

CONTART 2016. La Convención de la Edificación
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica
de España, p.117-125

PROTOTIPO DE CONSTRUCCIÓN MODULAR CON ECOMATERIALES

FERNÁNDEZ APARICIO, MIGUEL ÁNGEL¹; FUENTES GARCÍA, RAQUEL MARÍA²;
GARCÍA NOGUERA, MERCEDES³

*1: Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
e-mail: mafa@ugr.es*

*2: Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
e-mail: rfuentes@ugr.es*

*3: Estudiante de Arquitectura, Universidad de Granada
e-mail: merchegarno@gmail.com*

Palabras clave: prefabricación; prototipo; sostenibilidad; ecomateriales.

RESUMEN

Para dar respuesta a la necesidad real de crear edificios sostenibles, se hace necesario adoptar una nueva manera de construir que igualmente dé respuesta a las nuevas exigencias técnicas y funcionales.

Los nuevos sistemas constructivos basados en la prefabricación responden muy favorablemente a la implantación de los conceptos mencionados, y más concretamente en el caso de la construcción mediante módulos prefabricados, al tratarse de un campo en el que, de una manera más directa y sencilla, se pueden implementar nuevas técnicas y materiales destinados a esa necesaria mejora de la eficiencia en la construcción, en el más amplio sentido de la palabra.

El objetivo de este trabajo es mostrar las posibilidades que ofrece la construcción modular en el campo de la sostenibilidad, para lo cual se plantea un desarrollo basado en prototipos modulares prefabricados, que permita aprovechar la capacidad de los ecomateriales y de la tecnología ambiental, al tiempo que posibilita de manera asequible la tan deseable flexibilidad y diversidad funcional. Para ello se parte de un profundo proceso de análisis, tanto de la construcción modular, como del empleo de nuevos materiales ecológicos, lo que ha permitido seleccionar los elementos constructivos más adecuados para aunar políticas de ahorro energético y bienestar, hasta alcanzar una propuesta de Edificación Prefabricada Sostenible y Eficiente energéticamente.

El prototipo presentado, por tanto, responde a la necesidad de modernización tecnológica del sector de la construcción y permite avanzar en el conocimiento constructivo de los edificios eficientes y sostenibles.

1. INTRODUCCIÓN

La Arquitectura actual está muy unida al concepto sostenibilidad, adquiriendo cada vez más peso la necesidad de adoptar una nueva manera de construir que suponga un mayor ahorro energético y respeto por el medio ambiente. Por otra parte, se hace también necesario idear construcciones con capacidad para adaptarse a nuevas circunstancias a lo largo del tiempo, lo que igualmente se puede decir que está unido a ese concepto de sostenibilidad, por cuanto una mayor capacidad de adaptación de lo construido a futuras necesidades conlleva a su vez la posibilidad de aprovechar lo existente y minimizar o eliminar así el impacto de un nuevo proceso constructivo.

Para facilitar la implantación de estos conceptos se hace necesario el empleo de nuevas técnicas y materiales de construcción, y es la prefabricación mediante módulos la que ofrece mayores posibilidades en cuanto a reducción del impacto medioambiental. En efecto, entre las principales ventajas que podemos alcanzar en esta materia con la prefabricación modular está la posibilidad de reducir, reutilizar y reciclar los residuos que se generan durante el proceso constructivo. Si a todo esto unimos la reducción de tiempos de producción, y el hecho de poder amortizar la construcción por el empleo de sistemas energéticamente eficientes y con mínimas necesidades de mantenimiento, podemos afirmar que ciertamente la prefabricación modular se puede acercar fácilmente al concepto de sostenibilidad, en el más amplio sentido de la palabra.

Por otro lado, el planteamiento de una arquitectura modular prefabricada conlleva una mayor versatilidad compositiva, por cuanto permite aumentar la flexibilidad y la capacidad de asociación de los espacios. Para ello, resulta necesario estudiar diseños que permitan en cualquier momento la adición de partes o módulos, la combinación entre elementos existentes, o la sustitución de los mismos. [1], [2].

