

# ECO HABITAR

Nº 54/XIV año • Verano 2017 • 6 €

Bioarquitectura - Bioconstrucción - Biología del hábitat - Permacultura

## Vivienda pasiva certificada de BTC

*Bioconstrucción*



SALUD EN EL HÁBITAT

El gas radón  
un riesgo  
desconocido

AUTOCONSTRUCCIÓN

Construcción  
de un  
domo-yurta

GESTIÓN DEL AGUA Y RESIDUOS

El baño seco,  
beneficio  
ecológico

ALTERNATIVAS PARA UNA FORMA DE VIDA MÁS CONSCIENTE [www.ecohabitar.org](http://www.ecohabitar.org)



# Casa pasiva certificada con BTC

20



POR EDUARDO RAMOS®

**S**e encuentra situada en el término municipal de Llucmajor, Mallorca, en una zona tranquila y rodeada de tierras de cultivo de cereales, almendros y algarrobos.

El color de la tierra de la finca, de un agradable marrón rojizo y de una textura arcillosa, dejaba entrever las posibilidades que luego brindaría. Es la tierra que daría nombre al proyecto.

Ha obtenido el Certificado Passivhaus® con calificación Premium y está considerado como el primer proyecto a nivel internacional en demostrar que la construcción con tierra cruda es un ejemplo de eficiencia energética. Es la primera vez que la ecología se contempla en su totalidad en una edificación certificada desde los materiales, kilómetro cero, gestión y eficiencia energética, gestión del agua y la geobiología.

Este proyecto ha permitido experimentar y crear un hogar con tierra, el material principal en todo el proceso constructivo tanto en la ejecución de la estructura como en los acabados. La tierra procedió de las excavaciones para el aljibe y para la piscina, a 6 metros de distancia de la vivienda.

## La tierra

Se realizaron varias catas en la superficie del terreno, mediante un proceso sencillo se analizó su idoneidad resultando de unas proporciones prácticamente perfectas para la elaboración del bloque de tierra comprimida (BTC) con el que se ejecutaría la estructura.

Para la elaboración de los primeros bloques se contó con JUAN BRUNET, aparejador del proyecto, especializa-

do en el campo de la construcción con tierra. Nos encontrábamos en un punto decisivo en la fabricación del bloque cuando recibimos la visita de Gernot Minke, arquitecto y catedrático experto en la construcción con tierra, nos dio unos sencillos y prácticos consejos que sirvieron de gran ayuda para mejorar la fórmula.

## Un diseño completo

El diseño del proyecto, realizado por la arquitecta NEUS GARCÍA INESTA experta en geometría natural y arquitectura tradicional, destaca por su armonía; la vivienda se ha integrado en su entorno; la estudiada bioclimática permite un aprovechamiento y disfrute de un ambiente de confort en el interior y en el exterior de la vivienda en las diferentes estaciones del año: recorrido del sol, corrientes de aire dominantes, brisas, etc.

La geometría aplicada, tras el estudio y valoración de patrones geométricos, parte de rectángulos solsticiales con proporciones áureas y se ha complementado con criterios feng shui, también los almendros de la finca juegan un papel esencial en la ubicación de la vivienda. Para su buena ubicación se realizó un minucioso estudio del terreno, geobiológico y de la orientación, basándose en la observación de los solsticios de verano e invierno.

## Bioclimática básica

Destaca la posibilidad de tener luz directa en cada una de las habitaciones, lo que permite también, con un correcto control de la radiación solar, que sea la principal fuente de energía para proporcionar una cale-



El proyecto Tierra nace de la idea de crear una vivienda en la que el material protagonista y fundamental proceda del mismo lugar donde se construye. Una bioedificación en la que se han cuidado al máximo los materiales y que ha obtenido el certificado Passivhaus®.



facción natural en invierno. Las ventanas están orientadas para aprovechar las corrientes de aire, particularmente las brisas de verano.

En el exterior de la vivienda, en las fachadas del este y sur, se han dispuesto pérgolas para sombreado natural. En la pérgola de la fachada este se plantaron rosales trepadores *Banksiae*, rosales sin espinas y de un

crecimiento vigoroso, necesario para cubrir la pérgola situada en la primera planta. Para la fachada sur se plantaron las habituales parras de uva. Un regulador natural tanto en verano, abierto y luminoso sin radiación directa del sol, como en invierno, cuando las vidrieras se convierten en los principales radiadores de calor de la vivienda, una vez que la parra pierde la hoja.

