

PONENCIA Nº 51

INTRODUCCIÓN DEL PRODUCTO CERÁMICO EN LOS SISTEMAS CLIMÁTICOS DE LA CASA PASIVA

M. Bartolomé Álvaro, J. Corrales García, J. Mira Peidro, J. Ramón Albors

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE)
Universitat Jaume I. Castellón. España.

Palabras clave: casa pasiva, sistema, cerámica

RESUMEN

Se presentan los resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo ha sido la introducción del producto cerámico en los sistemas climáticos de la casa pasiva en un ambiente calido. La incorporación de la cerámica a los sistemas climáticos se ha realizados teniendo en cuenta la reducción del consumo de energía y el aporte de mejoras estéticas, durabilidad, etc., de los sistemas climáticos.

Tomando como punto de partida las pautas y los sistemas climáticos de la Casa Pasiva para climas fríos se ha realizado una adaptación de este tipo de casa a un clima típicamente meridional, creando un modelo de casa sobre el cual se han definido una serie de sistemas pasivos con materiales cerámicos que funcionan como sistemas de captación, calefacción y refrigeración.

Los sistemas que tienen como finalidad el ahorro energético se han justificado con una primera valoración estimativa, utilizando para ello los programas LIDER y PHPP capacitados para analizar y valorar los sistemas bajo las pautas del ahorro energético. Debido a las limitaciones de los programas se han tenido que considerar varias suposiciones para introducir los sistemas pasivos en ellos.

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura bioclimática hace referencia a las aplicaciones en que la energía solar se capta, se guarda y se distribuye de forma directa, es decir, sin necesidad de aparatos mecánicos. Se diseñan y aportan soluciones constructivas que permiten que el edificio rechace o capte energía solar según la época del año, con la finalidad de controlarla según las necesidades de refrigeración o calefacción. En estos casos el aprovechamiento de la radiación que llega al edificio se basa en optimizar la orientación y la definición de volúmenes y aberturas de los edificios, seleccionar materiales apropiados y utilizar elementos de diseño específicos y adecuados. En este ámbito cualquier edificio situado en ambientes fríos que no requiera ningún tipo de sistema adicional para la calefacción y refrigeración del interior del espacio habitado porque se calientan o refrigeran de manera puramente pasiva a partir de la propia energía del entorno, se inscribe en el concepto de casa pasiva (la casa pasiva tiene una demanda calorífica anual que no supera los 15 KWh/m²·a).

La casa pasiva es un concepto que nace en el Norte de Europa. Actualmente el referente de la casa pasiva es un conjunto de casas construidas en Darmstadt-Kranichstein (Alemania).

Las técnicas de la casa pasiva se basan esencialmente en un buen aislamiento térmico, el aprovechamiento pasivo de la energía solar gracias a las llamadas super-ventanas, la recuperación de alto rendimiento del calor del aire de salida y el pre-calentamiento pasivo del aire fresco entrante.

La casa pasiva es un modelo tipificado para climas fríos en el Norte de Europa, por lo que para realizar un correcto modelo de adaptación a climas más calidos es preciso modificar ciertas pautas fundamentales del modelo original y buscar nuevas soluciones en la tradición de la arquitectura bioclimática, utilizando otros sistemas de calefacción y potenciando los sistemas de refrigeración.

2 DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS

Se ha iniciado adaptando la idea de casa pasiva para climas fríos a un clima típicamente meridional, teniendo en cuenta que las necesidades de calefacción son menores y que por el contrario las necesidades en refrigeración son mayores. Para cumplir este objetivo ha sido necesario cambiar los conceptos de diseño y modificar los sistemas que forman parte de la casa pasiva.

Con los sistemas adaptados a un ambiente más cálido se ha introducido la cerámica en ellos, sustituyendo partes de los sistemas por materiales cerámicos. Para ello se han tenido en cuenta las características propias de la cerámica y la función que tiene que desempeñar dentro del sistema. Como resultado se han obtenido dos grupos de sistemas pasivos de calefacción y refrigeración con materiales cerámicos según el aporte que realiza la cerámica en ellos. Por una parte, tenemos los sistemas que aportan un ahorro energético gracias a la participación en ellos de la cerámica valorados de forma estimada con los programas LIDER y PHPP y por otra parte, tenemos los sistemas que aportan una mejora en las características estéticas y de durabilidad del sistema descritos teóricamente.