La propuesta que aquí se plantea para prototipo de vivienda mediante módulos prefabricados pretende mostrar las importantes posibilidades compositivas que se derivan de este modo de construcción, aportándose una propuesta a modo de reflexión, sin que ello suponga desprestigiar otras igualmente válidas, puesto que las posibilidades son ilimitadas. Existen otras propuestas similares que han supuesto una aportación muy importante en este campo [3], [4], [5], por lo que nuestra propuesta no debe entenderse como un prototipo exclusivo ni excluyente, sino que igualmente pueden y deben plantearse otras alternativas igualmente válidas, en aras a desarrollar el conocimiento en este campo. Este prototipo se va a desarrollar, en colaboración con la Universidad de Granada y de Jaén, para el estudio de la incorporación de estrategias pasivas y activas, con la única finalidad de alcanzar un prototipo de edificación prefabricada sostenible y eficiente energéticamente.

2. DEFINICIÓN COMPOSITIVA Y FORMAL

2.1 LA CAJA MÍNIMA

Para la elección de las dimensiones del prototipo se ha tenido en cuenta la necesidad de crear un espacio habitable, cómodo y proporcionado con las medidas mínimas necesarias para el usuario. Al acudir al concepto de caja mínima, además de ampliar el abanico de posibilidades para la asociación entre módulos, se facilita todo el proceso de transporte y montaje. Por ello se opta por la constitución de una unidad modular de 3 m de ancho, 6 m de largo, y una altura libre de 3 m, con una gran versatilidad y capacidad de asociación tanto por su constitución formal, como por su definición técnica.

Se establecen tres tipos de módulos en función de sus usos, distinguiendo entre unidad diurna, unidad nocturna y unidad técnica. Los módulos de actividades de día y de noche se plantean inicialmente como espacios diáfanos, donde es el habitante el que decide íntegramente tanto la disposición de mobiliario como la posible existencia de compartimentación. Por su parte, la unidad técnica se compone por una cocina, un aseo y un baño que, al estar agrupado todo en un mismo módulo, se consigue una concentración de instalaciones óptima.

Resulta de especial interés las posibilidades que se abren en cuanto a la combinación, “Figura 1”, no sólo entre módulos, sino entre éstos y los espacios intersticiales que se pueden generar, creando relaciones que mejoran la calidad del interior del propio módulo, al tiempo que se propician las ventilaciones cruzadas a través de los espacios de transición, que funcionan como atemperadores climáticos.

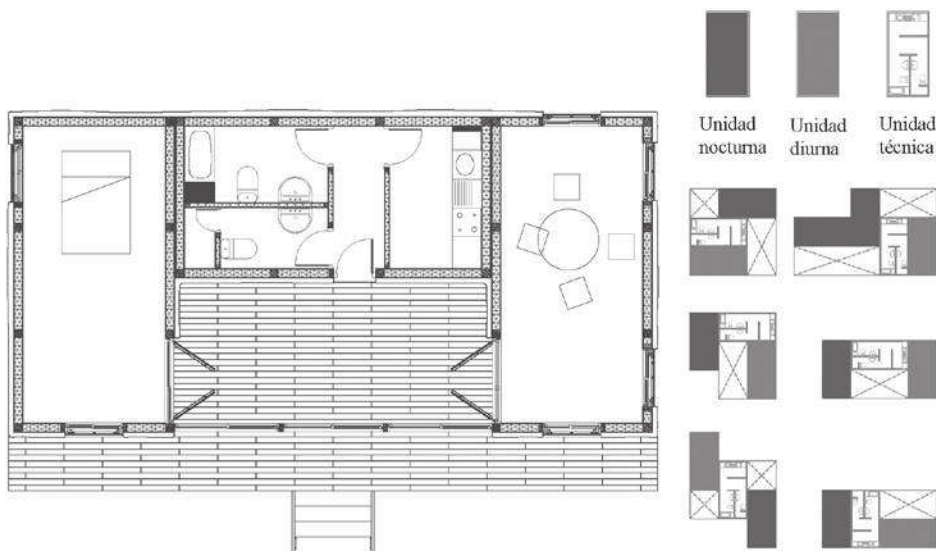


Figura 1. Combinaciones modulares.

