

PATIO 2.12. UNA ESTRATEGÍA DE ENFRIAMIENTO GRATUITO BASADA EN LA INTEGRACIÓN DE LA ARQUITECTURA Y LOS SISTEMAS

ASSIEGO DE LARRIVA, Rafael⁽¹⁾; CEJUDO LÓPEZ, José Manuel⁽²⁾

MOLERO VILLAR, Natividad⁽³⁾; ZAMORA GARCÍA, Miguel⁽³⁾

rassiego@uma.es

⁽¹⁾Universidad de Málaga. Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech. ETS Arquitectura- Grupo de energética. Plaza El Ejido s/n, 29071 Málaga

⁽²⁾Universidad de Málaga. Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech. ETS Ingeniería Industrial- Grupo de energética. C/ Arquitecto Francisco Peñalosa s/n, 29071 Málaga

⁽³⁾CIAT, Departamento de I+D+i. Montilla, Córdoba

RESUMEN

Patio 2.12 es una vivienda experimental que reinterpreta la arquitectura tradicional mediterránea basada en el concepto de patio distribuidor y en la utilización del agua. La casa participó en el concurso internacional Solar Decathlon Europe 2012 que se celebró durante la segunda quincena del mes de Septiembre en Madrid, obteniendo, entre otros, el primer premio en eficiencia energética y el segundo premio en el global de la competición.

El proyecto y construcción fue llevado a cabo por investigadores y alumnos de las tres Escuelas de Arquitectura de Andalucía (Sevilla, Granada y Málaga) y de la Escuela Politécnica Superior de Jaén, formando un equipo denominado AndalucíaTeam. El diseño y puesta en funcionamiento del sistema de refrigeración contó con la colaboración y patrocinio de CIAT.

El objetivo en el diseño del sistema fue reducir el consumo de los equipos, para ello se analizó el concepto de vivienda, su arquitectura, basada en una envolvente térmica que simula el enfriamiento evaporativo del botijo ($U=0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$) y unos estanques con chorros de agua.

Se realizó una evaluación de las temperaturas del estanque principal, situado al norte y sombreado por la propia vivienda, determinando que la temperatura del agua no superaba los 15°C , permitiendo realizar enfriamiento gratuito aproximadamente ocho horas diarias. El resto de la demanda frigorífica se cubría por una bomba de calor aire-agua situada en el módulo técnico de la vivienda.

Definidas las fuentes de producción, el transporte de energía térmica hasta los equipos emisores en cada una de las estancias se realiza mediante un sistema de cuatro tubos, dos que conectan el estanque con la batería de freecooling y otros dos tubos que conectan la bomba de calor con el fancoil; dicha distribución se realiza bajo el patio que da acceso a las distintas estancias.

La batería de freecooling y el fancoil se colocan en serie para aprovechar el ventilador del fancoil. La suma de la batería y el fancoil se incorporan dentro del armario-mueble que alberga otros usos de la vivienda como la televisión, la cama o los electrodomésticos de la cocina.

El resultado refleja que al menos un 25% de la demanda punta es satisfecha con el sistema de circulación del agua del estanque, destacando la importancia del enfriamiento evaporativo para alcanzar una mayor eficiencia.

Palabras clave: Integración, enfriamiento evaporativo, freecooling

1. Introducción

Solar Decathlon Europe 2012 0 es una competición internacional universitaria de viviendas autosuficientes energéticamente donde su funcionamiento conlleve el menor consumo posible.

El proyecto y construcción de Patio 2.12 fue llevado a cabo por investigadores y alumnos (decathletas) de las tres Escuelas de Arquitectura de Andalucía (Sevilla, Granada y Málaga) y de la Escuela Politécnica Superior de Jaén, formando un equipo denominado AndalucíaTeam 0.

La vivienda es una reinterpretación contemporánea de la casa patio tradicional Mediterránea en la que se recogen técnicas de acondicionamiento pasivo y se integran en los sistemas activos.

