

## **Proyecto ON&ON. SolarTeamUPV. Propuesta de la Universidad Politécnica de Valencia para el Solardecathlon Europe 2010**

Ignacio Guillén  
Ana Lozano  
José María Fran  
Melchor Monleón  
David Gallardo  
Gonzalo López  
José Manuel Pinazo  
Antonio García  
Alfredo Quijano  
Cesar Cañas  
Francisco Ballester  
Ana Jiménez  
Amparo López  
Begoña Fuentes  
Isabel Tort  
M<sup>a</sup> José Vidal

*Universidad Politécnica de Valencia*

### **Abstract**

SolarTeamUPV is the name of the team sponsored by the Universidad Politecnica de Valencia (Spain) that will take part, together with other twenty International Universities, in the Solar Decathlon Europe contest to be held in Madrid in 2010. The team is composed by architects, engineers, physicists, artists and students belonging to six technical schools of the university. Our project gathers persons, task groups and technical institutes interested in a better environment and a sustainable development.

Our proposal for Madrid 2010 is a dwelling prototype of high efficiency and minimal energetic requirements. The prototype is based on a modular system allowing new, more sustainable, residential modes. The research areas involved in our project are: multifuncionalidad, energy and water saving, transport, and social science aspects such as novel ways to live and work.

In the present work we describe the design of the prototype and the different strategies adopted in order to meet our sustainable goals and the competition rules. The main challenge has been to gather our multidisciplinary team within a single objective: to take part and, if possible, to win the Sdeurope Madrid 2010.

**Keywords:** *Sustaintability, Renewable Energies, Solar Decathlon, Sdeurope Madrid 2010*

## Resumen

SolarTeamUPV es el equipo de la Universidad Politécnica de Valencia que junto con 20 universidades internacionales se presenta a la prestigiosa competición Solar Decathlon Europe en Madrid en 2010. El equipo formado por Arquitectos, Arquitectos Técnicos, Ingenieros, Físicos, Artistas y Estudiantes de 6 escuelas de la Universidad reúne a buena parte de las personas, grupos e Institutos que desde la Universidad se preocupan por un Desarrollo más Sostenible.

La propuesta para 2010 se fundamenta en un prototipo de vivienda de alta eficiencia y autosuficiente basada en un sistema modular que facilita el desarrollo de modelos residenciales más sostenibles. La investigación sobre el prototipo se articula alrededor de las siguientes áreas: La versatilidad, la energía, el agua, el transporte y la sociedad.

El presente trabajo expone los avances sobre el diseño del prototipo así como las distintas estrategias adoptadas para cumplir con los requisitos de sostenibilidad, las bases de la competición así como la gestión de un equipo multidisciplinar con un objetivo único: Participar y ganar en el Sdeurope Madrid 2010.

**Palabras clave:** *Sostenibilidad, Energías Renovables, Solar Decathlon, Sdeurope Madrid 2010.*

## 1. Introducción

¿Qué es el Solar Decathlon?

El Solar Decathlon es una competición internacional entre 20 Universidades para proyectar y construir una vivienda autosuficiente energéticamente, que funcione con energía solar, conectada a la red y con soluciones tecnológicas que potencien su máxima eficiencia energética.

La competición es promovida y organizada en Washington por el Departamento de Energía de EEUU cada dos años. En 2008, tras la exitosa participación en dos ediciones consecutivas por parte del equipo de la Universidad Politécnica de Madrid, el Ministerio de Vivienda firmó un Convenio con EEUU para organizar una edición en Madrid en 2010 bajo las mismas reglas.

El Solardecathlon Europe se organiza en 10 pruebas con juicios subjetivos y objetivos con la meta de evaluar la eficiencia de las viviendas:

- Arquitectura
- Ingeniería y Construcción
- Instalaciones Solares
- Balance de energía eléctrica
- Condiciones de Confort
- Equipamiento y funcionamiento
- Comunicación y sensibilización social
- Industrialización y comercialización
- Innovación y Sostenibilidad

El equipo de la Universidad Politécnica de Valencia para el Solar Decathlon Europe Madrid 2010 está compuesto alumnos, profesores e investigadores de 6 escuelas de la Universidad, involucrando de forma libre a la mayoría de grupos de la institución con inquietudes en lo relativo al desarrollo sostenible y las energías renovables.

