



LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID EN EL CONCURSO "SOLAR DECATHLON"

VIVIENDAS SOLARES AUTOSUFICIENTES

Texto: Estefanía Caamaño Martín⁽¹⁾, Javier Neila González⁽²⁾, Fco. Javier Jiménez Leube⁽³⁾, Miguel Ángel Egido Aguilera⁽¹⁾, María Uzquiano⁽²⁾, José Miguel Gómez Osuna⁽²⁾, César Bedoya Frutos⁽²⁾, Luis Magdalena Layos⁽³⁾, Alfonso García Santos⁽²⁾

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

⁽¹⁾ Instituto de Energía Solar, ETSI Telecomunicación, ⁽²⁾ ETS Arquitectura – Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, ⁽³⁾ Centro de Domótica Integral, ETSI Telecomunicación



Logotipo identificador de la participación de la UPM en el concurso "Solar Decathlon"

La Universidad Politécnica de Madrid ha sido seleccionada para participar en un concurso internacional de diseño, construcción y demostración de una vivienda solar autosuficiente que, sin renunciar a las comodidades de un hogar moderno, sepa conciliar la integración de nuevas tecnologías y el respeto a su entorno. La aventura, denominada *Solar Decathlon*, representa una experiencia multidisciplinar de carácter investigador y educativo única en nuestra universidad, en la que profesores y alumnos de distintas disciplinas colaboran estrechamente en lo que, creemos, constituye una apuesta de futuro en pos de la sostenibilidad nacida de la alianza entre la arquitectura bioclimática, las tecnologías de aprovechamiento solar y la domótica.

EL "SOLAR DECATHLON"

El concurso internacional *Solar Decathlon* es una iniciativa impulsada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y dirigida a universidades, que persigue difundir la posibilidad de conciliar las buenas prácticas arquitectónicas con un uso racional de la energía, a través del aprovechamiento de la energía solar en su sentido

más amplio —pasiva y activamente— y el uso de tecnologías eficientes actualmente disponibles¹. En particular, consiste en el diseño, construcción y demostración de una vivienda unifamiliar de unos 70 m², alimentada exclusivamente por energía solar, que responda a las necesidades de un hogar de nuestros días y muestre el uso práctico de las energías renovables en la vida cotidiana.

Tres son los principios básicos que sustentan el espíritu de la competición, a saber:

- 1) Suministrar la energía necesaria para llevar a cabo tareas cotidianas de alimentación, limpieza, ocio, trabajo, transporte, etc., con un nivel de confort aceptable y haciendo uso exclusivo de la energía solar captada por la vivienda durante los siete días de la fase de exhibición, en Washington D.C.;
- 2) Demostrar a la sociedad, de una forma práctica, la existencia de principios de diseño arquitectónico que hacen uso de tecnologías solares y, a través de ellas, sus beneficios de tipo estético y energético;
- 3) Estimular la investigación y el desarrollo relacionados con las energías renovables y la eficiencia energética, especialmente en el sector de la edificación.

¹Más información en la página web oficial del concurso Solar Decathlon: www.solardecathlon.org



La ministra de Medio Ambiente de España y su homóloga sueca inauguraron la casa solar Magic Box en el Salón Inmobiliario SIMA-05. Foto cedida por intemper.

La primera edición del concurso *Solar Decathlon* contó con la participación de 14 universidades americanas que, desde mayo de 2001 y a lo largo de 16 meses, llevaron a cabo el diseño, construcción y transporte final de sus prototipos hasta el *National Mall* de la ciudad de Washington (explanada frente al Capitolio), lugar de celebración.

El evento, abierto al público, fue visitado por más de 150.000 personas y difundido en numerosos medios de comunicación norteamericanos (más de 500 notas de prensa en periódicos y revistas, y 45 reportajes en radio y televisión).

En febrero de 2003 se realizó una nueva convocatoria para el concurso *Solar Decathlon*, ampliándose hasta 19 el número de universidades participantes. Tras un proceso de evaluación de propuestas, resultaron finalmente seleccionadas 18 americanas —de Estados Unidos, Canadá y Puerto Rico— y, por primera vez, una europea, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La competición, iniciada oficialmente en septiembre de 2003, finalizará a comienzos de octubre de 2005.

