

PATIO 2.12. UN PROYECTO DE ESTRUCTURA SOSTENIBLE

Jorge Barrios Corpa

E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Málaga

Alberto García Marín

E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Málaga

Juan Antonio Marín Malavé

E.T.S. de Arquitectura. Universidad de Málaga

Resumen

En el marco de la investigación de la eficiencia energética y la sostenibilidad en modelos edificatorios se desarrolla Solar Decathlon Europe, una convocatoria internacional de arquitectura para la búsqueda de nuevas propuestas de diseño encaminadas a la obtención de estos fines. Dentro de los proyectos seleccionados para la fase final se encuentra Patio 2.12 integrado por un equipo de investigadores de las Escuelas andaluzas de Arquitectura de Sevilla, Málaga y Granada y la Politécnica de Jaén. El diseño del prototipo de la vivienda modular Patio 2.12 incorpora las últimas tecnologías en el sector de la eficiencia energética así como otras propias de las investigaciones desarrolladas por el equipo Andalucía Team.

El proyecto de estructura del prototipo se ha realizado desde criterios de sostenibilidad tanto desde el punto de vista de la elección del material resistente como en el procedimiento constructivo o sistema de cimentación sin huella sobre el lugar de emplazamiento.

En el presente documento se analiza y avalúa la estructura conforme a los dos sistemas principales que existen actualmente en España para la certificación voluntaria de edificios sostenibles, BREEAM ES y VERDE, obteniendo una alta calificación según ambas metodologías.

Palabras clave: *sostenibilidad, certificación de edificios, prefabricación, estructura de madera, reutilización, solar decathlon*

Área temática: *Eficiencia energética en edificación y rehabilitación*

1. Introducción

La práctica constructiva en el campo estructural de la edificación ha volcado en general todo su esfuerzo en el análisis e investigación de la función resistente, dejando al margen otros aspectos como la sostenibilidad. En los últimos años esta tradición está cambiando, y se incorporan en el proyecto de estructura medidas encaminadas a la obtención de edificios sostenibles, donde criterios como el reciclaje o la reutilización de materiales se consideran desde la fase inicial de diseño de la edificación. La preocupación por modelos edificatorios eficientes energéticamente se ha desarrollado tanto en el sector privado como en el público investigando en sistemas con un menor consumo de energía así como la búsqueda de energías renovables y de menor impacto medioambiental.

En este marco se crea “Solar Decathlon” en Estados Unidos, una prestigiosa competición internacional organizada por el Departamento de Energía que premia la casa solar energéticamente más eficiente, sostenible y confortable. La competición es bianual y se viene realizando en Washington desde el año 2002, constituyendo una excelente plataforma para difundir los conocimientos y aplicaciones en el campo de la eficiencia energética aplicada a la vivienda. Equipos universitarios, integrados por expertos en arquitectura, energías renovables y comunicación, diseñan y construyen prototipos de viviendas sostenibles y autosuficientes energéticamente.

Con el fin de difundir y desarrollar esta competición en el ámbito europeo, el Departamento de Energía de Estados Unidos junto con el Ministerio de Fomento del Gobierno de España, crean “Solar Decathlon Europe” cuya primera edición tuvo lugar en Madrid en el año 2010 y la segunda también ha sido celebrada en Madrid durante el mes de septiembre con la construcción de los prototipos.

Entre los 20 equipos seleccionados para la fase final se encuentra el proyecto PATIO 2.12 realizado por el equipo ANDALUCÍA TEAM integrado por las Universidades de Sevilla, Granada, Málaga y Jaén, que aúna a investigadores de las tres Escuelas de Arquitectura andaluzas y de la Politécnica de Jaén, y cuyo objetivo está en alcanzar la excelencia del conocimiento en el ámbito de la vivienda sostenible y posicionarse como referente en el ámbito de la arquitectura doméstica de vanguardia y de las energías renovables.

En los siguientes apartados se presenta el Proyecto Patio 2.12 haciendo especial hincapié el diseño estructural de la vivienda, el cual ha sido realizado en absoluta coordinación con la arquitectura, así como con otros aspectos propios de la competición como son la posibilidad de montaje y desmontaje, o los condicionantes para su transporte por carretera al tratarse de una vivienda prefabricada.

Con el objetivo de analizar el carácter sostenible del proyecto de estructura del prototipo, se evalúa la puntuación obtenida por la estructura conforme a los dos sistemas actuales de certificación de edificios sostenibles en España: BREEAM ES y VERDE.

**Figura 1. Villa Solar
Solar Decathlon 2009 (Washington) y Solar Decathlon Europe 2012 (Madrid)**



2. Descripción del Proyecto

Patio 2.12 constituye un nuevo concepto de vivienda modular autosostenible, basada en el concepto de «kit de espacios» y de «escala intermedia de prefabricación» generando un espacio doméstico a partir módulos que mediante su interconexión forman un conjunto habitacional. De esta manera, el prototipo propone una alternativa de espacio doméstico mediante la adición de «módulos» en torno a un espacio intermedio, el «patio».

La vivienda está formada por cuatro módulos con usos de Salón, Cocina, Dormitorio y Cuarto de Instalaciones, conectados a través de un patio central desde el que se tiene acceso a todas las estancias.