El objetivo es fomentar la utilización de productos cerámicos en las llamadas casas pasivas, mediante la incorporación del material cerámico a los sistemas pasivos que se utilizan en el diseño lógico de la casa pasiva, ya que entendemos que la cerámica por sus características es un material que puede desempeñar varias funciones en este tipo de sistemas.

La aportación máxima de este proyecto es la introducción de la cerámica en un campo hasta ahora inédito o de participación muy limitada y capacitarla de una función específica ligada directa o indirectamente a la reducción del consumo energético.

Hemos llegado a determinar nuevas posibilidades de uso para la cerámica como material funcional dentro de un sistema bio-climático utilizando en la mayoría de los sistemas pasivos piezas estándar producidas industrialmente.

3 DESARROLLO DE LOS RESULTADOS

3.1 SISTEMAS DE LA CASA PASIVA

Las claves de la casa pasiva se encuentran en la estanqueidad. Una casa solo se enfría cuando pierde calor hacia el exterior y se calienta en la medida en que incorpora calor procedente del exterior. En una casa pasiva, esta pérdida de calor se reduce de tal manera que el calor interior (de las personas y de los aparatos del hogar) y la energía aportada por el sol son casi suficientes. En comparación al consumo energético global actual de una casa estándar, el de una casa pasiva es una décima parte.

Para conseguir la energía necesaria del ambiente se siguen varias estrategias, más o menos apropiadas según para que clima. Sistemas de captación:

Sistemas de captación directa. La captación, acumulación y almacenamiento de energía se realiza en el mismo espacio habitable y por lo tanto el espacio habitable actúa como colector. Estos sistemas varían desde ventanas con aislamiento térmico nocturno, hasta complejos mecanismos que utilizan radiación directa, difusa, elementos de reflexión concentración, etc.

Muro captador-acumulador. Estos muros se realizan para poder controlar la climatización del espacio habitable. Normalmente se requieren materiales de elevada inercia térmica. Sobre el exterior del muro se construye la zona colectora que puede ser de diversos materiales, siempre que permitan el paso de los rayos solares y sean impermeables a los rayos infrarrojos. Entre ambos elementos debe haber una separación entre 5-10cm. para el correcto funcionamiento de la cámara de aire.

Muro Trombe. También aprovecha el efecto invernadero que se produce en la cámara de aire confinada entre el vidrio y el muro interior, pero maximiza la eficacia gracias a dos conjuntos de compuertas (uno situado en la parte superior y otro en la parte inferior), que combinando aperturas se consigue controlar la temperatura del interior.

Muro parietodinámico. Cerramiento que aprovecha la energía solar para el precalentamiento del aire exterior de ventilación. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior acristalada o metálica que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

Cubiertas estancas. Este sistema consiste en considerar la cubierta como un sistema receptor-acumulador, generalmente de agua almacenada en grandes bolsas de plástico entre 15-30 cm. Es importante que el sistema receptor-acumulador pueda protegerse del calor para las épocas veraniegas.

Captadores independientes. Invernaderos y miradores. Estos sistemas y al igual que los sistemas de captación directa e indirecta, se basan en el efecto invernadero. Están formados por dos zonas diferenciadas, la zona de captación solar (vidrio) y la zona de almacenaje (ladrillo macizo).

Sistemas pasivos de refrigeración y ventilación natural. Debido a los escasos recursos o fuentes de refrigeración natural, es de especial importancia evitar el sobrecalentamiento. Por lo tanto, el primer factor a tener en cuenta es minimizar la radiación solar directa sobre el edificio, utilizando filtros que lo tamicen o la eliminen.

