

## RECTA FINAL PARA 'CASA ROSALÍA', LA PRIMERA VIVIENDA **PASSIVHAUS DE CANTABRIA**

El encargo de "Casa Rosalía", en el término municipal de Guriezo (Cantabria) parte de unas premisas que han supuesto todo un reto para cumplir con el estándar Passivhaus. La promotora, quería una vivienda de estética anglosajona, tanto formalmente como en el uso de materiales, por su experiencia pasada viviendo en Gran Bretaña. Aunque el sistema constructivo (entramado ligero de madera) y la intención de hacer una vivienda de bajo consumo energético se pusieron sobre la mesa desde un principio, la idea de dar un paso más allá y adaptarse al estándar Passivhaus, surge más adelante, durante el desarrollo del proyecto, incentivados además por el hecho de no existir en la Comunidad de Cantabria ninguna vivienda con el certificado Passivhaus.



FERNANDO SAN HIPÓLITO. ARQUITECTO | GRADO EN EDIFICACIÓN | MÁSTER EN ESTRUCTURAS | CERTIFIED PASSIVE HOUSE TRADESPERSON

Nos encontramos con un diseño casi cerrado, de volumetría compleja y con una distribución de huecos energéticamente no muy adecuada, que admitía pocas modificaciones. Aunque en planta es casi rectangular y con una cubierta principal a dos aguas, la geometría se complica consi-

derablemente con la apertura de tres case-  
tones para dar luz a la planta bajocubierta.

La vivienda se encuentra en el límite urbano del municipio, siendo la última parcela edificable, con lo que su entorno está muy despejado de edificaciones y se puede aprovechar muy bien el soleamiento. El único obstáculo es un bosque de eucaliptos sobre una ladera a unos 100 metros al este de la vivienda.

La vivienda tiene una superficie de aproximadamente 250m<sup>2</sup>, distribuidos en dos plantas, con una superficie de referencia energética, de cara al estudio Passivhaus de 176,90m<sup>2</sup>. Se desarrolla en dos plantas: La planta baja cuenta con un gran espacio abierto ocupado por el salón, el comedor y la cocina. También en planta baja está el dormitorio principal, con su vestidor y baño privados, un aseo, cuarto de instalaciones, aparcamiento cubierto, un pequeño porche de entrada y un gran porche trasero, comunicado con el salón por grandes ventanales. En planta primera (bajocubierta) hay otros tres dormitorios y dos baños completos.

La fachada principal (con bastantes huecos) es la más representativa de la estética pretendida y se plantea inicialmente paralela a la carretera, con orientación oeste, quedando el porche trasero al este. La decisión más importante, por motivos de soleamiento, consiste en girar la vivienda, de tal forma que pierde el paralelismo con la carretera pero deja el porche trasero mejor orientado (al sureste) lo cual, como pudimos comprobar en el estudio energético hecho con el programa PHPP (Passive House Planning Package), resultó decisivo para el balance energético.

### Cimentación y solera

Dado que en este tipo de construcciones el descenso de cargas se reparte linealmente en la base de los muros, la cimentación se resuelve principalmente con zapatas corridas de hormigón armado, sobre las que apoyan muretes de un pie de ladrillo. Las cargas puntuales se apoyan en zapatas aisladas. De esta forma se construye un "contenedor" que posteriormente se rellena de terreno compactado para construir la solera de hormigón de planta baja, de 10 centímetros de espesor. La solera queda más elevada que el terreno circundante, lo cual dificulta el ascenso de la humedad. Además, todo el perímetro del murete se drena exteriormente con grava y tubo de PVC perforado (todo ello recubierto con lámina geotextil).