La estructura del equipo se desarrolla alrededor de unas áreas estratégicas dirigidas desde la Escuela de Arquitectura.

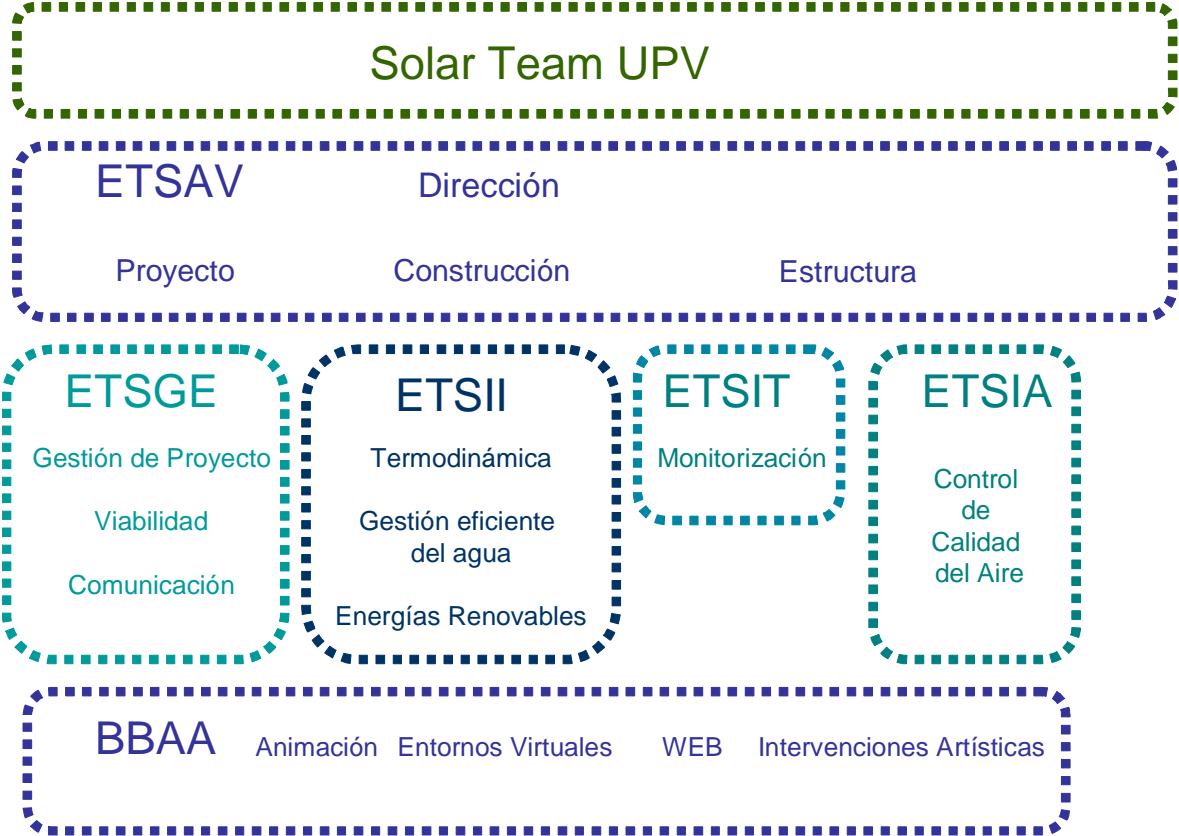


Figura 1. Estructura equipo SolarteamUPV

La innovación frente a los equipos de trabajo habituales es que el trabajo esta centrado en los alumnos. Por este motivo resulta fundamental el reconocimiento de su trabajo en el desarrollo de su currículo Universitario.