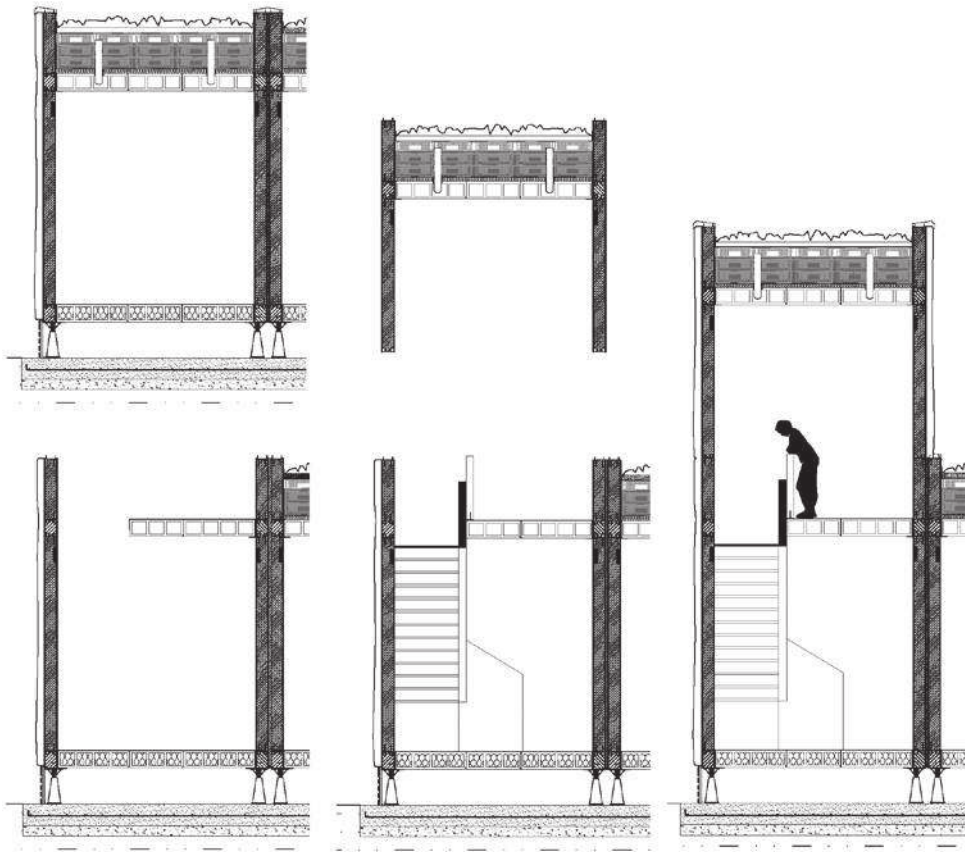


Figura 2. Crecimiento en altura.

Para el crecimiento en vertical mediante adición de módulos, “Figura 2”, se plantea la posibilidad de suprimir un tramo de forjado para albergar el hueco necesario para introducir una escalera y comunicar así los dos espacios superpuestos, para lo cual se escoge un sistema fácilmente desmontable. Por otro lado, en la coronación de los pilares se disponen unos elementos de conexión que permiten la unión de estructuras entre módulos en altura. Tanto en la asociación horizontal como vertical, es el usuario el que elige cómo se combinan y de qué espacio desea disponer, existiendo siempre la posibilidad de transformación ya sea por adición o por sustitución. Para asegurar esta flexibilidad y evitar problemas de unión entre instalaciones, se dispondrán en las esquinas de cada unidad modular unos paneles de conexión multifuncionales, que se conectan entre sí por medio de “mangueras” flexibles emulando las conexiones de remolques o de los vagones de trenes.