LA PROPUESTA DE LA UPM

La participación en un concurso de las características del *Solar Decathlon* presenta para la Universidad Politécnica de Madrid una serie de retos derivados, tanto de la propia filosofía del concurso —las viviendas deben construirse en los Estados Unidos y cumplir, consecuentemente, normativas diferentes de las europeas— como de tipo logístico —transporte de la vivienda y el equipo hasta Washington— que representan, en la práctica, dificultades añadidas al ya de por sí ambicioso

objetivo de diseñar y construir una vivienda solar autosuficiente.

En la actualidad (julio de 2005), el equipo de la UPM está formado por más de treinta estudiantes coordinados por siete profesores de los centros mencionados y personal de apoyo.

El proyecto está situado en un lugar privilegiado: la explanada situada frente a la fachada principal de la E.T.S.I. de Agrónomos, una pradera orientada al sur y con extensión suficiente como para poder reproducir las condiciones de la fase final del concurso en Washington. Situado junto a la N-VI y a la entrada de la Ciudad Universitaria, el emplazamiento presenta un fácil acceso que facilita que el público pueda ver in-situ la evolución de nuestro proyecto.

“MAGIC BOX” (LA CAJA MÁGICA)

El objetivo inspirador de la propuesta de vivienda solar autosuficiente que representará a la UPM en el concurso *Solar Decathlon* es el de la calidad de vida. Así, se ha prestado especial importancia a aspectos tales como la calidad del aire, el confort térmico, la humedad y la adecuada distribución de temperaturas en el interior. De gran relevancia igualmente, dadas las características del concurso —limitación de la fuente de energía utilizable a la solar captada por la vivienda—, es la minimización de las necesidades energéticas mediante la aplicación de principios de diseño bioclimáticos procedentes de la arquitectura vernácula española, optimizados gracias a las tecnologías actuales disponibles para el acondicionamiento y la producción de electricidad y el agua caliente sanitaria. El uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para el manteni-

miento de las variables de confort y la gestión energética de los consumos constituye un tercer elemento innovador que contribuye al objetivo planteado.

El edificio diseñado es una vivienda de dimensiones medianas —su superficie es inferior a 70 m²—, la casa se integra en un solar de unos 500 m² y su volumen se confina dentro de los límites de un sólido hipotético de forma piramidal y altura inferior a 5,5 m, con el fin de evitar posibles sombras de sus elementos constructivos sobre edificios colindantes. La limitada superficie interior contrasta, en cambio, con la amplia variedad de usos exigida por el programa, que incluye una oficina —representando la imagen futura de una persona que ejerza su actividad profesional sola en casa y mantenga escaso contacto con el exterior.

La filosofía de versatilidad y flexibilidad del espacio interior trasciende igualmente al exterior. Así, las habitaciones se conectan con el exterior mediante terrazas, porches, jardines, patios e invernaderos. La aparición de un número tan grande de estancias en un lugar tan pequeño puede resultar inverosímil, pero es ahí donde la versatilidad del proyecto vuelve a adquirir protagonismo: las terrazas se convierten en jardines, los invernaderos en porches, y donde no había nada surge un patio. Todos esos elementos son susceptibles de recuperar su forma original si las condiciones climáticas cambian o se requiere un uso distinto del espacio.

La vivienda es bioclimática, lo que equivale a decir que se sustenta en los tres pilares del bioclimatismo energético: la captación de energía, su distribución a todas las habitaciones del edificio y su acumulación, tanto para cubrir la demanda cuando no hay suministro, como para amortiguar el golpe térmico que representa la captación de energía natural. La solución a ambas situa-

ciones suele venir acompañada de una concentración extrema y, por tanto, de unas condiciones de uso inadecuadas. Nuestra propuesta concibe la integración de los tres pilares mencionados del modo siguiente:

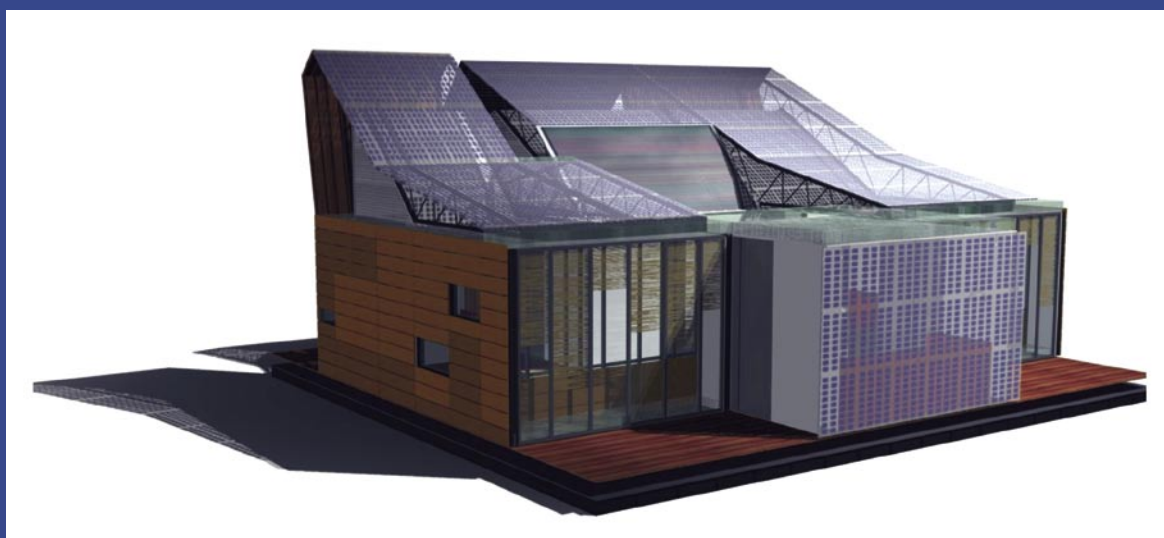
⇒ Dadas las características climáticas de la ciudad de Washington, la **captación de energía solar** en invierno ha de responder a la premisa clásica de grandes superficies acristaladas orientadas a mediodía. Para evitar que penetre la radiación solar durante los meses más cálidos, estos huecos quedan perfectamente protegidos por medio de voladizos —el sol estival en esos momentos está muy alto— y partes ciegas en los extremos de la vivienda, que evitarán los posibles perjuicios de las horas anteriores y posteriores al mediodía solar.

Pero, sin duda, el principal sistema captador y transformador —en forma de electricidad fotovoltaica y, en menor medida, de energía solar térmica— de energía de la vivienda es la cubierta. La impresión que suele sacarse de un edificio bioclimático y solar como éste es la de la cubierta, elemento que además de ser el más visible en un primer momento, marca inevitablemente su imagen final. Por ello, hemos decidido romper con la tipología tradicional de cubierta fotovoltaica, procurando que la

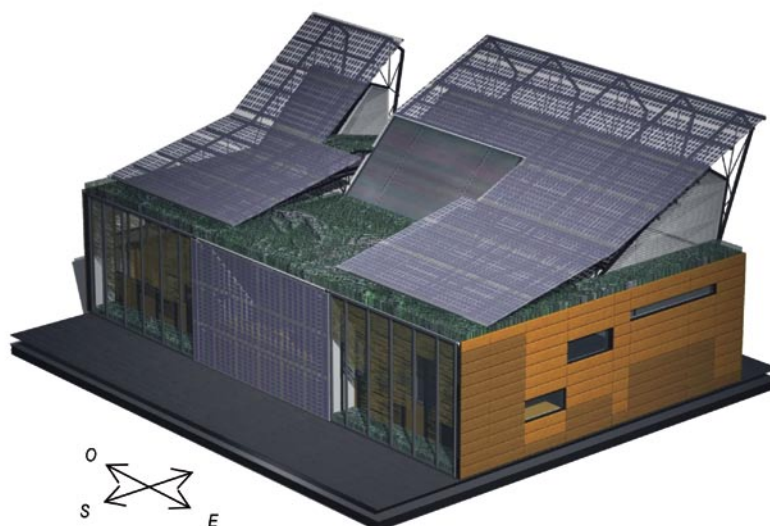
integración arquitectónica aporte nuevas ideas y soluciones. Trascendiendo lo que sería un diseño eléctricamente óptimo, hemos buscado alternativas que puedan facilitar la aplicación de los sistemas solares fotovoltaicos y térmicos en futuros proyectos, contribuyendo así a vencer la reacción contraria que existe entre muchos profesionales de la construcción, arquitectos y promotores. Nuestra cubierta se eleva sobre diferentes planos, en forma de estructura diáfana que permite apreciar su base de apoyo (cerchas) o cualquier elemento vegetal que haya debajo.

El jardín representa una pieza clave del carácter mediterráneo, de clima cálido moderado. Su presencia es permanente, aunque la estructura y la vegetación asociada a él sean variables. Nuestra propuesta incorpora las plantas dentro del edificio, además de otras partes ajardinadas que se sitúan a su alrededor e incluso sobre la cubierta, protegiendo la fachada que más lo necesita en detrimento de la máxima captación fotovoltaica. Esta aparente desventaja trae consigo, a cambio, interesantes posibilidades en el caso que nos ocupa: una cubierta ecológica, construida por la empresa *intemper*, que introducirá especies autóctonas y de escaso o nulo mantenimiento, ya que

consideramos que una cubierta vegetal debe traer ventajas al edificio y no inconvenientes. Frente a los sistemas tradicionales, que exigen un elevado consumo de agua, fertilizantes y cuidados, sin los cuales podría peligrar la vida de las plantas, la cubierta ecológica se realiza a partir de especies autóctonas que no precisan de siembra, mantenimiento, abonado, poda o siega alguna, en las que el riego se autoabastece con la lluvia y un correcto sistema de recogida en aljibes diminutos. Como resultado, la vegetación absorberá la radiación solar incidente y la convertirá en biomasa, o bien disipará mediante mecanismos de evapotranspiración, sin sobrecalentar la cubierta ni, por tanto, el edificio. Así pues, pese a la pérdida de superficie captadora para la producción eléctrica, empleamos un sistema que ayuda a respirar a la vivienda, regula la temperatura en su interior, produce oxígeno y absorbe gases contaminantes (CO₂), con evidentes beneficios para su entorno, su huella ecológica. Los módulos fotovoltaicos, por otra parte, se regarán regularmente con el fin de mantener su limpieza y cromaticidad, a la vez que mejorar su comportamiento —disminuir su temperatura de operación—; el agua sobrante se recogerá en la parte más baja de cada plano de cubierta, directamente sobre



Perspectiva general de la vivienda desplegada (con patio interior)



Perspectiva general de "Magic Box"

la vegetación, y se utilizará para el riego o se acumulará en los aljibes.

La vegetación desempeña igualmente una función de protección cálida e inteligente para la fachada oeste, ya que la altura del sol al batir sobre ella, por la que se desplaza a gran velocidad, es reducida e imposible de controlar con un voladizo. A este respecto, se ha propuesto una cortina vegetal que puede desplazarse y adoptar distintas posiciones, según el deseo del usuario de ver a través de ella o protegerse completamente del sol.

Otro elemento captador y transformador de la vivienda es el sistema solar térmico, para el que se han escogido tubos de vacío como colectores, no sólo porque nos permiten jugar con mayor flexibilidad en lo relativo a la inclinación, sino porque representan una apuesta de futuro que facilitará el empleo del calor solar más allá de su aplicación en la obtención de agua caliente y calefacción, esto es, en la producción de frío solar mediante máquinas de absorción. En nuestro proyecto, su uso fundamental es la producción de agua caliente sanitaria, además de contribuir ocasionalmente a la calefacción.

⇒ La **distribución** de la energía captada —segundo pilar de la pirámide bioclimática— se realiza fundamentalmente por medio de la cubierta inclinada. Su estructura formal permite que el aire caliente se desplace desde la fachada captadora hasta el otro extremo de la vivienda por convección natural, estabilizando la temperatura en escasos minutos.

La propuesta para un clima como el de Washington, que en verano se asemeja al de Madrid si bien con más humedad, no podía carecer de la más eficaz de las estrategias bioclimáticas y, a su vez, el elemento más representativo de nuestra arquitectura vernácula: el patio. La dificultad de implantar un patio en unos 70 m², sin afectar al funcionamiento de la vivienda en invierno ni a la propia funcionalidad del espacio se ha resuelto mediante la posibilidad de abrirlo y cerrarlo a conveniencia. En este sentido, hemos decidido jugar la baza más arriesgada del proyecto, una parte del edificio se desplaza, abandonando su posición imbricada y compacta y dando origen a un patio interior mientras que el volumen plegado inicial, de bajo factor de forma, es más adecuado para el invierno, la estructura extendida es mucho más apropiada para la estación cálida. Cuando las condiciones

del clima lo requieran, el sector migratorio de la casa tornará a su posición original, devolviendo la compacidad a la construcción.

⇒ El tercer pilar es la **acumulación energética**. En condiciones de clima veraniego, además de los elementos de protección solar descritos, el edificio se acondicionará con el frescor que aporte el aire de la noche. Durante esas horas, las sustancias cambiarán su estado de líquido a sólido acumulando energía, al tiempo que la casa se acondicionará directamente mediante la ventilación natural, a través de los huecos abiertos a los vientos dominantes y dirigidos por todo el edificio gracias a la cubierta inclinada. Por la mañana, cuando la temperatura exterior ya no sea confortable, se cerrarán los huecos exteriores y se hará recircular el aire interior a través de las sustancias que han acumulado el frescor de la noche; a lo largo del día, éstas retornarán al estado líquido, absorbiendo calor del interior de la vivienda y proporcionando la temperatura de bienestar (constante). En condiciones de invierno se emplea el mismo sistema de acumulación: el calor captado directamente por los huecos o retenido en los pequeños invernaderos de la fachada sur, junto con el procedente de

las cargas internas producidas por los ocupantes y equipamiento de la vivienda se hará circular por las sustancias de acumulación, que pasarán de estado sólido a líquido almacenando calor a una temperatura estable, la misma a la que será recuperado cuando sea necesario, en forma de aire caliente.

Frente a la característica madera de las obras norteamericanas, otra de las improntas claramente españolas será el acabado de las fachadas en material cerámico. Una de sus mayores ventajas consiste en la baja carga energética, que unida a su posible reutilización, lo convierte en un material claramente sostenible, a pesar de no ser reciclable. Ante la imposibilidad de realizar una construcción de ladrillo tradicional, hemos optado por llevar una fachada ventilada, compuesta por placas huecas colocadas en seco que, junto con la cubierta, reducirán cualquier efecto térmico de la radiación sobre la piel del edificio.

EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Como premisa básica de diseño, el sistema fotovoltaico debe ser capaz de suministrar la energía eléctrica necesaria que demandan las aplicaciones de consumo. El consumo diario estimado durante la fase de exhibición del Solar Decathlon es de unos 12 kWh/día, valor que razonablemente podría reducirse en un 25% mediante un uso de la energía más racional que el impuesto por las reglas del concurso.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos en la cubierta y fachada de la vivienda no sólo constituye uno de los elementos de mayor visibilidad, sino que permite aprovechar su multifuncionalidad —como elementos constructivos y generadores de electricidad—, superando así la tradicional división existente entre la arquitectura bioclimática y el uso de tecnologías solares activas. Para ello, era imprescindible “romper” con la imagen típica de una vivienda solar eléctricamente autosuficiente en la que los captadores (módulos fotovoltaicos) ocupan la totalidad de una cubierta cuyo diseño, por lo general condicionado por la necesidad de captación solar, presenta un único ángulo de inclinación. “Magic Box”, en cambio, dispone de cuatro superficies en las que se integran los módulos fotovoltaicos, lo que representa un reto añadido para el diseño del sistema fotovoltaico, como se explica a

continuación.

De acuerdo con las pruebas establecidas para el certamen Solar Decathlon, las variables a controlar no se limitan a la temperatura y al grado de humedad relativa interior de la vivienda sino que también es necesario controlar también los flujos y calidad del aire, así como las temperaturas del sistema de agua caliente sanitaria. El sistema de control de la vivienda se completará con todos los elementos de seguridad necesarios: detectores de presencia, de hidrógeno para las baterías, detectores de humo y termovelocimétricos.

PROYECTO “HELIODOMO”

Pero la experiencia Solar Decathlon no finalizará con el concurso propiamente dicho. El equipo coordinador, desea consolidar la colaboración iniciada y continuar las investigaciones con el objetivo de analizar las posibilidades de combinar la arquitectura bioclimática, las tecnologías energéticas renovables y los sistemas de gestión domóticos en el diseño de viviendas modernas y atractivas que contribuyan a introducir criterios de sostenibilidad en sector inmobiliario español. Para ello, en diciembre de 2003 se presentó al Programa de Construcción del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007 la propuesta “Heliodomo: nuevo concepto de vivienda autosuficiente”, que ha sido recientemente aprobada.

Los trabajos, que se extenderán hasta finales de 2007, combinarán la realización de análisis teóricos relacionados con las fases de diseño, elección de materiales y sistemas de construcción, con la realización de campañas experimentales sobre prototipos reales, el desarrollo de métodos para garantizar la calidad de los sistemas energéticos renovables (con evidentes implicaciones para su aceptación y, en el caso de la energía solar fotovoltaica, importantes implicaciones económicas derivadas de su aportación al sistema eléctrico), y el desarrollo de sistemas de gestión domóticos apropiados. Las campañas de medidas se realizarán sobre dos viviendas instaladas durante un año en diferentes lugares de nuestra geografía: “Magic Box” en Málaga y una nueva, basada en el diseño anterior pero previsiblemente con adaptaciones y mejoras, que quedará instalada en el Parque Científico y Tecnológico del campus de Montegancedo de la UPM.

CS