La superficie en contacto con el terreno es grande y resulta vital reducir las pérdidas energéticas a través de ella (que suponen un porcentaje apreciable del total de las pérdidas). Por este



Las imágenes de esta página y las siguientes describen la secuencia de la construcción.

motivo, la solera se aísla inferiormente en toda su superficie (sobre el enca-

chado de grava) con 10 centímetros de Poliestireno extruido XPS "TOPOX" en



planchas de 1250x600 milímetros, con un valor lineal de conductividad térmica  $\lambda=0,036\text{W/mK}$ . También se aíslan verticalmente con XPS los muretes de ladrillo por ambas caras para evitar puentes térmicos en el arranque de los muros de entramado de madera, sin interrumpir el descenso de cargas a cimentación con el aislante. Se consigue así una transmitancia final de la solera  $U_{\text{sol}}=0,319\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , con un valor aún mejor en el arranque de los muros, donde se elimina completamente el puente térmico gracias al sobreaislamiento mencionado.

#### Entramado ligero de madera

La mayor parte de la estructura de la vivienda es de entramado ligero de madera. Los muros de fachada apoyan sobre un durmiente tratado en autoclave

(nivel de protección NP3) para evitar transferencias de humedad desde la solera en la que apoyan. Las piezas que componen el entramado son de conífera (clase resistente C24), de unas medidas de 38x235 milímetros, dispuestos los montantes de fachada y los pares de cubierta a una distancia de 625 milímetros. Todo el interior (entre montantes y pares) se rellena con paneles de lana mineral "URSA Terra T18P", en dos capas contrapeadas de 12 centímetros. El valor lineal de conductividad térmica del aislante es  $\lambda=0,035\text{W/mK}$ .

Exteriormente, la estructura de entramado se arriostra con tableros estructurales machiembrados "FINSA SuperPAN Tech-P5" de 18 milímetros de espesor. Se trata de un tablero compuesto por caras externas de fibra e interior de partículas de madera aglomeradas, para uso en



ambiente húmedo. Se han querido aprovechar sus propiedades de hermeticidad para no superponer la membrana que habitualmente se utiliza para tal fin en este tipo de construcciones. Se optó sencillamente por sellar las juntas entre tableros con cinta de poliácilato "Rothoblaas FLEXI BAND" que garantiza la ausencia de infiltraciones de aire. Estos tableros de FINSA han sido recientemente certificados por el Passive House Institute como barrera hermética al aire, con un valor de  $0,07\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$  para el tablero de 18 milímetros de espesor.

Al interior se dispone directamente una lámina barrera de vapor "Rothoblaas VAPORVLIES 120" que sirve además como capa hermética interior. Para ello, se sellan también todas las juntas con cinta de poliácilato "Rothoblaas FLEXI BAND".

El acabado interior es de placas de yeso laminado de 13mm de espesor y de friso de madera de pino (en el bajocubierta) sobre un enrastrelado de madera. Dado que para clavar el enrastrelado resulta inevitable perforar la barrera de vapor (que constituye la capa hermética), se dispone bajo el rastrel cinta sellante de espuma de polietileno "Rothoblaas Nail Plaster" coincidiendo con cada clavo.

Para el cálculo final de la transmitancia de fachada y cubierta, hay que considerar el porcentaje de la cámara ocupado por aislamiento y el ocupado por la estructura de madera, ya que la madera, aun teniendo ciertas propiedades aislantes que aseguran la no existencia de condensaciones intersticiales, no llega ni mucho menos al nivel de aislamiento de la lana mineral, quedándose en un valor lineal de conductividad térmica de  $\lambda=0,13\text{W/mK}$ . Esta consideración resulta crucial, ya que el porcentaje de madera es estimable, llegando al 9% en cubierta y superando el 18% en fachada, lo cual tiene una enorme influencia en el balance final. El valor final de transmitancia de la fachada, calculado con el PHPP se queda en  $U_{\text{fac}}=0,195\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  y el de cubierta en  $U_{\text{cub}}=0,164\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

#### Fachada

Sobre el tablero exterior se dispone un enrastrelado vertical de madera de 38x38 milímetros, cada 40 centímetros, tratado también en autoclave (nivel de protección NP3) y sobre éste el acabado de tablas de

madera de DM (densidad media) texturizadas y lacadas en tono gris "CANEXEL Ced'r Vue," dejando una cámara ventilada entre rastreles. Dada la importancia de no perforar la barrera hermética al aire, los rastreles se fijan con clavos galvanizados anillados de 50 milímetros e longitud, que sólo atraviesan la primera capa de fibra del tablero "FINSA SuperPAN Tech-P5," dejando intacta la segunda.