<i>Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.</i>	
Dirección	Ignacio Guillén Guillamón Centro de tecnologías Físicas
Proyectos Arquitectónicos	Ana Lozano Portillo
Construcción	José M <sup>a</sup> Fran Bretones
	Melchor Monleón
Estructura	David Gallardo Llopis
<i>Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.</i>	
Instalaciones	Gonzalo López Patiño Centro Multidisciplinar de Modelización de Fluidos
Termodinámica Aplicada Instalaciones Térmicas	José Manuel Pinazo Ojer Grupo FredSol
	Antonio Garcia Laespada Grupo FredSol
Energías Renovables Instalación Eléctrica	Alfredo Quijano López ITE Instituto Tecnología Eléctrica
	Cesar Cañas ITE Instituto Tecnología Eléctrica
Simulación CFD	Amparo López Centro Multidisciplinar de Modelización de Fluidos
<i>Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.</i>	
Calidad de Aire	Ana Jiménez Belenguer Dpto. Biotecnología
<i>Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones.</i>	
Monitorización de Sistemas	Francisco Ballester Dpto. Ingeniería Electrónica
<i>Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación.</i>	
Gestión de obra	Begoña Fuentes Giner
Presupuesto	M <sup>a</sup> José Vidal Lucas
Relaciones Internacionales	Isabel Tort Ausina

Tabla 1. Profesores Responsables de áreas.

## 2. Prototipo ON&ON

Inicialmente se estableció una primera reflexión sobre lo que el equipo multidisciplinar entendía por una vivienda autosuficiente de alta eficiencia energética. De esta reflexión surgieron los conceptos a desarrollar y las exigencias al prototipo. Los conceptos iniciales desarrollados son:

- Concepto de vivienda ligado con el desarrollo sostenible.
- La alta eficiencia no se debe limitar a aspectos energéticos.
- Integración de sistemas pasivos.
- Envoltente térmica del prototipo de baja transmitancia térmica.
- Dispositivos de bajo consumo.
- Uso extensivo de energías renovables.
- Gestión eficiente del agua

La idea consiste en resolver la vivienda reduciendo al máximo las cargas térmicas, aprovechando sistemas pasivos para poder alcanzar los niveles de confort con sistemas apoyados por energías exclusivamente renovables. Estas estrategias junto con un control exhaustivo de los consumos eléctricos permiten alcanzar el objetivo de producir por lo menos tanta energía como consumimos.

Estos requisitos coinciden con los que se definieron a lo largo de un ambicioso proyecto Europeo con el objetivo de analizar las características de las viviendas que se autodenominan pasivas en el ámbito europeo. Las conclusiones del proyecto CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standard) dentro del programa PEP (Promotion of European Passive Houses) indican que para considerar una vivienda pasiva debe cumplir los siguientes aspectos.

Measure/ solution	Passive House standard
<b>1. Super Insulation</b>	
Insulation walls	$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Insulation roof	$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Insulation floor	$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Window casing, doors	$U \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Window glazing	$U \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Thermal bridges	linear heat coeff $\psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$
Air tightness	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Minimal Shape Factor (Area TFA/ Volume TV)	
<b>2. Heat Recovery/ IAQ</b>	
Ventilation counter flow air to air heat exchanger	heat recovery $\eta_{HR} \geq 75 \%$
Ventilation air sub-soil heat exchanger	air outlet after sub-soil heat exchanger above frost temperature
Ventilation ducts insulated	
Other heat recovery (e.g. ventilation & DHW return pipes)	
DHW heat recovery	
DHW pipes insulated	
Minimal space heating	postheater ventilation air/ low temperature heating
Efficient small capacity heating syst.	biomass, heat pump, gas, co-generation (e.g. district heating), etc.
Air Quality through ventilation rate	min. $0,4 \text{ ach}^{-1}$ or $30 \text{ m}^3/\text{pers/h}$ or national regulation if higher
<b>3. Passive (Solar) Gain</b>	
Window glazing	solar energy transmittance $g \geq 50 \%$
DHW (solar) heater	
Thermal mass within envelope	
Solar orientation	
Night-time shutters	
Shading factor [%] (East & West)	

Measure/ solution	Passive House standard
<b>4. Electric Efficiency</b>	
Energy labeled household appliances [Labeling A - G]	Energy reduction 50% of common practice
Hot water connections washing machines/ dishwashers	
Compact Fluorescent lighting	
Regular maintenance ventilation filters	
Direct Current motor ventilation	
Efficient fans: SFP (Specific Fan Power)	$\leq 0,45 \text{ W/(m}^3/\text{h)}$ (transported air)
<b>5. On-site Renewables</b>	
Wind turbine	
Photo Voltaics	
Solar thermal energy	
Biomass system	
Other	
	=basic measure/ solution
	=often applied optional measure/solution
	=other optional measure/ solution

Figura 2. Características Viviendas Pasivas CEPHEUS PEP

## 2.1 Estrategia Nodriza

Las premisas iniciales parten del convencimiento de dar una alternativa a la vivienda unifamiliar convencional como vivienda eficiente ya que creemos en el suelo como un recurso compartido para una mayor optimización energética, económica y social.

De la concepción de la célula mínima habitable a la que se le puede ir añadiendo espacios surge el concepto “nodriza”: un espacio autosuficiente energéticamente capaz de albergar usos sociales desde su primera puesta en marcha.

Una vez cubiertas las necesidades mínimas, el espacio puede ampliarse por adición de un volumen contenedor de usos diversos. Éste será capaz de complementar en todas las funciones a la célula nodriza.

La capacidad de transformación de la propuesta en base a las diferentes respuestas sociales y eventuales lleva a colmatar el sistema con un tercer volumen generando la mayor dimensión de unidad agregable completando las necesidades familiares, sociales y laborales que se pudieran dar.

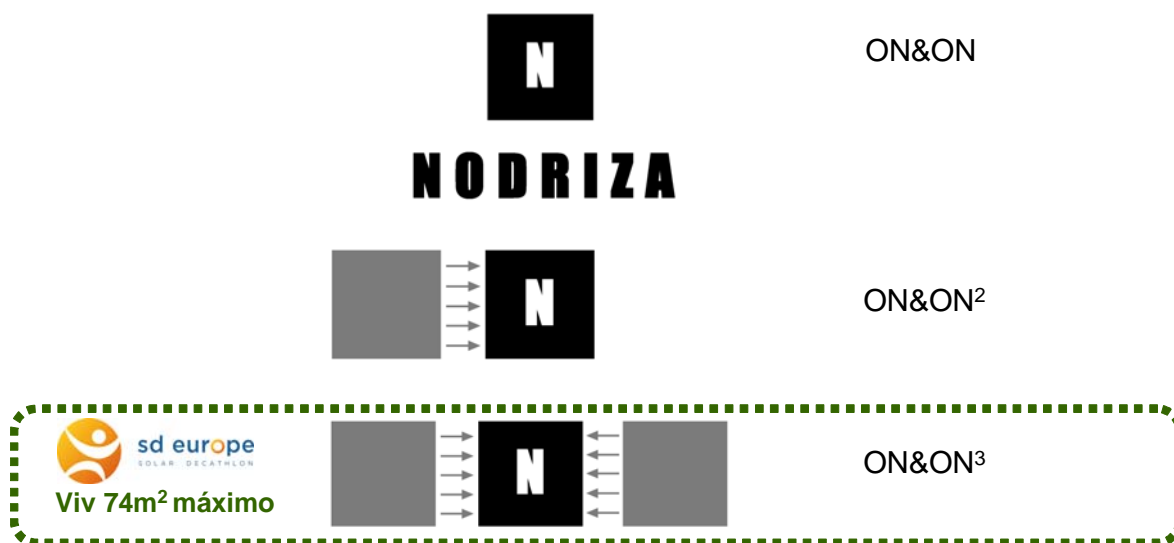


Figura 3. Estrategia Nodriza

## 2.2 Estructura Versátil

La sostenibilidad del sector residencial no se puede limitar a aspectos energéticos exclusivamente. Entendemos que para mejorar la sostenibilidad del sector la incorporación de la versatilidad de espacios y usos así como nuevos modos de habitar y compartir van a ser aspectos que en un futuro próximo no va a ser opciones sino que serán el único camino de evolución.

Entendemos que la diversidad de posiciones explicadas de la pieza puede cubrir necesidades en la utilización de la célula mínima (ON&ON): usos que van desde una vivienda en una eventual situación de emergencia respondiendo a los aspectos básicos de habitabilidad, como un espacio de vigilancia puntual, pequeña cafetería, etc...

Cuando la nodriza se amplia aumenta el número de usos y su versatilidad, gracias también a la capacidad de transformación interior, (ON&ON<sup>2</sup>) (ON&ON<sup>3</sup>) posibilitando espacios que podrían ser compatibles con situaciones del tipo:

Taller en obra, aulario, dirección técnica, oficina, estudio taller, galería de arte itinerante, posta sanitaria, oficina de turismo, célula eventual ante situaciones de emergencia, etc...

Del mismo modo esta ampliación de la nodriza plantea la posibilidad de modelos de vida compartida tanto familiar como en modelos residenciales vacacionales, para residencias de estudiantes y para residenciales de personas mayores.

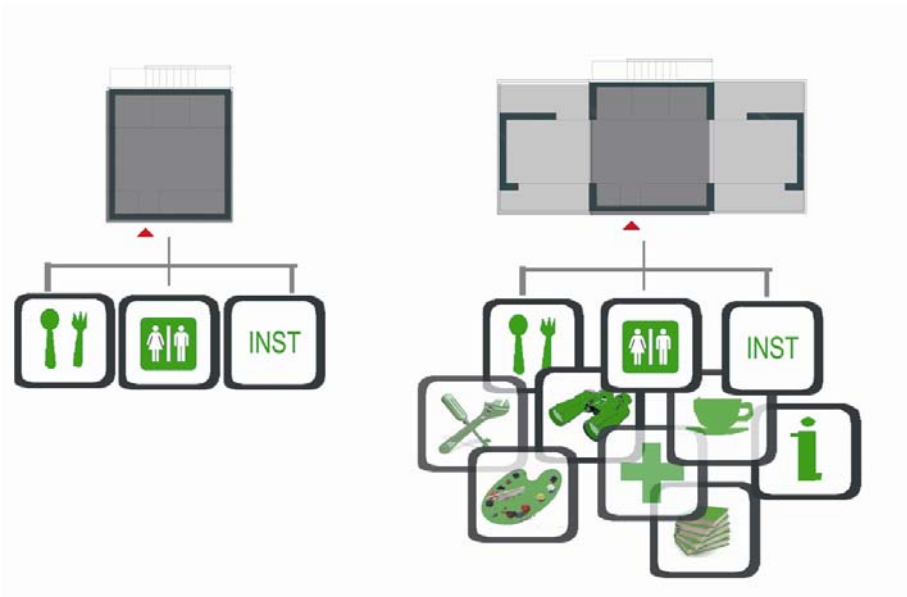


Figura 4. Versatilidad de Uso

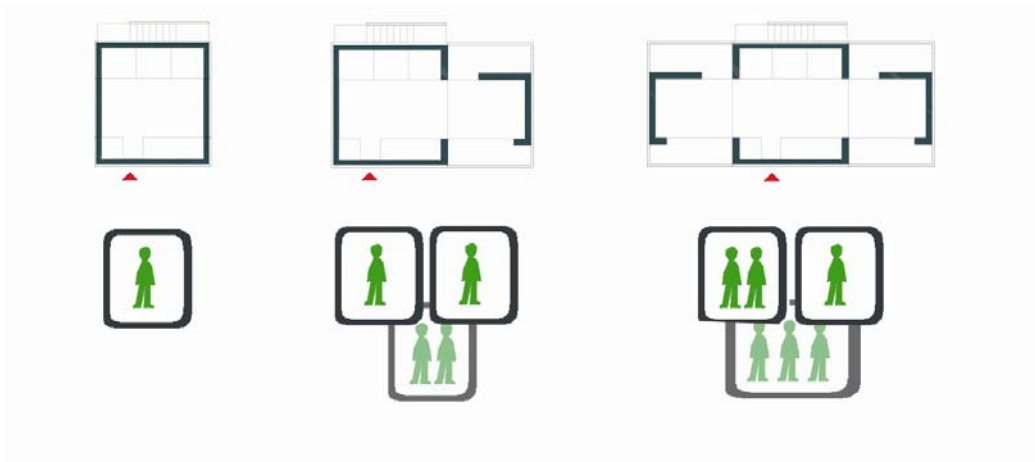


Figura 5. Nuevas formas de habitar y compartir



Figura 6. Multifuncionalidad Interior

Otro de los aspectos que enriquecen el proyecto es la idea de la utilización multi funcional de los espacios, partir de la base que un espacio no es exclusivo de un uso, sino de multitud de ellos.