El sistema de refrigeración ejecutado recupera la técnica del enfriamiento evaporativo realizando enfriamiento gratuito con agua procedente del estanque situado al norte de la casa.

2. La casa Patio 2.12

2.1. Descripción de la casa

Patio 2.12 es un prototipo de vivienda modular prefabricada y que produce la energía necesaria mediante energías renovables.

La vivienda se genera por la colocación de módulos industrializados alrededor de un espacio flexible, el patio, con orientación Norte-Sur.

El patio se encuentra cubierto por una pérgola que simula una parra tradicional y permite la regulación de la radiación solar, Fig. 1.



Figura 1: Interior del patio.

Los usos que albergan los cuatro módulos del proyecto son el salón (17,60 m²) al noreste, la cocina (12,67m²) al noroeste, el dormitorio (14,78m²) al suroeste y el cuarto de instalaciones al sureste, Fig.2. Durante la competición la cocina no formó parte de la superficie a acondicionar.



Figura 2: Vista aérea de la vivienda. (imagen cedida por Pedro Ugarte).

2.2. Descripción de la envolvente

La envolvente de los módulos es una fachada con cámara de aire con un revestimiento cerámico en su cara exterior y un panel de corcho en su cara interior. El revestimiento cerámico en la fachada norte de los módulos salón y cocina alberga en su interior un sistema de pulverización de agua que moja las piezas para conseguir el efecto evaporativo propio del botijo, Fig.3.

Los elementos que configuran los huecos en los módulos son unas ventanas con marco de madera y triple vidrio con cámara de aire en su interior (8+12+4+12+8).