### Cubierta

El acabado exterior de la cubierta es de tégola asfáltica "BP Dakota" imitando pizarra, por ser un material duradero, fácil de instalar y que se adapta muy bien a las cubiertas de geometría complicada, ya que trabaja como una lámina continua. La elección de este material condiciona constructivamente el diseño de la cubierta, ya que no sólo se trata de un material impermeable, sino que además es altamente resistente al paso del vapor de agua y exige la disposición de una cámara ventilada por debajo del mismo para evitar condensaciones intersticiales.

De esta forma, sobre el tablero exterior se dispone un enrastrelado horizontal de madera de 25x60 milímetros, cada 40 centímetros, tratado también en autoclave (nivel de protección NP3) y sobre éste un segundo tablero OSB-3 (Oriented Strand Board) de 12 milímetros de espesor, apto para uso en ambientes húmedos. Al igual que en fachada, se adapta el tipo de clavos (de 40 milímetros en este caso) para que al fijar los rastreles sólo se atraviese la primera capa de fibra del tablero "FINSA SuperPAN Tech-P5," dejando intacta la segunda.

Es sobre el segundo tablero (el de OSB-3) sobre el que se dispone la tégola asfáltica, protegiendo los aleros, las limas y los encuentros con lámina de betún modificado con elastómeros "Chova Politaber VEL 30" bajo la tégola.

La ventilación de la cámara de cubierta se produce por todo el lateral, que queda abierto y protegido con pajarera de PVC. De esta manera se consigue disipar el vapor de agua, además de una mejora térmica en verano, gracias a la disminución de la temperatura superficial del tablero de cubierta que proporciona la cámara ventilada.

### Carpinterías

Como en cualquier vivienda, los huecos de puertas y ventanas son siempre los puntos más débiles de la envolvente térmica y, cuando se pretende obtener el certificado Passivhaus, es imprescindible el uso de acristalamientos y marcos de gran calidad. En este caso, se ha solucionado con marcos blancos de PVC "Deceuninck NV Zendow Neo Premium," con una transmitancia  $U_{FRA}=1,03W/(m^2K)$  y acristalamientos "Saint Gobain" con triple vidrio Climait Planiclear, intercalarios térmicos y cámaras con Argón al 90%, siendo el acristalamiento de 54 milímetros de espesor 4/20/4/20/3+3,  $U_{GLA}=0,5W/(m^2K)$  y factor solar  $G=0,53$  en las hojas practicables y de 42 milímetros de espesor 4/14/4/14/3+3,  $U_{GLA}=0,6W/(m^2K)$  y factor solar  $G=0,53$  en las hojas fijas.

Se ha cuidado especialmente la colocación de las ventanas, con cintas técnicas y espuma sellante elástica de altas prestaciones fonoaislantes (mezcla de poliuretano de células cerradas) "Rothoblaas Hermetic Foam." Además, para evitar el puente térmico en el perímetro del marco, se ha sobre-aislado exteriormente con paneles rígidos de lana de roca sin revestir "ROCKWOOL Ventirock Contorno" de 30 milímetros de espesor con un valor lineal de conductividad térmica  $\lambda=0,034W/mK$ .