A continuación se indican algunas de las características que describen el proyecto:

- **Vivienda Flexible**

El usuario podría disponer previamente al montaje de la casa de una relación de habitaciones disponibles ya acabadas, y usar su apetencia para disponerlas como si de un juego se tratara, colocando las aperturas al espacio exterior, así como los volúmenes más altos donde mejor convenga.

Se trata de un sistema flexible que, mediante la combinación de módulos habitacionales fijos con un elemento «elástico» (el patio tecnológico central), consigue sin perder la característica de ser un sistema prefabricado, la realización de viviendas flexibles, adaptables y atractivas. El sistema puede ser adecuado para situaciones que necesitan de nuevas soluciones, como la vivienda temporal o de emergencia (por ejemplo para trabajadores temporeros), la vivienda en entornos sin infraestructura, los conjuntos residenciales autosuficientes energéticamente, las residencias de estudiantes, etc.

Figura 2. Vista exterior de la casa



Pedro Iguaiz

- **Patio Tecnológico**

El patio es el elemento flexible del prototipo, donde se dilatan las funciones de todas las piezas a él asociadas y en donde se establece una relación entre el exterior y el interior que permite una mejora en las condiciones de confort.

En el patio (en este caso un patio tecnológico) se pueden recrear las condiciones más agradables de la estancia mediterránea modulando la luz y la sombra, la humedad, la temperatura, los olores y los sonidos.

Es útil para ello una relectura de los materiales tradicionales como son la cerámica y la madera, empleados tanto en el revestimiento exterior como en la estructura de los módulos y la aplicación de componentes de última generación que mejoran el comportamiento energético de la vivienda.

Por un lado, se emplean nuevos materiales integrados en los cerramientos que incrementan, sin aumento de masa, la inercia térmica. Por otro lado, se desarrolla un sistema de apergolado del patio que le da sombra al mismo tiempo que genera energía fotovoltaica.

Figura 3. Vista interior del patio



- **Tradición e Innovación**

La vivienda rescata las virtudes del modo de vida mediterráneo. Como en la casa tradicional andaluza, el patio es también el corazón de la vivienda, acogiendo múltiples funciones y estableciendo una relación entre el exterior y el interior que permite graduar las condiciones de confort.

El prototipo tiene como prioridad el ahorro frente a la producción de energía proponiendo un compendio de sistemas pasivos. Las estrategias bioclimáticas del prototipo, referentes a la tradición mediterránea, se basan en el funcionamiento del «patio» como regulador térmico de forma diferenciada para invierno y verano.

Asimismo, se desarrolla el concepto de prefabricación de vivienda a partir de la adición de espacios fijos prefabricados a un espacio variable, «el patio». El módulo habitacional se propone como el elemento (o espacio) de prefabricación intermedia cuyas dimensiones son las adecuadas para su transporte por carretera. De esta manera, se realiza un elevado trabajo de construcción en taller que permite un ahorro de tiempo en el montaje. Como desarrollo posterior de este sistema de prefabricación, se proponen dos líneas:

1. Prefabricación completa de bloques de vivienda colectiva de poca altura mediante el apilado de los módulos habitacionales prefabricados.
2. Utilización de los módulos habitacionales prefabricados para el reciclaje de estructuras residenciales obsoletas, un ámbito de aplicación que puede tener un gran desarrollo en los próximos años.

Figura 4. Sección transversal de la vivienda



- **Construcción Modular**

El sistema de construcción desarrollado en Patio 2.12 permite su rápido montaje, disminuyendo los tiempos de ejecución en obra, lo cual repercute en el bajo coste de la vivienda y en la mejor calidad del producto final.

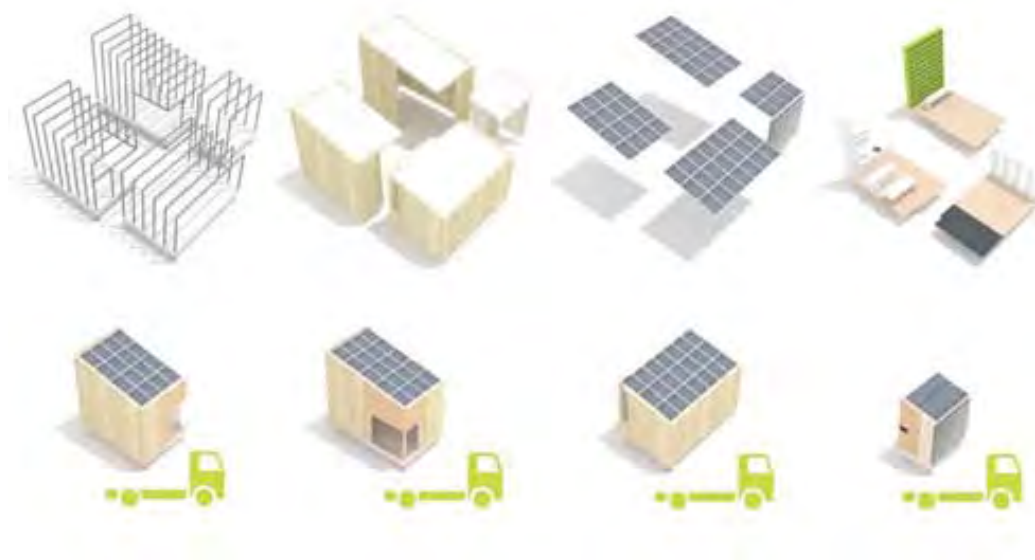
El módulo habitacional es un sistema que, por su tamaño y peso, permite ser prefabricado totalmente en taller y colocado, ya terminado, en obra. No necesita cimentación, contando sólo con apoyos puntuales acoplables en el momento del montaje. El suelo del patio es independiente de los módulos habitacionales y queda vinculado al terreno mediante un sistema de apoyos parecido al de éstos. De esta manera, el suelo de la vivienda está elevado, ventilado y con aislamiento.