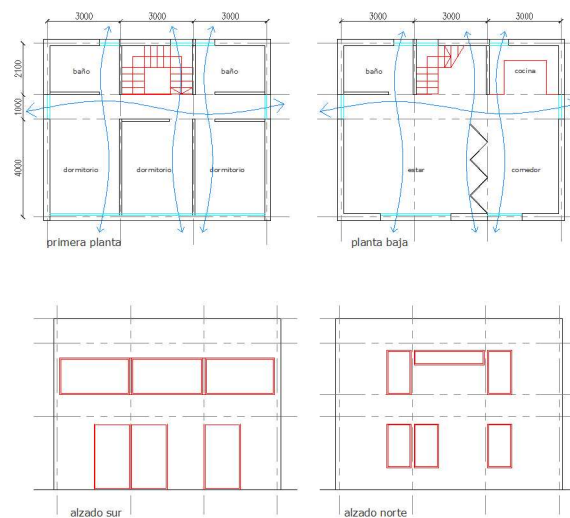
En los sistemas de enfriamiento por evaporación se aprovecha el consumo de energía necesario para el cambio de estado del agua, de líquido a gaseoso. Es importante que el ambiente no presente altas humedades relativas que se sumen al vapor de agua aportado por la evaporación.

3.2 ADAPTACIÓN DE LA CASA PASIVA A AMBIENTES MÁS CALIDOS.

Como resultado de la adaptación de la casa pasiva a ambientes más calidos se ha diseñado un Modelo de casa bio-climática para climas calidos, con una superficie útil de 90 m². Este modelo lo utilizamos para introducir en los programas LIDÉR y PHPP los sistemas cerámicos pasivos.

Para concretar el modelo de casa adaptada a ambientes más calidos se han establecido unas pautas de diseño y sostenibilidad de las que destacamos las siguientes:

- Viviendas pasantes. Dormitorios pasantes, respetando la intimidad individual. Las puertas interiores estarán dotadas de rejillas que permitan la continua ventilación de las estancias sin la merma de la privacidad.
- Aumento superficie fachada, disminución tamaño medianeras.
- Orientación predominante, norte-sur. Huecos fachada norte: 10%-20%, Huecos fachada sur: 50%-60%.
- Fachada como elemento que proporciona calefacción pasiva, a partir de la energía solar y su transformación en calor.
- Efecto chimenea. El hueco de la escalera actuará como una chimenea solar, creando una corriente de aire continua.
- Ventilación cruzada Este-Oeste, aprovechando las corrientes marinas, en las noches de verano.



Modelo de casa bio-climática propuesto

Además de las pautas de diseño se siguen las siguientes estrategias para controlar el exceso de radiación solar en verano:

- Aislamiento térmico: obtener un elevado aislamiento térmico exterior de todos los cerramientos, con una alta reflectancia solar de las cubiertas soleadas. Conseguir una elevada inercia térmica interior para mantener una temperatura fresca y constante en los locales de reposo (dormitorios y salón).
- Protección solar: controlar la ganancia solar directa a lo largo de todo el año con la cubrición de los huecos de la fachada sur con marquesinas, lo que permite el oscurecimiento casi total durante los días de verano.
- Ventilación: impedir la infiltración de aire caliente y polvo con una alta estanqueidad de los huecos, pero permitiendo la ventilación directa en periodos favorables (madrugada). Conseguir un microclima fresco y sombreado en el entorno habitable de la parcela mediante vegetación y láminas de agua en el suelo.
- Renovación: combatir el sobrecalentamiento con una renovación energética, con ventilación forzada de 22:00 a 9:00 horas (temperatura exterior < interior) en los locales de reposo. Con un almacenamiento térmico estratificado en cantos rodados.
- Control ambiental: el acondicionamiento bioclimático de la vivienda es complicado por lo que se aconseja la ayuda de un sistema domótico que regule por medio de sensores y temporizadores los sistemas de climatización pasiva.

3.3 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA TESTAR EL AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICACIÓN.

Para las validaciones de los sistemas cerámicos pasivos con el aporte de una mejora energética, se han utilizado el programa "Passive House Planning Package, PHPP", una herramienta informática con formato de hoja de cálculo dirigida a arquitectos y diseñadores para proyectos de casas pasivas y el programa LIDER implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de demanda energética (HE1), establecida en el Documento Básico de Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación.