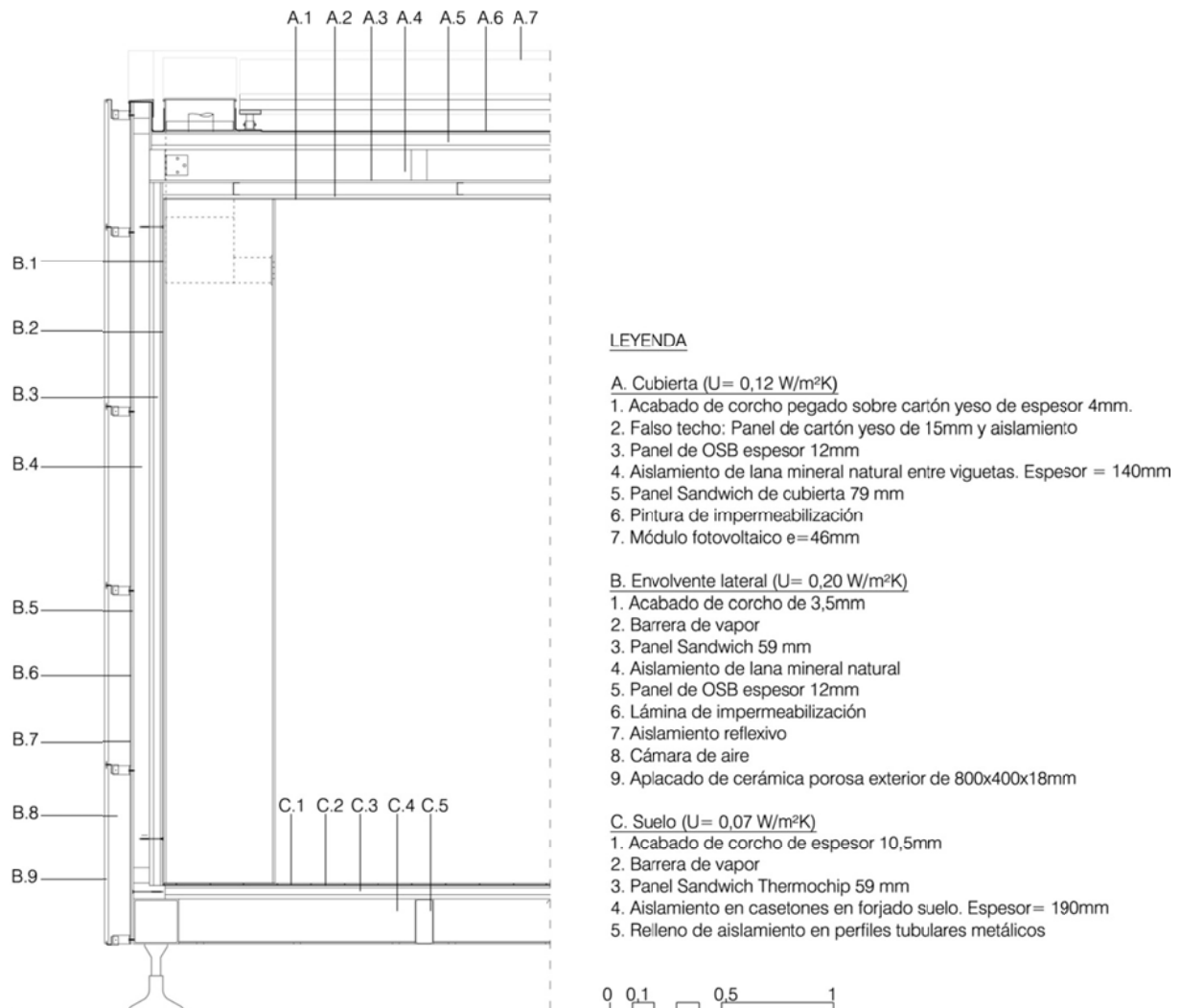


Figura 3: Sección constructiva tipo de la envolvente.

3. El sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración se diseña con el objetivo de apoyar la idea de vivienda mediterránea y el efecto botijo provocado en las fachadas norte de los módulos salón y dormitorio, integrándose en el concepto de Patio 2.12 mediante la utilización de un estanque en el que se realiza un enfriamiento evaporativo del agua y la relación de sus componentes con la arquitectura.

Se trata por tanto de un sistema a cuatro tubos con bomba de calor y estanque evaporativo con transferencia en los módulos mediante la colocación de una batería de freecooling previa al fancoil, Fig.4. En el esquema de principio se observa que la bomba de calor también se diseña para el ciclo de calefacción y para dar apoyo al agua caliente sanitaria solar.

