

Proyecto REMMA

ALBERT GIRBAL PUIG

INGENIERO INDUSTRIAL

El presente artículo describe la promoción de nuevas viviendas donde se combinan criterios de diseño pasivo y sistemas activos de captación de energía con un sistema de control de la energía que forma parte de un sistema domótico. Ésta promoción se inserta en el proyecto REMMA, el cual tiene como finalidad demostrar la viabilidad técnica y económica de la integración de diferentes elementos enfocados hacia el ahorro de energía en edificios del sector residencial en el área mediterránea.

In this paper a project of residential housing is described which contains an active and passive system of energy absorption aided by an energy control system. This initiative is part of the REMMA project, whose aim is to demonstrate the technical and economical availability of integrating different energy systems in order to save energy in residential buildings erected in the Mediterranean areas.

El Proyecto REMMA (Residential Energy Management in the Mediterranean Area) es una acción coordinada transnacional, desarrollada en el marco del Programa Thermie de la Dirección General XVII de la Comisión Europea, que implementa un diseño integrado de baja energía y un esquema de construcción para tres emplazamientos en España, Italia, y Portugal.

La finalidad genérica del proyecto ha sido validar y demostrar los resultados económicos y energéticos de esta propuesta, y crear un modelo que pueda considerarse como referencia destacada en el sector de la construcción de viviendas con bajo consumo energético.

Al mismo tiempo, otro importante objetivo conseguido a lo largo del proyecto se concreta en un intercambio tecnológico en diferentes campos relacionados con el diseño de bajo consumo y la construcción entre España, Italia y Portugal.

OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es la integración, en configuraciones de viviendas reales, de diferentes elementos directamente relacionados con la gestión del consumo energético en el sector residencial del área mediterránea.

El proyecto REMMA engloba diversos elementos relevantes que mejoran de un modo importante el funcionamiento energético en edificios residenciales, en cinco promociones mediterráneas (España, Italia y Portugal). Estas promociones son las siguientes:

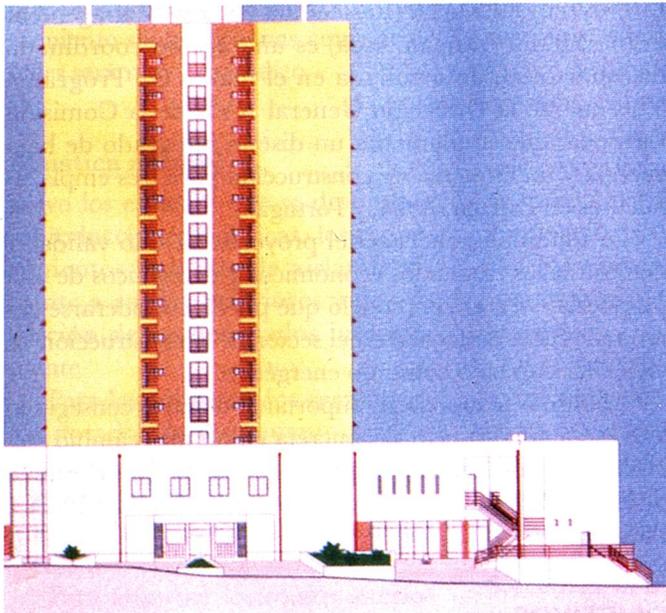
– Castelldefels, localidad costera situada 20 km al sur de Barcelona. En ella se han construido 172 viviendas de promoción libre en 6 edificios distintos.

– La actuación italiana es un grupo de 44 viviendas de promoción libre, situadas en 4 bloques, construidas en Cecina, una ciudad de unos 30.000 habitantes, situada en la Toscana noroccidental, junto al mar Tirreno, a unos 30 km al sur de Livorno, en la desembocadura del río Cecina, y en un lugar de elevado interés arqueológico y turístico.

– La promoción portuguesa está situada en Lisboa y consiste en un edificio con planta baja más catorce pisos. El entresuelo más los dos primeros son destinados a uso comercial, y los restantes a uso residencial, con 4 viviendas por piso, resultando un total de 48 apartamentos. La promoción la realiza una cooperativa especializada en vivienda social.

– Sabadell, localidad situada a 25 km de Barcelona. La actuación en este caso se realiza en un bloque de nueva construcción de 60 viviendas de protección oficial cuya edificación comenzará la próxima primavera.

– Finalmente, en el barrio de **Ciutat Vella** de Barcelona -zona sometida a un plan multianual de rehabilitación integral- se llevará a cabo la rehabilitación de un edificio entre medianeras del siglo XVIII en el que se habilitarán 12 apartamentos.



Lisboa



Cecina



Castelldefels. Detalle de la fachada sur

Las dos primera promociones están prácticamente finalizadas y hay ya usuarios en un número importante de pisos. Las tres últimas promociones se están empezando a construir en la actualidad y se espera que sean ocupadas durante el segundo semestre de 1998.

Como se puede observar, el proyecto incluye actuaciones en las principales diversas tipologías edificatorias existentes en el sector residencial, desde la promoción libre hasta la de tipo social y la rehabilitación.

MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO CONSIDERADAS EN LAS PROMOCIONES

Las medidas relacionadas a continuación son las que se han introducido en las promociones de Castelldefels, Cecina y Lisboa. Las de Sabadell y Barcelona, debido a sus características particulares-protección oficial y rehabilitación-han incluido únicamente aspectos parciales.

Tal como se ha apuntado en apartados anteriores, el objeto del proyecto Remma ha sido el de demostrar la viabilidad técnica y económica de la integración de diferentes elementos enfocados al ahorro energético de los edificios del sector residencial y, de esta manera, hacer ver al sector de la construcción que su uso es perfectamente posible.

Algunos de los elementos empleados (ladrillo de baja conductividad, instalación de energía solar) son ya conocidos en el mundo de la construcción. A pesar de ello, se quiere demostrar que al llevar a cabo su integración en una misma promoción, el ahorro energético aumenta y, al mismo tiempo, se obtienen beneficios adicionales que son consecuencia de este uso simultáneo. Es decir, se ha añadido valor a través de la integración de diferentes elementos de ahorro energético.

Diseño arquitectónico de bajo consumo energético

En el momento de llevar a cabo el diseño de los diferentes edificios, se ha tenido muy en cuenta su integración en el entorno así como el aprovechamiento de los aportes solares y de los vientos predominantes en la zona. Considerando estos aspectos, los principales criterios de diseño arquitectónico de bajo consumo energético son los descritos en los párrafos que siguen.

Orientación de los edificios y distribución de los espacios interiores

Los bloques del proyecto tienen unas orientaciones de la fachada principal que son Sur-Este o Sur-Oeste, de manera que se puede diseñar un correcto aprovechamiento de los aportes solares.

Se han situado los espacios de uso principal en la fachada

da sur (sala de estar, dormitorios) y los de uso secundario en la fachada norte (escaleras, cocina, baños), estableciendo una relación directa entre los usos y las necesidades de calefacción y de iluminación natural. En la mayoría de las tipologías se distinguen claramente estas dos zonas, creando en el centro una área de comunicaciones formada por el recibidor, los pasillos y el plenum de aire de ventilación.

Morfológicamente se ha diseñado la sala de estar como elemento central del programa de la vivienda. Esto permite asegurar que el confort óptimo se producirá en esta pieza. Se ha diseñado una entrada de luz al fondo de la sala que, mediante la obertura del pasaplatos, permite aprovechar la iluminación natural procedente de la cocina.

Debido al óptimo comportamiento térmico de la ventana SAV y del ladrillo utilizado, se han podido aumentar las superficies de las oberturas de la fachada norte, asegurando el confort interior y aumentando la aportación de luz natural y las vistas al jardín posterior.

Se ha considerado la incidencia perjudicial del viento sobre la fachada norte, teniendo en cuenta que esta es su dirección predominante durante el invierno, diseñando los edificios sin voladizos en esta fachada para evitar el efecto **aleta de refrigeración**. Por otra parte en verano se aprovecha el hecho que esta fachada está en la sombra para alimentar el sistema de ventilación con aire procedente de este lado de la edificación.

Protección de las puertas de entrada

Las viviendas disponen de un doble espacio en la entrada formado por el recibidor y las diversas piezas restantes. En todos los bloques con alturas superiores a los 12 m, se introduce una tercera barrera con el espacio exterior mediante la sectorización de incendios de la escalera, con una puerta antiincendios del tipo RF-60. De esta manera, el vestíbulo exterior de entrada a cada uno de los pisos sólo contiene el ascensor, lo cual hace que se pueda considerar que no hay intercambio de aire directo con el ambiente exterior.

Situación de las oberturas

En el clima mediterráneo, debido a la bipolaridad existente verano-invierno, las dimensiones de las ventanas de las fachadas sur y norte no presentan las diferencias existentes en climatologías más frías, aunque siguen siendo superiores en la fachada sur. Es, en cambio, muy importante minimizar las oberturas en la fachada Oeste debido a su efecto perjudicial durante las largas tardes del verano. Este efecto no se presenta en la fachada Este con el sol de la mañana, menos intenso durante todo el año.

Con criterios estéticos, y con el fin de facilitar la industrialización de las ventanas SAV (Solar-Acústica y Ventilada, se explica posteriormente), se ha establecido un mó-

dulo de anchura de 0,7 m de manera que la sala de estar contiene tres módulos y el resto de oberturas tienen dos. La altura de todas las ventanas es de 2,14 m. En brandales, pretiles y umbrales se ha colocado un aplacado de piedra clara para aumentar la refracción solar y mejorar las prestaciones del sistema SAV.

Protecciones Solares

Se ha diseñado unos voladizos que proporcionan protección solar a los balcones de las salas de estar con el objetivo de evitar sobrecalentamientos durante los meses estivales.

La segunda medida de protección solar la proporciona el sistema de ventilación mecánica controlada que, tal como se explica más adelante, a través de las ventanas SAV extrae el aire caliente de la fachada sur durante el verano. Además, durante esta estación, las lamas de la persiana veneciana incluida dentro de la ventana refleja la radiación solar incidente hacia el exterior.

Ladrillo de baja conductividad térmica

El ladrillo de baja conductividad térmica, también denominado ladrillo térmico o por su nombre comercial **bloque termoarcilla**, es un elemento cerámico de baja densidad. Se elabora a partir de una mezcla de arcilla, esferas de poliestireno expandido y otros materiales granulares que se gasifican durante el proceso de cocción a más de 900 °C sin dejar residuos, lo cual permite obtener una fina porosidad homogéneamente repartida en la masa cerámica del ladrillo.

Esta constitución particular del material cerámico, juntamente con una geometría de la pieza especialmente estudiada, le dan las características específicas que hacen que tenga una prestación igual o superior a muros compuestos de varias capas.

Respecto al aislamiento térmico, cabe resaltar que con una pieza de 29 cm se consiguen mejores prestaciones que la solución convencional de muro compuesto de 11,5 cm de ladrillo exterior, cámara de aire con material aislante y tabique interior, conjunto que presenta una $K = 0,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$.

Ventanas y esquema de ventilación

Las ventanas utilizadas en esta promoción se denominan SAV (Solares-Acústicas-Ventiladas) debido a su excelente rendimiento en estos tres ámbitos. Las ventanas SAV instaladas en Castelldefels están formadas por dos superficies de cristal simple de 4 mm (exterior) y 6 mm (interior), separadas 8 cm entre ellas, y con una persiana veneciana en su interior montada sobre perfilera de PVC.

A pesar de esta configuración específica. El grosor de



Entre los dos vidrios de la ventana SAV se ha colocado una persiana veneciana

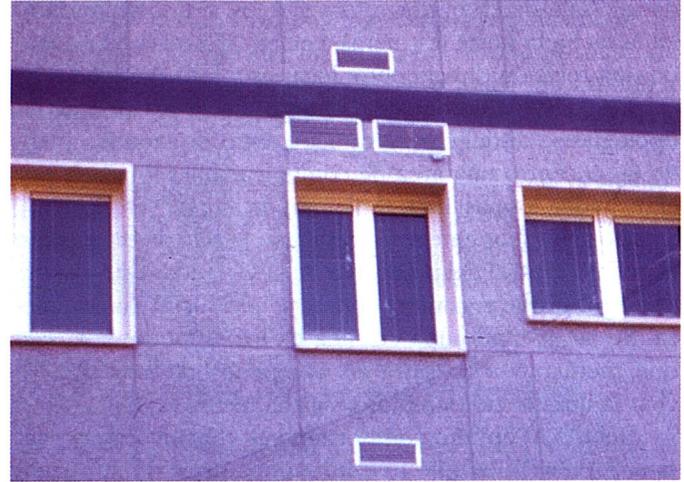
los cristales y el material utilizado pueden variar. En la promoción de Italia, por ejemplo, las ventanas son de madera. Otros atributos que caracterizan las ventanas SAV se comentan a continuación.

En la parte interna inferior y en la externa superior hay unos orificios que permiten la circulación de aire entre los dos cristales. En el lateral interior se dispone de un botón de control de la orientación de las lamas de la persiana. Existe, además, un mecanismo que permite separar los batientes formados por los dos cristales interior y exterior de manera que se puede acceder a la persiana.

Las lamas de la persiana son blancas de un lado y negras del otro. El nivel de funcionamiento óptimo se obtiene cuando el lado blanco de las lamas está orientado hacia el exterior con una leve inclinación respecto a la horizontal. A pesar de los colores extremos existentes, visualmente se obtienen tonos de gris cuando las lamas están en posiciones intermedias, matizando así la luz y creando un ambiente interior agradable. Los tonos totalmente blanco o totalmente negro sólo se obtienen si la persiana está en una de sus posiciones máximas.

La inclinación de las lamas se controla mediante la rotación un botón situado en un lateral del marco de la ventana, en el interior de la vivienda. El usuario puede también subir o bajar la persiana, en este caso la cuerda de manipulación se encuentra en el espacio entre los dos cristales que, como se ha dicho anteriormente, es accesible. La ventana SAV está diseñada de manera que su máximo rendimiento se obtiene cuando circula aire por su interior. El efecto combinado del doble cristal y la persiana interna hace que se acumule calor en el interior de la ventana. Como se ha comentado anteriormente, una orientación conveniente de las lamas puede aumentar o reducir el calor captado.

En función de la estación del año puede convenir in-



Detalle de las rejillas de ventilación situadas en la zona norte del edificio

roducir esta energía térmica (en invierno) o expulsarla hacia el exterior (en verano). Para conseguir estos efectos existe en la vivienda un sistema de ventilación mecánica controlada que, mediante un conjunto ventilador y extractor situados en la zona norte, permiten obtener los resultados que se describen a continuación.

Funcionamiento de invierno: El extractor situado en la zona norte crea una ligera depresión en la vivienda que hace que el aire caliente del interior de la ventana penetre dentro de la casa aportando su contenido térmico y, por tanto, produciendo un ahorro en concepto de calefacción.

Una experiencia concreta anterior siguiendo este esquema ha permitido incrementos internos de temperatura de unos 4 °C.

Funcionamiento de verano: En este caso es un ventilador, también situado en la parte norte, el que introduce aire fresco de esta zona y lo hace circular por la vivienda de manera que sale de ésta atravesando la ventana. Se produce pues un doble efecto de ventilación: por una parte introduce aire fresco de la zona norte y, por otra, al expulsar el calor acumulado dentro de la ventana impide que entre en la vivienda.

En la experiencia mencionada se ha registrado disminuciones de temperatura del orden de 3 °C en relación a estancias no ventiladas.

La circulación del aire por la vivienda se realiza a través de un plenum situado en un falso techo existente en la mitad norte del piso. La impulsión o extracción mecánica de aire se realiza en la cocina dentro de la zona norte produciendo la circulación en uno u otro sentido dentro de las ventanas de la zona sur.

La puesta en marcha o parada de los ventiladores o extractores -que, además, pueden actuar a dos velocidades- se lleva a cabo de una manera automática por el sistema domótico de gestión de la energía tal como se expli-



Paneles fotovoltaicos en el tejado

ca posteriormente. La ventilación de las ventanas SAV con aire procedente del interior o del exterior de la vivienda produce una reducción en la diferencia de temperatura entre el ambiente interno y la superficie del cristal. Esta diferencia puede ser del orden del 1,5% por un flujo de aire de 20m³/h y una diferencia de temperaturas entre los ambientes externo e interno de 18 °C. El valor del coeficiente de transmisión de calor K, con el mencionado flujo de aire es de 1 W/°C m²; en el caso que no haya ventilación, este valor es de 2 W/°C m².

Sistema de calentamiento de agua sanitaria mediante energía solar

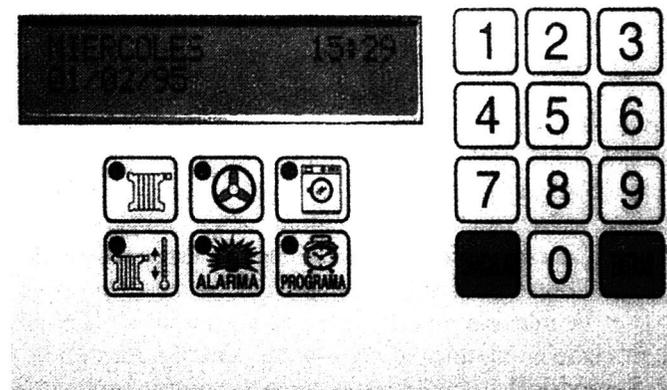
De las diferentes formas de captación térmica de la energía solar, la que está consiguiendo un cierto desarrollo comercial en nuestro país es la que utiliza captadores planos a través de los cuales se obtiene agua caliente.

Esta aplicación es la que se ha empleado en las promociones del Proyecto REMMA. Los captadores solares calientan el agua sanitaria que posteriormente circula por la caldera mixta (calefacción y agua caliente) de gas natural de cada vivienda.

El tipo de caldera instalada incorpora prestaciones tecnológicas que la hacen especialmente válida para el objetivo de optimización del consumo energético perseguido:

- Tiene un sistema de encendido de llama por ionización, lo cual implica que no hay llama piloto; este aspecto produce, por una parte, un ahorro energético y, por otra, la hace particularmente útil cuando se integra en sistemas domóticos de gestión de la energía (puesta en marcha de la calefacción a través de la red telefónica sin haber dejado la llama piloto encendida, programación semanal de la calefacción, etc.)

IGERIN



Sistema de gestión energética

- Permite modular la aportación de calor al agua en función de su temperatura de entrada, obteniendo un nivel térmico de salida constante. De esta manera, si el aporte solar hace que el agua se caliente hasta su nivel de consumo, cuando circule a través de la caldera, este equipo no se encenderá.

En cualquier otra situación, la caldera sólo aportará el calor que la instalación solar no haya podido suministrar. En ambos casos se produce una sustitución de un combustible fósil por energía solar.

El dimensionamiento de la instalación ha dado como resultado la implantación de 2 m² de colector por vivienda. Los tipos de colectores instalados son estándares de mercado. En todos los edificios se sigue un esquema de explotación adscrito a un Programa de Garantía de Resultados el cual, mediante el seguimiento mensual de la energía captada y de los ahorros conseguidos, asegura la rentabilidad del sistema, así como un retorno de la inversión adecuado.

Sistema de gestión de la energía y seguridad

La optimización del comportamiento energético de los elementos disponibles en las viviendas obliga a disponer de un sistema doméstico de gestión de la energía. El desarrollo de la domótica en los últimos tiempos, que incluye prestaciones tanto de gestión de la energía como de seguridad o comunicaciones, ha hecho que el objetivo energético inicial del sistema se complemente con aplicaciones de otros ámbitos.

Así, la finalidad inicial de controlar el funcionamiento del esquema de ventilación asociado a las ventanas SAV y la gestión de la calefacción, en su vertiente de ahorro energético y de confort, se ha mejorado incluyendo las prestaciones diversas que se muestran a continuación:

Control y gestión de la energía

- Calefacción
 - Zonificación
 - Regulación
 - Operación
 - Modo Confort
 - Modo económico
 - Modo antihelada
 - Programación
 - Actuación local y remota
- Control telefónico de equipos domésticos
- Control de la iluminación
- Ventilación

Seguridad

- Intrusión
- Incendio
- Alarma de salud
 - Escapes de agua
 - Fuga de gas
 - Alarmas comunicadas vía telefónica

**AHORROS ENERGÉTICOS Y
MEDIOAMBIENTALES CONSEGUIDOS EN LA
PROMOCIÓN DE CASTELLDEFELS**

Los ahorros energéticos conseguidos por año y vivienda quedan reflejados en la tabla siguiente:

Calefacción (kWh/año)	Agua caliente sanitaria (kWh/año)	Total (kWh/año)
2950	1116	4066
84 % del consumo anual de calefacción	75 % del consumo anual del agua caliente sanitaria	

En la promoción de Castelldefels, este ahorro energético supone una reducción en consumo de gas natural dado que tanto el suministro de calefacción como el de agua caliente sanitaria vienen propiciados por una caldera mixta individual que utiliza este combustible. El volumen de gas ahorrado por vivienda es de 550 m³ cada año.

Dado que el ahorro energético que se produce es de gas natural consumido en una caldera mixta, se puede utilizar la información siguiente en cuanto a emisiones asociadas:

	CO ₂ (kg/kWh)	SO ₂ (g/kWh)	NO _x (g/kWh)
Gas natural	0,19	0	0,17

Teniendo en cuenta los datos de ahorro energético y los datos de emisiones, se obtienen los resultados siguientes:

Número de viviendas	Energía ahorrada (kWh/año)	Emisiones evitadas	
		CO ₂ (kg)	NO _x (g)
173	703.418	133.650	119.580