El porche de la planta baja, situado en la fachada norte, permite disfrutar de la mejor temperatura exterior en pleno verano. En la primera planta, en la fachada oeste, se encuentra el que denominamos porche de invierno que recoge los tímidos rayos solares de esta estación; protegido de las diferentes corrientes de aire ofrece un espacio confortable en el exterior de la vivienda en la estación fría.

### Por qué el estándar Passivhaus

Entendemos que Tierra ha de ser un concepto de vivienda ejemplar desde la perspectiva ecológica; geobiología, orientación, bioclimática, integración, patrones y formas que permitan disfrutar de espacios sanos, aprovechamiento de los recursos naturales locales, la selección de materiales en la que se valora la procedencia, la composición, la reciclabilidad, etc.

Nos sentíamos atraídos por la idea de realizar un proyecto con emisiones cero, en el que sus consumos de energía fuesen lo más reducidos posible y con el máximo confort, e imaginábamos que esa energía procedía de fuentes renovables. En esa búsqueda encontramos el estándar Passivhaus.

### Tierra y el estándar

El estándar Passivhaus está diseñado para el ahorro energético de los edificios con técnicas pasivas para reducir la demanda de energía en climatización y refrigeración hasta el 75%.

El edificio ha sido monitorizado durante dos años con el fin de obtener informaciones concluyentes sobre su comportamiento físico y ha demostrado que

Vista general de la fachada oeste, con la pérgola para sombreado, con rosales trepador.



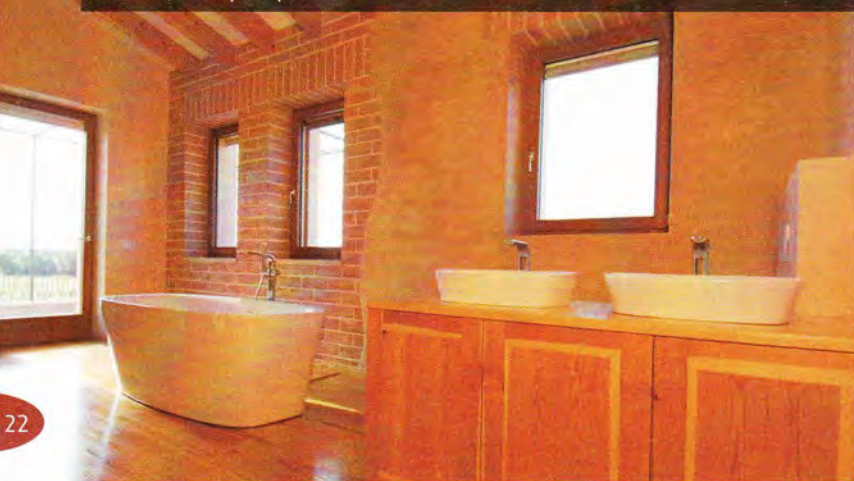


parte de los requerimientos del Instituto Passivhaus referentes al control de la humedad en realidad no son necesarios. Este proyecto puede servir como experiencia clave para redefinir los requisitos exigibles a una vivienda construida con tierra y con envolvente transpirable en un clima con niveles de humedad tan elevados como el nuestro.

El equilibrio es el principal factor del BTC que hemos podido comprobar en relación a la humedad relativa en el aire del interior de la vivienda, que la mantiene en torno al 50%; la humedad es absorbida por el bloque de tierra si aumenta por encima de dicho valor o libera la almacenada si disminuye; por lo que no ha sido necesario deshumidificar en ningún momento.

Foto: MCR

Interiores, baño principal.



Interiores, cocina.



Interiores, destaca el bloque de tierra comprimida visto y el suelo continuo.



Durante los dos años de prueba la temperatura no ha bajado de los 19 °C en invierno. La previsión de apoyo a la calefacción pasiva no se ha requerido ni en los días más fríos. En verano, la temperatura no ha subido de los 26 °C, únicamente los días más calurosos se necesita de ventilación nocturna.

La demanda de energía primaria del proyecto Tierra, según los cálculos del Instituto Passivhaus, es de 41 kWh/(m²a), lo que supone un ahorro de en torno al 75% con respecto a un edificio con la letra D en la escala de calificación energética. Este hecho, conjugado con la procedencia renovable de todas las fuentes de energía que intervienen en el proyecto, permite obtener la más eficiente de las tres categorías que otorga el Instituto, la categoría Premium.