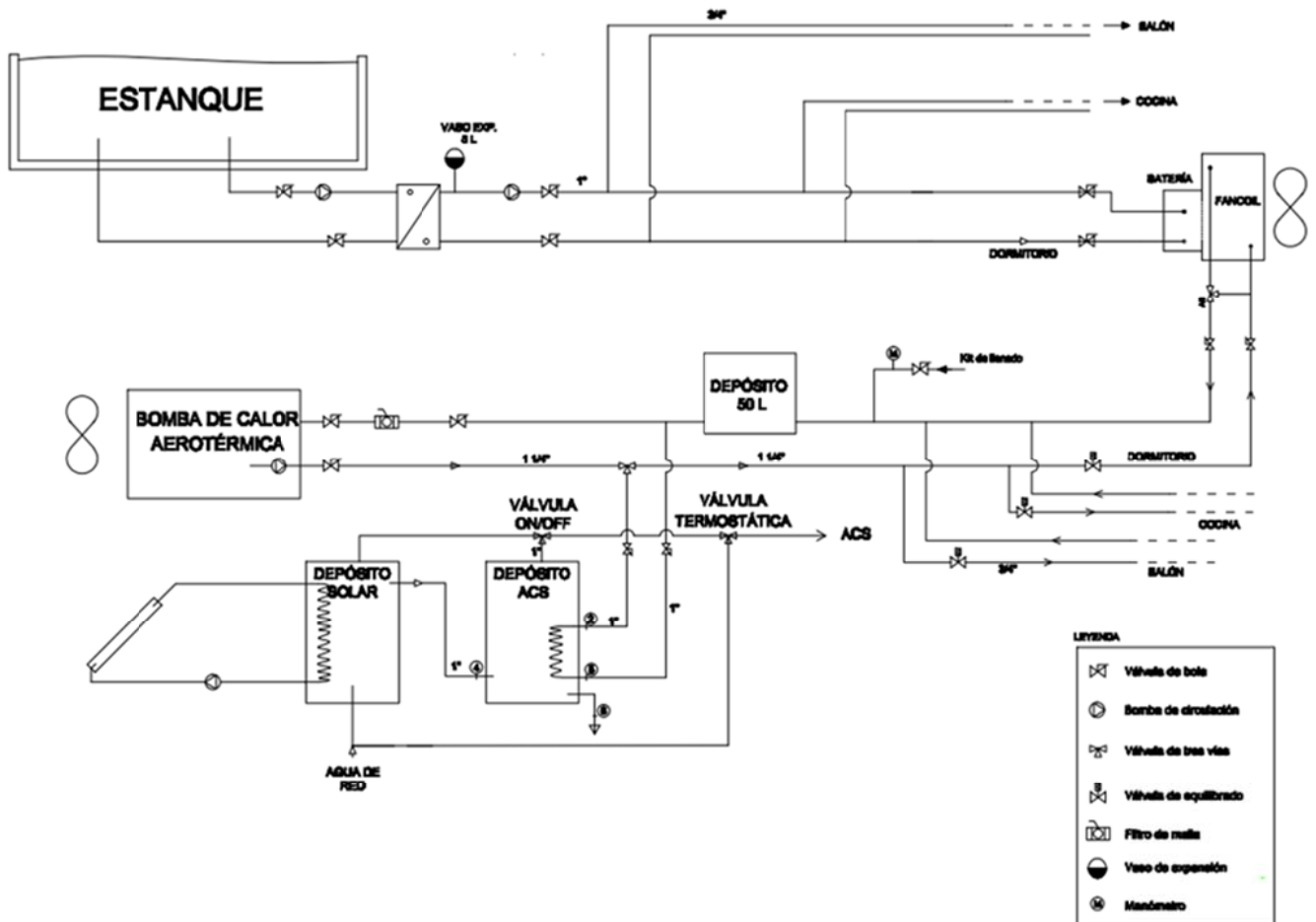


Figura 4: Esquema de principio de la instalación.

3.1. Las fuentes de producción

El sistema de refrigeración se diseña con dos fuentes de producción, una es el estanque de agua situado al norte de la vivienda donde se realiza el enfriamiento evaporativo para dar servicio a la batería de free-cooling y la otra es una bomba de calor aire-agua colocada en el módulo técnico de la vivienda.

El estanque lleva incorporados unos chorros para favorecer la cesión de calor al aire y se sitúa en la fachada principal de la vivienda, alrededor del cual se encuentra la rampa de acceso al patio, fig. 5. Está construido en chapa de acero de 10 mm de grosor y pintado. El volumen de agua es de 11,58 m³.



Figura 5: Imagen del estanque evaporativo en la fachada norte de acceso al patio.

La bomba de calor aire-agua es el modelo Aqualis Inverter 33H de la empresa CIAT, con un rendimiento nominal en frío en función de la temperatura del aire exterior y de la temperatura de salida del agua, Tabla 1. Se coloca en el módulo técnico de la vivienda, un espacio interior en condiciones exteriores, Fig. 6.

Tabla 1: Funcionamiento en refrigeración, EER. Aqualis inverter 33H.

