

El ladrillo y la arquitectura bioclimática

Manuel Domínguez Alonso.

Pablo López Villarejo

Instituto del Frío. CSIC.

RESUMEN

En este trabajo se analiza la arquitectura relacionada con el clima, el concepto de impedancia térmica, los acumuladores térmicos con cambio de fase y los ladrillos o piezas cerámicas. Se estudian las posibilidades que presentan estos elementos, en su incorporación a las nuevas construcciones bioclimáticas.



1. - ANTECEDENTES

En la nueva arquitectura, desde el punto de vista térmico, los ladrillos y en general los materiales cerámicos, presentan posibilidades muy novedosas. Sería muy beneficioso para la humanidad, hacer comprender a los arquitectos la importancia que tienen los conocimientos bioclimáticos, que pueden aplicarse a las construcciones sin encarecer los edificios, mejorando las condiciones de confort, y aportando mejoras muy notables en el campo del aprovechamiento energético.

Repasando la historia desde el marco de la edificación, nos encontramos a un primer hombre que se acomodaba en las cuevas para vivir, sin apenas realizar construcciones, haciendo uso más bien de su instinto de supervivencia que de sus conocimientos bioclimáticos. Después comenzó a construir en terrenos apropiados, y empezó a usar de los materiales de los que disponía de forma inmediata, como: **la madera, la piedra o el barro**, empleándolos de forma separada o conjunta. El transporte fue un importante condicionante, y cuando se mejoran los sistemas de transporte y de elevación, las edificaciones se ennoblecen, se agrandan, se rasgan los muros dando entrada a la luz, y se construye pensando en su perduración a lo largo de los siglos.

2. - INTRODUCCIÓN

Las principales cuestiones que se plantea un arquitecto a la hora de edificar son por un lado la seguridad, es decir, la estabilidad, la resistencia a las posibles inclemencias o catástrofes naturales, y por otro lado, la estética y funcionalidad de la edificación. Las cuestiones lumínicas, térmicas, acústicas, etc., son consideradas, más bien, en un segundo lugar.

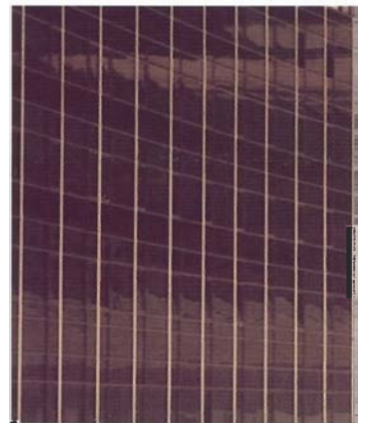
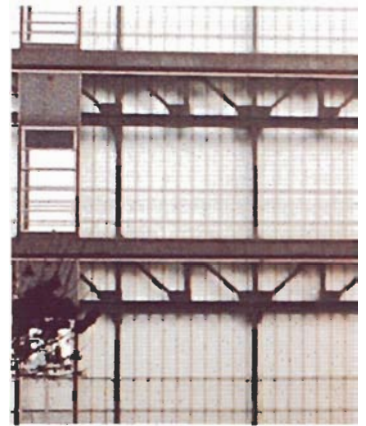
La arquitectura popular, a través de un importantísimo sistema de selección secular, sí que se ha adaptado a los condicionantes climáticos, teniendo muy presente para su aplicación los principios de la **arquitectura bioclimática**, es decir, la adaptación de la edificación al clima en que se construye. La única diferencia que se puede encontrar entre estos dos tipos de arquitectura está en que, para la popular existe el condicionante de los materiales locales, y para la bioclimática no.

Conforme se ha ido evolucionando, han ido apareciendo, entre otros, materiales de construcción muy importantes, como el **ladrillo, el hormigón, el aluminio, el acero, los plásticos y el vidrio**. Y seguirán apareciendo, indudablemente, otros nuevos que, si presentan buenas propiedades y mejoran a los conocidos, terminarán por imponerse después de pasar por una etapa de demostración.

Consideramos que es un problema, y a veces problema grave, la poca atención que prestan algunos arquitectos a temas tan importantes en la construcción como la terminación o el revestimiento del edificio. Es frecuente escuchar expresiones como: *"no me hables de los cerramientos"* o *"la piel se la dejamos a los propietarios, que ellos decidan"*. Por no decir el poco cuidado que se pone, por parte de la administración en proteger las fachadas, cambiándose éstas, cuando alegremente y de forma caótica, los diversos propietarios lo deciden. Esto es un serio problema, pues aparte de perjudicar la estética de las edificaciones - haciéndose un mal uso de la arquitectura-, y en muchos casos, del bolsillo de los propietarios, se está perjudicando la comodidad de los usuarios, y lo que es peor, la economía de los países, al no tener en cuenta el enorme ahorro energético que se puede conseguir con un estudio detallado de la terminación y el revestimiento del edificio.

3. - NUEVOS CONDICIONANTES EN LA CONSTRUCCIÓN

Actualmente, están apareciendo conceptos que atañen muy directamente a los materiales de construcción como son, el ciclo de vida, la reconversión de los materiales, la importancia de la **reutilización**, etc. Como en el caso de la piedra, por ejemplo, cuya reutilización ha sido un hecho claro en las distintas civilizaciones, que incluso muchas veces, han llegado a destruir antiguas edificaciones para aprovechar sus materiales en nuevas construcciones. Cuando los materiales están muy elaborados, estos son difícilmente biodegradables, y la adaptación o reconversión no es fácil. El yeso y el ladrillo, principales materiales de construcción en estos momentos, son muy malos para su reconversión, así como son malos los plásticos que se están empleando en las construcciones. Este hecho origina problemas cotidianos, como las rápidas edificaciones en antiguas escombreras de restos de material de construcción, no controladas, que pueden cuasar grietas en la edificación al no tener una base bien asentada. Si se moliesen los ladrillos en los derribos, por ejemplo, estos problemas se evitarían.



Como puede deducirse de lo indicado, es conveniente analizar y discutir en la Arquitectura, y desde puntos de vistas diferentes, los diversos problemas que surgen relacionados con los materiales. El punto de vista analizado en este trabajo, es el de **la acumulación térmica para conseguir el ahorro de energía**. En un estudio más general, deberán ser vistos otros aspectos, tan importantes o más, como son económicos, estructurales, resistivos, sociológicos, culturales, etc.

4. - OBJETIVO

Se había visto en (1), que el comportamiento de los cerramientos, con las variaciones de temperatura reales a las cuales están sometidos, es muy diferente al que se puede deducir del estudio en régimen estacionario. El término **impedancia térmica**, que dimos al cociente entre la diferencia de temperaturas extremas y el flujo de calor entrante en el habitáculo, y cuyo valor para muros multicapas, se indicó y justificó en (1), ha abierto una nueva vía para la búsqueda de nuevos cerramientos.

El objetivo pretendido es destacar la importancia que tienen los ladrillos, junto a los acumuladores de calor con cambio de fase, en la arquitectura Bioclimática.

5. - DESARROLLO

Para la realización de este estudio, es bueno considerar ciertos principios que tienen gran importancia para el deseado confort en la edificación. El confort depende: de la temperatura radiante, entendida como la que se puede medir cubriendo el captador de temperatura con una esfera pintada de negro, que depende de la temperatura media de las paredes del recinto; de la velocidad del aire; del grado de humedad y de la propia actitud o estado de los ocupantes, hasta puede depender de la época del año y de la temperatura exterior ambiental, al influir el tipo de ropa usada en cada estación. Pueden considerarse como condiciones ideales de diseño:

- Temperatura de 23 °C
- Velocidad del aire no superior a 0,2 m/s
- Humedad relativa del 50 %.

Cómo acercarnos a estas características, es sin duda, el objetivo de los técnicos de climatización y debe ser también el de los Arquitectos, últimos responsables de la calidad en una edificación. Se ha pensado que la temperatura radiante de 23 °C puede conseguirse empleando sustancias acumuladoras de calor con cambio de fase a dicha temperatura colocados en los cerramientos - ver figura nº 1 para recordar el concepto de calor latente-. Se puede ver que al ir aumentando la temperatura, va aumentando de forma lineal, sí no hay cambio de fase, el calor almacenado; pero al llegar al cambio de fase, se necesita mucho calor para realizarlo, y hasta que éste termina, no aumenta la temperatura.

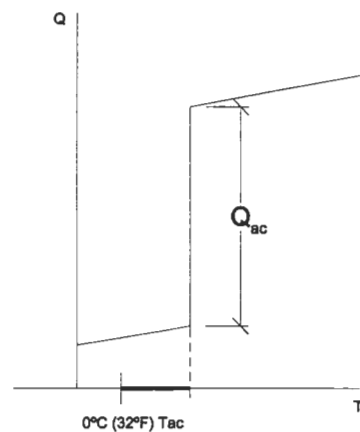


Figura nº 1

Por otro lado, los espesores y las características de los cerramientos, tienen ciertos condicionantes, que han ido modificándose a lo largo del tiempo. Se tiende a la disminución de los espesores por razones económicas, pero nos encontramos muchos condicionantes que nos lo impiden:

- Térmicos.
- Estructurales. En particular, resistencia al viento y a los movimientos sísmicos.
- La ocultación de los sistemas estructurales y accesorios.
- Exigencias acústicas.
- Seguridad antirrobo.

El ladrillo de un pie con cámara de aire y rasilla, o el ladrillo de medio pie con aislante de tipo poliestireno de densidad 15 kg/m^3 , de espesor próximo a 4 cm y rasilla, han sido, en España, los sistemas constructivos más empleados. En los países del norte de Europa se han llegado a espesores del aislamiento de hasta 30 cm, y el ladrillo visto casi no se han empleado. La razón del empleo masivo de ladrillo en la construcción española se debe a que, reúne los condicionantes adecuados: es económico, de buenas propiedades térmicas y acústicas, con resistencia al fuego y estructural, estético, de bajo mantenimiento y hasta bioclimático.

En países septentrionales, las edificaciones tienden a espesores mucho mayores, y de los 4 cm, como máximo, de aislante en los países meridionales, se pasan a los 10, a los 15 y hasta a los 20 cm. En otros países no europeos, como es en los Estados Unidos de Norteamérica se tiende al empleo, en las viviendas unifamiliares, de estructuras de madera y cerramientos ligeros, que carecen de inercia térmica, y en general, en los edificios públicos de todos los países, se ha reducido el espesor de los cerramientos, empleando los muros cortina y carpinterías de aluminio, terrazas invertidas, etc.

En cada país, han ido apareciendo normas básicas para regular: la temperatura, el ruido, el peligro de incendio..., que han complicado mucho el diseño, y en muchos casos, ha sido muy difícil establecer una unidad de conjunto en las edificaciones. Incluso desde el punto de vista energético, las normas han resultado, en ocasiones, negativas, al penalizar las aberturas de ventanas prohibiendo, de hecho, soluciones bioclimáticas excelentes. La UE ha comenzado, en los últimos años, una carrera por **la normalización de los sistemas**, que va a conducir a un difícil cumplimiento, dado el número tan elevado de normas a tener presente. Hay dos intereses enfrentados de difícil reconciliación, relacionados con la normalización en la edificación; el de las

multinacionales del aislamiento, y las autoridades gubernamentales. Y dentro de las gubernamentales, no hay concordancia entre las relacionadas con: la energía, la construcción y el medio ambiente. Un cuerpo normativo formado por más de 300 normas, aparte de los sellos de calidad, las locales, los códigos diversos, etc., no es el medio más adecuado para la deseada simplificación y normalización de la construcción. Es posible que el equilibrio se encuentre en la adaptación de las construcciones al clima, es decir, en el desarrollo de la Arquitectura Bioclimática, con la introducción de condicionantes económicos.

La cerámica tiene mucho que decir en la nueva arquitectura, pero se deberán investigar y optimizar nuevas soluciones, para entender las ventajas que presenta. El hablar de ladrillos y de piezas de barro cocido, es entrar en un mundo muy diverso. Las propiedades de estos componentes son muy variadas, dependiendo principalmente de las propiedades de la materia prima, del sistema de cocción y sobre todo de la forma. Desde el punto de vista térmico, los ladrillos de menor densidad son más aislantes por tener mayor porosidad o más huecos, pero presentan peores propiedades mecánicas. Según su ubicación y función, pueden tener una finalidad muy diferenciada, esta puede ser: estructural, térmica, acústica o simplemente divisoria. Se debe tener en cuenta también el elemento de unión y el revestimiento, que tienen una gran importancia en su comportamiento final.

En los **cerramientos exteriores** el régimen estacionario difícilmente se produce, y además, suelen estar sometidos a ondas térmicas por periodos diarios, presentando un desfase que puede oscilar entre las seis y las nueve horas. El amortiguamiento de las oscilaciones de temperatura depende, tanto del poder aislante, como de la capacidad térmica, en una primera aproximación del producto de ambas. Un cerramiento idóneo, debería tener dos partes diferenciadas, una aislante y otra capacitiva. La no-conmutabilidad de estas partes conlleva a tener que escoger un orden en su ubicación. Desde el punto de vista térmico, se ha visto que, para residencias habituales, es preferible la zona aislante por fuera y la térmica por dentro, y para el resto, a la inversa.

El tema del posicionado relativo de las mencionadas zonas no es tan sencillo, pues las inercias térmicas de los restantes componentes de las edificaciones, las propias instalaciones, los sistemas de climatización y el propio clima, juegan un papel importante. Para cada tipo de edificación, se deberían analizar las soluciones locales y particulares.

Se suele asociar la arquitectura bioclimática con la solar. Pero la primera, es mucho más amplia, ya que aparte de poder aprovechar la energía solar, aprovecha la ventilación, la umbría de zonas verdes, el enfriamiento evaporativo, los aportes térmicos residuales, y sobre todo, la inercia térmica de los edificios.

6. - NUEVOS SISTEMAS CERÁMICOS

En la investigación de los nuevos materiales o sistemas constructivos de edificación, debe realizarse la búsqueda de nuevas piezas cerámicas que, presenten tres zonas bien diferenciadas

- Una aislante, colocada en el exterior.
- Una de aireación, que permita circular al aire en la zona central.
- Una de acumulación, muy inercial, en el interior.

En esta última, los nuevos productos acumuladores de calor con cambio de fase a temperaturas comprendidas entre los 20 y los 25 °C serían los idóneos. En la figura nº 2 se ilustra una posible solución de lo indicado.

En el trabajo (2), se simuló el comportamiento térmico de un laboratorio de ensayo que disponía de una superficie acristalada de 7 m² y que contenía un acumulador de calor de cambio de fase a 23 °C, con un espesor de 8 cm, con un rango de temperatura en el laboratorio entre los 17 y 27 °C a lo largo de todo el año - sin otros aportes térmicos-, y con unas condiciones de contorno del ambiente exterior de -10 y 35 °C. Los muros de tipo Trombe, con acumulación térmica y captación solar, tal como hemos patentado (3), se consideran muy adecuados para su empleo en las construcciones bioclimáticas.

En la figura nº 2 se ha representado un elemento cerámico que se considera idóneo para la construcción, conteniendo las tres zonas diferenciadas de afuera hacia dentro. Aislamiento, aireación o cámara de aire, y acumulación.

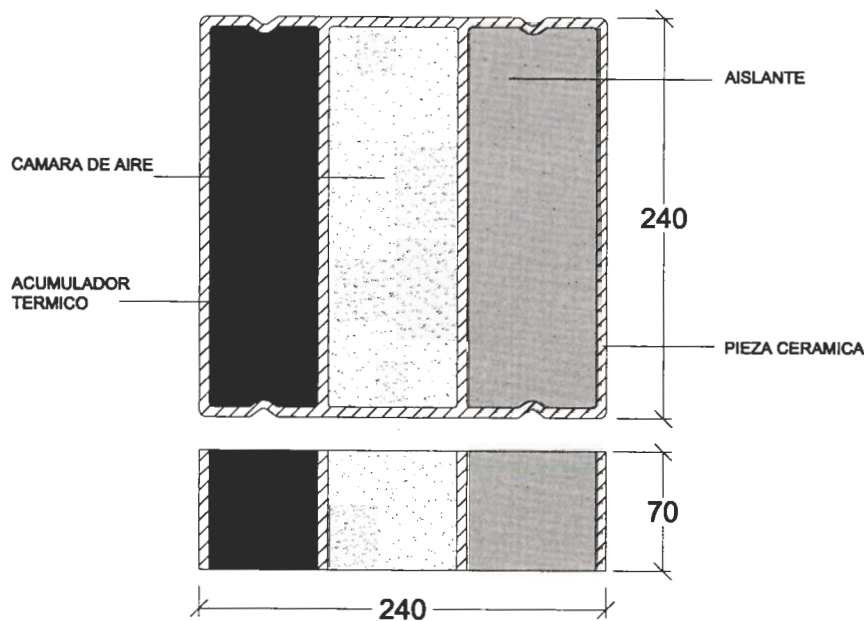
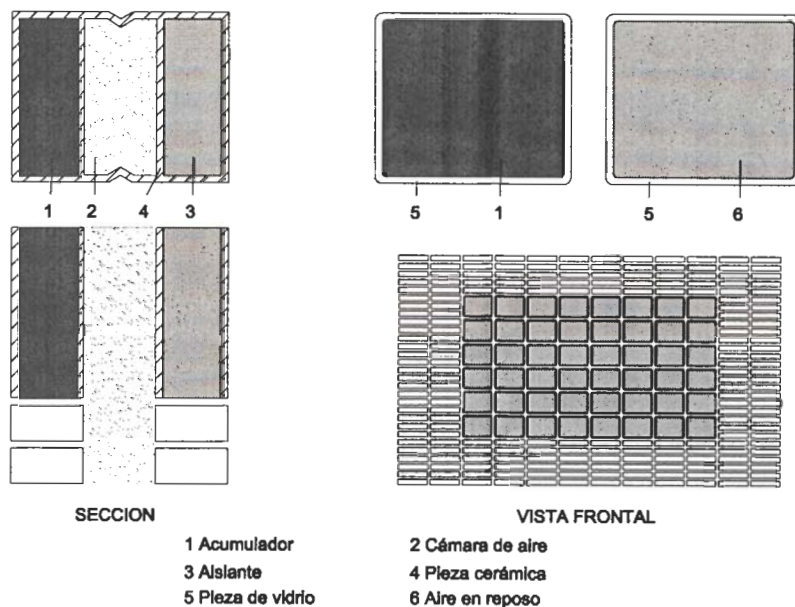


Figura nº 2

Sistema que se puede acoplar a los ladrillos traslúcidos de vidrio, y que permite cerramientos con aislamiento continuo en el exterior, cámara de aire y acumulador con cambio de fase continuo por el interior, tal como, puede verse en la figura nº 3.



Sistema Constructivo de Acumulación térmica IF

Figura nº 3

En la figura nº 4 se ha indicado el esquema de un edificio convectivo, en el que, el aire circula alrededor llevando el calor captado en la zona soleada, a la no soleada en tiempo frío, y que puede tomar aire en época cálida de zonas y horas frías, y aprovecharlo para la climatización del edificio. Las bovedillas pueden ser elementos muy importantes para facilitar la recirculación y para el almacenamiento de los acumuladores térmicos.

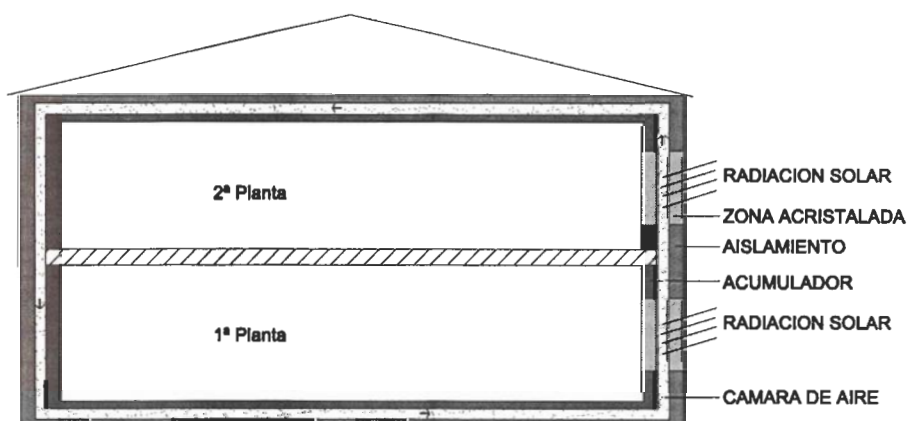


Figura nº 4

En la figura nº 5 se indica un croquis ilustrativo, de los tubos que contienen el acumulador, ubicados en el interior de las bovedillas de los suelos o de los techos.

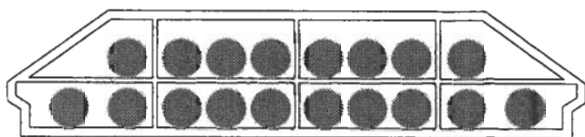


Figura nº 5

7. - DISCUSIÓN

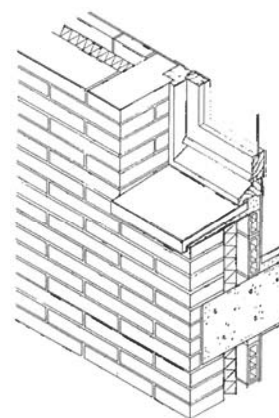
Se considera que, potenciando la **Arquitectura Bioclimática y la acumulación de calor**, se puede contribuir enormemente al ahorro energético, y a la protección del medio ambiente, aportando soluciones a dos grandes problemas como son, el deterioro de la capa de ozono, y el efecto invernadero o calentamiento de la corteza terrestre. También se ha visto que el ladrillo, o en general la cerámica, puede ser un gran aporte a los mencionados temas, y en general, que puede aprovecharse su doble papel aislante, debido a las cámaras de aire que permite formar y a su capacidad térmica basada en su masa.

Los muros de ladrillo con aislamiento térmico de unos centímetros de espesor, pueden retardar la onda térmica de un día, entre las 6 y las 9 horas, amortiguándola cerca de un 10 %, lo que difícilmente se consigue con otros tipos de cerramientos, mucho más aislantes. Esto supone una ventaja muy grande que generalmente se desconoce. Aparte de esto, se ha visto que, incorporando una mayor capacidad térmica, como por ejemplo, **la aportada por sustancias que cambien de fase a temperaturas próximas a la de confort, se puede desfazar en tres meses la onda anual**, y eliminar, prácticamente, la onda diurna. Estas posibilidades, que son muy grandes y únicamente requieren un diseño adecuado, pueden aprovecharse para el desarrollo de nuevos sistemas constructivos, del tipo **muro "Trombe"**, que contengan una sustancia de cambio de fase y que permitan la acumulación de calor, para después cederlo en el momento necesario, y al mismo tiempo, mover el aire sin necesidad de partes móviles o sistemas mecánicos ruidosos, que puedan estropearse con el uso.

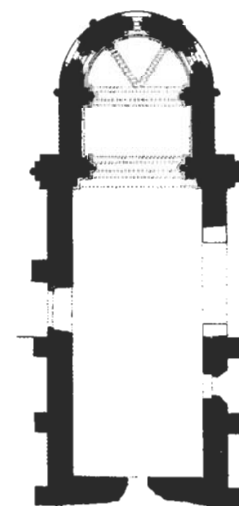
Para el caso de las **construcciones de fin de semana**, los sistemas de climatización pasivos que emplean energías renovables, sin fuente energética, sin sistemas de control, etc., presentan unas grandes ventajas, pues dan tranquilidad y pueden ser empleadas en toda las épocas del año, no sólo sirviendo de sistemas de ahorro, sino como un uso más generalizado de las propias viviendas.

La cámara de aire intermedia descrita en el nuevo sistema constructivo, aparte de su función convectiva, puede servir como cámara de aire, ventilada o no, y puede emplearse con sistemas de climatización adecuados para conducción de aire, simplificando y evitando las conducciones de aire que complican grandemente estos sistemas. Se considera pues, que puede abrirse un interesante campo de desarrollo con la introducción de los acumuladores de cambio de fase en los muros cerámicos.

Es muy posible que en construcciones singulares se desarrollen nuevos materiales cerámicos, que contengan los acumuladores térmicos y tengan incorporados los propios materiales aislantes. La industrialización de la construcción es un hecho irrefutable. Al ritmo que está subiendo la mano de obra, contando con que se necesita acor-



Desfase de la onda térmica diaria mediante aislantes habituales.



Desfase de onda anual habitual en las construcciones de inercia térmica muy grande (por ejemplo las iglesias románicas).

tar los tiempos de construcción, y con los controles exhaustivos de calidad, lo que se pueda llevar a cabo de un modo continuado y controlado, se terminará realizando e imponiendo.

En las viviendas unifamiliares, y en particular en las de fin de semana, los sistemas pasivos sin elementos móviles - como la intermitencia solar, o el aprovechamiento térmico del aire a través de los acumuladores de calor - presentan grandes posibilidades, por poder funcionar desasistidos. Se abre, de este modo, un campo muy interesante de investigación y desarrollo al cual invitamos a participar teniendo en cuenta además, que la actual política, tanto nacional como Europea, es muy propicia a apadrinar este tipo de proyectos.

Desde antaño - nos remontamos a la época de los Griegos y de los Romanos-, se ha venido empleando **el sistema evaporativo** para la climatización y el enfriamiento. Se ha usado, por ejemplo para enfriar el agua y el vino, o también, para climatizar las edificaciones de barro, con un empleo de forma técnica y sin riesgos, y de modo constructivo. Una cuestión para plantearse es que, por cada kilo de agua evaporado, se pueden producir 600 Kcal. de frío, es decir, 0,7 Kw. Se pueden cubrir las necesidades de una vivienda, en los días y en las zonas más cálidas, con un consumo de 10 litros de agua por hora. Estas soluciones se podrían estudiar e incorporar en cerramientos cerámicos apropiados.

Una de las mayores fuentes de consumo energético en los países desarrollados, es la **climatización**. La calefacción puede suponer en España del orden de un 15 %, y la climatización está en aumento, con una tasa muy preocupante, del orden del 15 % anual, y dado que es más de cuatro veces su coste, y que por el empleo de energía eléctrica supone, al menos, de un factor del 2.5 de multiplicación en energía primaria, tiene una gran importancia, sobre todo cuando lleva a que las puntas de consumo coincidan con los meses cálidos, como está pasando en estos momentos en los países mediterráneos.

El paso de una idea a una realidad no es tan sencillo. Es necesario cubrir unas etapas lógicas de demostración y de optimización, y sobre todo, llegar a soluciones técnicamente posibles y económicamente rentables. Por este campo, y con este tema, tiene que pasarse, como es lógico, por estas etapas, por lo que invitamos a los interesados a trabajar en estos temas, convencidos de que los riesgos son pocos, y las posibilidades económicas y de éxito son muy grandes.

8. - CONCLUSIÓN

Se considera que los ladrillos, y en general las piezas cerámicas, tienen un papel muy importante en la construcción que el arquitecto debe conocer y aprovechar, y que con la incorporación de sustancias acumuladoras de cambio de fase, pueden conseguirse soluciones constructivas muy interesantes, que la arquitectura Bioclimática puede incorporar, contribuyendo al deseado ahorro energético y disminución de la contaminación medio ambiental.

9. - BIBLIOGRAFÍA

(1) **M. Domínguez, D. García.** La impedancia térmica de los cerramientos. Nuevo concepto que puede facilitar de forma considerable el ahorro energético. Nueva Arquitectura nº 10 Octubre 1999. Pág. 69, 84.

(2) **M. Domínguez; D. García; J. M^a Arias y J. Culubret.** Simulación de un muro de tipo Trombe con cambio de fase. Montajes e Instalaciones nº 337. Marzo 2000. Pág. 69,73.

(3) **M. Domínguez; J. M. Pinillos; C. García P. Gutiérrez.** Muro captador solar y acumulador térmico. Patente de invención. Marzo 1999. Ref. 9900558.