En el programa PHPP es necesario introducir numéricamente todos los datos que definen el proyecto en diferentes hojas de cálculo; zona climática a la que pertenece, número de ocupantes, caracterizar y dimensionar muros, techos, suelos y ventanas, ventilación, sombras en invierno, sombras en verano, temperatura interior, definir las instalaciones, etc. Con todos estos datos el PHPP calcula las necesidades energéticas de calefacción y refrigeración del edificio teniendo en cuenta los aportes energéticos por insolación solar más las cargas caloríficas internas producidas por el uso cotidiano de los aparatos domésticos y las pérdidas que se producen por transmisión de calor a través de las paredes, techos y ventanas. El programa ofrece los resultados anual y mensualmente en tablas y en gráficos de fácil lectura.

En el programa LIDER cuando pulsamos el botón Cálculo, se inicia el motor de cálculo de la demanda energética para el edificio objeto y para un edificio de referencia idéntico al nuestro que cumple con las restricciones de CTE. Tras calcular el edificio, se muestra la comparación entre la demanda de calefacción y refrigeración del edificio objeto con el de referencia, en porcentaje y en un diagrama de barras. Además se muestra la importancia relativa de la calefacción y la refrigeración, de forma que la suma es 100.

Debido al carácter innovador de los sistemas pasivos cerámicos los programas de cálculo no están preparados para que las particularidades de estos sistemas se puedan introducir en ellos, por lo que una vez estudiados los programas ha sido necesario realizar unas suposiciones de trabajo sobre los sistemas que nos han permitido introducir indirectamente los efectos beneficiosos de los sistemas en el modelo virtual y de esta forma analizar las mejoras climáticas y energéticas que aportan en una primera estimación. Cada uno de los supuestos que se han tenido en cuenta se describen a continuación junto a los sistemas correspondientes.

3.4 SISTEMAS PASIVOS CON MATERIALES CERÁMICOS. EVALUACIÓN INICIAL DE LOS SISTEMAS UTILIZANDO LOS PROGRAMAS LIDER Y PHPP.

Teniendo en cuenta los sistemas bio-climáticos de la casa pasiva y las funciones que puede asumir la cerámica según sus características intrínsecas, se han definido en este primer grupo los nuevos sistemas pasivos con materiales cerámicos con mejoras energéticas. A su vez para la evaluación inicial de los mismos, los sistemas se han introducido en el modelo de casa pasiva adaptado a la franja del sur de Europa.

Este nuevo modelo virtual ha servido para realizar una valoración inicial utilizando los Programas LIDER y PHPP de los siguientes sistemas: sistema de fachada ventilada cerámica, sistema de superficie cerámica con propiedades reflectantes situada frente a la ventana captora y sistema de superficie cerámica con propiedades reflectantes sobre jambas y alfeizares de una ventana captadora.

En todos los sistemas analizados se ha utilizado un espesor de 6cm de aislante, que aunque dista mucho de los espesores utilizados en la casa pasiva se aproxima más a los

espesores utilizados en zonas más calidas. Consiguiendo así dos cosas: acercarnos a la realidad constructiva y evidenciar los resultados obtenidos.

3.4.1 FACHADA VENTILADA CERÁMICA

El considerar la fachada ventilada como un sistema para el acondicionamiento climático se debe a su funcionamiento. El calor generado en el intradós de la piel cerámica por la incidencia de los rayos solares, calienta el aire de la cámara, con su consabida disminución de la densidad, provocando la ascensión del mismo y causando el efecto chimenea, esto provoca que por la cámara de aire se este evacuando calor.

La fachada ventilada no se puede introducir directamente en LIDER, por lo que para poder analizar la fachada ventilada cerámica con este programa debemos realizar ciertas suposiciones. El comportamiento de la fachada ventilada prevé la introducción de aire exterior en la cavidad, por lo que la temperatura en la cavidad tiende a parecerse a la exterior. A partir de aquí existe una radiación solar sobre la pantalla exterior que recalienta el aire de la cavidad y favorece la convección de aire y evita que parte de la radiación solar llegue al muro interior.