### Cerchas de madera

En el diseño sostenible de la vivienda tiene una enorme importancia el porche trasero, orientado al sureste, que sirve como regulador térmico. Tiene una gran profundidad (más de tres metros) y desde él se accede a la vivienda por un ventanal





#### FICHA TÉCNICA

**Proyecto:** Casa Rosalía.

**Localización:** Guriezo (Cantabria).

**Año de construcción:** 2017.

**Tipología:** Vivienda unifamiliar aislada.

**Arquitecto:** Fernando San Hipólito.

**Arquitecto Técnico:** Fernando San Hipólito.

**Estructura:** Fernando San Hipólito.

**Consultor Passivhaus:** Fernando San Hipólito.

**Colaboradores:** Laura Salinas.

**Certificadora Passivhaus:** Nuria Díaz.  
**Técnico en estanqueidad:** Sergio Melgosa.

**Constructor:** Roseland Passivhaus.

porte hasta la obra, por lo que se decidió mecanizarlas en taller y terminar la fabricación en obra. Las uniones se resuelven con pernos de 16 milímetros de diámetro "Rothoblaas KOS" y clavijas dentadas bilaterales C1 "Rothoblaas Bulldog", cuyo montaje resultó bastante sencillo, ya que todas las piezas de madera laminada venían de taller cortadas a su medida y con las perforaciones necesarias para el paso de los pernos. Una vez construidas, fue necesario el uso de un camión con pluma para situarlas en su lugar. La fijación a los pilares y vigas en los que apoyan se hizo con varillas roscadas de acero de 12 milímetros de espesor y resina epoxídica "Rothoblaas XEPOX", garantizándose la correcta transmisión de esfuerzos.

#### Instalaciones

La construcción de una vivienda siguiendo el estándar Passivhaus, supone un sobre coste que según los estudios del Passive House Institute se estima entre el 5% y el 10%, con respecto a una vivienda diseñada conforme al Código Técnico de la Edificación (CTE). Esto se debe al incremento de partidas como la de aislamiento, ventilación y carpinterías y a la aparición de nuevas partidas, desconocidas en la construcción tradicional, como la de hermeticidad. Por este motivo, hay que buscar el punto de máxima rentabilidad, que se logra cuando la demanda energética es tan baja que la vivienda puede calefactarse y refrigerarse aprovechando el sistema de ventilación con

recuperación de calor. Esto quiere decir, que puede prescindirse de un sistema de calefacción "al uso" con el ahorro que esto conlleva. En Casa Rosalía se ha conseguido una demanda de calefacción de 13,2kWh/(m<sup>2</sup>a), con una carga de 9W/m<sup>2</sup>, una demanda de refrigeración de 6,4kWh/(m<sup>2</sup>a), con una carga de 7W/m<sup>2</sup> y una demanda de energía primaria no renovable (EP) de 80kWh/(m<sup>2</sup>a).

Con estos datos, que cumplen sobradamente con las exigencias del estándar Passivhaus, es posible calefactar y refrigerar la casa únicamente con el sistema de ventilación. El equipo instalado es el "Zehnder ComfoAir Q350 HRV", con distribución en estrella, que asegura un mayor equilibrio en la instalación y reduce los puentes acústicos. Se trata de un recuperador de calor sensible, cuyo rendimiento, certificado por el Passive House Institute es del 90%. Dispone de sistema by-pass que permite la entrada directa del aire exterior en verano, cuando éste está a una temperatura inferior al aire de extracción. Para calefactar en los meses fríos, al recuperador de calor se le acopla una resistencia eléctrica que sirve para el post-calentamiento del aire de impulsión, con un consumo muy contenido, dada su escasa potencia.

Se da la curiosidad de que la propiedad quería una chimenea de hogar abierto por motivos estéticos, lo cual resulta incompatible con la hermeticidad de 0,6 renovaciones que exige el estándar Passivhaus, ya que supondría una vía constante de comunicación entre el interior y el exterior de la vivienda que desajustaría el balance térmico. Finalmente, teniendo en consideración el clima templado en el que se encuentra la vivienda, se situó la chimenea totalmente exterior, dando servicio al porche, lo que permite extender el uso de éste más allá de los meses cálidos.

Para la producción del agua caliente sanitaria (ACS), se instala una bomba de calor de alta eficiencia "Junkers Supraeco W", de 1,5kW de potencia térmica y 0,6kW de potencia eléctrica consumida, con un rendimiento (Coefficient Of Performance) COP=4,3 y depósito de 260 litros.

#### EPDM

El caucho de polietileno propileno dieno monómero (EPDM) es un elastómero con

practicable. Se consigue así aprovechar el soleamiento en los meses fríos y protección pasiva en verano, evitando que el sol llegue hasta los ventanales en los meses en los que incide más verticalmente.

El porche coincide con uno de los case-tones de la planta bajocubierta y se aprovecha esta circunstancia para plantear unas cerchas estructurales de madera laminada GL24h a ambos lados del case-tón, que permiten cubrir los más de tres metros de porche en voladizo sin ningún pilar que interrumpa las vistas hacia el sureste.

Las dimensiones de las cerchas (7,62x2,71 metros) dificultan su trans-



muy buenas propiedades frente al paso del aire y del agua (en forma líquida o de vapor) y con excelentes propiedades de elasticidad y resistencia. Su uso más habitual es como lámina impermeabilizante, pero se le puede dar muchos otros usos en la construcción de viviendas pasivas.

En Casa Rosalía se utilizó lámina de EPDM de 1,5 milímetros de espesor "DANOSA Sure Seal NR" en rollo de 93m<sup>2</sup>. En una construcción de entramado de madera, más si la geometría es compleja, existen numerosos encuentros en los que resulta difícil dar continuidad a la capa hermética y la lámina de EPDM permite resolverlos en el momento de la ejecución de la estructura.

El caso más típico es el apoyo del forjado sobre los muros de fachada de planta baja y de los muros de planta alta sobre el forjado. Se trata de un encuentro en el que no se puede dar continuidad a la capa hermética interior de un piso a otro, puesto que el forjado interrumpe dicha continuidad. La lámina de EPDM se coloca envolviendo el canto de forjado y dejando unas solapas "en espera" para sellar la capa hermética contra ellas. La gran resistencia a desgarro de la lámina de EPDM permite que se pueda clavar sobre ella y la perforación queda perfectamente sellada.

Además, el hecho de interponer la lámina entre los paneles estructurales, contribuye también al buen funciona-

miento acústico, atenuando la transmisión del ruido de impacto. Hay muchas otras situaciones de este tipo en la edificación, como los encuentros de tabiques interiores con el muro de fachada o con la cubierta.

La lámina de EPDM también ha sido utilizada en todos los huecos de las ventanas para asegurar la estanqueidad y la hermeticidad, dando continuidad a la lámina interior y al tablero exterior, a los que queda perfectamente sellada con cinta de poliacrilato "Rothoblaas FLEXI BAND".

Puntualmente ha solucionado apoyos estructurales por motivos acústicos y sellado de clavos sobre la capa hermética. Por su versatilidad, sin duda va a convertirse en un producto imprescindible en la construcción sostenible, teniendo en cuenta además, que económicamente resulta mucho más barato que aplicar soluciones comerciales específicas diseñadas para cada situación constructiva.

Desde el punto de vista ecológico, hay estudios de la EPDM Roofing Association (ERA) en colaboración con The Green Team Inc (consultora independiente) que sitúan el EPDM como uno de los sistemas de impermeabilización más sostenibles, con un Potencial de Calentamiento Global (PCG), medido en kg de CO<sub>2</sub> equivalente por m<sup>2</sup> de membrana instalada de 28,7, frente a los 29,8 del TPO (Polioléfina Termoplástica) o los 67,8 del PVC (Policloruro de Vinilo).

### Estado actual

En el momento de la redacción del presente artículo la vivienda se encuentra en la fase final de su ejecución. Los acabados exteriores se han finalizado y las carpinterías exteriores se encuentran instaladas. Interiormente se ha colocado la capa hermética (barrera de vapor) y actualmente se están distribuyendo las instalaciones para posteriormente entrar en la fase de acabados interiores.

A finales del presente mes (octubre de 2017) va a realizarse el primer test de hermeticidad (blowerdoor) y la previsión es poder finalizar totalmente la vivienda en noviembre para realizar el blowerdoor definitivo, que es el único escollo restante para obtener la certificación Passivhaus. ◀