## Envolvente y estructura

En el proceso y estudio que se llevó a cabo para conducir el proyecto a la certificación, contamos con la gran ayuda de AMARANTE BARAMBIO, arquitecto cofundador de la plataforma Passivhaus España, consultor energético del proyecto que realizó el cálculo mediante el programa PHPP 9.

En base a los cálculos realizados se ha concebido una envolvente con los materiales que se describen a continuación. La mayor parte de estos materiales son de procedencia local.

## Muros

BTC con cara vista, se decidió dejar que el bloque hablase por sí mismo, mostrando el color de la tierra y permitiendo ser tocado para percibir su agradable tacto, además de crear un ambiente natural y acogedor; sigue una lámina transpirable e impermeable al paso del aire de difusión variable que permite una regulación extraordinaria tanto en invierno como en verano. A continuación un aislamiento de fibra de madera de 18 cm de espesor, protegido por otra lámina impermeable al agua y transpirable, una cámara de aire de 2 cm de espesor, lámina transpirable y finaliza con un tabique de ladrillo de barro cocido de 7 cm de espesor y recubierto, como acabado, con 2 cm de mortero de cal, con diferentes acabados: fratasados, estucados, planchados y esponjados.

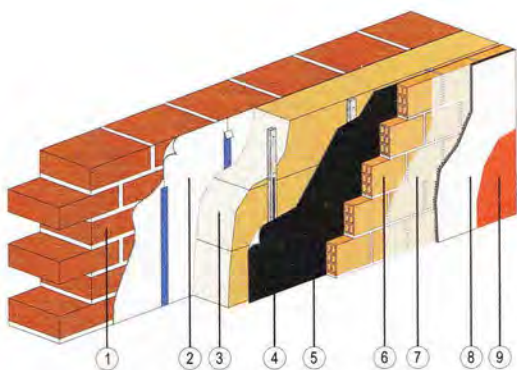
## Forjado

El forjado interior se realiza con viga laminada de abeto, placa de fibra de celulosa y yeso de 15 mm, utilizado como encofrado y acabado entre vigas, lámina impermeable transpirable, capa de compresión de 5 cm armada con malla de fibra, rastreles de madera para el paso de las instalaciones y acabado con tarima de madera de fresno.

## Cubierta

La sección de la cubierta se compone de vigas de madera de abeto laminado, placas de fibra de celulosa y yeso, lámina de difusión variable, aislamiento de fibra de madera de 16 cm de espesor, lámina impermeable transpirable, protegida con una capa de mortero en base a cal, terminando la cubierta con la colocación de la teja árabe procedente de un pequeño tejár familiar.





### Sección muro BTC

1. Bloque de tierra comprimida (BTC) de 30 x 30 x 10 cm, tomado con mortero en base de cal y arena, cara vista.
2. Lámina transpirable inteligente, sellada con cinta adhesiva.
3. Aislamiento de fibra de madera de 18 cm de espesor atornillado a rastreles de madera.
4. Rastrel de madera tratada (abeto certificado) de 3x3 cm.
5. Lámina impermeable transpirable sellada con cinta adhesiva.
6. Ladrillo cerámico 6.7 tomado con mortero en base a cal.
7. Refuerzo de malla de fibra de vidrio de 195 g/m<sup>2</sup>.
8. Mortero en base a cal y arena de 2 cm de espesor.
9. Enlucido de mortero de cal.

### Interiores

Los tabiques divisores son de marés (piedra arenisca) de color crema y de textura uniforme y pétreo, se optó por dejar el marés visto en sus dos caras; procede de la cantera más cercana, a 8 km.

Se realizaron acabados de barro y mortero de cal en varios muros de BTC, aplicando diferentes tipos de barro, con un allanado sencillo, en baños y dormitorios; se utilizaron la caseína y el aceite de linaza como ingredientes para su impermeabilización. Se pudo comprobar el buen comportamiento de los diferentes tipos de materiales aplicados directamente sobre el BTC, independientemente del acabado utilizado.

### Suelo

Sobre la solera realizada en el proceso de cimentación, impermeabilizada, se colocaron 8 cm de corcho negro, grava caliza para el tapado de instalaciones y, como acabado, una solera como pavimento continuo compuesto por dos capas de hormigón en base a cal realizadas simultáneamente, con diferentes granulometrías de más grueso a más fino y una última capa de 3 mm estucada con cemento blanco y colorante mineral, aplicada directamente sobre las capas aun frescas, tanto su dureza como su acabado fue un sorprendente descubrimiento.

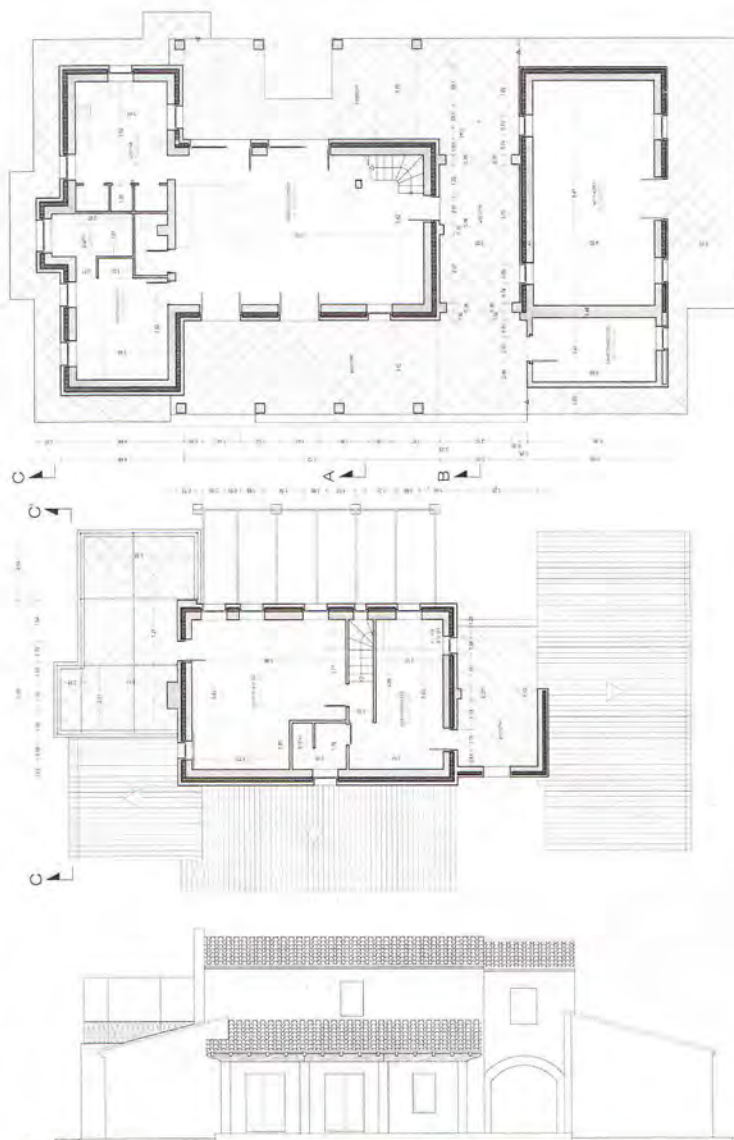
### Carpinterías

En la carpintería interior, realizada por el maestro artesano JORDI RIBAS, destaca la escalera de madera recuperada de norte viejo en la que no se ha utilizado tornillería, resultando una obra de arte. Las puertas interiores son de madera de pino rojo también conocido como *sepi*.

Las carpinterías exteriores de madera alerce trilaminada con vidrios bajo emisivos garantizan una excelente hermeticidad.

### Estanqueidad de la vivienda

Una vez solucionados los encuentros entre forjados, muros entre dinteles y umbrales, la fijación y sellado de las carpinterías y con la estructura interior de BTC terminada, se realizó la primera de las pruebas de

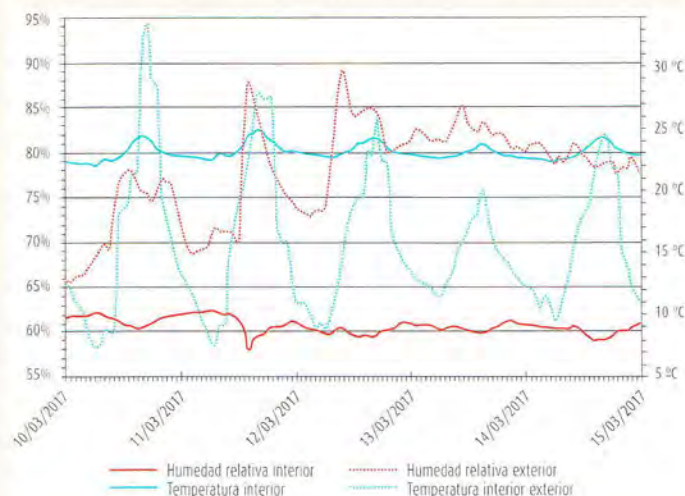


POR RAFAEL CLADERA BOHIGAS.