Para introducir los efectos del sistema de fachada ventilada en el programa LIDER se realiza una simplificación ya que directamente el programa no lo admite. La norma UNE 6946 indica que en un cerramiento con cámara de aire ventilada se pueden desprestigiar las capas exteriores (la piel cerámica y la cámara de aire) y considera solo las capas interiores pero con una resistencia superficial exterior igual a $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, en vez de $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ valor habitual para la resistencia superficial exterior (consideramos la diferencia entre ambas $0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$). Como en LIDER no se puede cambiar la resistencia superficial exterior, creamos una capa "ficticia" por ejemplo como una cámara de aire (material nuevo) cuya resistencia térmica sea la diferencia antes mencionada seguidas de la capa de aislante y la de ladrillo de forma convencional.

Esta solución simplificada para introducir fachadas ventiladas puede resultar aceptable, pero no reproduce el funcionamiento real de la fachada ventilada.

Al introducir el modelo de casa con el sistema de fachada ventilada (Cámara de aire ficticia con una resistencia térmica de $0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$, Poliestireno Expandido [$0.037 \text{ W}/[\text{mK}]$] $0,060\text{m}$, Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] $0,010\text{m}$, 1/2 pie LM métrico o catalán $40\text{mm} < G < 50\text{mm}$ $0,115\text{m}$ y un Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ $0,020\text{m}$) en el LIDER obtenemos los siguientes resultados: el tanto por cien de la demanda de Referencia en calefacción es de $60,7$ y el tanto por cien de la demanda de Referencia en refrigeración es de $70,3$. Por otra parte al introducir el modelo de casa esta vez con una fachada tradicional (1/2 pie LM métrico o catalán $40\text{mm} < G < 50\text{mm}$ $0,115\text{m}$, Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] $0,010\text{m}$, EPS Poliestireno Expandido [$0.037 \text{ W}/[\text{mK}]$] $0,060\text{m}$, Tabique de LH sencillo [$40\text{mm} < \text{Espesor} < 60$] $0,040\text{m}$ y un Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$, $0,010\text{m}$) en el LIDER obtenemos los siguientes resultados: el tanto por cien de la demanda de Referencia en calefacción es de $61,2$ y el tanto por cien de la demanda de Referencia en refrigeración es de $72,5$.

En los resultados se aprecia una mejora al considerar la fachada ventilada sobre todo en el capítulo de refrigeración, con una mejora del rendimiento de un $2,2\%$. En cuanto a calefacción se mantienen los valores de referencia más o menos iguales en ambos casos, existiendo una mínima diferencia de un $0,5\%$.

El programa PHPP al igual que LIDER no contempla la fachada ventilada, por lo que es preciso introducir la fachada ventilada bajo un supuesto, considerando el concepto de cámara semi-ventilada para definir la cámara ventilada.

El PHPP acepta un valor (U) de conductividad térmica para una cámara semi-ventilada igual al doble del valor U de una cámara sin ventilar, así que introduciremos la fachada ventilada como un sistema formado por las siguientes capas: cerámica con un λ 2,600 W/mk y un espesor de 8mm, cámara de aire semi-ventilada con un λ 1.224W/mk y un espesor de 100mm, aislante térmico con un λ 0,038W/mk y un espesor de 60mm, mortero de árido con un λ 0,410W/mk y un espesor de 10mm, ½ pie de Ladrillo perforado con un λ 0,667W/mk y un espesor de 115mm y un enlucido de yeso con un λ 0,570W/mk y un espesor de 10mm.

Para completar el supuesto de fachada ventilada en el PHPP consideramos que el calor eliminado por el efecto chimenea que se produce en la cámara de aire equivale a considerar una menor insolación sobre los elementos opacos de la fachada ventilada. Este concepto lo introducimos en PHPP considerando un valor de 0.8 en vez de 1 para el "factor de sombreado" sobre la fachada ventilada, que equivale a reducir la insolación solar en un 20%.