La estructura de la pérgola del patio apoya sobre los módulos habitacionales, los cuales cuentan en todo su perímetro con unos elementos especiales para recibirla, sea cual sea la configuración final de la vivienda.

El prototipo consigue la mejor integración arquitectónica de la energía solar fotovoltaica a través de la forma de la vivienda. Los paneles fotovoltaicos se integran tanto en los módulos

habitacionales como en la pérgola del patio, con inclinación suficiente para obtener la mayor eficiencia de captación.

Figura 5. Sistema prefabricado y transportable



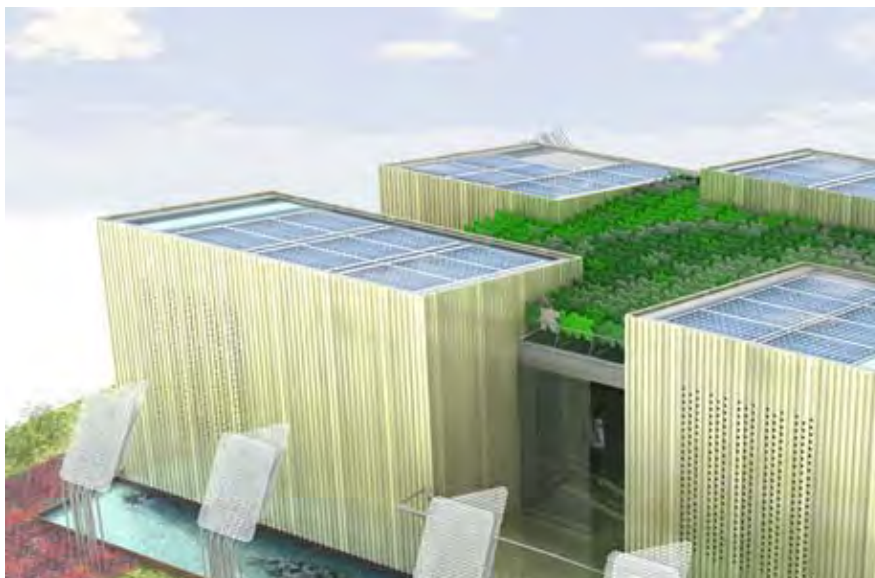
- **Sostenibilidad y Reciclaje**

Debido a la inexistencia de cimentación de los módulos habitacionales, contando sólo con apoyos sobre el terreno, el sistema permite dejar el terreno sin afección una vez retirada la vivienda. De este modo, el prototipo promueve un tipo de construcción sin huella en el paisaje y sin residuos tras su posible desmontaje.

El prototipo explora también la posibilidad del reciclaje de sus aguas grises dentro de los usos de la vivienda. Así, cuenta con vegetación exterior, que bien puede ser regada por el agua reciclada, o bien puede participar del propio proceso de reciclaje.

El conjunto de los materiales que forman la vivienda se han elegido valorando su carácter sostenible, buscando materiales de rápido ciclo de regeneración y con un coste energético bajo para su fabricación.

Figura 6. Vista exterior del patio tecnológico y estanques de agua



3. El Proyecto de Estructura

Frente a la práctica habitual de la edificación en la cual la estructura resistente del edificio se encaja en la fase final de definición del proyecto, una vez que la arquitectura está prácticamente definida en su totalidad, en el caso de Patio 2.12 arquitectura y estructura se desarrollan de forma conjunta desde el origen del diseño. La relación entre ambas es tal que las dos son igualmente dependientes una de la otra.

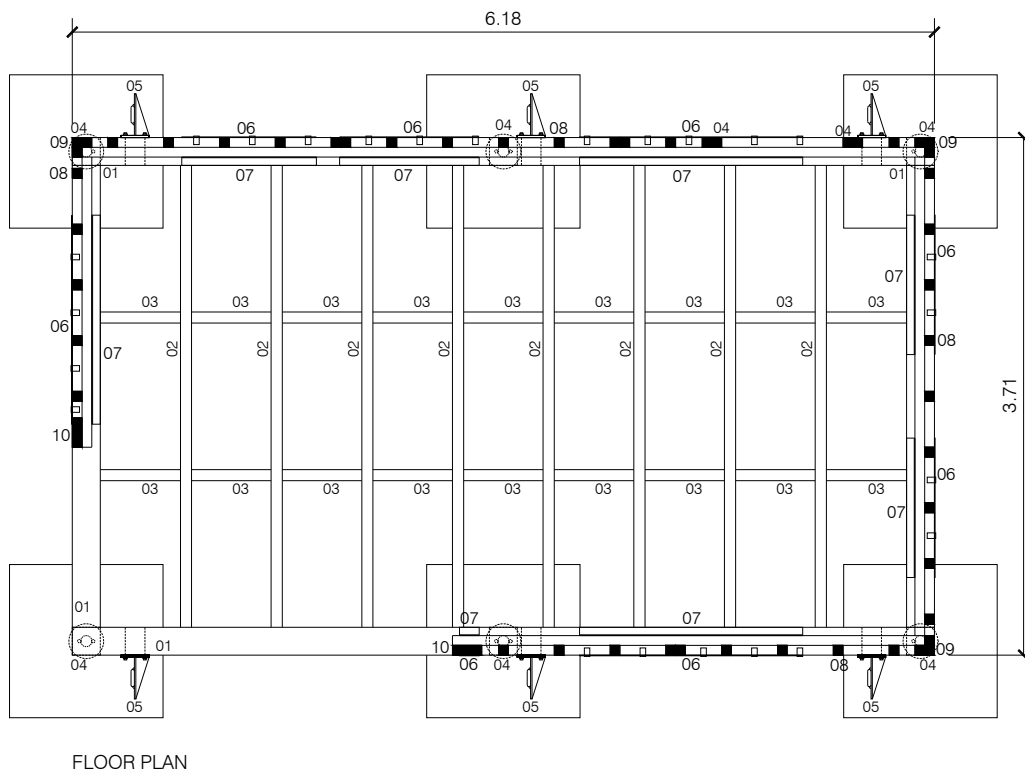
Cada uno de los módulos tiene una estructura independiente del resto, y a la vez todos son los encargados de resistir las cargas transmitidas por la cubierta del patio.