Con esta intención se consigue que toda la dimensión de la pieza, independientemente del estado de adición en el que se encuentre, se entienda como espacio de dormir, estar, trabajar,...a ello contribuye el diseño del mobiliario, integrado en los extremos de las piezas de vivienda y nodriza que albergan toda la tipología de muebles necesaria para conformar los distintos espacios y hacerlos reconocibles.



### 2.3 Aspectos energéticos. Sistemas Pasivos y Activos.

La imagen exterior del prototipo se genera mediante una piel de celdillas que protege de manera anisotrópica la radiación directa. Estas celdillas siguen la modulación de la pieza y se encuentran dos tipologías, las de 30x30 cm y las de 60x60 cm, cuya disposición controlada regula las necesidades de sombra que interesa en relación con la climatología del lugar. Esta primera protección permite a la pieza poder variar su posición unos grados, facilitando así la incorporación de la misma en diferentes situaciones. Otro aspecto relevante de las celdillas es la permeabilidad que se consigue entre el interior y el exterior apoyando los espacios intermedios.

Los espacios intermedios son los que cobran protagonismo a la hora de facilitar el confort higrotérmico durante cada estación del año. La posición de la vivienda pasará del estado cerrado al abierto adaptándose a las diferentes situaciones.

En invierno, con la vivienda en posición cerrada, estos espacios actúan de dos formas diferenciadas. A sur a modo de invernadero albergando vegetación y consiguiendo la retención del calor para luego llevarlo hasta el interior de la vivienda. A este sistema contribuye también el efecto de las celdillas, pues en su orientación sur y coincidiendo con los huecos de entrada de luz, consiguen la penetración de la radiación solar en nuestro interior, tan deseada en invierno. A norte estos espacios intermedios evitan la pérdida excesiva del calor interior, ya que actúan a modo de colchón térmico frente al frío del exterior.

En verano, con la vivienda en posición abierta, el invernadero a sur cede su vegetación al exterior, las celdillas que recaen en los huecos se recogen ampliando el espacio interior hacia el exterior y consiguiendo el control de la radiación solar mediante el voladizo que dejan éstas. A norte las celdillas que recaen en el hueco se desplazan hacia el exterior ampliando el espacio y consiguiendo una zona más privada y fresca para esta situación. Con todas estas medidas, el control de la radiación solar resulta eficaz.

Es muy importante el funcionamiento correcto de todas las posiciones de la casa, pues si se controlan adecuadamente las cargas térmicas se reducen en todas las épocas del año, produciéndose en la vivienda un ahorro energético importante en todas las estaciones del año de una manera sencilla y económica.

Para el acondicionamiento pasivo del ambiente interior resulta fundamental el adecuado diseño y definición de la envolvente térmica. Para este cometido nos ajustamos a los criterios establecidos en las conclusiones del programa Europeo Cost Efficient Passive Houses as European Standards CEPHEUS. Adoptando una envolvente térmica con una transmitancia térmica baja tanto en elementos opacos como en los huecos. Además las soluciones constructivas aplicadas incluyen un detallado estudio de los flujos de calor en las uniones de cara a controlar los efectos de los puentes térmicos.



Figura 7. Adaptación de los Invernaderos en Fachada Sur

Los sistemas activos que encontramos en la cubierta apoyan la incorporación del concepto de chimenea solar, manera de mejorar la ventilación natural usando la convección del aire calentado por energía solar pasiva.