Resultados PHPP Fachada ventilada

Demanda de calefacción anual	4842 kWh	53,8 kWh/m ²
Demanda de refrigeración anual	10188 kWh	112,2 kWh/m ²

Para determinar las ventajas que supone el uso de la fachada ventilada vamos a comparar los resultados obtenidos con los resultados obtenidos utilizando un sistema de fachada tradicional formado por 1/2 pie LP con un λ 0,667W/mk y un espesor de 115mm, Mortero de áridos Ligeros con un λ 0,410W/mk y un espesor de 10mm, EPS Poliestireno Expandido con un λ 0,038W/mk y un espesor de 60mm, Tabicón de LH doble con un λ 0,432W/mk y un espesor de 70mm y Enlucido de yeso con un λ 0,570W/mk y un espesor de 10mm.

Los resultados obtenidos al calcular la fachada tradicional en el PHPP nos dan una demanda de calefacción anual de 4743Wh y una demanda de refrigeración anual de 10413Wh.

Resultados PHPP Fachada tradicional

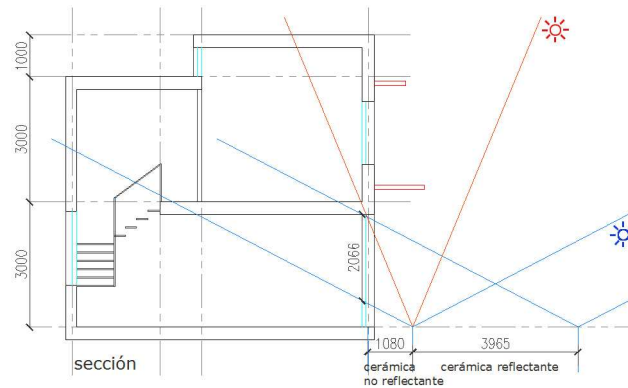
Demanda de calefacción anual	4743 kWh	52,7 kWh/m ²
Demanda de refrigeración anual	10413 kWh	115,7 kWh/m ²

Al comparar los modelos de casa con fachada ventilada y tradicional según los resultados obtenidos en el PHPP se obtiene para la fachada ventilada una reducción de las demandas de refrigeración de 225 kWh anuales (2,5 kWh/m²), que demuestra las ventajas de la fachada ventilada en verano. Por el contrario se produce un aumento de las demandas de calefacción de 99 kWh anuales (1,1 kWh/m²).

Tanto en el LIDER como el PHPP existe un beneficio energético con el supuesto de la fachada ventilada cerámica, sobre todo si tenemos en cuenta la demanda de refrigeración.

3.4.2 SUPERFICIE CERÁMICA CON PROPIEDADES REFLECTANTES SITUADA FRENTE A LA VENTANA CAPTORA

El sistema pretende aprovechar la reflexión de las superficies próximas a los huecos, generalmente suelos, para aumentar la captación solar a través de las ventanas en invierno. Esto nos permitiría reducir el tamaño de los huecos, consiguiendo que en verano se minore el sobrecalentamiento por exceso de captación solar.



En estos sistemas es necesario estudiar pormenorizadamente el grado de incidencia solar durante todo el año para aumentar la eficacia del sistema, introduciendo la luz solar en invierno y evitándolo durante las épocas estivales.

Debido a las características del sistema no se ha podido utilizar el programa LIDER, utilizando para la valoración inicial únicamente el programa PHPP.

Para introducir el sistema cerámico en el PHPP hemos considerado una "super-ventana" que garantiza los aportes necesarios para satisfacer las necesidades de calefacción únicamente por radiación solar directa. Utilizando un suelo reflectante podemos reducir en un tanto por cien la superficie de la super-ventana y mantener al mismo tiempo los aportes necesarios al considerar los aportes realizados por la super-ventana reducida más los aportes de luz reflejada en el pavimento reflectante y que es capaz de entrar por la ventana.

El tanto por cien de reducción estará relacionado directamente con el aporte que se produce gracias a la superficie pavimentada. Se ha estimado que la reducción que se puede realizar se encuentra entorno al 30% de la superficie necesaria para garantizar los aportes necesarios y se ha llegado a este valor teniendo en cuenta la superficie de reflexión, el coeficiente de reflexión de la cerámica brillante y un coeficiente de minoración.

