



# Rehabilitación ecológica pasiva en Mallorca

Rehabilitación de alta eficiencia energética de una antigua vivienda entre medianeras, siguiendo criterios de bioconstrucción.

POI RAFAEL SALA  
NOWOTNY, arquitecto.  
JOAN BRUNET AULÍS,  
arquitecto técnico.  
Eduardo Ramos,  
ecoconstructor.

**E**l encargo consistía en devolverle la vida a una antigua casa de piedra entre medianeras situada en el casco antiguo de Santanyi, un pueblo del Pla de Mallorca. Los clientes son una pareja (ella maestra y el pintor) con hijos pequeños que querían mudarse de Madrid a la isla atraídos por el clima, la tranquilidad y la buena vida que ofrece el lugar. Además de vivienda permanente, el programa incluía un estudio de pintura y una eventual sala de exposiciones. La voluntad de los propietarios era hacer los cambios mínimos y necesarios para mejorar la funcionalidad del edificio y aumentar la flexibilidad de uso de algunos espacios auxiliares, permitiendo obtener diferentes grados de privacidad abriendo o cerrando la casa al exterior según las necesidades. La segunda prioridad era invertir en sistemas pasivos de climatización e inten-

tar alcanzar el máximo de eficiencia energética posible utilizando técnicas y materiales de bioconstrucción.

La vivienda original fue construida a mediados del siglo XIX y el estado actual era el resultado de múltiples adiciones, reformas y cambios de uso. En el patio se conservaban elementos propios de un pasado agrícola donde la autosuficiencia requería de almacenes, establos, pocilgas, cisternas para almacenar el agua de lluvia y un horno de leña. En la última etapa parte del edificio se transformó en un comercio por lo que se tuvo que redistribuir toda la planta baja para poder encajar el nuevo programa de necesidades.

En todo momento se buscó mantener el carácter propio de la vivienda conjugándolo con las necesidades y gustos de un estilo de vida contemporáneo.

Se elevó la cubierta de la planta piso y se colocaron algunos lucernarios y abrieron nuevos huecos en fachada, para mejorar la luminosidad y la conexión de la planta baja con el patio.

## Envolvente térmica

La fachada principal da a una calle estrecha con orientación noreste y la fachada posterior se abre a un patio despejado al suroeste. Al estar entre medianeras y tener como vecino un edificio más alto, el soleamiento no resulta muy favorable, por lo que se dio prioridad a aumentar el nivel de aislamiento y de estanqueidad de todo el edificio. Se decidió intervenir en toda la envolvente considerando las medianeras como paredes exteriores.

Para mantener la estética tradicional y el carácter de las fachadas de muros de piedra vista, el aislamiento se colocó por el interior. Los aislamientos son de fibra de madera Gutex, de diferentes espesores y densidades en función del muro a aislar (12 cm de espesor en las medianeras y 14 cm en fachadas). El aislamiento queda forrado con un tabique de ladrillo de barro cocido acabado con mortero de cal o yeso que permite empujar fácilmente las instalaciones y proporciona un extra de inercia térmica. La estructura original combina muros de mampostería y tierra de 60-70 cm de espesor y muros de piedra de marés de entre 16 y 20 cm de espesor. En cada caso, la colocación del aislamiento ha requerido de técnicas diferentes, tanto para la protección contra posibles humedades por capilaridad, filtraciones o condensación, como para solucionar los puentes térmicos.

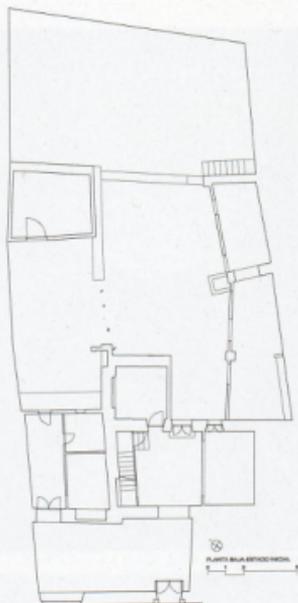
Uno de los muros originales de la estructura presentaba daños importantes y se reconstruyó con un muro de ladrillo H-20 tomado con mortero bastardo, aislante de 16 cm de fibra de madera y tabique exterior de ladrillo super H-8 anclado con varillas inoxidable al muro de carga y acabado con un mortero de cal aérea.