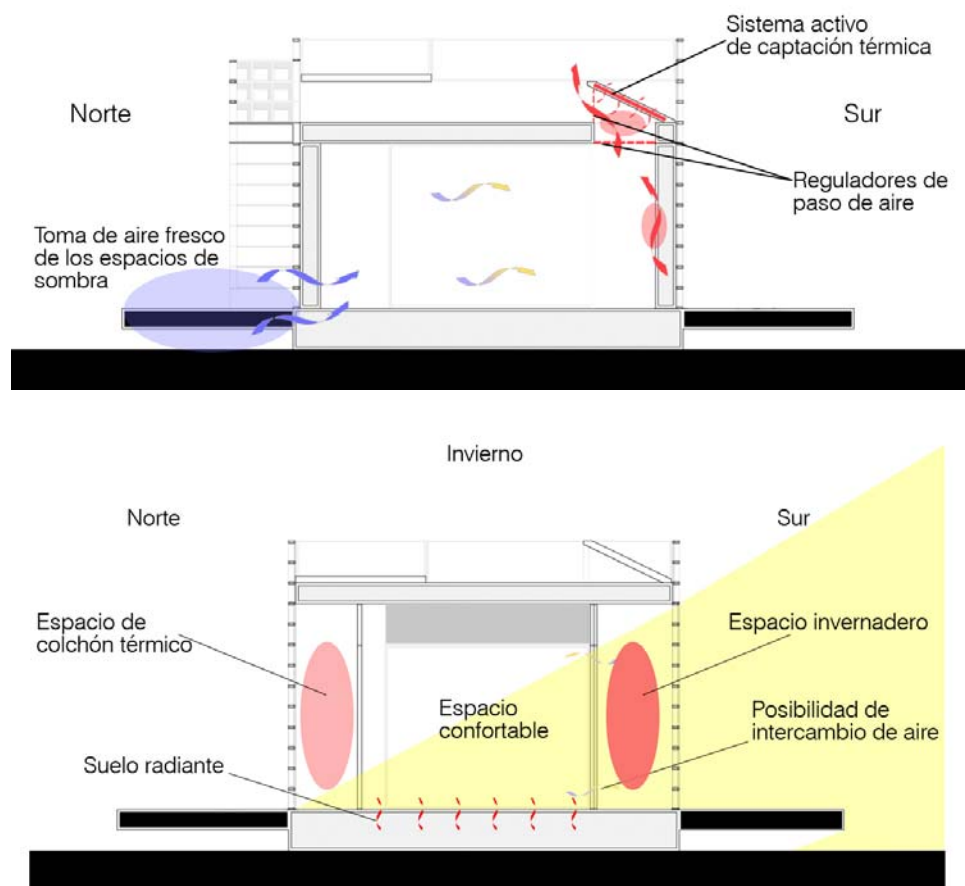


Figura 8. Estrategias Pasivas

Otro aspecto a destacar es la incorporación de masas de agua en determinados puntos del interior de la célula como inercia térmica.

En función de las condiciones climáticas exteriores y en función del grado de exigencia desde el punto de vista del confort de los usuarios los resultados de las simulaciones previas realizadas manifiestan la necesidad de contar con sistemas activos complementarios al acondicionamiento pasivo del prototipo.

### Sistemas solares térmicos para confort

Para mantener las condiciones de confort térmico en verano se dispondrá un sistema de refrigeración del aire, obtenido por circulación con ventilador sobre una batería de agua fría, procedente de un equipo de absorción (Rotartica), condensado por aire y accionado por agua caliente procedente de captadores solares térmicos.

En condiciones de invierno, la calefacción se obtiene por suelo radiante conseguido por circulación de agua caliente procedente de captadores solares térmicos.

El abastecimiento de agua caliente sanitaria (duchas, lavadora, lavavajillas) se realiza, igualmente, a partir de los captadores solares térmicos.

La estimación de cargas térmicas, Calculadas con el programa dpClima (basado en metodología ASHRAE con funciones de transferencia), resulta para el conjunto del edificio, en refrigeración, en el mes de agosto, un valor máximo de 2784 W. En el caso de calefacción, para el mes de febrero, con valor máximo -1184 W de carga sensible.

Los captadores solares deberán tener una calidad mínima tal que, su rendimiento óptico sea mayor del 75% y su coeficiente de pérdidas menor de  $3 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ .

Para refrigeración, el sistema funcionará por accionamiento directo, en cada instante, desde los captadores a la máquina de absorción. Si la carga máxima es 2900 W, para un COP de 0,35, son necesarios 8285 W térmicos, con agua a 85 °C para la que los captadores tienen un rendimiento del 50 % cuando la radiación incidente es de  $800 \text{ W/m}^2$ . En consecuencia, son necesarios  $20,7 \text{ m}^2$ .

En el caso de la calefacción, son necesarios 30 kWh a lo largo de un día, principalmente por la noche, con lo que habrá que acumular en depósito de agua. Un  $\text{m}^2$  de captador recibe, en un día tipo de invierno  $600 \text{ W/m}^2$  durante seis horas, con un rendimiento del 40 %, 1800 Wh. En consecuencia son necesarios  $16,6 \text{ m}^2$ . Con un almacenamiento de, al menos, 1250 litros. Como sistema alternativo una resistencia eléctrica de 1,2 kW.

