

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 415**

21 Número de solicitud: 201200909

51 Int. Cl.:

**E04B 1/76** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

**13.09.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**15.04.2014**

Fecha de la concesión:

**11.11.2014**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**18.11.2014**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2013/000204**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)  
Otri - Pabellón de Brasil, Paseo de las Delicias  
s/n  
41012 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**GARCIA LOPEZ , Javier**

54 Título: **Sistema de revestimiento cerámico con enfriamiento por evapotranspiración**

57 Resumen:

El objeto de la invención es un sistema de revestimiento exterior para edificios y construcciones mediante piezas de material cerámico poroso o similar denominado "fachada-botijo". El sistema se puede aplicar como aplacado directo o como hoja exterior en soluciones de "fachada ventilada". Frente a soluciones tradicionales de revestimientos "pasivos" en los edificios, el sistema incorpora la posibilidad de provocar un enfriamiento en su superficie gracias a la evapotranspiración inducida por la aportación de agua a través de una red de alveolos en el interior de las piezas. Su aplicación principal es el control térmico de la envolvente en climas cálidos y la capacidad de enfriamiento del aire de los espacios interiores de los edificios.

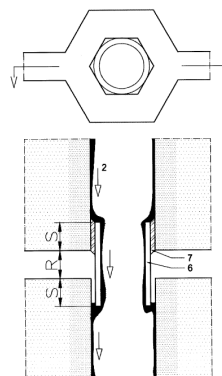


Figura 3

ES 2 455 415 B2

## DESCRIPCIÓN

Sistema de revestimiento cerámico con enfriamiento por evapotranspiración

### Objeto de la invención

5 El objeto de la invención se enmarca en el área de la arquitectura, construcción, el sector cerámico, la arquitectura bioclimática, la eco-construcción, la biomímesis y de la eficiencia energética de edificios. Se trata de un sistema de revestimiento exterior para cerramientos de edificios y construcciones mediante aplacado de piezas de material cerámico poroso o de características similares, con capacidad  
10 de enfriamiento superficial por evapotranspiración, también conocida como “efecto botijo”. Está especialmente indicado para localizaciones con climas cálidos y secos donde existan una elevada demanda energética para la refrigeración de edificios o se pretenda mitigar el efecto “isla de calor” en un entorno urbano.

### 15 Estado de la técnica

Las soluciones de revestimiento de los edificios mediante placas de piedra natural y artificial, cerámica y gres son técnicas habituales en la construcción contemporánea y ampliamente extendidas por todo el mundo. Conforme al estado de la técnica actual; H. Schmitt, A. Heene. “Tratado de construcción”. 7ª edición  
20 ampliada. Ed. Gustavo Gili. Barcelona 2002. Pág 231 – 236, según su forma de colocación, encontramos dos formas de colocación alternativa de las placas en las fachadas: mediante fijación directa (empleando una capa continua de mortero o similar), o con fijación indirecta, ejecutando una cámara de aire entra las placas y el edificio, mediante una técnica denominada como “fachada ventilada”.

25 Las soluciones constructivas de revestimientos discontinuos mediante placas para fachadas previstas por la normativa española de edificación comprende un numeroso abanico de soluciones constructivas posibles, las cuales se definen en los siguientes apartados del Catálogo de Elementos Constructivos; Ministerio de Fomento. “Catálogo de Elementos Constructivos” CEC. Documento reconocido  
30 para el Código Técnico de la Edificación. Versión marzo.2010. [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)., CEC.:

- 4.2.6 Fábrica con revestimiento discontinuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior.

- 4.2.7 Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior
  - 4.2.8. Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior.
- 5      • 4.2.10 Fachada ligera ventilada.

Las fachadas y envolventes convencionales de los edificios, como las previstas en el CEC, mantienen, tradicionalmente, un carácter o comportamiento pasivo frente a la regulación de la temperatura interior de los edificios. Su aislamiento permanece constante en el tiempo, y el flujo de calor se produce, fundamentalmente, en función del salto térmico existente entre ambas caras.

10

La evapotranspiración es un fenómeno que se define como la pérdida de humedad de una superficie o suelo, que se produce por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Este fenómeno se ha tenido en cuenta como potencial técnica bioclimática de acondicionamiento de los edificios dando lugar a soluciones constructivas como son las cubiertas vegetales y las últimamente desarrolladas fachadas vegetales. La evapotranspiración de la cobertura vegetal del edificio actúa así como un eficaz elemento regulador de la temperatura y humedad en la superficie e incluso del entorno inmediato de los edificios.

15

Entre las múltiples referencias científicas localizadas sobre estas aplicaciones de fachadas vegetales o "naturación vertical"; Terapia Urbana, Spin-off de la Universidad de Sevilla, se ha especializado en el desarrollo de soluciones de fachadas vegetales. <http://www.terapiaurbana.es/>, podemos destacar la descrita en el artículo "*Comportamiento térmico de una sistema de revestimiento naturado sobre muros de fachada*"; C.Y. Cheng, Ken K.S. Cheung, L.M. Chu, "Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls", Building and Environment, Volume 45, Issue 8, August 2010, Pages 1779-1787, ISSN 0360-1323, 10.1016/j.buildenv.2010.02.005(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000545>) En él se destaca como conclusión práctica que "*el revestimiento de vegetación reduce la temperatura interior y el retraso en la transferencia de calor solar, que por lo tanto reduce el consumo de energía en aire acondicionado en comparación con un cerramiento exterior del edificio de hormigón desnudo*". Del mismo modo, se deduce que el efecto de enfriamiento se

20

25

30

asocia estrechamente con el área cubierta por las plantas vivas y de la humedad del soporte de cultivo.

Sin embargo, las soluciones de cubiertas y fachadas vegetales presentan unos importantes costes de inversión, y especialmente, de mantenimiento ya que su correcto funcionamiento depende, precisamente, de la vida de las especies vegetales incorporadas al cerramiento, según queda descrito en la bibliografía referida.

La cerámica, como material constructivo empleado en revestimientos, presenta una interesante propiedad como es la absorción parcial de humedad a través de su superficie (cuando no presenta acabados de tipo impermeable, vidriados, etc). Esto se ha aprovechado tradicionalmente como un recurso de acondicionamiento ambiental, cuyo ejemplo más inmediato es la costumbre de regar el suelo (cerámico) de los patios en Andalucía para refrescar el ambiente durante el verano. Otro ejemplo de aprovechamiento de esta propiedad de la cerámica lo encontramos en el principio físico denominado “efecto botijo”; En el artículo de wikipedia sobre el término “botijo” puede encontrarse la expresión matemática que describe el proceso físico del funcionamiento termodinámico del botijo: [http://es.wikipedia.org/wiki/Botijo#F.C3.ADsica.2C\\_qu.C3.ADmica\\_y\\_matem.C3.A1tica\\_del\\_botijo](http://es.wikipedia.org/wiki/Botijo#F.C3.ADsica.2C_qu.C3.ADmica_y_matem.C3.A1tica_del_botijo).

Existen en el mercado varios productos de base cerámica para su utilización como revestimiento discontinuo exterior en los edificios, bien sea como baldosas para su aplicación directa o mediante placas para su colocación como fachada ventilada. Según el catálogo de materiales cerámicos de HYSPLIT: *“Los revestimientos discontinuos de elementos cerámicos son placas de poco espesor fabricadas con arcillas y/u otras materias primas inorgánicas generalmente utilizadas como revestimiento de suelos y fachadas, moldeadas por extrusión, por prensado o por otros procedimientos a temperatura ambiente, seguidamente secadas y posteriormente cocidas a temperaturas suficientes para desarrollar las propiedades necesarias.”* Según esta publicación, dentro de los materiales cerámicos aplicables en fachadas, en función de su absorción al agua, por encima del 6% se sitúan las denominadas “terracotas”. Este tipo de material será el que nos interese desde el punto de vista de la invención, al ser el de mayor capacidad de absorción al agua (L.Vega Catalán et al “Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación”. HYSPLIT e IETcc. 2008. Págs. 38-40)

Un ejemplo interesante de aplicación de la cerámica humedecida artificialmente como técnica de control ambiental pasivo fue el empleado en la construcción del Pabellón de España en la exposición internacional de Zaragoza 2008. El arquitecto Patxi Mangado, con el asesoramiento del Centro Nacional de Energías  
 5 Renovables (CENER), proyectó un "bosque" de columnas conformadas por piezas cerámicas cilíndricas extruidas por cuyo interior circulaba el agua y, al evaporarse en su superficie, refrescaba el espacio del porche del edificio.

*Patentes publicadas de interés:*

- 10 - ES8606940 A1, PROCESO DE ENFRIAMIENTO ADIABATICO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS ESPECIALMENTE DE GRAN TAMAÑO
- ES1063712 U (16.11.2006), MURO DE SOTANO PREFABRICADO BIOCLIMATICO PARA EDIFICACION
- CN101654937 (A) , COOLING OUTER WALL STRUCTURE OF  
 15 BUILDING AND MOLDING METHOD THEREOF
- CN101649654, EVAPORATIVE COOLED MODULE VENTILATION OUTER WALL
- JP2008231717 (A) , COOLING STRUCTURE OF EXTERIOR WALL
- JP2008163654 (A), COOLING UNIT AND COOLING STRUCTURE OF  
 20 WALL SURFACE OR ROOF SURFACE USING IT
- JP2003328462 (A) , STRUCTURE OF COOLING WALL
- JP2011144499 (A) , EVAPORATIVE COOLING WALL BODY
- JP2009079469 (A), WALL SURFACE COOLING TILE AND WALL SURFACE STRUCTURE
- 25 - JP2005037007 (A) , BUILDING COOLING SYSTEM
- CN102220788 (A), METHOD OF BUILDING STRUCTURE USING ATOMIZED COOLING EXTERNAL WALL
- DE102008013196 (A1), COOLING SYSTEM FOR BUILDING SURFACES SUCH AS ROOFS AND FACADES, COMBINES WATER STORAGE  
 30 MEDIUM WITH BRUSH-LIKE, CAPILLARY EVAPORATION SURFACE
- JP2009121059(A), METHOD AND STRUCTURE FOR COOLING BUILDING
- JP2007271121 (A) , HOT ENVIRONMENT REDUCING DEVICE
- JP9279707 (A), COOLING WALL

35 Se han encontrado varios documentos que describen sistemas de revestimientos con enfriamiento por evaporación, referidos en la lista anterior, destacando los

documentos "STRUCTURE OF COOLING WALL - JP2003328462" y "BUILDING COOLING SYSTEM - JP2005037007" que utilizan materiales cerámicos porosos y el "METHOD OF BUILDING STRUCTURE USING ATOMIZED COOLING EXTERNAL WALL- CN102220788 (A)" , que prevé la refrigeración mediante  
 5 módulos cerámicos con inyección de agua atomizada con inducción de un flujo de aire ascendente en su interior. Así como dos sistemas o soluciones de revestimientos pétreos o cerámicos que realicen funciones de enfriamiento por evaporación superficial inducida artificialmente : "WALL SURFACE COOLING TILE AND WALL SURFACE STRUCTURE - JP2009079469 (A)" y "EXTERNAL  
 10 FACING MATERIAL WITH EVAPORATIVE COOLING FUNCTION - JP2011157735 (A)"

**Descripción de las figuras**

15 **Figura 1.**-Diagrama psicrométrico indicando los procesos de transformación del aire en la cámara de aire, y el aire exterior, en condiciones de verano, donde:

A- Aire exterior ( $T_A, H_A$ )

20 B- Aire en superficie saturada de humedad ( $T_B, H_B=100\%$ )

B'-Aire en la cámara ( $T_B, H_B$ )

25 AB-Saturación adiabática del aire exterior

AB'-Enfriamiento sensible del aire en la cámara

$-\Delta T$ = Salto térmico por enfriamiento

30 **Figura 2.** Proceso de enfriamiento superficial por evapotranspiración. Sección horizontal tipo por alveolo (1) de pieza cerámica propuesta, descriptiva del proceso de aportación de agua a través de las paredes interiores del alveolo (2), la saturación de la pieza de material poroso (3), la afloración de la humedad a la superficie y su evaporación superficial (4) y el acabado o capa impermeable al  
 35 agua de la cara interior(5).

**Figuras 3 y 4.** Esquemas de uniones posibles entre piezas de distintas hiladas. Soluciones para la continuidad del flujo descendente de agua (1) mediante casquillos (Fig.3) o machihembrado (Fig.4). Planta y sección vertical por el eje de

los alveolos. La medida "R" o espacio libre entre hiladas será de  $6 \pm 2$  mm. En la Fig.3, el solape entre el casquillo o pieza de unión (6) y la pieza cerámica "S" será de entre 5 y 20 mm, incluyendo un elemento de sellado (7) entre la pieza y el casquillo. En la Fig.4 las cotas "P" y "M" de profundidad y saliente del machihembrado serán de entre 5 y 10 mm, evitándose que tras el montaje exista un contacto directo entre piezas.

**Figura 5.-** Esquemas genéricos (secciones horizontales) del perfil de las piezas cerámicas "tipo" propuestas. Representación de sección tipo de las piezas con alveolos de diámetro libre interior "D", profundidad de resaltos "H", espesor de material "T". Se presentan tres propuestas de diseño (ondulado, aristado y en panel), con dos alternativas de acabado: cara lisa al interior, adecuado para montaje directo, y acabado estriado en las dos caras para montaje indirecto. El número de alveolos por pieza representados en orientativo, siendo siempre mayor o igual que uno. Las dimensiones generales de las piezas (alto, ancho y canto "C")-, el número de alveolos contenido y la distancia entre ellos son variables. El perfil o diseño del borde longitudinal vertical para el ajuste entre piezas es orientativo.

## 20 **Descripción de la invención**

La invención consiste en una solución novedosa de revestimiento para los edificios o construcciones mediante un aplacado de piezas cerámicas u otro material poroso similar a las cuales se les hace un aporte de humedad controlado gracias a un sistema de alveolos o canaliculos internos por los que se hace circular agua por gravedad. Al evaporarse el agua absorbida por las piezas en su superficie exterior se produce un enfriamiento superficial que contribuye a reducir la temperatura superficial del cerramiento, y por tanto, del interior del edificio.

La solución está formada por elementos y materiales de construcción tradicionales. Para su funcionamiento o activación del enfriamiento requiere únicamente de un determinado aporte de agua para su evaporación, la cual puede provenir de sistemas de recuperación de agua de lluvia o reciclaje dentro del mismo edificio, minorando así la demanda de agua potable para su funcionamiento.

El sistema puede aplicarse a los cerramientos de los edificios y construcciones como revestimiento directo, mediante técnicas de fijación aplicables a otros

aplacados pétreos o cerámicos. Igualmente, el sistema puede disponerse en un montaje indirecto como hoja exterior en soluciones constructivas de fachada ventilada.

5 El enfriamiento de la superficie puede emplearse para reducir la temperatura exterior del cerramiento, y por tanto, la ganancia de calor por transmisión.

Igualmente, aplicado como revestimiento u hoja exterior en soluciones de "fachada ventilada", puede aprovecharse como técnica de enfriamiento del aire de la cámara en el trasdós, la cual, a su vez puede emplearse como aire de ventilación de los espacios interiores del edificio, enfriado de forma pasiva, natural y gratuita.

10 Como alternativa a las "fachadas vegetales" o "naturadas" prescinde de los inconvenientes técnicos asociados al mantenimiento de las especies y el sustrato, si bien conserva la principal ventaja como es una regulación higrotérmica en su superficie gracias a su sistema de humectación superficial.

15 Frente a los sistemas de fachadas ventiladas tradicionales, a un coste material semejante, ofrece la capacidad de actuar en el control climático del edificio, pudiendo variar su temperatura superficial del mismo gracias a la evaporación controlada, e incluso enfriar el aire de la cámara para su aportación como aire de ventilación pre-enfriado, sin consumo energético de refrigeración.

20 La invención consiste en un sistema de recubrimiento o acabado para edificios o construcciones formado por un aplacado de piezas cerámicas especiales que cuentan con unos alveolos o canalículos longitudinales continuos que se montan mediante anclajes de tipo mecánico o adhesivos químicos a un soporte estructural independiente.

25 Por el interior de los alveolos se hace circular agua desde un sistema de abastecimiento en su cota superior, que fluye por gravedad adherida a las paredes interiores y saturando de humedad el conjunto de la superficie de las piezas cerámicas.

30 Las piezas están unidas entre sí mediante casquillos flexibles estancos, tetones de unión o piezas similares de modo que se garantiza la continuidad de los alveolos, y por tanto, el aporte de agua a todas las piezas a lo largo del tramo de fachada.

En la base de la fachada se dispone una recogida de agua proveniente del posible goteo que se produzca cuando el caudal de agua aportado por el sistema de humidificación de las piezas es superior a la capacidad de evaporación



instantánea de la superficie de la fachada, y por tanto, las piezas se saturan de humedad y el exceso de agua se expulsa por la parte interior de los alveolos. No obstante, el sistema de humidificación se regulará para equilibrar el aporte de agua con la tasa de evaporación en cada momento con el objeto de minimizar el  
5 excedente de agua evacuado por los alveolos.

El diseño de las piezas cerámicas está destinado a favorecer la evaporación del agua en la superficie exterior. Para ello presenta un acabado mediante estrías verticales, con unos resaltos entre 7 y 30 mm, de manera que el perímetro desarrollado duplique, aproximadamente, la longitud de la pieza, y por tanto, la  
10 superficie de evaporación en comparación con una pieza con caras planas.

Las piezas presentan igualmente unos alveolos o canaliculos con una sección interior libre entre 10 y 20 mm, y un espesor de pared "T" entre 5 y 10 mm para favorecer una absorción de agua homogénea en el conjunto de la pieza y optimizar la evaporación de agua y el consumo de material.

15 El material de fabricación de las piezas de aplacado puede ser de tipo cerámico o de hormigón, si bien su característica principal, aparte de sus propiedades mecánicas, será su capacidad de absorción de agua o porosidad.

Entre los materiales idóneos a considerar se proponen arcillas de las empleadas en la fabricación de lozas y cacharros de artesanía (vasijas, botijos, etc), ya que  
20 precisamente es el fenómeno de enfriamiento superficial por evaporación que se produce en el botijo el que inspira el diseño de este acabado de enfriamiento para los edificios.

La absorción del agua E(%) estará por encima del 6%. En lugares con riesgo de helada se adoptarán valores próximos a este límite.

25 El acabado superficial exterior de las piezas debe estar libre de tratamientos, películas o pinturas de acabado que cierren los poros de la cerámica, impidiendo así la evaporación del agua aportada desde el interior de las piezas.

La cara interior de las piezas deben contar con un acabado impermeable al agua, ya sea mediante tratamientos superficiales de acabado, imprimaciones, vidriado, etc, de la propia pieza, o bien mediante la disposición de una barrera continua  
30 frente al agua, como pudiera ser un soporte metálico auxiliar sobre el que fijar las piezas (por ejemplo, chapa galvanizada ondulada o plegada tipo "pegaso"). El objetivo de este requisito es evitar el aporte de humedad hacia las capas interiores del cerramiento del edificio, o en su caso, hacia la cámara de aire.

El aporte de agua al conjunto se produce mediante una instalación específica de abastecimiento de agua formada por canalizaciones, válvulas, bombas, depósitos y dispositivos de control automático que regule el funcionamiento del sistema conforme a las variables ambientales del espacio interior, la climatología, la radiación solar incidente sobre las fachadas y el grado de humedad de la fachada.

La aportación de agua se hace de modo continuo desde la parte superior del cerramiento mediante una serie de micro-difusores o boquillas de riego introducidas o conectadas a cada alveolo.

Estas boquillas o micro-difusores son abastecidos desde un ramal o colector que discurrirá sobre el pretil o contorno de la azotea del edificio o construcción a lo largo de toda la fachada cerámica. El colector de abastecimiento y las boquillas se regularán para igualar los caudales de salida en cada alveolo, de modo que se produzca un aporte homogéneo de agua a la superficie de cada paño de fachada, en función de su altura, exposición al sol, al viento, etc. El colector o colectores de abastecimiento de agua de la fachada o conjunto de fachadas cerámicas en el edificio o construcción contarán con un suministro de agua a presión suficiente.

Con el fin de minimizar el consumo de agua potable, se propone emplear agua de lluvia filtrada de impurezas, o en su caso, agua potable descalcificada, ya que con ello se reduce la aportación de sales a la cerámica que pudieran acabar saturando la red capilar del material, reduciéndose así la capacidad de evaporación superficial, y la aparición de patologías debidas a los depósitos salinos (eflorescencias, etc.).

Como se ha mencionado anteriormente, debe preverse una recogida de aguas en la base de la fachada mediante un canalón o canaleta en el pavimento bajo la fachada. El agua sobrante así recogida, al igual que la proveniente del agua de lluvia incidente sobre las fachadas, puede reutilizarse para reabastecer el depósito desde el que suministrar a la red de abastecimiento propuesta para el sistema.

#### Funcionamiento.

La capacidad de enfriamiento superficial de este sistema de fachada resulta especialmente indicado para edificios o construcciones en climas cálidos, donde predomine el régimen de verano, y el diseño de las fachadas prevalezca el macizo frente a la superficie de huecos o ventanas. El sistema se activaría durante los periodos de máxima insolación y temperatura exterior para optimizar su

funcionamiento. El resto del tiempo, durante el periodo nocturno o temporadas frías permanecerá desactivado.

- El efecto de la evaporación superficial beneficia por un lado al interior del edificio al rebajar su temperatura superficial, pero también incide en el entorno de las construcciones, ya que el aporte de humedad adicional contribuye a rebajar la temperatura a su alrededor, y disminuir así el efecto "isla de calor".

#### Aplicación.

El sistema de acabado descrito puede incorporarse al cerramiento de los edificios de dos maneras:

- 10 La primera de ellas o "fijación directa" consiste en una solución de fijación directa a la fachada, ya sea mediante anclajes mecánicos o incluso adhesivos de tipo epoxídico, a la hoja exterior de la fábrica del cerramiento, como se haría con una solución convencional de aplacado directo con piezas de piedra, baldosas cerámicas, etc. En este caso el enfriamiento de la superficie por evaporación, cuando las condiciones ambientales lo demandaran, rebajaría la temperatura de la cara exterior. El enfriamiento se transmite así directamente por "transmisión" hacia las capas interiores del cerramiento, lo cual reduciría la ganancia de calor a través de la fachada en condiciones de verano.

- 20 La segunda opción de montaje sería la de "fijación indirecta", consistente en la utilización de una subestructura o soporte auxiliar a la que fijar mediante anclajes mecánicos o incluso adhesivos de tipo epoxídico, a su vez fijado a las capas interiores del cerramiento del edificio o construcción, creándose una cámara de aire ventilada entre ambos elementos (según se establece en el DB HS 1, del Código Técnico de la Edificación, una cámara de aire ventilada tiene un espesor  $\geq 3$  cm y  $\leq 10$  cm, un sistema de recogida y evacuación del agua y aberturas de ventilación con una anchura  $> 5$  mm repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior de un paño entre forjados). Se puede disponer así de una cámara de aire continua de aproximadamente entre 3 y 10 cm de espesor entre las piezas cerámicas y la hoja interior del cerramiento.

- 30 En la base y la coronación de la fachada se disponen aperturas regulables mediante rejillas o compuertas en su parte superior e inferior para regular la entrada y flujo de aire en el interior de la cámara. Por último, se disponen en la hoja interior del cerramiento hacia tomas de aire hacia los distintos espacios o sistemas de ventilación mecánica del edificio.

Gracias al proceso de enfriamiento por la evaporación superficial de la hoja exterior, el aire contenido en la cámara, al alcanzar el equilibrio térmico, se enfriará desde la temperatura seca del ambiente exterior hasta la temperatura de bulbo húmedo a la que estará la hoja exterior, pero sin aumentar su contenido de humedad, mediante un proceso psicrométrico de "enfriamiento sensible" (Proceso AB' en FIG.1).

El aire así enfriado se puede hacer pasar hacia el interior del edificio mediante las aperturas de admisión de la cámara como aire de ventilación o renovación, pero pre-enfriado de manera natural y gratuita ( $-\Delta T$  en la figura).

Mediante esta técnica se puede reducir o incluso anular la carga de ventilación en verano ya que el aire aportado desde el exterior, y enfriado a través de la cámara, llega al interior a una temperatura próxima a la de confort en el régimen de verano, lo cual es especialmente interesante en edificios terciarios con requisitos importantes de ventilación.

Si se disponen cámaras de aire lo suficientemente anchas, a partir de 10 cm de espesor, empiezan a aparecer fenómenos de convección en el interior de la misma. Durante el funcionamiento del enfriamiento superficial de la fachada, el aire enfriado en la cámara se situaría en la parte inferior de la misma, al tener mayor densidad. Esto resulta especialmente interesante en la aplicación de este sistema como revestimiento de elementos bioclimáticos como las torres de ventilación empleadas para el acondicionamiento ambiental pasivo del interior de los edificios. El revestimiento cerámico serviría para potenciar el efecto de caída y enfriamiento del aire en las torres de captación de brisas o torres de ventilación.

Figura 1.

#### **Modo de realización de la invención**

El sistema de fachada cerámica con enfriamiento por evaporación ha sido empleado con éxito en un ejemplo de construcción de una vivienda autosuficiente de bajo coste.

El sistema se empleó, en concreto, como revestimiento de los paramentos exteriores de las chimeneas o torres de ventilación. Mediante esta técnica se revistió el conducto o canal de admisión de aire de cada torre, situados en la fachada norte de la vivienda. El revestimiento de 30 x 90 x 30 cm de planta y unos

400 cm de altura conseguía, en las horas centrales del día, rebajar la temperatura de entrada del aire a través de cada torre desde los 28° a los 22°C.

Para el diseño de las piezas se empleó perfil dentado en panal de abeja, con alveolos de un diámetro interior libre de unos 12 mm, y un espesor entre 6 y 10 mm. La materia prima fue arcilla blanca de la empleada en alfarería, siendo  
5 elaboradas por la técnica de “colaje”,

El tipo de montaje empleado en este caso fue del tipo “fijación indirecta”, empleándose un soporte de chapa galvanizada plegada tipo “pegaso”, a las que se fijaban mecánicamente unas piezas cerámicas con un acabado coincidente con  
10 el del soporte metálico, para permitir su acoplamiento y encaje.

Las piezas se fijaron al soporte mediante mediante dos tornillos auto-taladrantes y cabeza con arandela estanca al soporte metálico que configuraba el cajón o conducto vertical de admisión de aire de la chimenea de ventilación. Para interconectar los alveolos entre piezas se emplearon casquillos de tubería de PEX  
15 de 12mm sellados con masilla adhesiva monocomponente tipo “Sikaflex” en la base de los alveolos de cada pieza, y simplemente encajados en la embocadura superior del alveolo correspondiente de la pieza inferior.

La aportación de agua se realizó mediante una red de tubería plástica y un colector superior en cada torre con un peine de terminales con micro-difusores de riego que fueron introducidos en cada alveolo. En la base del paramento se  
20 dispuso una canaleta para la recogida del agua sobrante, evacuada hacia el sistema de depuración y reutilización de agua del prototipo. La aportación se realizó mediante un ramal del sistema de riego del edificio, que se programó para activarse intermitentemente durante las horas centrales del día.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de revestimiento cerámico con enfriamiento por evapotranspiración o “efecto botijo” **caracterizado** por estar formado por
  - 5 a) un aplacado de piezas cerámicas saturadas de humedad con alveolos longitudinales y fijadas mediante anclajes químicos o mecánicos a un soporte estructural independiente,
  - b) un sistema de abastecimiento de agua que hace circular el agua por gravedad por las paredes interiores de los alveolos y,
  - 10 c) uniones o juntas horizontales entre piezas mediante casquillos flexibles estancos o piezas similares que interconectan verticalmente los alveolos de distintas piezas entre sí a lo largo de la fachada, una de recogida de agua en la base del tramo de fachada mediante un canalón y opcionalmente, una cámara de aire entre el aplacado y la hoja interior
  - 15 del cerramiento del edificio.
  
2. Sistema de fachada cerámica según reivindicación 1<sup>a</sup> **caracterizada** **porque** las piezas cerámicas presentan una superficie exterior de estrías verticales con resaltos, en forma de greca, con un espesor entre 5 y 15  
20 mm, de modo que el perímetro desarrollado duplique aproximadamente la longitud de la pieza, y unos alveolos con una sección interior libre de entre 10 y 20 mm de diámetro interior libre para favorecer la evaporación del agua y el máximo aprovechamiento del material.
  
- 25 3. Sistema de fachada cerámica según reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque las piezas cerámicas que lo componen están formadas por material de tipo cerámico, con una absorción al agua, superior al 10% y un acabado superficial en la cara exterior sin  
30 tratamientos, películas o pinturas que cierren los poros de la cerámica y eviten que se evapore el agua aportada a la pieza a través de los alveolos.
  
4. Sistema de fachada cerámica según reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque las piezas cerámicas que lo componen tiene su cara interior impermeabilizada, o bien están fijadas a un soporte auxiliar  
35 impermeable continuo preferentemente metálico.

5. Sistema de fachada cerámica según reivindicaciones anteriores **caracterizado por** disponer de una instalación de abastecimiento de agua en la parte superior de la fachada mediante micro-difusores o boquillas de riego en cada alveolo, y por su recogida inferior y reutilización en el sistema, formado por canalizaciones, válvulas, depósitos, bombas y elementos de control, que se activa automáticamente en función de las condiciones atmosféricas, de radiación solar incidente sobre la fachada y el grado de humedad de la cerámica.
- 5
- 10
6. Sistema de fachada cerámica según reivindicaciones anteriores **caracterizado por** disponer, opcionalmente, de una cámara de aire continua de aproximadamente entre 3 y 10 cm de espesor entre las piezas cerámicas y la hoja interior del cerramiento, aperturas regulables mediante rejillas o compuertas en su parte superior e inferior y tomas de aire hacia el espacio interior del edificio.
- 15
7. Sistema de fachada cerámica según reivindicación 6, caracterizado porque el acabado interior de la pieza y y el posible soporte auxiliar continuo de tipo metálico son estriados para maximizar la superficie de intercambio térmico con el aire de la cámara.
- 20

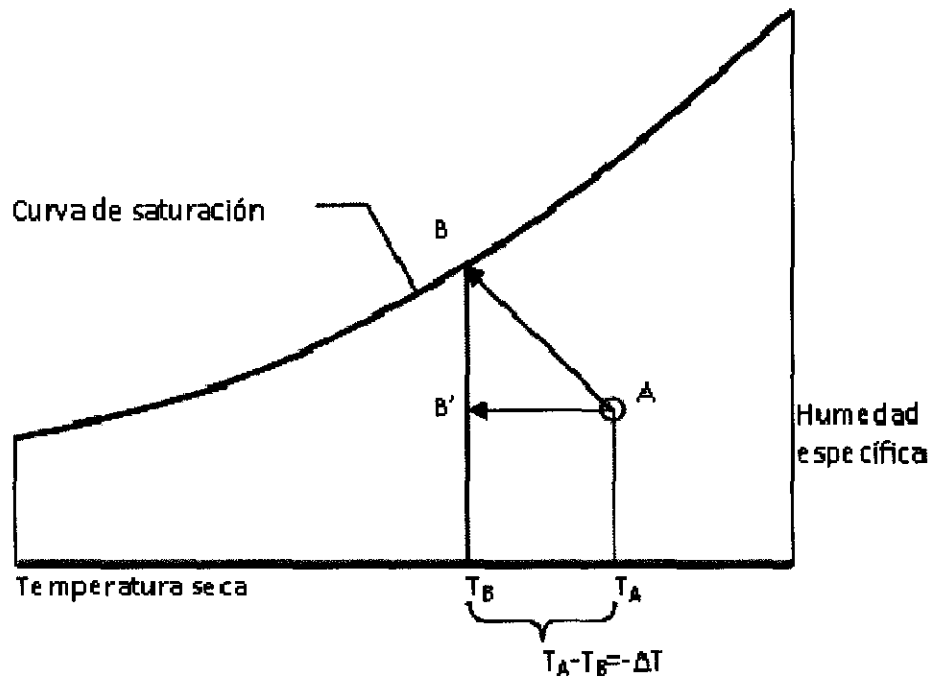


Figura 1

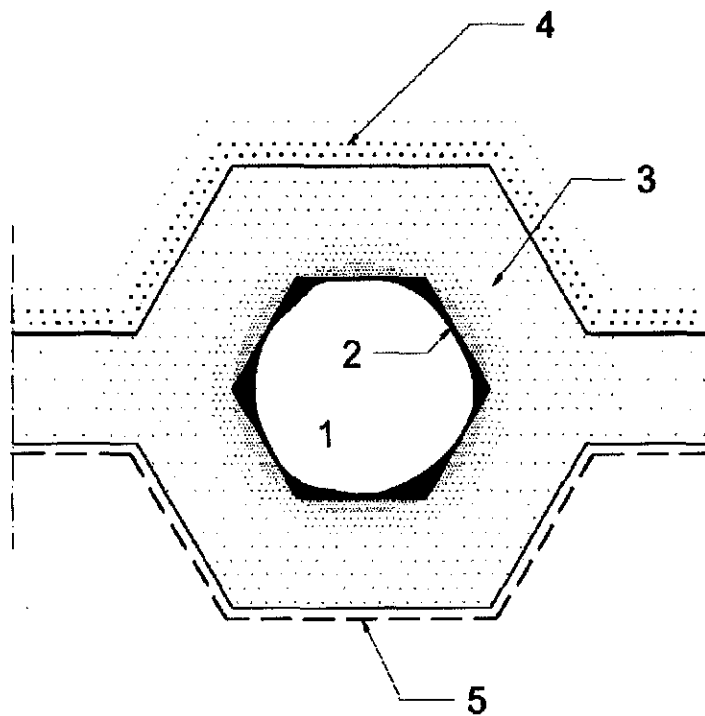


Figura 2



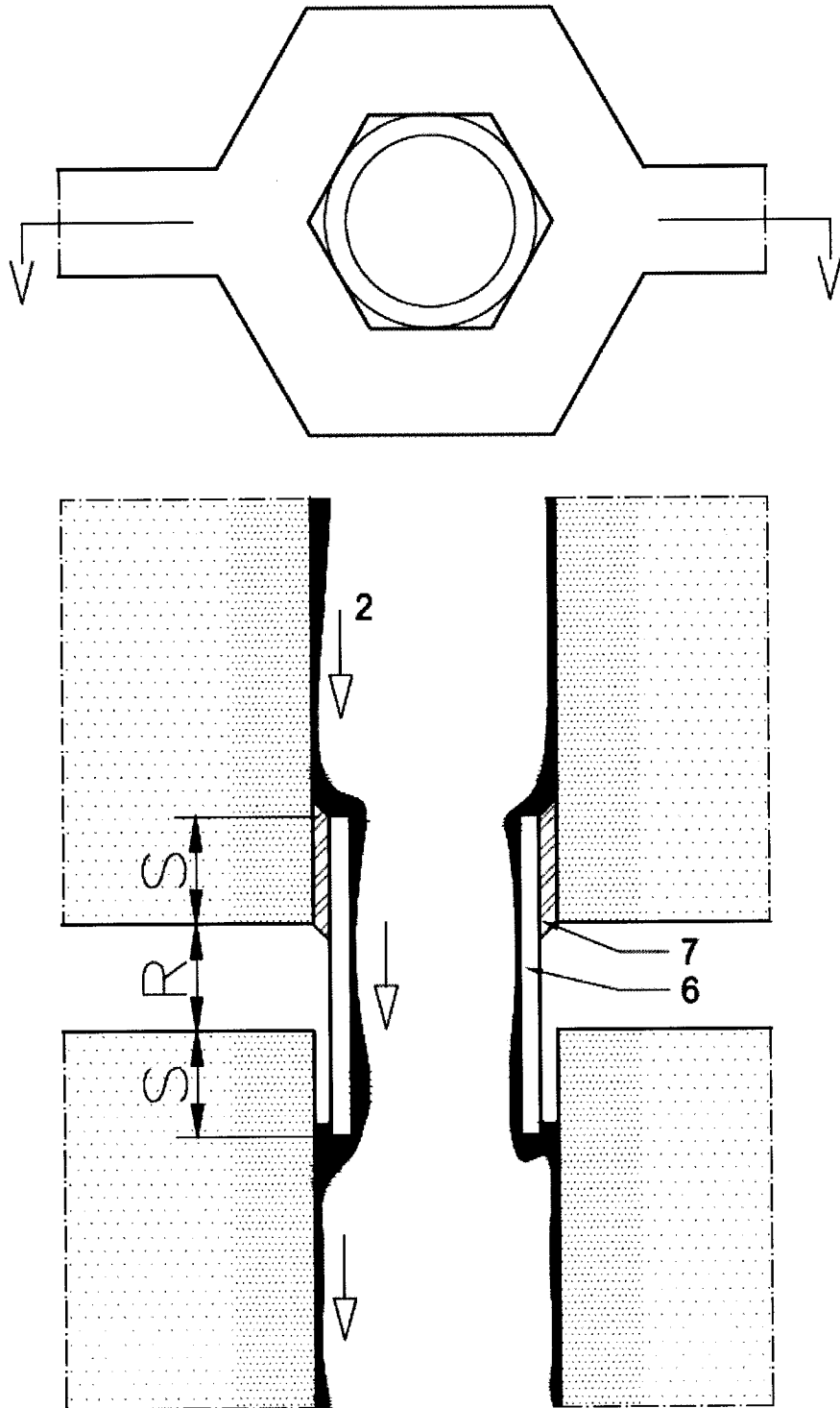


Figura 3

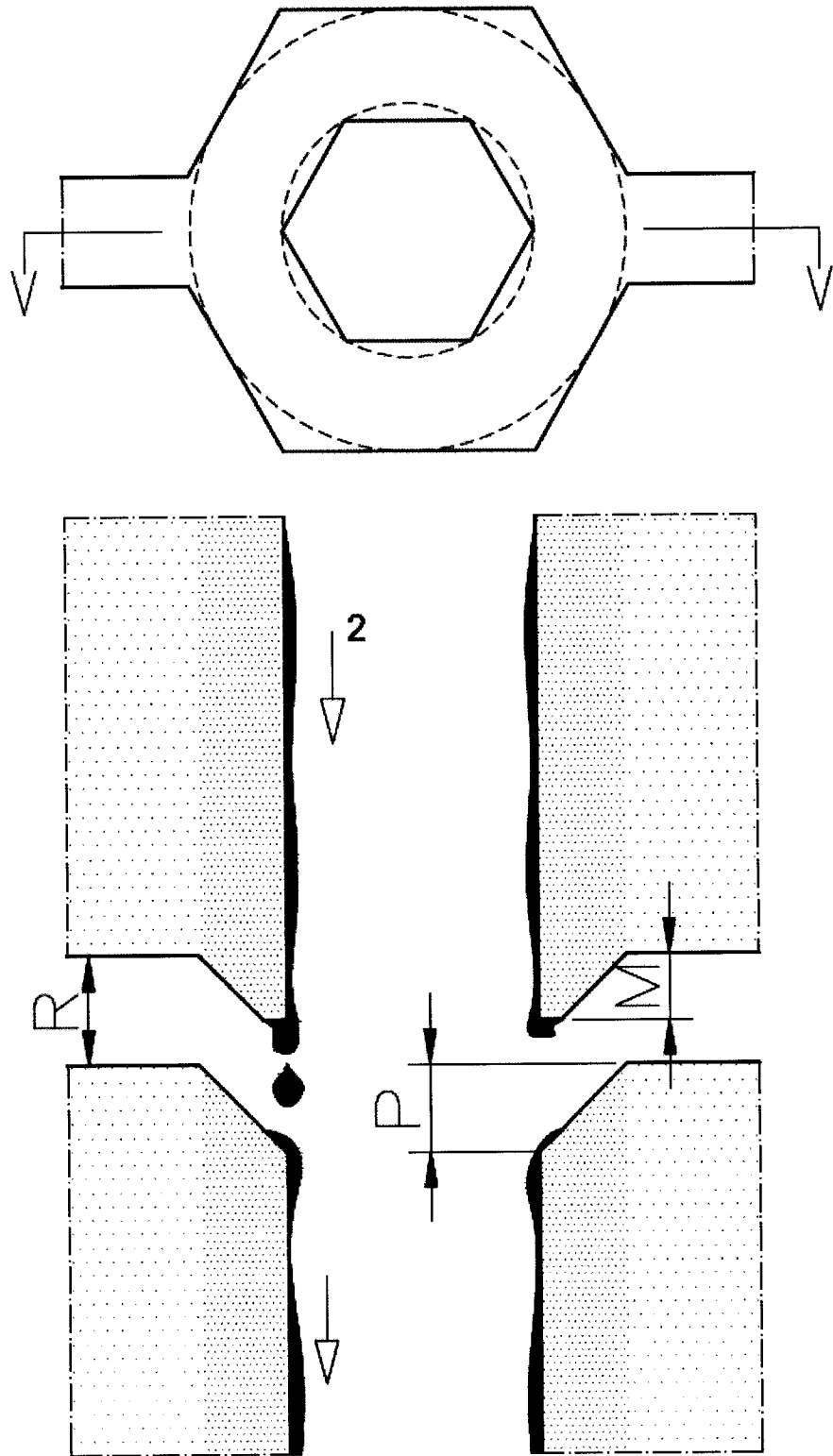


Figura 4

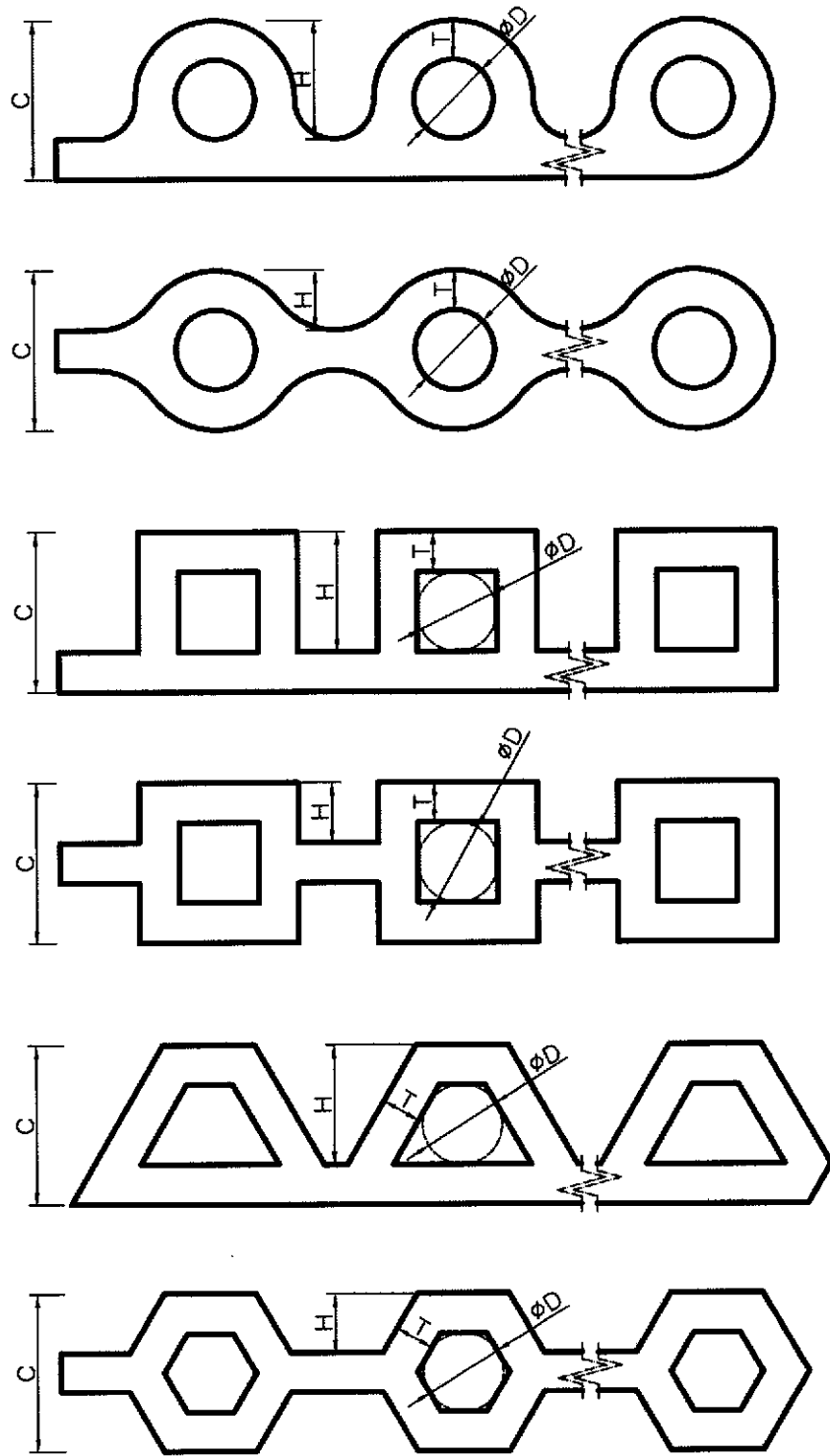


Figura 5