Temp. salida agua	Temperatura de aire exterior											
	20 °C		25 °C		30 °C		35 °C		40 °C		43 °C	
	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)	EER (pot. nom.)	EER (pot. máx.)
5°C	4.2	4.1	3.7	3.6	3.3	3.1	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1
7 °C	4.5	4.2	4.0	3.8	3.4	3.3	3.0	2.9	2.6	2.4	2.4	2.2
10 °C	4.8	4.6	4.2	4.0	3.7	3.5	3.2	3.0	2.8	2.6	2.5	2.4
15 °C	5.4	5.1	4.8	4.5	4.1	3.9	3.6	3.4	3.1	2.9	2.8	2.7
18 °C	5.9	5.6	5.1	4.9	4.5	4.1	3.8	3.6	3.3	3.1	3.0	2.8
20 °C	6.2	5.7	5.4	5.0	4.6	4.3	4.1	3.7	3.5	3.2	3.1	3.0



Figura 6: Integración de la bomba de calor en el módulo técnico.

3.2. El transporte de energía

La instalación de transporte desde las fuentes de producción hasta el sistema emisor en los módulos se realiza bajo el perímetro del patio conectando con las distintas estancias. Se trata de dos tubos para el circuito de free-cooling y otros dos para el circuito alimentado por la bomba de calor. Las tuberías son de cobre de 16 mm y van aislados con coquilla de 1cm de poliuretano, Fig.7.



Figura 7: Canalización de las tuberías en el perímetro del patio y acceso a un módulo

3.3. La emisión en el local

La última fase del diseño del sistema de refrigeración consiste en aprovechar el enfriamiento gratuito procedente del estanque evaporativo. Se realiza colocando una batería en serie con el fancoil aprovechando el ventilador de este para impulsar el aire cuando exista posibilidad de freecooling, Fig.8.



Figura 8: Imagen de la batería de free-cooling y fancoil

4. Simulación y resultados

4.1. Simulación de la instalación de refrigeración

En la fase de diseño del sistema se realizó una simulación para evaluar el potencial de enfriamiento gratuito procedente del agua del estanque. La simulación se llevó a cabo con mecanismos de transferencia de energía ([3],

[4]) implementados en una hoja de cálculo. La evaluación fue realizada para los días de la competición bajo la hipótesis de que el estanque se sombrea al cincuenta por ciento.

De la simulación se obtiene una temperatura del estanque que puede mantenerse por debajo de 16°C. En esas condiciones puede preenfriarse el aire de las zonas en las baterías de preenfriamiento con una potencia útil de al menos 500 W en cada una de las tres unidades interiores. Al menos un 25% de la demanda punta es satisfecha con el sistema de circulación del agua del estanque. En un día, la cantidad de agua evaporada es del orden de 30 L/día, dependiendo de la radiación incidente, demanda cubierta, etc.

Evolución de temperaturas (días de la competición)