Las carpinterías están colocadas alineadas con el aislamiento para evitar cualquier puente térmico. Se le prestó mucha atención a sellar todas las juntas con cinta y mallas especiales para una perfecta estanqueidad. Para no perder el ángulo de las jambas de las ventanas (esplandit) y para no romper la continuidad del aislamiento, se forraron los laterales y el capialzado de los huecos con corcho negro de 6 cm de espesor en dos capas (a rompejuntas), revestido con morteros de cal o yeso hasta tocar el marco de madera.

En la cubierta norte se conservó el forjado original formado por vigas de madera y bovedilla de piedra de marés y se reutilizó la teja árabe existente. Se colocó un aislamiento de fibra de madera de 18 cm de espesor y se impermeabilizó con lámina transpirable Proclima.

En la cubierta sur el forjado se tuvo que sustituir y elevar para hacer habitable la primera planta. Se utilizaron vigas de madera laminada certificadas, entreligado de placa de celulosa y yeso, aislante de fibra de madera de 16 cm de espesor y lámina impermeable transpirable Proclima.

Como soporte de las tejas y para proteger la impermeabilización se realizó una capa de mortero en



base a cal, permitiendo una adecuada transpirabilidad de todo el conjunto.

Las carpinterías son de madera con vidrios 4/16/4 bajo emisivos y acabadas con lasur al agua.

Todos los acabados interiores se escogieron siguiendo criterios de ecología y vivienda saludable. La madera interior se ha tratado con aceites naturales (Naturhaus) y tanto revestimientos como pinturas son transpirables y sin emisión de COV. En los pavimentos se ha combinado la calidez de la tarima maciza de madera con la variedad cromática de las baldosas hidráulicas.

## Recuperador de calor

La falta de aportación solar, el elevado nivel de





#### FICHA TÉCNICA

Proyecto: Reforma de vivienda unifamiliar entre medianeras.  
Superficie construida: 309,35 m<sup>2</sup> (planta baja: 129,1 m<sup>2</sup>, planta piso: 117,3 m<sup>2</sup>, anexos: 62,95 m<sup>2</sup>).  
Fecha de inicio de la obra: febrero 2012.  
Fecha de final de obra: mayo 2013.  
Arquitecto: RAFAEL SÁIZ NORDENY ([www.rafaelsaiz.es](http://www.rafaelsaiz.es)).  
Arquitecto técnico: JUAN BRUNET ALOS ([jbrunetalos@hotmail.com](mailto:jbrunetalos@hotmail.com)).  
Constructor: Ecocreamos ([www.ecocreamos.com](http://www.ecocreamos.com)).  
Instalaciones: Instal 3.0 (<http://3puntocero.com>).  
Carpintería: Mondeflusta ([www.mondeflusta.com](http://www.mondeflusta.com)).  
Cálculo demanda térmica: JOSÉ MANUEL BISQUETS HIDALGO - [www.verdet.es](http://www.verdet.es).  
Estructura: muros de ladrillo H-20 tomados con mortero bastardo.  
Vigas de madera laminada y entreligado de tablero celulosa-yeso.  
Aislamientos: fibra de madera (Gutex) de 12 a 18 cm de espesor.  
Impermeabilización: láminas transpirables (Proclima).  
Carpinterías: madera de 68 mm acabada con lasur al agua. Vidrio bajo emisivo 4/16/4.  
Sistema de ventilación: Zehnder ComfoAir 350 Luxe.  
Producción ACS: bomba de calor aire-agua Mundoclima SM RSJ-35 de 300 l.

aislamiento y la necesidad de instalar un sistema de ventilación eficiente que proporcionara una renovación de aire suficiente, motivaron la elección de un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor. Aunque finalmente se decidió no certificarla, se dedicó un gran esfuerzo en diseñar y ejecutar la envolvente y los sistemas de climatización, cumpliendo con los requisitos de los estándares de eficiencia energética más estrictos.

La renovación de aire se produce mediante conductos planos de extracción e impulsión colocados bajo el pavimento y un recuperador de calor Zehnder ComfoAir 350 Luxe, que precalienta el aire entrante con el aire que se expulsa proporcionando el nivel adecuado de renovación de aire y repartiendo el calor de manera homogénea por toda la casa. Gracias al nivel de aislamiento térmico y a la estanqueidad de la envolvente, las necesidades térmicas son muy bajas y la recuperación de calor acaba de minimizar las pérdidas producidas por la renovación de aire. De esta manera basta una pequeña estufa de leña estanca con doble tubo para calentar todo el conjunto.