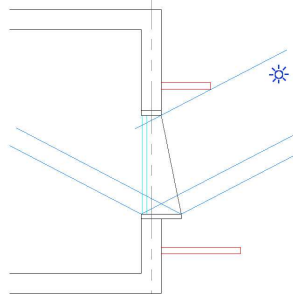
Si partimos de la superficie de la "super-ventana" y la reducimos ese treinta por cien obtenemos la superficie reducida de ventana que necesitamos para mantener la insolación que se necesita durante el invierno, que denominamos "ventana+suelo reflectante".

Para obtener los resultados relativos a las ganancias solares a través de la "ventana+suelo reflectante", y debido a las limitaciones del programa de cálculo, se ha supuesto que para los meses de invierno los aportes coinciden con los de la "super-ventana", mientras que para los meses de verano la insolación se reduce y corresponde a la superficie reducida de la "ventana+suelo reflectante".

Comparando los resultados obtenidos de ambas ventanas (los cálculos se han realizado teniendo en cuenta las condiciones particulares de la ventana manteniendo los otros factores como constantes). En invierno se obtienen los mismos aportes, aunque uno lo hace únicamente por su superficie mientras que la otra se apoya en el suelo reflectante para llegar al mismo resultado. Mientras que en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre se obtiene para la ventana+suelo reflectante una demanda de refrigeración de 6047kWh (67,2 kWh/m²) y para la super-ventana una demanda de refrigeración de 6859kWh (76,2 kWh/m²). Se obtiene un ahorro en refrigeración de 812kWh (9,02 kWh/m²) en los cinco meses más calurosos del año en toda la casa, únicamente reduciendo las ventanas de la planta baja en la fachada sur.

3.4.3 SUPERFICIE CERÁMICA CON PROPIEDADES REFLECTANTES SOBRE JAMBAS Y ALFEIZARES DE UNA VENTANA CAPTADORA

Función del sistema: La función de las jambas y el alfeizar, es aumentar la captación solar del interior de la vivienda, gracias a sus propiedades lumínicas, por lo tanto los materiales que la compongan serán claros y reflectantes.



Este aporte extra de energía lumínica nos permite posteriormente reducir el hueco, de tal forma que disminuimos las pérdidas energéticas de la vivienda sin disminuir las ganancias caloríficas durante los meses fríos de invierno donde es necesario el aporte energético. Este sistema aumentará su eficacia cuanto mayor sea la superficie de jambas y alfeizar.

Consideramos de nuevo una "super-ventana" que garantiza los aportes necesarios para satisfacer las necesidades de calefacción utilizando únicamente la radiación solar. Utilizando jambas y alfeizar reflectantes podemos reducir la superficie de la ventana un tanto por cien sin reducir los aportes solares en invierno al considerar los aportes reflejados en jambas y alfeizar. Se ha estimado, teniendo en cuenta la inclinación del sol, la superficie de reflexión, el coeficiente de reflexión de la cerámica brillante y un coeficiente de minoración, que la reducción que se puede realizar esta entorno al 10% de la superficie necesaria para garantizar los aportes necesarios.

Partiendo de la "super-ventana", obtenemos la "ventana+ jambas y alfeizar reflectantes" un diez por cien más pequeña. Como consideramos que los aportes solares en invierno son iguales vamos a fijarnos en la demanda de refrigeración que cada una de las ventanas para los meses de verano. En los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre se obtiene para la ventana+ jambas y alfeizar reflectantes una demanda de refrigeración de 6539 kWh (72,65 kWh/m²) y para la super-ventana una demanda de refrigeración de 6859 kWh (76,21 kWh/m²), consiguiendo una reducción de 320kWh (3,6 kWh/m²) la demanda energética de refrigeración en toda la casa únicamente reduciendo se las ventanas de la planta primera en la fachada sur.

3.5 SISTEMAS PASIVOS QUE MEJORAN EN LO FUNCIONAL (DURABILIDAD) Y EN ESTÉTICA (FORMA) CON LA INCORPORACIÓN DEL MATERIAL CERÁMICO.