El esquema estructural de todos los módulos es equivalente excepto en aquellos aspectos en los que dependiendo de la posición y uso del módulo, las aberturas en fachada y de acceso interior varían. De esta manera, la estructura está constituida por pórticos equidistantes de pilares y vigas de madera formando una distribución reglada, adaptada a las dimensiones de las piezas cerámicas de la fachada de la vivienda.

Toda la estructura sobre el forjado de planta baja es de madera maciza de clase C24 con dimensiones de pilares y vigas según dimensionamiento. Los pilares son de sección cuadrada de 7x7 cm, excepto en el caso de los pilares en esquina y los adyacentes a huecos de ventana o de acceso, en los que la escuadría se incrementa a 7x14 cm ó 7x21 cm respectivamente, siempre apantallados en la dirección paralela a la fachada.

El forjado de la planta cubierta es de tipo unidireccional de viguetas rectangulares de 7x14 cm, con el mismo inter-eje de los pilares formando arcadas completas perpendiculares a las dos fachadas longitudinales del módulo. En el caso de los módulos correspondientes al salón y a la cocina esta distribución se ve ligeramente alterada debido a que la entrada a estos módulos se realiza a través de las esquinas, no pudiendo disponer pilares en esta zona y quedando por tanto el forjado de la cubierta parcialmente volado. Para resolver el voladizo, se disponen vigas de canto de madera de dimensiones 7x35 cm sobre los pilares de las dos fachadas de encuentro en la esquina.

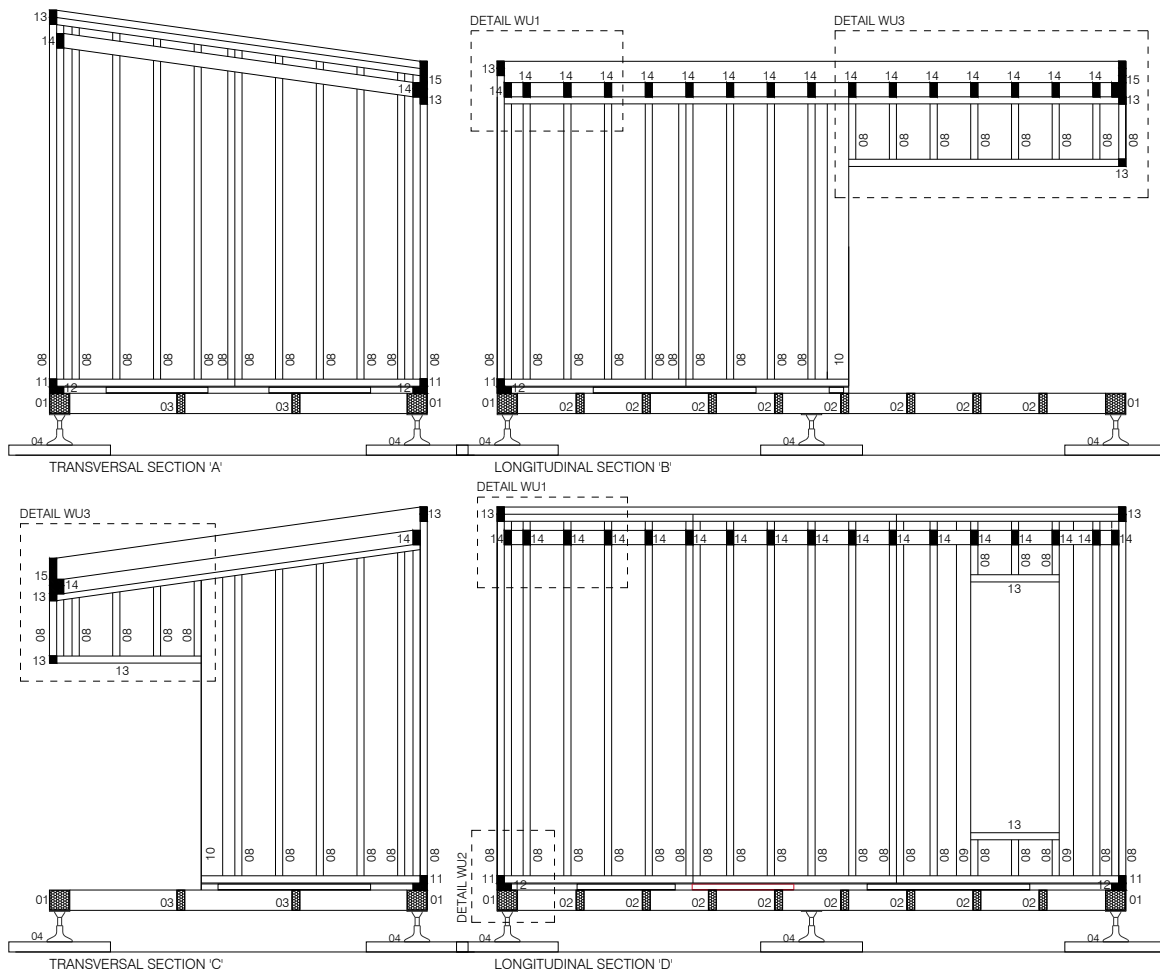
Figura 7. Módulo de salón. Forjado de planta baja