2.2 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA DEL PROTOTIPO

Se pretende aprovechar al máximo el amplio abanico de posibilidades que ofrecen los nuevos materiales, tecnologías y estrategias que se están aplicando en el ámbito de la arquitectura más actual, con el principal objetivo de lograr una construcción respetuosa con el medio ambiente y sostenible en el más amplio significado del término.

La cimentación en este tipo de construcciones es especialmente sencilla al tratarse de módulos muy ligeros, por lo que, por lo general, será suficiente una preparación previa del terreno, para posteriormente ejecutar una solera armada nivelada sobre la que apoyará el conjunto modular. Como elementos de apoyo de los módulos se plantean unos soportes de acero regulables en altura para alcanzar la perfecta nivelación, simplificando sustancialmente el proceso de montaje en obra, al tiempo que se genera una cámara de aire bajo los módulos que mejora la protección contra la humedad del terreno.

Los materiales y sistemas escogidos para el entramado estructural se caracterizan por su elevado carácter ecológico, la economía de medios y la simplificación de montaje. Por ello se considera fundamental el empleo de la madera laminada, al tratarse de un material natural que, con su baja conductividad térmica, además de reducir sustancialmente los movimientos de dilatación de la estructura, se consigue eliminar los puentes térmicos. Su bajo peso facilita los procesos de montaje y transporte, minimizando los tiempos, la mano de obra y, por lo tanto, los costes. El sistema estructural escogido para el prototipo es el conocido como Platform Frame, consistente en la disposición de los pilares con la altura de cada planta dando apoyo al forjado, de modo que la estructura vertical se ve interrumpida por la horizontal. Además de otras ventajas, este sistema simplifica la fabricación en taller, ya que permite implementar el panelizado fuera de obra, y facilitar el proceso de transporte.

El sistema de forjado seleccionado está conformado por placas en forma de cajón nervado de madera, que actualmente está siendo comercializado por varias empresas, con una gran capacidad portante, reduciéndose el peso propio y aportando altas cualidades de aislamiento acústico y térmico. Las piezas se ensamblan fácilmente y permiten su desmontado posterior, por lo que, al disponer también en nuestro caso de un pavimento desmontable, va a resultar factible eliminar alguna placa cuando se desee ubicar las escaleras para el mencionado crecimiento en altura. Se puede dejar visto, al estar acabado en madera y, gracias a los huecos longitudinales de que dispone en su interior, permite alojar instalaciones sin necesidad de rozas.

Para solucionar la envolvente del prototipo se han escogido los elementos necesarios para ofrecer una propuesta respetuosa con el medio ambiente, lo que se refleja en el empleo de materiales reciclados o naturales, primando el ahorro en costes de producción y en energía. Para el cerramiento de fachada de los módulos se opta por un sistema multicapa, compuesto por una capa base resuelta mediante panel sándwich formado por doble tablero y alma de aislante térmico. Los tableros se fabrican a partir de fibras de madera recicladas y agua, cuya cohesión se obtiene por medio de una reacción fisico-química producida entre la lignina de la madera y agua a alta presión y temperatura. De este modo se obtiene un tablero ecológico y reciclable, con unas cualidades idóneas para su aplicación en interiores por su alta resistencia, estabilidad y homogeneidad dimensional, mínima absorción de humedad y muy baja propagación de llama. Su puesta en obra es muy sencilla y puede recibir cualquier tipo de acabado y tratamiento, incluso puede ser hidrofugado para su uso en zonas húmedas. Con respecto al aislante térmico

a emplear como alma del panel sándwich, se apuesta por las enormes posibilidades que ofrecen los aislantes naturales, decantándonos por el uso de la fibra de lana de oveja [6], por tener muy buen comportamiento como aislamiento térmico y acústico, y por su capacidad de regular la humedad ambiental.