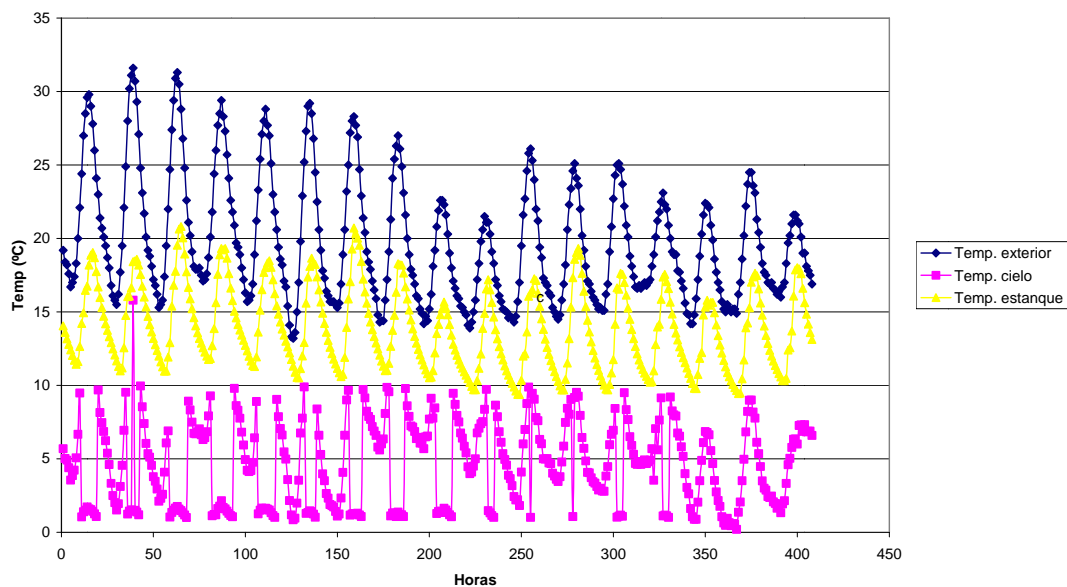


Figura 9: Evaluación de temperaturas durante los días de competición

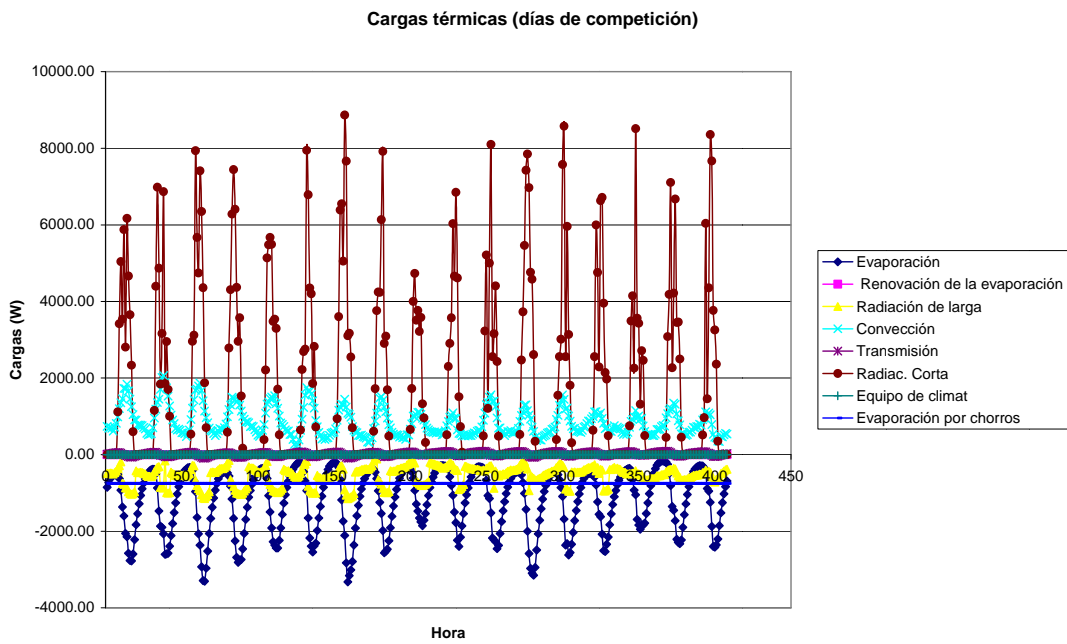


Figura 10: Balance térmico del estanque durante los días de competición

4.2. Resultados obtenidos durante la fase de concurso

La integración del sistema de refrigeración en todos sus componentes se ha visto reflejada a través del estanque, el patio, el módulo técnico faltando exponer la integración del sistema de emisión en los módulos. Como puede observarse queda perfectamente integrado en el mueble que alberga la cama y la mesita de noche, Fig. 11.



Figura 11: Integración del sistema en el módulo dormitorio (imagen cedida por Pedro Ugarte)

Las condiciones de confort marcadas en las reglas de la competición exigían mantener la temperatura del módulos acondicionados (salón y dormitorio) entre un rango de 22 y 26°C.

Los datos obtenidos de la monitorización de dichos espacios en cuanto a temperaturas, Fig.12, nos informan de unos resultados muy favorables considerando los perfiles de usos y ocupación específicos de la competición.