La construcción de los módulos es de tipo prefabricado en taller para su posterior transporte a la parcela de ubicación. Esta característica junto con la imposibilidad de izar los módulos mediante eslingas ancladas al forjado de cubierta por los voladizos existentes en los casos indicados anteriormente, hacen necesaria la definición de un forjado de planta baja formado por un entramado de vigas metálicas. Las vigas perimetrales son cuadradas huecas 200.8 mm y las correas rectangulares huecas 80.200.3 mm. El izado de la casa para su posicionamiento en el camión de transporte, se realiza a través de 6 anclajes provisionales unidos mediante tornillos a las vigas perimetrales del forjado de planta baja.

La construcción de la estructura es rápida y sencilla no requiriendo de mano de obra cualificada ni de medios auxiliares especiales, permitiéndose así su instalación en cualquier lugar. Toda la estructura de madera esta despiezada en paneles independientes de pilares y vigas de la fachada, que se colocan sobre el forjado metálico de planta baja correlativamente, y se unen entre si mediante tornillos pasantes colocados en los pilares verticales de la junta.

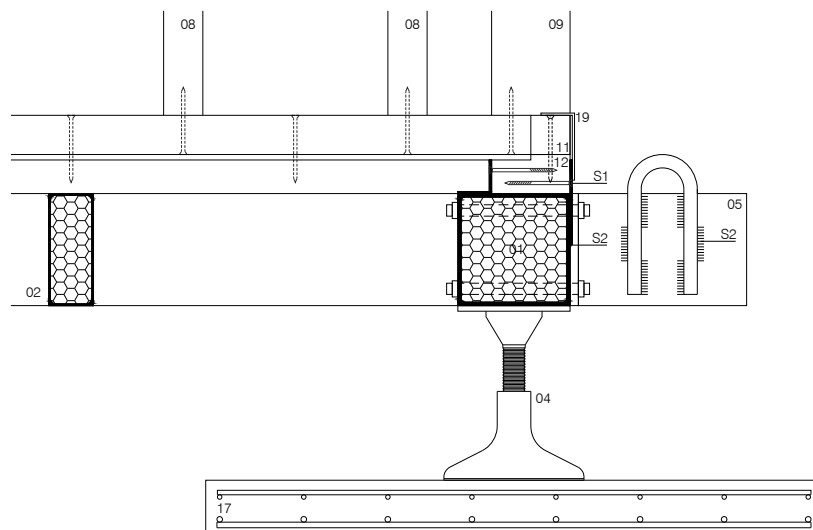
Figura 8. Módulo de salón. Alzados principales



La cimentación de los módulos en el terreno se realiza mediante zapatas regulables en altura apoyadas en losas de hormigón de 10 cm de espesor para el reparto de tensiones conforme a la tensión admisible del terreno. Esta solución permite adaptar la posición de los módulos a la topografía de la parcela de emplazamiento sin dejar huella una vez que la

vivienda es transportada a otro lugar. Por cada módulo se disponen un total de seis zapatas situadas en las esquinas y en la mitad de los lados de mayor longitud.

Figura 9. Detalle de zapata ajustable



Para la estabilidad transversal frente a la acción horizontal debida al viento, se dispone en todos los módulos un arriostramiento global de las fachadas por medio de paneles de madera OSB en ambas caras de la fachada atornillados a los pilares, dotando de gran rigidez al conjunto de la estructura. Asimismo, las correas del forjado de planta cubierta también quedan arriostradas transversalmente por un forjado termo estructural formado por lamas huecas de madera con aislamiento térmico en su interior. En el caso del módulo técnico donde se albergan todas las instalaciones de la vivienda, al quedar la estructura vista, el arriostramiento horizontal se consigue a través de la conexión conjunta con el resto de módulos por medio de la cubierta del patio.