El panel sándwich usado como cerramiento exterior tendrá una terminación rugosa, a fin de poder aplicar sobre éste la proyección de barro [7], formando una capa de unos 8-10 cm de material arcillo-limoso que se estabilizará mediante áridos calizos procedentes de machaqueo, cuyo tamaño será entre 5-8mm, y con cal hidráulica natural NHL5. El revestimiento propuesto aporta unas propiedades singulares, al aumentar la inercia térmica de la envolvente, dotar de mayor solidez a la construcción prefabricada y ser totalmente sostenible, tanto por su carácter natural como por su bajo coste. Muestra de los buenos resultados que aporta este acabado es la clara tendencia al alza del uso de la tierra en las edificaciones.

Para la solución de cubierta se apuesta por la cubierta aljibe con acabado de vegetación, y en concreto por el sistema Garoé de Unusual Green [8], creando el espacio de aljibe mediante cajas de frutas de HDPE recicladas y que ofrecen la posibilidad de reciclarse nuevamente. Esta cubierta aljibe permite aprovechar el agua de lluvia, tanto para uso doméstico como para el riego por capilaridad de la propia vegetación de cubierta lo que, unido al sistema de reutilización de aguas negras de que dispone el prototipo, supone una apuesta clara por el cuidado del medio ambiente. Por la presencia de la vegetación, así como del sustrato orgánico, se aporta mayor inercia térmica en una de las partes térmicamente más desfavorables de la unidad modular, paliando de este modo los efectos de la radiación solar. Por otra parte, resulta interesante destacar que este planteamiento permite emplear el propio forjado como soporte directo de la cubierta, sin necesidad de formación de pendiente, lo que facilita su desmontado para una hipotética elevación de planta. En algunos casos se utilizará la cubierta para la disposición de paneles híbridos, aprovechando así la energía solar para el suministro de electricidad y de agua caliente.

El material escogido para las carpinterías exteriores es la madera, que, además de ser un material totalmente natural, aporta un elevado aislamiento térmico y acústico. Para minimizar las necesidades de mantenimiento se proyectan protecciones solares mediante contraventanas de mallorquinas abatibles, realizadas a base de madera sintética. Este sistema, unido al empleo de doble acristalamiento con tratamiento de baja emisividad y control solar, permite reducir altamente las pérdidas de energía desde el interior hacia el exterior y minimizar la incidencia de la radiación solar en verano.

Gracias a los sistemas constructivos y materiales elegidos para el prototipo, “Figura 3”, la necesidad de empleo de acabados se reduce exclusivamente al pavimento, para lo cual se propone el uso del corcho como producto 100% natural, que aporta importantes mejoras en el aislamiento térmico y acústico, en especial frente al ruido de impacto, así como en su comportamiento frente al fuego al no producir gases tóxicos durante su combustión. Su tratamiento con capa de barniz protectora permite prolongar sustancialmente su vida útil.

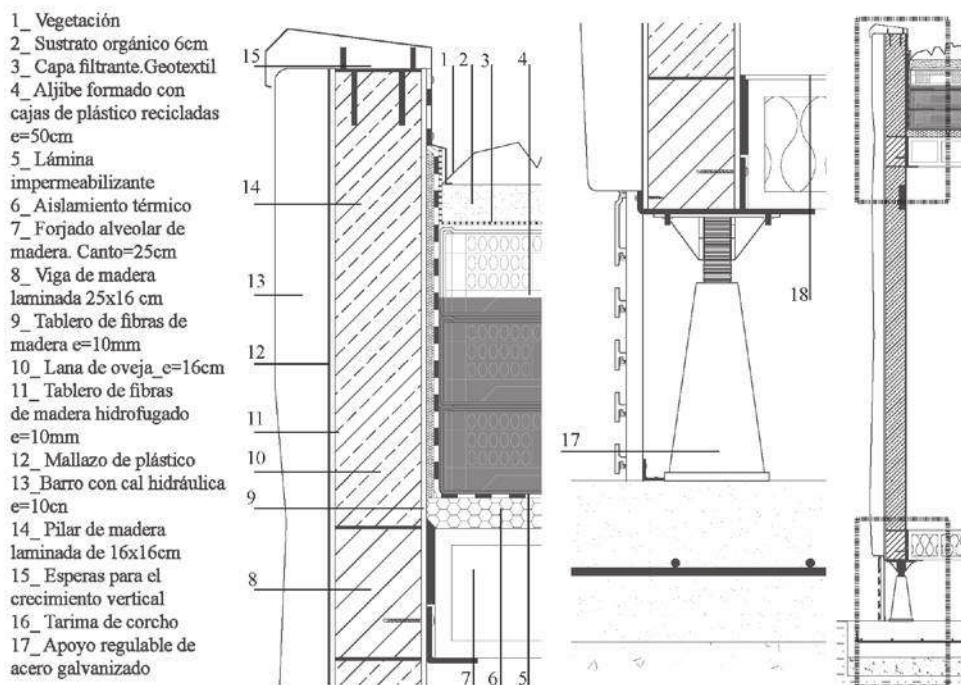


Figura 3. Detalles constructivos del prototipo.

2.3 LA SOSTENIBILIDAD COMO RESULTADO FINAL

La propuesta técnica definida permite alcanzar una construcción sostenible en el más amplio sentido de la palabra. Por una parte los materiales escogidos cuidadosamente reducen al mínimo la huella de carbono durante el proceso de obtención, siendo todos ellos materiales naturales o reutilizados, y reciclables, permitiendo así aumentar su ciclo de vida. Se ha conseguido que las necesidades de mantenimiento sean mínimas y que el coste final del producto sea asequible y competitivo con las ofertas constructivas actuales, con objeto de que esta propuesta sea realmente viable.

Se aprovechan los recursos naturales para suministrar agua y energía a la construcción. Así, el agua de lluvia se almacena en la cubierta aljibe para uso doméstico, mientras que las placas híbridas dispuestas en la cubierta suministran agua caliente y electricidad. A esto hay que añadir el mínimo consumo energético que requieren este tipo de construcciones, toda vez que los materiales empleados aportan un elevado nivel de aislamiento, al tiempo que el uso de estrategias bioclimáticas, “Figura 4”, permiten acondicionar de manera natural el espacio habitable. En efecto, mediante los sistemas de control del soleamiento y ventilación cruzada, se consigue aportar calor en invierno y refrigerar en verano de una manera natural.

Para culminar el prototipo se realizarán una serie de estrategias activas y pasivas, cuyo conjunto nos lleva al hecho de haber ideado un sistema capaz de adaptarse de manera sencilla a las necesidades cambiantes a lo largo del tiempo, haciendo que se minimicen

las necesidades de intervención y, por consiguiente, suponga un considerable ahorro de medios a lo largo de la vida útil de la construcción.

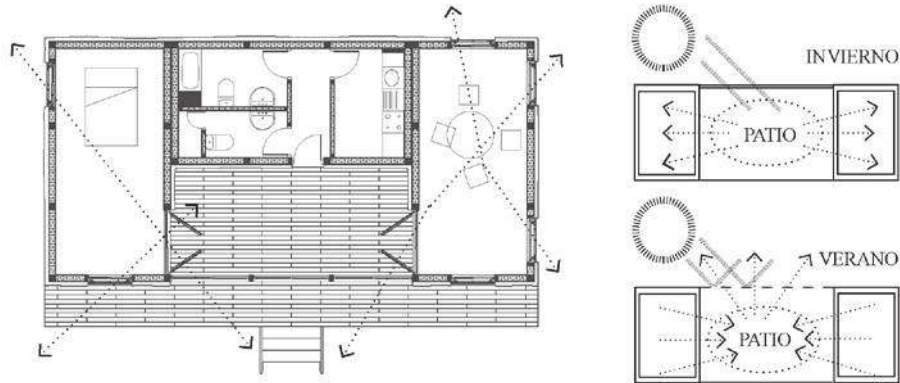


Figura 4. Sistema de climatización natural.

