madera impermeabilizado. Es importante para el mantenimiento del cerramiento, la protección de la acción continuada del agua tanto de los pies como de la cabeza del muro.

Mientras por el exterior se ejecuta el tapial se pueden iniciar los trabajos cubierta y de acabados interiores, montaje de instalaciones y equipamiento. De este modo se permiten superponer diferentes partidas de la obra reduciendo considerablemente el tiempo de construcción

3. El proceso y los elementos constructivos

El sistema se caracteriza por la asociación de módulos de estructura fabricados en madera revestidos exteriormente por muros a base de tierra compactada (tapial). Los módulos son de dos tipos, módulo de suelo (6) y módulo de pared (7). Ambos están compuestos por un marco y un panel formando conjuntos muy similares con pequeñas diferencias que se pueden apreciar en la Fig.5.

El módulo de suelo (6) se compone de dos testeros (3), dos vigas (1) y un panel de suelo (4) y el módulo de pared se compone de dos montantes (2), dos testeros (3) y un panel de pared (5). Se trata de elementos rectangulares cuyas dimensiones generales quedan definidas en el proyecto con el objetivo principal de que todo el entramado de madera



Figura 3. Comparativa encofrados. Encofrado S-low (a la izquierda) y encofrado tradicional (derecha). Casa S-low.

debe constituir la estructura resistente del edificio que, tendrá como máximo dos plantas.

Los módulos están concebidos para poder ser acoplados sucesivamente encajando cada uno en el siguiente con la posibilidad de asegurarlos posteriormente con los medios habituales de tornillería.

El módulo de suelo tiene la particularidad de que, en los casos en que debe quedar situado en los extremos del edificio, presenta una prolongación de la viga que quedará sobresaliente del perímetro estructural formando una ménsula (1.1) que, como veremos más adelante, definirá el espesor del muro de tapial sirviendo de apoyo a los montantes suplementarios (11) para encofrado que, a su vez, sirven para posicionar con precisión los encofrados recuperables longitudinales (8), los encofrados recuperables de cierre transversal (9) y los encofrados recuperables para esquina (9.1) (Fig. 6).

En cuanto al módulo de pared, también presenta una característica especial en lo referente a su funcionalidad consistente en que su panel de pared actúa como superficie vista por el interior del edificio y por el exterior actúa como encofrado perdido para contener por ese lado el vertido de la tierra para ejecutar el tapial.

En cuanto al proceso de preparación de los módulos se piensa en las dos posibilidades de

fabricación; montaje en taller para su posterior transporte a obra o de ensamblaje "in situ". Ello dependerá lógicamente del volumen de edificación y de los medios disponibles que se contemple en cada proyecto.

Se da por descontado que toda la madera utilizada en este tipo de edificios habrá sido sometida previamente a alguno de los tratamientos habituales para su preservación como son las sales minerales, termo-tratado o cualquier otro.

Pasando ahora al proceso de construcción debemos decir que, en primer lugar y aunque no caracterice al sistema, es preciso preparar una buena cimentación (14) (Figs.6 y 7) que, con cierto detalle podemos ver en la (Fig.7) donde se aprecia que consta de una zapata (16), de hormigón armado, donde se asientan una serie de bloques (17) que, sobresaliendo del nivel del suelo (20), constituirán el apoyo directo de la edificación preservándola de la humedad y formando una cámara de aire (21) inferior, positiva a efectos de aislamiento. Los bloques que forman la cimentación del muro de tapial, se rellenan con material drenante (18) para evitar la capilaridad y que facilitará la evacuación de las aguas cubriéndose con tela asfáltica o similar y en la zona vista con un recubrimiento embellecedor (19). Preparada la cimentación general, se pasa al ensamblado de los módulos de pared que se ejecuta sobre el suelo, para mayor facilidad,



Figura 4. Vistas del montaje del prototipo S-low en la UPC. Encofrato exterior y muros de tapial. Casa S-low.

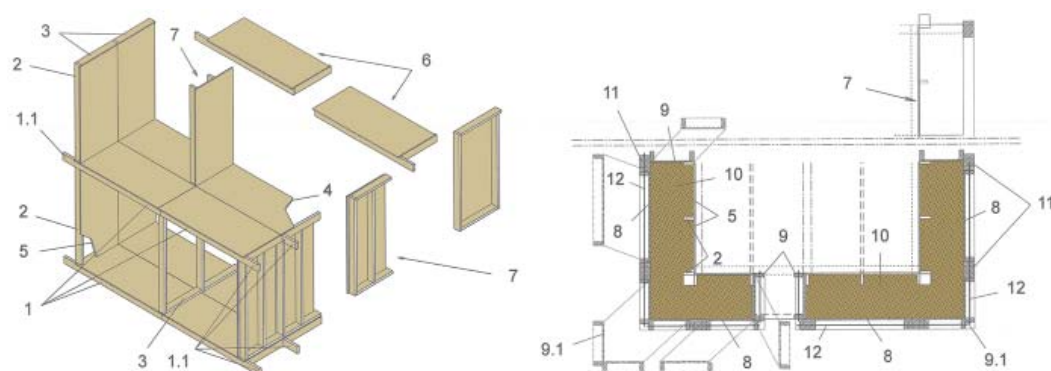
procediendo luego a levantarlos, aplomarlos y unirlos entre sí para formar la estructura perimetral del edificio. Estos módulos de pared se asientan sobre los módulos de suelo que se habrán colocado previamente, haciendo practicable lo que será el suelo de la planta baja. De igual manera, sobre estos módulos de pared se colocan los módulos que serán el suelo de la planta primera.

Se continúa con el ensamblado y colocación de todos los módulos de pared y de suelo hasta que prácticamente quede completada la estructura del edificio, tanto en el caso de una como en el de dos plantas. Se recuerda que dicha estructura es portante a todos los efectos, por lo que esta fase de la construcción es la que requiere un buen control de calidad.

Llegados a este punto es cuando se procede a colocar paneles de encofrado recuperable

longitudinal con los correspondientes encofrados recuperables de cierre transversal y de esquina, tal como se esquematiza en las (Fig.5 y 6) que, de por sí, son suficientemente explicativas para comprender cómo se van formando los recintos cerrados que recibirán el vertido de la tierra por medio de una trompa de vertido (Fig.7) o por cualquier otro procedimiento que será compactada mecánica o manualmente para formar el cerramiento de tapial.

En la Fig.6 se observa la función de las ménsulas que combinadas con los montantes suplementarios para encofrado a las que sirven de apoyo y tope, permiten definir con perfección el recinto destinado al tapial. En estas figuras se observa también la función de los tirantes que sirven de arriostamiento y aseguran los diversos componentes del encofrado para que puedan soportar los empujes del tapial.



- 1. Viga
- 1.1. Ménsula
- 2. Montante
- 3. Testero
- 4. Panel de suelo
- 5. Panel de pared
- 6. Módulo de suelo
- 7. Módulo de pared

- 8. Encofrado recuperable longitudinal
- 9. Encofrado recuperable de cierre transversal
- 9.1. Encofrado recuperable para esquina
- 10. Tapial
- 11. Montante suplementario
- 12. Tirante

Figura 5. Perspectiva y planta de la serie de elementos de madera que constituyen la estructura parcial de un edificio de dos plantas. Casa S-low.

Cabe citar que todos los encofrados recuperables deben tener un tratamiento antiadherente para facilitar su retirada y posterior utilización en otra zona de la edificación. Se recuerda asimismo que los módulos de pared, por medio de sus paneles de pared, actúan por una parte como encofrados no recuperables, (perdidos) y por otra, como acabado visto por el interior del edificio.

Terminada completamente la fase de ejecución del tapial correspondiente a los muros de la primera planta se procede al encofrado de la segunda planta si la hay o al cierre perimetral con vierteaguas (15). El tapial hace funciones de protección exterior por lo que debe procurarse su mejor acabado ya que se trata de algo que caracteriza de forma decisiva el aspecto externo de este tipo de construcción tan singular.

Los términos en que ha quedado expuesta esta descripción, pueden ser tomados siempre con carácter amplio y

no limitativo. Puede ser susceptible de modificaciones sin que ello repercuta o suponga alteración alguna del sistema.

4. Características técnicas

4.1 Resistencia mecánica

Como todas las estructuras de madera, el sistema de entramado tiene la capacidad de resistir tensiones elevadas si su duración es corta, su capacidad elástica es superior a la del hormigón o el acero. En el caso del SBM S_Low, el entramado de madera cuenta con el trabajo solidario de los muros monolíticos de tapial estabilizado que refuerzan la rigidez ante los esfuerzos laterales de viento y evitan con su peso los problemas habituales de succión de las estructuras ligeras de madera.

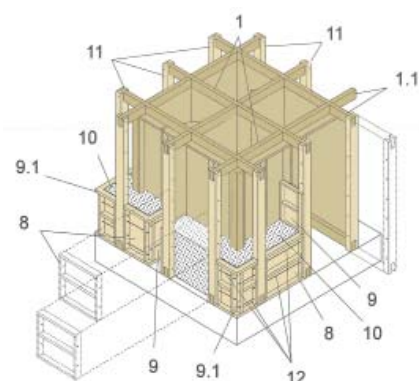


Figura 6. Figura complementaria de las anteriores que permite ver en perspectiva el proceso de acoplamiento de los encofrados asegurados sobre las ménsulas por medio de los montantes suplementarios. Casa S-low.

4.2 Resistencia ante incendio

La madera tiene una baja calificación en su reacción al fuego, sin embargo tiene un comportamiento muy predecible en cuanto al tiempo de estabilidad ante el incendio. De todas formas, la colaboración de los cerramientos de tapial hace que aumente considerablemente la seguridad de la estructura. Aunque no se puede considerar en el cálculo, por no estar ensayado aun, no es baladí considerar que la alta capacidad térmica de los muros de 50cm de espesor de tierra ayudan a atenuar la temperatura y dilatan el tiempo de ignición de la madera; también por el efecto desorbente de la humedad de los muros de tierra, que exhalan la humedad acumulada al ambiente cuando baja el contenido de la misma en el exterior. A pesar de no estar aun contemplado en la normativa española, los muros de tierra compactada no están considerados como combustibles en la normativa alemana (DIN 4102).

4.3 Comportamiento frente a la humedad

La regulación de la humedad que proporcionan los muros de tapial, es quizás uno de los pilares fundamentales de las características del SBM S_Low. Mantiene el ambiente interior de los espacios al 50% de humedad, garantizando

ambientes secos para la madera. Pero sobretodo, la estructura vertical embebida en los muros de tapial que está en contacto permanente con la tierra, se ve protegida de la humedad debido al bajo contenido en agua (del 0,4-6% sobre su peso) y a la alta capilaridad del tapial. La tierra conserva los elementos de madera por debajo del 6% y los preserva del ataque de insectos xilófagos y hongos, que como es sabido, necesitan un mínimo de 14-20% de humedad en la madera para actuar.

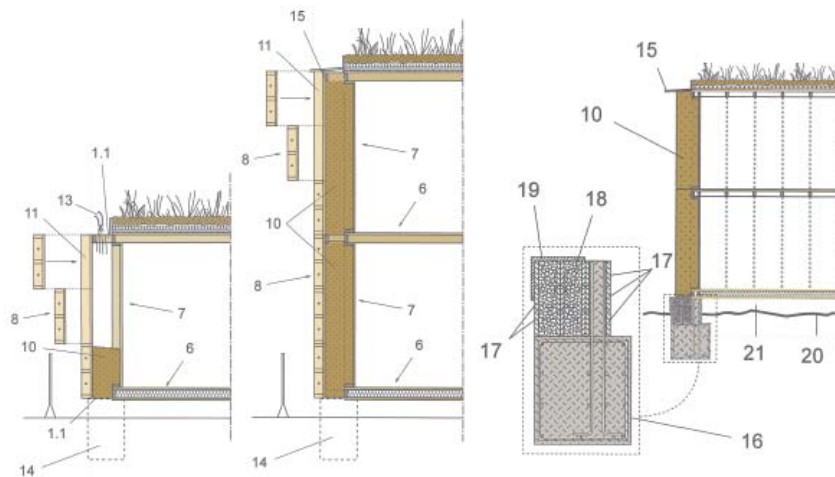
4.4 Comportamiento ante la acción del viento

Las dudas ante la acción del viento de las estructuras ligeras de madera quedan fuera de lugar gracias a la acción de los muros pesados de tapial. El peso propio de estos muros y de la cubierta ajardinada evitan el efecto de succión del viento y distribuyen fácilmente las cargas horizontales en colaboración con los muros de diafragma del entramado de madera. El arriostramiento suplementario de estos muros de tapial evita los esfuerzos sobre las uniones articuladas del entramado de madera y permite realizar grandes vanos de vidrio sin triangulaciones, siempre que se acompañe el plano con uno de estos muros de tierra. La mejora respecto al resto de estructuras ligeras de madera es sustancial.

4.5 Comportamiento ante el sismo

La madera presenta una mayor resistencia a las acciones del sismo, con esfuerzos mayores en espacios de tiempo breve. Los esfuerzos horizontales, como decíamos, son ampliamente absorbidos por los muros de diafragma disipando la energía del efecto del movimiento sísmico. Los cerramientos de tapial al no ser estructurales pueden verse afectados pero en cualquier caso no afectan a la estabilidad del edificio. Un cerco perimetral en la parte superior de los muros de tierra evita el posible vuelco, y en caso de construirse en zonas de especial protección al sismo, se confinan los muros de tapia con una malla geo textil para evitar posibles desprendimientos de material.

La utilización de estructuras de madera dentro de muros monolíticos con estrategias antisísmicas ya era habitual en la antigüedad en los países del área mediterránea².



- 13. Trompa de vertido
- 14. Cimentación
- 15. Vierteaguas
- 16. Zapata
- 17. Bloque

- 18. Material drenante
- 19. Recubrimiento embellecedor
- 20. Suelo
- 21. Cámara de aire

Figura 7. Se representa esquemáticamente tres secciones parciales de edificación: una de una planta en la que se observa el proceso de formación del muro de tapial una vez completada la estructura resistente/encofrado perdido y previa colocación del encofrado recuperable.; el caso de una edificación de dos plantas en la que se observa el muro de tapial ya terminado permaneciendo los encofrados recuperables; y una sección de una edificación de dos plantas una vez retirados los encofrados recuperables. Se esquematiza la composición modular del edificio y se añade un detalle de la cimentación. Casa S-low

4.6 Comportamiento acústico

La utilización de sistemas multicapa en seco como son muy efectivos para la atenuación del ruido aéreo. El SBM S_Low utiliza láminas separadoras y un aislante de corcho en placas de 4 cm que garantiza un aislamiento superior al normativo entre plantas y entre sectores. A diferencia de otras estructuras ligeras de madera, amortigua el sonido de impacto a través de la masa de los muros de tapial, tanto del sonido exterior como de la transmisión a través de las estructuras verticales que quedan embebidas en los muros de tierra.

5. Aplicaciones

Como sistema puede ser utilizado para la construcción de todo tipo de edificios en climas

diversos. A grosso modo, podemos decir que allí donde sea necesaria la inercia térmica o allí tradición constructiva con materiales mäsicos es adecuada la construcción con el sistema S_Low. El uso puede ser de vivienda, escuela, oficinas, hotel, bungalow, granja, pabellón, construcciones efímeras, etc. El sistema es flexible y permite todo tipo de posibilidades. En el catálogo se pueden ver algunas de estas opciones diversas.

El sistema cumple con todas las normativas se puede construir en cualquier entorno urbano y ciudad. Muchas de nuestras ciudades tienen edificios construidos con tapia o madera, algunos con más de 500 años de antigüedad. En cuanto a los edificios entre medianeras, construimos las fachadas



Figura 8. Proyecto de equipamiento educativo en Viana, construido con el sistema S-Low. Casa S-Low.

con tapial y las medianeras con entramado de madera aislado. De esta manera, se permite ahorrar superficie, requerida para la estructura, y aislar mejor en la medianera, gracias al entramado de madera que hace las funciones de estructura y cerramiento, a la vez que evita los puentes térmicos.

El número máximo de plantas que pueden tener los edificios construidos con es de tres plantas, dos de ellas de tapial y la tercera con cerramiento de madera. No hay límites en las dimensiones del edificio, pero sí en la altura de los muros de Tapia, que no pueden ser superiores a 6m. En cuanto a los diseños, se siguen las reglas de modulación de los paneles del sistema, para ajustarse al precio estándar ofrecido, se pueden proponer otras dimensiones si los clientes lo requieren. El sistema modular S-Low es flexible y permite infinitas combinaciones.

6. Ventajas del sistema

6.1 Sostenible

Construcción con solo con materiales renovables, reciclables o reciclados, que no contaminan y que son captadores de CO₂. Se utiliza principalmente tierra y madera para su construcción, dos materiales que cierran el ciclo de los materiales en un ecosistema cerrado, que son reciclables o biodegradables,

que no contaminan, que tienen una carga energética casi nula y que no emiten CO₂ en su producción. Se diseña con parámetros Bioclimáticos basados en la inercia térmica y el aislamiento natural de la tierra, en la captación solar y en la ventilación cruzada.

6.2 Saludable

La tierra y la madera son materiales naturales y saludables, que transpiran, que previenen del asma, de las alergias, y del Síndrome del Edificio Enfermo que no emiten tóxicos, y que no producen alteraciones electromagnéticas. La tierra compactada es capaz de absorber y expulsar humedad más rápido y en mayor cantidad que ningún otro material de construcción, regulando de este modo la humedad relativa interior y manteniéndola constante alrededor del 50%, incluso con humedades exteriores del 95%. La estructura de madera es un material que, a diferencia de las estructuras de hormigón y acero, no produce alteraciones electromagnéticas ni emisiones tóxicas al interior de la vivienda. Además, los diseños se realizan siempre a partir de un estudio Geobiológico previo para evitar las posibles zonas patógenas.

6.3 Fácil

Este sistema permite ejecutar la construcción de manera sencilla y racional, reduciendo el tiempo de construcción y utilizando

pocos materiales de manera polivalente. Se puede ejecutar con pequeña maquinaria, o incluso de manera manual sin necesidad de mecanización. La cubierta también se monta de manera rápida y sencilla en seco. Los acabados interiores siguen la misma filosofía, son sencillos, naturales, económicos y de colocación en seco

6.4 Económico

Es un sistema de construcción muy económico y a la vez de alta calidad, que permite reducir los costes de construcción en un 40%. El precio de construcción material con este sistema es de 700€/ (PEM). Esta construcción incorpora toda la calidad que nos ofrecen los materiales nobles y naturales a un sistema constructivo modulado y prefabricado, que lo hace muy asequible económicamente. Ha sido diseñado pensando en la utilización de pocos materiales, que son económicos, locales, y que, además, se usan de manera polivalente para poder reducir los costes de material.

- Los muros de Tapial cumplen simultáneamente la función de cerramiento, de impermeabilización y de aislamiento.
- Se puede usar la misma tierra del solar (de excavaciones y desmontes) como material de construcción para los cerramientos de Tapial.
- La estructura de madera es también acabado interior de la vivienda y encofrado.
- La cubierta vegetal es muy económica, fácil de montar y de bajo mantenimiento.
- Se ahorra tiempo y dinero porque usa sólo pequeña maquinaria, y permite reducir los plazos de ejecución y los costes de mano de obra mediante el sistema de estructura de entramado de madera.