4. Sistemas de certificación sostenible de edificios

El actual interés y preocupación por el diseño de procesos para la creación y fabricación de productos con la calificación “sostenible”, va adquiriendo cada vez más importancia en la sociedad, y se están desarrollando criterios y metodologías para la consecución de este objetivo desde la génesis del proceso. Si bien en los últimos años ha sido en España cuando la implantación de los objetivos basados en la sostenibilidad se han incorporado con mayor fuerza a los productos, el análisis e investigación sobre modelos con bajos impactos energéticos y medioambientales, se lleva realizando desde las últimas décadas del siglo pasado en el ámbito internacional. En los años 70 surge un movimiento sensible a la inquietud sobre el agotamiento y deterioro de los recursos naturales de energía debido al uso inadecuado y excesivo que se está haciendo de ellos, y comienza entonces la investigación sobre modelos de conservación de la energía en base a alcanzar tecnologías con rendimientos energéticos más eficientes. Posteriormente en las décadas siguientes se incorpora la preocupación sobre la afección al medio ambiente de los procesos constructivos debido tanto por la acción directa sobre el medio natural, como a los efectos secundarios que se desencadenan como consecuencia de las actuaciones realizadas. Se buscan soluciones que permiten reutilizar los recursos naturales invertidos en fases previas, y el aprovechamiento de recursos que hasta este momento se dejaban escapar como el agua de

lluvia. En la actualidad, se están añadiendo al concepto de sostenibilidad aquellas acciones encaminadas a la búsqueda de mejores niveles de confort en la actividad de los usuarios como la iluminación de los puestos de trabajo, la calidad del ambiente interior o el control de los niveles de ruido.

En cada país pueden coexistir uno o más sistemas de certificación, siendo la situación más frecuente la existencia de un sistema de certificación local desarrollado por el propio país, y otros creados a partir de la adaptación de los sistemas de certificación de ámbito internacional a sus características particulares.

La metodología de evaluación de la sostenibilidad es específica de cada sistema de certificación, si bien los métodos más extendidos corresponden a fórmulas de calificación mediante puntos que se consiguen en base al carácter sostenible de las medidas adoptadas o a partir del análisis de los impactos que producen dichas medidas.

Dentro del global de los criterios de puntuación considerados en cada sistema, existen aspectos relacionados de forma directa con la elección del diseño estructural del edificio que habitualmente se ignoran por desconocimiento, y que en el presente documento se describen al objeto de analizar la medidas estructurales encaminadas a la sostenibilidad, y el peso de estas medidas dentro de la calificación final del conjunto con el total de aspectos calificados en la evaluación.

5. Evaluación del proyecto de estructura según BREEAM ES y VERDE

Con el fin de evaluar el carácter sostenible del diseño estructural definido para el prototipo de vivienda Patio 2.12, en el presente apartado se analiza la calificación de la estructura conforme a los dos sistemas de certificación sostenible de edificios implantados en España, BREEAM ES y VERDE.

5.1 BREEAM ES. BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODOLOGY (BRE GLOBAL-ITG, 2009)

BREEAM es una certificación para la calificación de edificios a través de criterios de sostenibilidad que fue creada en el Reino Unido en 1990 y que posteriormente se ha extendido a otros países que la han adoptado como metodología de referencia. Desde entonces se ha ido actualizando conforme a las modificaciones introducidas en la normativa británica, publicándose en el año 2008 la BREEAM 2008.

En el ámbito español el Instituto Tecnológico de Galicia (ITC) y BRE Global Ltd. constituyen BREEAM España en el año 2009, para adaptar el método BREEAM a la naturaleza, normativa y particularidades de España, y su posterior aplicación y explotación a través de la certificación BREEAM ES.

El Método BREEAM ES particulariza los sistemas y criterios de evaluación y certificación de la sostenibilidad dependiendo de las distintas tipologías edificatorias y de su uso, a fin de optimizar la evaluación del rendimiento de los distintos tipos de edificios y/o territorios. Actualmente BREEAM ES se desarrolla en España con cuatro ámbitos de aplicación Vivienda, Comercial, Urbanismo y En uso.

La metodología de evaluación consiste en la verificación de cumplimiento de una serie de requisitos, que en caso de satisfacerse implican una reducción de los impactos ambientales provocados por la construcción, y un aumento de los beneficios medioambientales. La calificación se realiza de acuerdo a los puntos obtenidos en base al cumplimiento de los requisitos establecidos en cada una de las diez categorías contempladas en el sistema. El

porcentaje de puntos conseguidos en cada una de las categorías se pondera por un factor que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto dando lugar a puntuaciones parciales, cuya suma total resulta la puntuación global obtenida. En base a los puntos conseguidos, se establecen 5 rangos de clasificación que en el caso de Vivienda, Comercial y Urbanismo corresponden a Aceptable (>30%), Bueno (45-54%), Muy Bueno (55-69%), Excelente (70-84%) y Excepcional (>85%).