3. CONCLUSIONES

Con el prototipo presentado se demuestra que es posible una nueva forma de construir para dar respuesta a las exigencias de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente que demanda la sociedad. Una nueva forma de construir consistente en el uso de módulos prefabricados compuestos por materiales totalmente ecológicos y con la incorporación de estrategias bioclimáticas. Esta propuesta constructiva debe ponerse al servicio de la arquitectura contemporánea, sin mermar las posibilidades compositivas y mejorando la calidad del producto final, de ahí la importancia de crear un sistema de industrialización abierto, que permita reinterpretarse para generar múltiples combinaciones y adaptarse a cualquier tipo de necesidad a lo largo del tiempo.

Al hacer uso de la construcción prefabricada modular se alcanzan objetivos como sencillez y diversidad compositiva, rapidez de ejecución, economía de medios y capacidad de transformación a lo largo del tiempo, elementos fundamentales para que la propuesta constructiva resulte viable.

La gran oferta de materiales con un mínimo impacto en el medio ambiente debe ser aprovechada irremediamente en el campo de la construcción, para ofrecer un producto limpio y con una importante reducción de la huella de carbono, no sólo en la fase de producción, sino también a lo largo de su vida útil. Para ello, la implementación de estrategias bioclimáticas resulta fundamental y sencilla en este tipo de construcciones, permitiendo reducir el consumo energético y tender a generar construcciones autosuficientes de manera práctica.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Terrados Cepeda, Francisco Javier. (2012). *Prefabricación ligera de viviendas. Nuevas premisas europeos*. Universidad de Sevilla
- [2] Ruiz-Larrea, C., Prieto, E., & Gómez, A. (2008). Arquitectura, Industria y Sostenibilidad. *Informes de la Construcción*, 60(512): 35-45 doi: 10.3989/ic.08.037
- [3] Terrados-Cepeda, F. J., Baco-Castro, L., Moreno-Rangel, D. (2015). Patio 2.12: Vivienda prefabricada, sostenible, autosuficiente y energéticamente eficiente. Participación en la competición Solar Decathlon Europe 2012. *Informes de la Construcción*, 67(538): e088, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.138>
- [4] Camaño Martín, E., Neila González, J., Jiménez Leube, F., Egido Aguilera, M., Uzquiano, M., Gómez Osuna, J., Bedoya Frutos, C., Magdalena Layos, L., & García Santos, A. (2004). Viviendas solares autosuficientes: participación de la Universidad Politécnica de Madrid en el concurso "Solar Decathlon". *Informes de la Construcción*, 56(494): 35-46 doi: 10.3989/ic.2004.v56.i494.447
- [5] Colaboradores de Sd Europe. "Solar Decathlon Europe". *Sd Europe*. Accedido el 22 marzo, 2014, desde: <http://www.sdeurope.org>
- [6] Colaboradores de Aisleco. "Aislante de lana de oveja". *Aisleco*. Accedido el 02 abril, 2014, desde: <http://www.aisleco.com/aislante-de-lana-de-oveja.html>
- [7] Fuentes García, Raquel (Julio 2010). Construcciones de tierra. El Tapial. Nuevo sistema para construcción y restauración mediante la técnica de "Tierra Proyectada". Universidad de Granada.
- [8] Colaboradores de UnusualGreen. "Cubiertas vegetales". *UnusualGreen*. Accedido el 12 abril, 2014, desde: <http://www.unusualgreen.com>