3.5.1 SISTEMA ACUMULADOR CON REVESTIMIENTO CERÁMICO BAJO VENTANAS CAPTADORAS

Cuando se tiene una ventana captadora el pavimento que se encuentra debajo de ella sufre insolación directa, lo que provoca en el mismo cambios de color en un corto periodo de tiempo. Para evitar esta situación proponemos la utilización de un revestimiento cerámico que por sus características no sufre ninguna alteración de color en su superficie por la incidencia del sol.

El sistema se ha definido como el conjunto formado por el pavimento cerámico y un soporte de alta densidad, situados debajo de una ventana captadora en periodos

invernales. La importancia de utilizar el soporte como elemento acumulador es debido al poco espesor de la baldosa cerámica, ya que fundamentalmente se requiere un material con gran inercia térmica y con un espesor de unos 15cm. Para conseguir el efecto deseado la masa de hormigón se sitúa por encima del aislamiento quedándose en el interior de la zona habitada, favoreciendo de esta manera el que se acumule energía en su masa durante las horas de insolación.

3.5.2 SUELO SOBREELEVADO PARA CUBIERTAS PLANAS

Utilizando un suelo sobreelevado en cubierta obtenemos una serie de ventajas climáticas directas. Evitamos una insolación directa sobre la cubierta real del edificio. En el interior de la cámara se produce un calentamiento del aire que al reducir su densidad tiende a ascender a través de las juntas entre bandejas, evitando que una gran cantidad de calor llegue al soporte y por lo tanto se reduzca el calor que penetra en el interior. Al no tener que garantizar la impermeabilidad del sistema el suelo sobreelevado se puede disponer con las juntas abiertas para facilitar el escape del aire caliente y la introducción en la cámara del aire frío.

Se produce una reducción en las ganancias solares a través del techo durante todo el año debido al sombreado que produce la piel cerámica sobre el techo de la vivienda. Pero se consigue una reducción mayor en verano debido a que la incidencia del sol en verano sobre el tejado es casi perpendicular. Consiguiéndose ambientes más fresco en verano y consecuentemente una reducción del consumo de energía utilizada para la refrigeración de los ambientes interiores.

En invierno se produce una menor captación de energía solar por el tejado que repercute negativamente en la calefacción. Aunque no son muy grandes debido a que en invierno el sol sobre la cubierta se recibe con una inclinación de 30 grados. Por lo que la pérdida en invierno es insignificante en relación a los beneficios que se dan en verano, sobre todo si se trata de un clima mediterráneo.

4 CONCLUSIONES

En la estimación inicial de los sistemas cerámicos se nota una ligera mejora en los resultados al compararlos con sistemas tradicionales o sistemas sin cerámica. Hay que tener en cuenta que los sistemas afectan a una parte o elementos de la casa y los resultados obtenidos son del conjunto de la casa, por lo que los efectos positivos del sistema se diluyen y parecen menores. Los sistemas pasivos cerámicos presentan un gran potencial en esta primera valoración por lo que es muy interesante el poder desarrollarlos en profundidad en futuros trabajos.

5 AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo recibido por parte de la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional y por el IMPIVA (Generalitat Valenciana).

6 BIBLIOGRAFÍA

- FEIST, W. et al. *Passive house planning package 2007: requirements for quality approved passive houses*. Darmstadt: Passivhaus Institut, 2007.
- GARRIDO, L. de. *Análisis de proyectos de arquitectura sostenible: naturalezas artificiales 2001-2008*. Madrid: McGraw Hill, 2008.
- Lider v. 1.0: Manual de usuario [en línea]. [Madrid]: Ministerio de vivienda; IDAE, [2009].

http://www.codigotecnico.org/fileadmin/Ficheros_CTE/Documentos/ManualLIDER.pdf [Consulta: 2009-09-21]

- Proyecto Passive-On Project (programa europeo SAVE integrante de las actuaciones para Energía Inteligente-Europa) < <http://www.passive-on.org/es/>> [Consulta 21-09-2009]
- WIENKE, U. L'edificio passivo. Firenze: Alinea, 2002.