En los once días que duró la competición el sistema de refrigeración consiguió combatir la carga y mantener en rango de temperatura de los módulos, a excepción del día 23 de Septiembre que se dejó la vivienda en evolución libre.

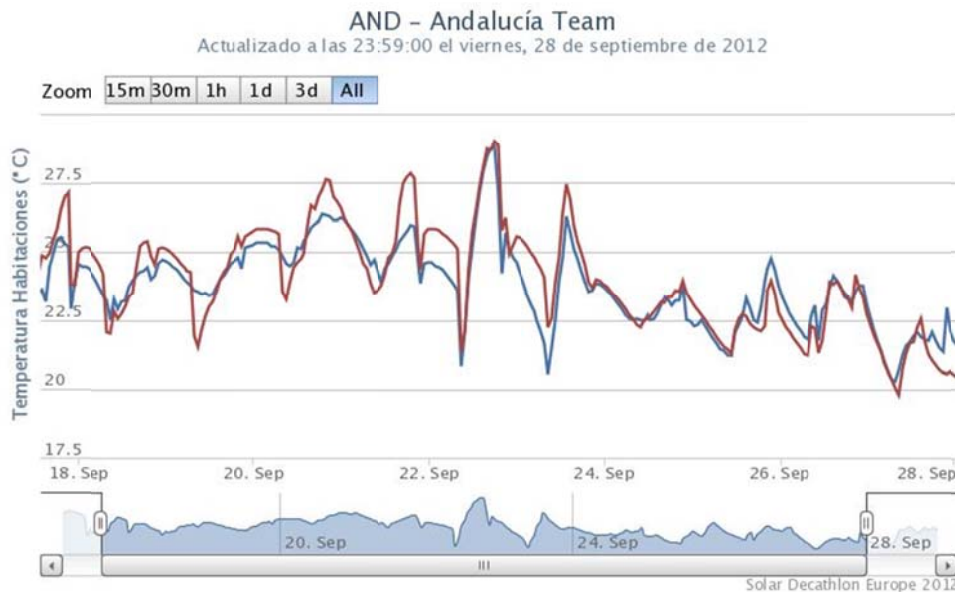


Figura 12: Monitorización de temperaturas en módulo salón (trazo azul) y módulo dormitorio (trazo rojo)

5. Conclusiones

El proyecto, ejecución y puesta en funcionamiento de Patio 2.12 indica la viabilidad de las técnicas de enfriamiento evaporativo, aplicadas en este caso de estudio a un pre-enfriamiento del aire de la habitación en lo que denominamos batería de freecooling.

Los premios obtenidos muestran la necesidad y potencialidad de la integración de los sistemas en la arquitectura: primeros en eficiencia energética y segundos en el global de la competición, entre otros.

Los datos parciales procedentes de la monitorización son muy prometedores cara a una futura fase de investigación y experimentación.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo dentro del proyecto de investigación denominado *Acciones experimentales de sistemas constructivos eficientes energéticamente en el ámbito residencial mediterráneo* y ha estado formado por investigadores y estudiantes de las tres Escuelas de Arquitectura de Andalucía (Granada, Sevilla y Málaga) y la Escuela Politécnica de Jaén.

El proyecto fue dirigido por el Profesor de la Universidad de Sevilla Javier Terrados Cepeda.

7. Referencias

- [1] Solar Decathlon Europe www.sdeurope.org [Consulta: 11 marzo 2013]
- [2] Equipo Andalucía Team www.andaluciateam.org [Consulta: 11 marzo 2013]
- [3] S. Álvarez Domínguez, J.M. Cejudo López, J.J. Guerra Camacho, J.L. Molina Félix, E.A. Rodríguez García, R. Velazquez Vila, “Control climático de espacios abiertos. El proyecto Expo’92”. (1992) Editorial CIEMAT, Madrid
- [4] Charles C. Smith, George O.G. Löf, Randy W. Jones, “Rates of evaporation from swimming pools in active use”, ASHRAE transactions 104 (1A) (1999) 514-523