Las diez categorías analizadas se distribuyen en 9 categorías ambientales con las que se puede alcanzar un máximo de 100 puntos porcentuales y 1 categoría que analiza el carácter innovador de la construcción en términos de sostenibilidad que es valorado con 10 puntos porcentuales extras. En la Tabla 1 se indican las categorías consideradas con el peso porcentual y los puntos disponibles en cada una de ellas:

Tabla 1. Categorías consideradas en BREEAM ES

CATEGORÍA	PESO PORCENTUAL	PUNTOS
Gestión	11,5%	9
Salud y Bienestar	14,0%	12
Energía	18,0%	29
Transporte	8,0%	10
Agua	10,5%	7
Materiales	12,0%	16
Residuos	7,0%	8
Uso del Suelo y Ecología	9,5%	14
Contaminación	9,5%	9
Innovación	10,0%	11

Dentro de la totalidad de créditos valorados en cada una de las categorías, a continuación se indican aquellos en los que tiene influencia la elección de la tipología estructural y que son de aplicación al caso particular de Patio 2.12:

- **Materiales**
 - Conservación de la estructura.
 - Materiales de bajo impacto ambiental
 - Aprovechamiento responsable de materiales. Elementos básicos del edificio
- **Residuos**
 - Gestión de residuos de obra
 - Áridos reciclados

Como se puede observar, ***todos los aspectos evaluados por BREEAM ES dependientes de la estructura con aplicación en el proyecto, han sido considerados en Patio 2.12.***

5.2 VERDE. VALORACIÓN DE EFICIENCIA DE REFERENCIA EN EDIFICIOS (GBCe, 2002)

Con carácter nacional el Comité Técnico de GBCe (Green Building Council España) con la colaboración del grupo de investigación ABIO-UPM, Instituciones y empresas asociadas a GBCe, desarrollan la certificación VERDE para la evaluación de edificios desde criterios medioambientales. El análisis de la edificación se realiza en todo su ciclo de vida contemplando 5 etapas, Producto, Transporte, Construcción, Explotación y Rehabilitación o Demolición.

La certificación VERDE evalúa la reducción de los impactos del edificio y su emplazamiento por la implementación de medidas, tanto en estrategias de diseño como en factores de rendimiento, agrupadas estas medidas en una lista de criterios de sostenibilidad. El peso dado a las categorías de impacto para la evaluación de los impactos absolutos, está basado en la política medioambiental española y los datos relativos a los indicadores de sostenibilidad, como se refleja en el informe del Observatorio de Sostenibilidad Español.

La clasificación obtenida por la edificación se realiza a partir de la medida de los impactos reducidos por esta frente a los valores de referencia establecidos para cada uno de ellos y cuyo valor se mide a través del valor obtenido en un indicador asociado. A cada criterio de sostenibilidad contemplado se le asocia una puntuación de referencia que se establece a partir de la revisión de la reglamentación regional, el análisis de valores de rendimiento usuales de los edificios en la zona, o por consenso entre un grupo de expertos.

Conforme a la extensión, intensidad y duración potencial de los efectos de cada uno de los criterios sobre los distintos impactos, se ponderan los valores asociados a los mismos mediante pesos porcentuales. La puntuación final de la evaluación se obtiene mediante la ponderación de los impactos reducidos en relación al edificio de referencia. En el caso de los impactos con carácter global, el peso de ponderación está relacionado con la importancia de estos impactos a nivel mundial, mientras que en el caso de los impactos de ámbito local y regional, el peso está relacionado con la situación del entorno.

El sistema VERDE establece un total de 6 niveles de certificación conforme a la calificación total de los impactos evitados, con denominación "0 a 5 hojas VERDE".

Los 12 impactos analizados en VERDE provienen de una selección de los establecidos por International Initiative for Sustainable Build Environment (iiSBE) con los pesos porcentuales definidos en la Tabla 2.

Los criterios para la evaluación de los impactos evitados son un total de 42 repartidos según la tipología de los edificios a evaluar, estando clasificados en siete categorías: Información de proyecto, Parcela y emplazamiento, Energía y atmosfera, Recursos naturales, Calidad del ambiente interior, Calidad del servicio y Aspectos sociales y económicos.

En el conjunto de las categorías, los criterios relacionados con la elección del diseño estructural son los siguientes:

- **Información de proyecto**
 - Optimización de la vida útil de la estructura
- **Energía y atmosfera**
 - Uso de energía no renovable incorporada en los materiales de construcción
 - Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción
- **Recursos naturales**

- Impacto de los materiales de construcción. Reutilización y uso de materiales reciclados
- Impacto de los materiales de construcción. Desmontaje, reutilización y reciclado al final del ciclo de vida
- Impactos generados en la fase de construcción. Residuos de construcción.

Tabla 2. Impactos considerados en VERDE

IMPACTO EVITADO	PESO PORCENTUAL
Cambio climático	27%
Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	0%
Perdida de fertilidad	5%
Perdida de vida acuática	6%
Emisión de compuestos foto-oxidantes	8%
Cambios en la biodiversidad	4%
Agotamiento de energía no renovable	8%
Agotamiento de recursos no renovables	9%
Agotamiento de agua potable	10%
Generación de residuos no peligrosos	6%
Perdida de salud, confort y calidad para los usuarios	12%
Riesgos y beneficios para los inversores	5%

En base a los criterios de evaluación, el proyecto ***Patio 2.12*** ***satisface la reducción de los impactos considerados en VERDE para la calificación de la estructura en términos de sostenibilidad.***

6. Clasificación sostenible de Patio 2.12 en Solar Decathlon Europe

La clasificación de los diferentes proyectos participantes en la competición Solar Decathlon Europe, se realiza con base al sumatorio total resultante de las puntuaciones parciales obtenidas en diez pruebas que evalúan diferentes aspectos de la vivienda. Estas pruebas están divididas en dos grupos, uno correspondiente a pruebas en las que un jurado de expertos otorga los puntos correspondientes, y el otro, a pruebas en las que los puntos se obtienen de acuerdo a mediciones “in situ” de parámetros como temperatura, humedad, consumo eléctrico,...