Para el agua caliente sanitaria se estima necesario  $4 \text{ m}^2$  de captador solar térmico. Con depósito de acumulación de 300 litros y un sistema alternativo basado en una resistencia eléctrica de 1 kW.

### Producción fotovoltaica.

Para llevar a cabo la producción de energía eléctrica se ha optado finalmente por la disposición de 26 módulos fotovoltaicos de la marca Siliken, modelo SLK60PL con potencia pico de 230Wp. Cada uno de dichos módulos posee una superficie de  $1640 \times 990 = 1638360 \text{ mm}^2 = 1,6 \text{ m}^2$ , de forma que se dispone de  $41,6 \text{ m}^2$  de módulos fotovoltaicos, colocados todos ellos en cubierta.

Dichos módulos incorporarán un sistema que permitirá modificar su inclinación de forma manual, para lograr la inclinación óptima en cada mes del año.

La matriz de placas estará conectada en paralelo alimentando a dos inversores de 5kW de potencia cada uno de ellos. Cada inversor recibe la energía de la mitad de los paneles.

Los inversores a utilizar son del tipo SB 4200TL HC de la marca Sunny Boy.

Con esta instalación, se genera una potencia anual total de 7100Kw/h frente a una demanda de 3518Kw/h, cumpliendo así el requisito de producir más energía de la consumida.

La demanda se ha ajustado para  $9,6 \text{ kw/h}$  día de acuerdo con las exigencias de la competición.

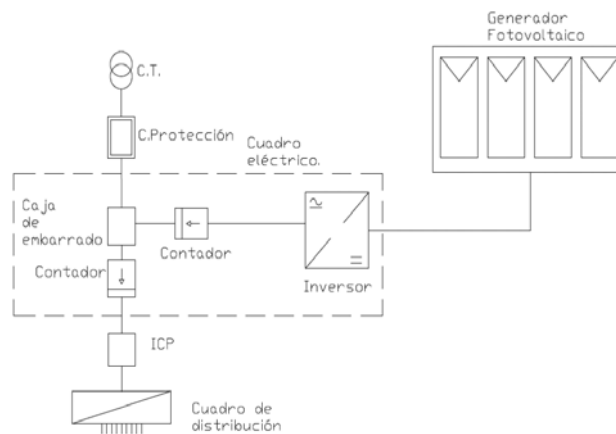


Figura 9. Esquema Sistema Fotovoltaico.

### 3. Conclusiones

Se trata de un equipo que nace desde la necesaria interdisciplinariedad propia para acometer con éxito un proyecto de una envergadura como el Solar Decathlon Europe. La estructura nace de la Escuela de Arquitectura de Valencia pero se involucran directamente en el proyecto otras tres grandes Escuelas de la Universidad. Independientemente de esta estructura, precisamente por su dinamismo esta abierta a la incorporación otras de la Escuelas de la Universidad Politécnica de Valencia.

El equipo no se ha creado y se entiende como una reunión de un grupo de expertos con intereses comunes sino como un grupo de alumnos altamente capacitados, de procedencia distinta. Este grupo con el apoyo de los profesores conseguirá alcanzar los objetivos del proyecto.

Al tratarse de un proyecto de Universidad, se beneficia de todo el potencial de la Universidad Politécnica de Valencia en I+D+I aportado por los grupos de investigación en Desarrollo Sostenible y Energías Renovables.

### Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento por el apoyo prestado al Ministerio de Vivienda UPM como organizadores de la Competición, a la Universidad Politécnica de Valencia, al departamento comercial y de I+D de Rockwool peninsular, a Autodesk, Sonoidea, al Instituto de Tecnología Eléctrica y a las distintas Cátedras Empresa de la UPV involucradas en el equipo.

### Correspondencia (Para más información contacte con):

Ignacio Guillén Guillamón.  
 SolarteamUPV. Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica.  
 Universidad Politécnica de Valencia  
 Cº de Vera s/n 46021 Valencia  
 Phone: +34 3877522  
 Fax: + 34 963877525  
 E-mail : [iguillen@fis.upv.es](mailto:iguillen@fis.upv.es)  
 URL : <http://solarteam.webs.upv.es>