#### Instalaciones

Para la producción de ACS se instaló una bomba de calor aire-agua Mundoclima SM RSJ-35 de 300 l de capacidad, con un COP de 3,5 y la posibilidad de conectar, en el futuro, un colector solar, consiguiendo un consumo energético en el edificio muy reducido.

En el resto de instalaciones también se buscó reducir el consumo y utilizar materiales menos contaminantes. En la fontanería y saneamiento se evitó el uso de PVC sustituyéndolo por tuberías de polipropileno y se conectaron las aguas residuales al alcantarillado (hasta el momento se vertían a una fosa séptica situada en el jardín). Se reparó la cisterna de recogida de aguas pluviales y se instaló una bomba sumergida para poder aprovechar el agua de lluvia.

Finalmente, se equipó la piscina con un sistema de filtración mediante lámpara ultravioleta y vidrio pulido en filtro, consiguiendo una buena depuración sin aportaciones de cloro. ■



El proyecto se ha analizado mediante simulaciones dinámicas para calcular las demandas pasivas de energía que requiere la vivienda (siguiendo los estándares de confort de la isla), pasando por los consumos de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas que tienen los sistemas activos destinados a la climatización, así como la aportación energética que realiza la recuperación de calor para reducir dichos consumos por debajo del umbral marcado en el estándar Passivhaus (el objetivo ha sido basarse en este exigente estándar).

Para ello, se simuló la vivienda completa con todos sus espacios interiores, modelizando, asimismo, los edificios adyacentes que proporcionaban sombras al edificio modelo. Para los cálculos energéticos propiamente dichos, se ha utilizado la herramienta DesignBuilder, cuyo motor de cálculo es EnergyPlus, uno de los más potentes y completos dentro del mercado actual. El resultado de los cálculos muestra que con la fortaleza de aislamiento que tiene el proyecto, se reducen las demandas de energía

para calefacción y refrigeración hasta niveles desconocidos para este tipo de construcciones tradicionales, quedándose por debajo de los 15 kWh/m<sup>2</sup> al año, tanto para refrigeración como para calefacción. En concreto, la demanda de calefacción se estima en aproximadamente 8 kWh/m<sup>2</sup>, mientras que la de refrigeración se mantiene en torno a los 3 kWh/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que el clima de Baleares es un clima templado mediterráneo, las temperaturas de diseño de verano e invierno no son demasiado extremas, y por tanto, el efecto positivo que produce la gran inercia térmica proporcionada por los muros existentes interiores favorece unas demandas reducidas. En lo que se refiere al balance térmico (figura 1), se observa cómo las transmisiones de calor por la envolvente son prácticamente homogéneas, incluso en las carpinterías, donde se consigue reducir las pérdidas y ganancias durante todo el año. El único cerramiento que destaca en los cálculos, es el suelo en contacto con el terreno. Dado que a través de un estudio característico del terreno se establecieron unas temperaturas del terreno relativamente altas (en torno a los 18 °C), se optó por dejarlos sin aislamiento. Podemos observar que afecta claramente al régimen de calefacción, aunque se ha considerado más importante su efecto refrigerante durante los meses de verano, absorbiendo gran parte del calor interior de la vivienda y cediéndolo al terreno.

La aportación del recuperador de calor entálpico Zehnder (figura 2), es vital para reducir el consumo energético, mostrando la importancia de incorporar un sistema de ventilación mecánica con recuperación de energía para poder llegar a los niveles requeridos por los estándares energéticos más exigentes; así como para mantener unas condiciones de calidad de aire interior suficientes para garantizar el confort y la salubridad de los ocupantes.

Los resultados indican que se trata de un sistema constructivo que reduce enormemente los consumos de energía, ahorrando aproximadamente un 70 % en comparación con un edificio que cumple estrictamente con los niveles del Código Técnico de la Edificación (CTE).

En cualquier caso, cualquier proyecto de rehabilitación energética que se adapte al futuro debe mantener unos determinados niveles de confort para los usuarios, además de garantizar un bajo consumo energético. En este proyecto se han establecido unos rangos de confort de 18 a 22 °C en calefacción y 25 a 28 °C en refrigeración. Como se observa en la figura 3 la temperatura operativa obtenida durante todo el año se mantiene dentro de la horquilla de 21,71 °C y 24,19 °C, garantizando así un elevado grado de confort durante todas las estaciones del año.

El efecto de la ventilación natural nocturna en verano, combinado con elementos constructivos de alta inercia térmica produce enormes ventajas, manteniendo las temperaturas en el régimen de refrigeración por debajo de los 25 °C.