De esta manera, una de las diez pruebas puntuables es la correspondiente a “Sostenibilidad”, en la cual se valoran todas aquellas medidas tomadas en consideración en

el proyecto encaminadas al diseño de un prototipo de bajo consumo energético y con el mínimo impacto medioambiental y socioeconómico.

En esta prueba el proyecto Patio 2.12 obtuvo el segundo puesto entre un total de diecinueve equipos participantes, lo cual manifiesta el alto carácter sostenible de la vivienda. La alta puntuación obtenida, se debe a las numerosas medidas de diseño sostenible integradas en los diferentes ámbitos como arquitectura, estructura, instalaciones o materiales.

El jurado manifestó su interés y valoró positivamente múltiples aspectos que se podrían englobar en tres grandes bloques:

- **Diseño arquitectónico y medidas pasivas.**

La vivienda cuenta con un diseño que proporciona un alto nivel de confort medido en términos de temperatura, humedad y ventilación. También dispone de un sistema de recogida del agua de lluvia, así como para el reciclaje de las aguas grises.

- **Utilización de materiales reciclados, reciclables y reutilizables**

Todos los materiales empleados demandan un bajo consumo energético para su fabricación, y en la mayoría de los casos proceden en gran parte de materiales reciclados. Asimismo, el alto nivel de industrialización de la vivienda permite el completo desmontaje de todos los elementos, para su posible reutilización sin generar residuos.

- **Autosuficiencia energética**

El sistema de paneles fotovoltaicos integrado en las cubiertas inclinadas de los módulos es capaz de producir una cantidad de energía aproximadamente cuatro veces superior a la consumida. Además dispone de un sistema de baterías de almacenamiento que se recargan mientras el consumo es inferior a la generación.

Particularmente en el campo del diseño estructural, Patio 2.12 ha demostrado el cumplimiento de los principales aspectos valorados en los sistemas de certificación sostenible, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

- **Emplazamiento sin huella.** La cimentación es de tipo superficial mediante zapatas regulables en altura que permiten adaptarse a la topografía de la parcela, y que una vez desmontada la vivienda no deja huella de su existencia sobre el emplazamiento.
- **Materiales sostenibles.** La madera es el principal material de la estructura. Se trata por tanto de un material con un rápido proceso de regeneración y cuya manufactura demanda un bajo nivel de energía.
- **Reutilización.** El carácter modular de la vivienda le permite gran versatilidad de usos. Dependiendo de las necesidades en cada instante, el usuario puede componer diferentes configuraciones del conjunto permitiendo su constante reutilización.

- **Rápido montaje.** La estructura presenta gran sencillez de montaje siendo los tiempos necesarios muy breves. De esta manera, el tiempo estimado para el montaje de la estructura de cada módulo es de 1 día.
- **Mano de obra no especializada.** La sencillez constructiva de la estructura permite el montaje de la misma por mano de obra no especializada, haciendo posible su construcción en lugares de emplazamiento con bajos recursos.
- **Sistema prefabricado.** El prototipo cuenta con las ventajas de los procesos industrializados, es decir mayor control de la calidad y menor coste económico.
- **Gestión de residuos.** El control del proceso constructivo hace posible la planificación de la gestión de los residuos de construcción, valorando el carácter reciclable o reutilizable de cada elemento.

Figura 10. Apilamiento de pórticos industrializados de madera



Figura 11. Perspectiva estructural del módulo de cocina



Figura 12. Proceso de replanteo de la vivienda sobre zapatas



Figura 13. Perspectiva aérea de la vivienda



7. Conclusiones

En el campo de la Eficiencia Energética y la Sostenibilidad aplicadas al proceso edificatorio, el prototipo de vivienda modular Patio 2.12 realizado por el equipo ANDALUCIA TEAM formado por las Escuelas de Arquitectura andaluzas de Sevilla, Málaga y Granada junto con la Politécnica de Jaén, para la competición internacional de arquitectura Solar Decathlon Europe 2012, constituye un modelo de vivienda que integra medidas para la obtención y reducción de la energía necesaria, así como la posibilidad de reutilización de los recursos.

En el diseño de la vivienda, arquitectura y estructura han ido de la mano desde el inicio de la concepción del proyecto, primando en ambos casos la utilización de sistemas sostenibles con un bajo impacto medioambiental. En el análisis de la sostenibilidad del proyecto de estructura de la vivienda conforme a los criterios evaluados por los sistemas de certificación sostenible de edificios desarrollados en España, BREEAM ES y VERDE, Patio 2.12 supone un ejemplo de vivienda de gran valor medioambiental con un alto nivel de cumplimiento de los criterios de medida de la sostenibilidad definidos en ambas metodologías.

El diseño estructural de Patio 2.12 engloba numerosas medidas con un alto valor medioambiental, que convierten el prototipo en un modelo a seguir en la arquitectura del siglo XXI.

Referencias

- Solar Decathlon Europe 2012. www.sdeurope.org
- Andalucía Team. Patio 2.12. www.andaluciateam.org
- Certificación BREEAM ES. BRE Global Ltd.-ITG. www.breeam.es
- Certificación VERDE. Green Building Council España. www.gbce.es

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Jorge Barrios Corpa
Phone: 649.36.57.60
E-mail: jbarrios@uma.es

Cesión de derechos

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo al Palacio de Ferias y Congresos de Málaga una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros.