

Proyecto Solar Decathlon

JAVIER NEILA GONZÁLEZ, fjavier.neila@upm.es

CÉSAR BEDOYA FRUTOS, cesar.bedoya@upm.es¹

Madrid (España), febrero de 2005.

Autor: Javier Neila González.

Coautores: Estefanía Camaño Martín, Miguel Ángel Egido Aguilera, Alfonso García Santos, Luis Magdalena Layos y Javier Jiménez Leube.

Equipo Solar Decathlon: Esta ponencia no habría sido posible sin el esfuerzo y la dedicación de todas las personas que forman parte del *Equipo Solar Decathlon* de la UPM; los autores los consideran, en todo rigor, coautores de este trabajo y quieren hacer constar su participación: José Miguel Gómez Osuna, María J. Uzquiano, Carlos Bermejo, Carolina Hernández, Rafael Palomares, Mónica Almagro, Joaquín Hidalgo, Helder J. Martins, Carlos García-Trejo, Luis Climent, Iván Alcantarilla, Sofia Meleiro, Gonzalo Used, Daniel Cardoso, José Luis Pérez-Griffo, Jon Laurenz, Cristina Polo, Alicia Oliver, Carmen Sala, Jorge Peña, Sandra Tanaka, Marcos Calvo Ferrer, Ricardo Orduz Marzal, José Enrique Vega Vera, Álvaro Gutiérrez, Daniel Martín, Irma Rodríguez, Silvia Martínez.

Magic Box

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) ha sido seleccionada para participar en el concurso internacional denominado Solar Decathlon 2005, junto con otras 18 universidades de Estados Unidos, Canadá y Puerto Rico. La competición se inició oficialmente en septiembre de 2003 y finalizará a comienzos de octubre de 2005.

Esta iniciativa, impulsada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, tiene como objetivo difundir la posibilidad de conciliar las buenas prácticas arquitectónicas con el uso racional de la energía a través del aprovechamiento pasivo y activo de la energía solar y el empleo de tecnologías eficientes (puede encontrarse más información en la página web oficial del concurso <http://www.solardecathlon.org>, la propuesta de nuestro equipo aparece detallada en <http://www.solardecathlon.upm.es>). La propuesta consiste en el diseño, la construcción y la demostración de una vivienda unifamiliar de unos 70 m².

La participación de la UPM representa una experiencia multidisciplinar única de carácter investigador y educativo. Profesores y alumnos de distintas ramas colaboran estrechamente en una apuesta de futuro encaminada a alcanzar la sostenibilidad, nacida de la alianza entre la arquitectura bioclimática, las tecnologías de aprovechamiento solar y la domótica. La denominación *Decathlon* (decatlón) emana de las características de la competición, compuesta por diez pruebas en las que los estudiantes de las universidades participantes (o *decatletas*) deben demostrar la viabilidad de sus proyectos a profesionales de los ámbitos de la arquitectura, la ingeniería, los medios de comunicación y el público en general.

El objetivo fundamental de la propuesta consistía en desarrollar una pequeña vivienda autosuficiente en electricidad. Ya de por sí esto habría podido constituir una meta amplia y ambiciosa; sin embargo, el equipo *Solar Decathlon* de la UPM ha entendido la propuesta como un reto global en términos de habitabilidad, contaminación, energía, recursos, materiales y sostenibilidad. El proyecto, bautizado como *Magic Box*, pretende ser no sólo eléctricamente suficiente, sino también bioclimático —en su más amplia definición—, y pleno de aromas europeos, mediterráneos y puramente españoles, ya que entendemos que representamos una forma distinta de ver el espacio arquitectónico, la construcción y la vida dentro de la vivienda.

Magic Box es una unidad habitacional para una pareja o, excepcionalmente, para una persona sola. De dimensión pequeña —su superficie ronda los 70 m²—, el edificio se integra en un solar de unos 500 m². El volumen ha de mantenerse dentro de los límites de un sólido hipotético de forma piramidal, con el fin de que algunos de los elementos constructivos no lleguen a arrojar sombra sobre los demás.

La limitada superficie interior contrasta 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 en casa y mantenga escaso contacto con el exterior). Al margen de la posible valía del tele—trabajo para la sociedad en su conjunto, nuestras dudas sobre su idoneidad para el individuo nos han conducido a suavizar el desarrollo de la casa mediante espacios que evitan las estancias cerradas, pequeñas, oscuras, exclusivas y que puedan aumentar la sensación de soledad. Al mismo tiempo —y esto constituye un elemento básico de *Magic Box*—, tratamos de evitar que dicha labor pueda crear molestias al otro habitante; es decir, hemos buscado la calidad de vida en el uso y el disfrute de la vivienda más allá de sus limitaciones y condicionantes.

¹Profesores del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM.

Aunque no sea ésta la manera habitual de considerar la arquitectura bioclimática, entendemos que este factor constituye uno de sus objetivos más claros. El término *bioclimático* alude a la relación del clima —o más ampliamente, del medio ambiente natural y/o construido— con la vida, ya sea interior o exterior a la intervención humana. Es decir, tan importante es optimizar las características de habitabilidad en el interior de un edificio, como la influencia sobre el entorno de la contaminación generada por él y el uso sostenible de los recursos para su construcción y mantenimiento. Los seres vivos somos el fin último que justifica cualquier esfuerzo encaminado a mantener nuestro planeta en las condiciones óptimas.

Por esa razón, todos los ámbitos de la vivienda —cocina, comedor, zona de estar, dormitorio y despacho— se unen entre sí para conformar un espacio único y amplio, digno de ser vivido y cuyo uso resulte satisfactorio. No obstante, la casa también puede ser fragmentada en habitaciones independientes, de modo que cada recinto pueda aislarse y utilizarse con fines específicos y adquirir un carácter más íntimo. Dicha fragmentación no es ficticia ni exclusivamente visual, sino que trasciende a la simple línea divisoria del plano —limpia y elegante, aunque ineficaz—, para pasar a ser una auténtica pared, capaz de aislar acústicamente e impedir las molestias que pueda generar una persona que esté trabajando con un ordenador, utilizando una impresora o un fax, junto a una estancia donde haya otra durmiendo; o el ruido de alguien que escuche música o esté recogiendo la cocina al lado de otro que esté leyendo. Hemos introducido en la vivienda un sistema que proporciona una gran limpieza espacial cuando está recogido y, a la vez, crea auténticas habitaciones independientes cuando está expandido. El consumo energético es mínimo, ya que la mayor parte del movimiento se hace manualmente y sin dificultad alguna.

La filosofía de versatilidad y flexibilidad del espacio interior trasciende al exterior, pues la casa puede volcarse hacia fuera mediante áreas tan ambiguas como enriquecedoras que, cuando es preciso, quiebran la débil línea que separa uno y otro ámbito. Las habitaciones se conectan con el entorno 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.

El jardín representa una pieza clave del carácter mediterráneo, de clima cálido moderado. Su presencia es permanente, aunque la estructura y la vegetación asociadas a él sean variables. Nuestra propuesta integra las plantas dentro del edificio, además de otras zonas ajardinadas que se sitúan a su alrededor e incluso sobre la cubierta, protegiendo la fachada que más lo necesita —en detrimento de perder superficie fotovoltaica y, por tanto, reduciendo las posibilidades de ganar el concurso—. En cualquier caso, se ha adoptado el formato de cubierta ecológica, de poco peso (con el fin de no penalizar la estructura ni la cimentación), que introducirá especies autóctonas y de escaso o nulo mantenimiento, ya que consideramos que la cubierta vegetal ha de reportar el mayor número posible de ventajas. 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, este tipo de cubierta 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. La vegetación absorbe la radiación solar y la convierte en biomasa, o bien la disipa mediante procesos de evapo-transpiración, evitando su sobrecalentamiento y el de toda la casa. Así pues, a pesar de perder superficie captadora de energía solar, empleamos un sistema que regula la temperatura, produce oxígeno y absorbe contaminantes (CO₂), lo que repercute en la mejora del entorno.

No obstante, la cubierta es básicamente un sistema captador y transformador de energía solar, en forma de electricidad fotovoltaica y, en menor medida, de energía solar térmica. La impresión que suele sacarse de un edificio bioclimático y solar como éste es la de la cubierta, que además de ser el elemento más visible en un primer momento, marca inevitablemente su imagen final. También en este sentido hemos decidido romper con la tipología tradicional de cubierta fotovoltaica, apostando por una integración arquitectónica que reporte nuevas ideas y soluciones transferibles a futuros proyectos, y trascendiendo lo que sería un desarrollo energéticamente óptimo. Sin despreciar en absoluto ese factor, se han buscado nuevas alternativas que puedan facilitar la aplicación de estos sistemas en el futuro y contribuyan a vencer la oposición que existe entre muchos profesionales de la construcción, arquitectos y promotores. Nuestra cubierta se eleva en diferentes planos, en forma de estructura diáfana que permite apreciar su base de apoyo (cerchas) o cualquier elemento vegetal que haya debajo, provocando un efecto de sinceridad constructiva, transparencia y diversidad, ya que su aspecto se irá transformando según la luz incida sobre ella y dará lugar a una imagen cambiante y rica en matices.

Se han escogido tubos de vacío como colectores térmicos, 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.

Como se ha indicado en un principio, *Magic Box* es una vivienda 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 situaciones suele venir acompañada de una concentración extrema y, por tanto, de unas condiciones de uso inadecuadas.

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.

En la fachada este no es recomendable que aparezcan huecos, ya que en invierno no se producirían captaciones y en verano no son deseables, habida cuenta que la temperatura exterior a partir de las 10 ó las 11 de la mañana es ya elevada. No obstante, una protección apropiada puede permitir la entrada de luz al amanecer, en los momentos aún condicionados por el frescor de la noche.

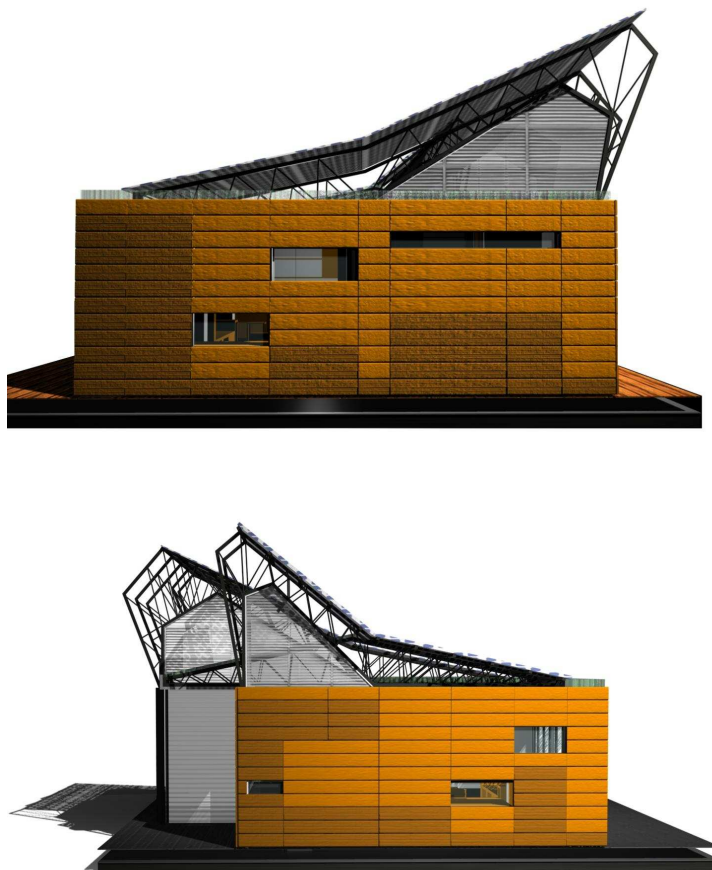


FIGURA 1: Alzados este y oeste de *Magic Box*

La fachada oeste no debe tener huecos bajo ningún concepto. Ésta es la lectura clásica del problema y sería la solución tradicional, pero en nuestra búsqueda de nuevas aportaciones a la arquitectura bioclimática hemos decidido introducir pequeñas aberturas en esa parte de la casa, cuyas estancias —la cocina y el comedor— parecían demandar una relación más estrecha con el exterior y las imágenes de su paisaje y, al mismo tiempo, con el control del acceso a la vivienda. Se trata de breves huecos, emplazados a la altura de la visión de quien cocina de pie o come sentado. Una vez asumida esa decisión, restaba proveer una protección inteligente para los mismos, ya que la altura del sol al batir sobre dicha fachada —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 adoptar distintas posiciones, según el deseo del usuario de ver a través de ella o protegerse completamente del sol. El sustrato para la vegetación se encuentra en la base de la estructura sustentante, lo que permitirá que el sol llegue por ambos lados y facilitará su crecimiento equilibrado.

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.

El tercer pilar es la acumulación energética. En la arquitectura tradicional (la más auténtica y primitiva arquitectura bioclimática), tanto ésta como la estabilidad térmica dependían de la masa. No parece factible incorporar gruesos muros de piedra, tierra o cerámica a la arquitectura actual, y menos aún a un edificio transportable. La masa térmica que radica en el calor sensible se sustituye en nuestra propuesta por la basada en el calor latente y, por tanto, en el invertido en el cambio de estado de una sustancia. Es un procedimiento eficaz, más ligero y acorde con la filosofía del proyecto. Los productos en cuestión se encontrarán confinados bajo el suelo de la casa; una corriente de aire se encargará de cargarlos y descargarlos de energía.

En condiciones de clima veraniego, además de los elementos de protección, el edificio se acondicionará exclusivamente con el frescor del aire de la noche. Durante esas horas, el aire cambiará el estado de dichas sustancias de líquido a sólido y acumulará energía, al tiempo que la casa se estará ventilando y acondicionando directamente con 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. Durante el resto del día, los productos pasarán parcialmente a pasar a estado líquido, cediendo frío (el calor latente de cambio de estado, de sólido a líquido) a la temperatura de bienestar (constante).

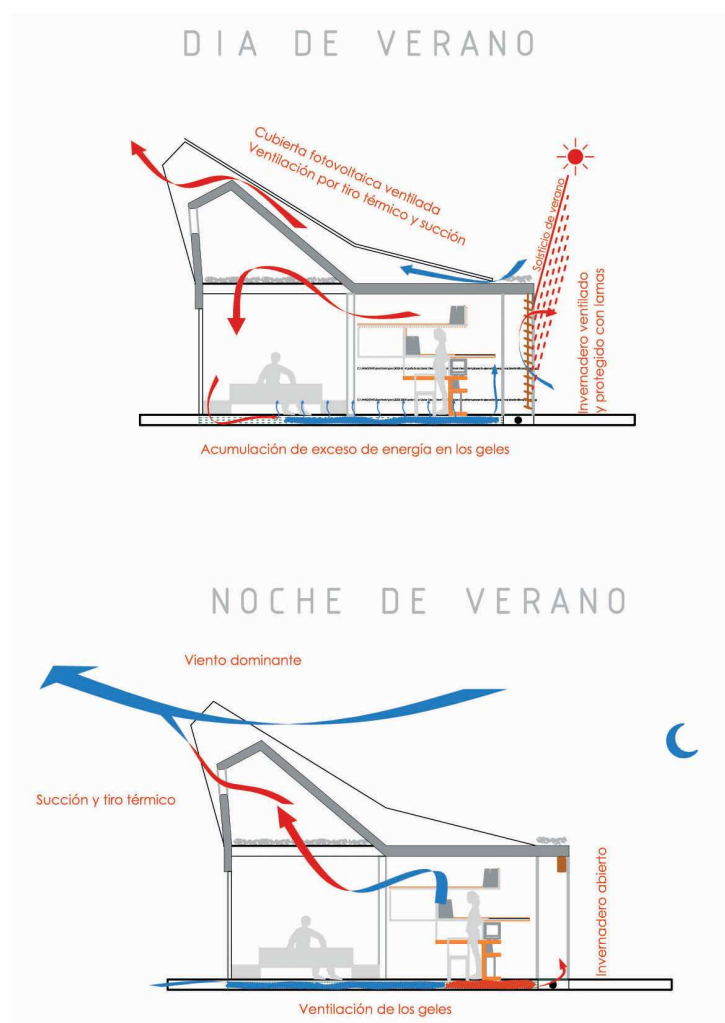


FIGURA 2: Esquemas bioclimáticos en condiciones de verano

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 los ocupantes de la casa y los equipos electrónicos (el ordenador, la plancha, la impresora, la aspiradora, etc.), se hará circular por las sustancias de acumulación, que cambiarán de estado sólido a líquido y almacenarán calor a una temperatura estable, la misma a la que será recuperado cuando sea necesario, en forma de aire caliente.

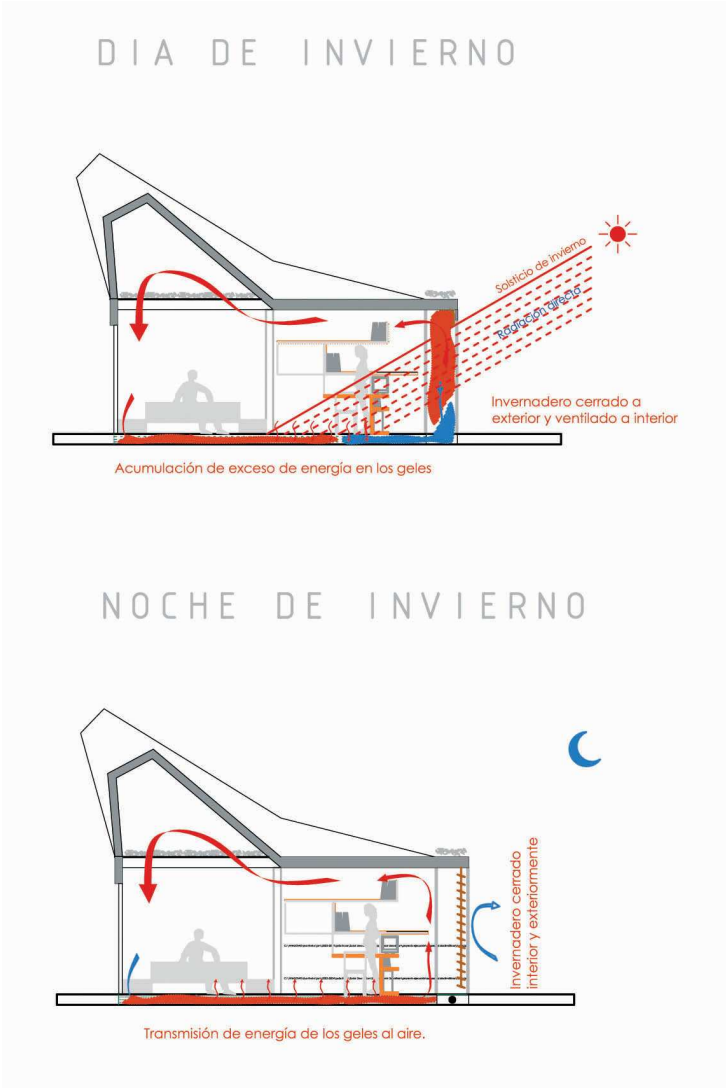


FIGURA 3: Esquemas bioclimáticos en condiciones de invierno

Los invernaderos de invierno se abrirán en verano y se convertirán en jardines y protecciones solares para los huecos. Las rejillas que dejaban salir el aire también serán clausuradas y darán lugar a otras que proporcionarán una energía diferente. Los paramentos que permanecían abiertos se cerrarán parcialmente para mantener la ventilación higiénica indispensable... todo en base a la flexibilidad y la eficacia de uso.

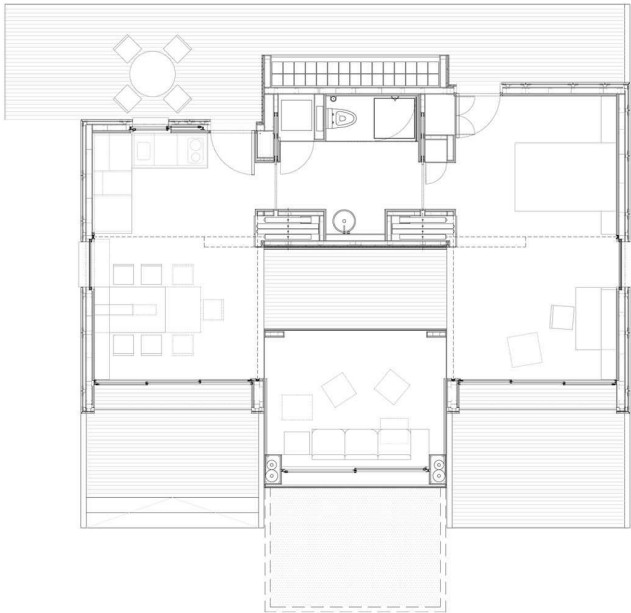
La propuesta para un clima como el de Washington, que en verano se asemeja al de Madrid —aunque es más húmedo—, no podía carecer de la más eficaz de las estrategias bioclimáticas y, a su vez, el elemento más representativo de nuestra arquitectura vernácula: el patio. La dificultad de implantar un patio en una vivienda de unos 70 m², sin afectar a su funcionamiento en invierno ni a la propia funcionalidad del espacio, se ha resuelto mediante la posibilidad de abrirlo y cerrarlo a conveniencia, o mejor dicho, haciendo que aparezca y desaparezca. En este sentido, hemos decidido jugar la baza más arriesgada del proyecto, una opción en la que creemos firmemente y sin la cual nuestra iniciativa perdería su esencia. En un momento determinado, 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. Asimismo, la respiración del edificio a través del patio será más intensa, la mayor superficie de piel permitirá una mejor disipación del calor y la sensación de ambigüedad interior/exterior se magnificará por medio de un ambiente difícilmente definible. Cuando las condiciones del clima lo requieran, el *sector migratorio* de la casa tornará a su posición original, devolviendo la compacidad a la construcción.

Frente a la característica madera de las obras norteamericanas, otra de las improntas españolas es 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, pese a no ser reciclable. Ante la imposibilidad de realizar una construcción de ladrillo tradicional, hemos optado por realizar 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.

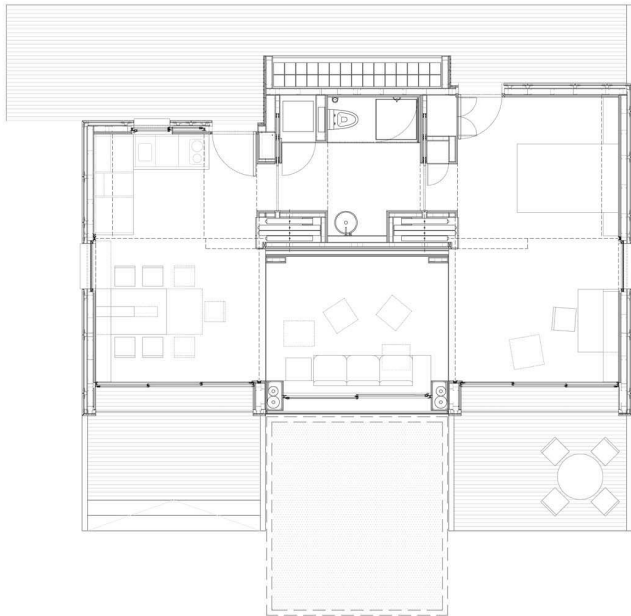
El protagonismo de la vegetación se extiende al exterior de la casa, pues entendemos que un microclima favorable ayudará a lograr las condiciones óptimas para el interior. No obstante, la prohibición del concurso de alterar el estado original de la parcela en la que se asentarán los edificios ha motivado que los sistemas previstos posean características similares a los de las cubiertas ecológicas.

Los acabados interiores deben cumplir dos funciones, a saber: ofrecer a los usuarios la calidez propia de una vivienda y actuar como acumuladores energéticos de la radiación que incida sobre ellos. El más importante es el del suelo, que ha de ser de material cerámico o pétreo para proporcionar el carácter buscado y facilitar un calentamiento rápido. Otro rasgo fundamental de los materiales es su capacidad para reflejar la radiación y convertirla en luz y calor, una característica innata a la arquitectura mediterránea. A este respecto, el patio desempeña una función básica.

Evidentemente, *Magic Box* constituye una propuesta habitable y comercializable, pero se trata ante todo de un proyecto experimental y de investigación y por tanto, exhibicionista en cierto sentido, dado que servirá de campo de pruebas para nuevos recursos técnicos, constructivos y formales, que aporten ideas y sirvan de ejemplo y ayuda al desarrollo de futuras viviendas sostenibles.



PLANTA EN POSICION DESPLEGADA (CON PATIO INTERIOR)



PLANTA EN POSICION COMPACTA (SIN PATIO)

FIGURA 4: Planta en posiciones desplegada y compacta

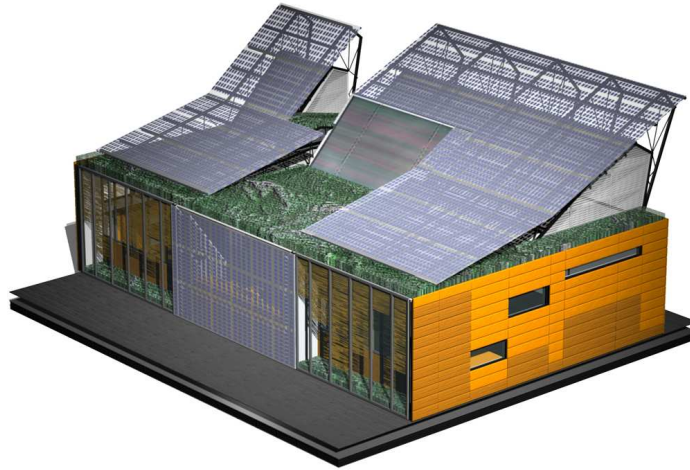


FIGURA 5: **Perspectiva exterior de *Magic Box***



FIGURA 6: **Construcción de *Magic Box*: Dos *decatletas* reajustan la estructura del muro norte (cocina)**



FIGURA 7: **Construcción de *Magic Box*: Un grupo de *decatletas* coloca el cargadero de uno de los invernaderos (fachada sur)**



FIGURA 8: Construcción de *Magic Box*: Levantamiento de un forjado de techo para el baño



FIGURA 9: Construcción de *Magic Box*: Un decatleta coloca la instalación de fontanería



FIGURA 10: Construcción de *Magic Box*