Agradecimientos

Mostramos nuestro agradecimiento al Laboratori de Materials de la EPSEB, Universitat Politècnica de Catalunya. Grupo Cetar, Fabio Gatti

Citas y Notas

¹ *La Geobiología es la ciencia que estudia la relación entre la tierra y los seres vivos, centrándose principalmente en el análisis de la calidad energética y vital del espacio habitado. Con una prospección geobiológica podemos tomar conciencia del nivel de higiene energética al que estamos expuestos, evaluando los diferentes factores de riesgo para la salud derivados del hábitat, detectando la existencia de alteraciones telúricas y geofísicas utilizando sistemas de sensibilidad personal (radiestesia), así como realizando las mediciones ambientales de los niveles de radiactividad a los que estamos expuestos, de los campos electro-magnéticos, eléctricos, microondas, etc. Con estas mediciones se puede determinar la existencia de zonas alteradas o alteradoras y principalmente determinarlas las zonas más óptimas para ubicar las estancias de nuestro hábitat. Casa S-Low colabora con los Geobiólogos de Geopaties, reconocidos profesionales Geólogos de formación.*

² *Arriaga Martitegui, Francisco. Estructuras de Madera. Tectónica 13. Atc ediciones. 2001*

³ *Según investigaciones de los doctores Granjean (1972) y Becker (1986) sabemos que con humedades inferiores al 40% se pueden reseca las muco-*

sas, dando lugar a la disminución de las defensas y a enfermedades de tipo respiratorio como la asma o las alergias y que con humedades superiores al 70% aumentan las dolencias reumáticas, la aparición de hongos y la proliferación de alergias. A este respecto los Doctores Sporik y Holgate (1990) mostraron una clara relación entre la humedad relativa del ambiente interior de las casas y el desarrollo de asma en los niños en el Reino Unido; el Dr. Arlian (1992) mostró que la producción de alérgeno producido por los ácaros del polvo está directamente influenciada por la humedad relativa, y que los ácaros se alimentan y se multiplican más a mayor humedad relativa. También los Drs. Japoneses Tetsu y Akio (1999) mostraron que la capacidad de albergar concentraciones de ácaros del polvo en el interior de las viviendas está directamente relacionada con los niveles de humedad relativa. Y, por último, los Drs. Straube y DeGraauw (2001) sostienen que la velocidad con la que una pared puede absorber la humedad es importante para evitar la condensación en la superficie y por lo tanto el crecimiento de hongos perjudiciales para la salud (Portnoy, Kwak. 2005). Mediante la reducción y regulación de la humedad relativa dentro de un edificio se reduce la incidencia del desarrollo de asma y las alergias.

Bibliografía

MINKE, Gernot. (1994). *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación a la arquitectura actual*. Ed: Editorial Fin de Siglo. Uruguay.

DOAT, Patrice. HAYS, Alain. HOUBEN, Hugo. MATUK, Silvia. VITOUX, François. (1985) *Construir en terre*. Ed: Editions Alternatives, París, Francia.

BÁRCENA, Pilar. BAULUZ, Gonzalo. (1992). *Bases para el diseño y construcción con tapial*. Madrid: Ed. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España.

CUCHÍ, Albert, tesis. (1995) *Tesis Doctoral. Las construcciones de tierra en Cataluña. La técnica de la Tapia*. ETSAB Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC

BARBETA, Gabriel. (2000) *Tesis Doctoral. Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI*. ETSAB Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC

GATTI, Fabio, tesis (2012) *Tesis Doctoral. Arquitectura y construcción en tierra. Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra* ETSAB Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC

S. BESTRATEN, E. HORMIAS, A. ALTEMIR *Informes de la Construcción*, Vol. 63, 523, 5-20

F. FONT, P. HIDALGO *Informes de la Construcción*, Vol. 63, 523, 21-34

A. VON MAG, M. RAUCH (2011) *Informes de la Construcción*, Vol. 63, 523, 35-40

J. Cid, F. R. Mazarron, I. Canas. *Informes de la Construcción*, Vol. 63, 523, 159-169