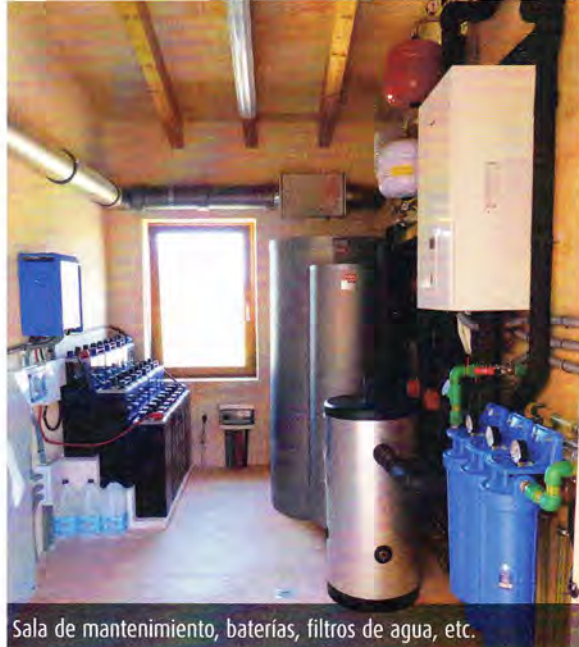
El siguiente gráfico ilustra, en un período de 5 días, cualesquiera las magnitudes físicas reales medidas en el interior y exterior del inmueble monitorizado mediante sondas de humedad relativa y de temperatura. Es una muestra del buen comportamiento termohigrométrico de la envolvente. Un fenómeno clave para el mantenimiento de las condiciones interiores de confort es el efecto regu-

lador natural de la humedad ofrecido por el BTC, el cual como un tampón de humedad es capaz de absorber la humedad interior sobrante, pudiéndola transportar al exterior o reponerla parcialmente al mismo receptáculo por difusión.

N.B.: La sonda de temperatura exterior se situó en el lado oeste del inmueble, por lo que sus medidas pueden estar afectadas por la radiación solar a última hora de la tarde.







Sala de mantenimiento, baterías, filtros de agua, etc.

estanqueidad conocida como Blower Door, test que evalúa el nivel de permeabilidad de un edificio mediante un ventilador colocado en la puerta principal de la vivienda. Se despresuriza y presuriza a 50 pascales de diferencia de presión entre el interior y el exterior, analizando su hermeticidad y detectando posibles infiltraciones de aire. En la primera prueba (despresurizado) antes de colocar los aislamientos de  $0,29 \text{ h}^{-1} \text{ r/h}$ , y en la segunda (presurizado) de  $0,20 \text{ h}^{-1}$  una vez terminada la envolvente, el máximo permitido es de 0,60 renovaciones cada hora.

## El pulmón de la casa

“El pulmón de la casa” es como a GABRIEL AMENGUAL MACHUCA y ALBERTO GARCÍA CAMPALANS, los técnicos instaladores del proyecto de la empresa Zerodrop, llaman al sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor. Se trata de un equipo que, a cambio de un consumo muy reducido (tan solo de 80 a 120 W) permite recuperar hasta el 94% de la energía contenida en el aire interior del edificio antes de expulsarlo al exterior, cediéndosela al aire fresco de renovación. Como ventaja añadida este aire de renovación es filtrado en el mismo equipo, previniendo la entrada de polvo y polen.

## Autosuficiencia energética

La vivienda se abastece de la energía proveniente de las 36 placas solares de 250 W cada una, en tres filas en paralelo con un inversor por fila, con unos 9 kW de producción de energía que es acumulada en 24 baterías, pasando por el convertidor de carga.

La categoría Premium prevé que se genere un sobrante de energía en función del área cubierta por el edificio, se optó por utilizar la energía sobrante en la alimentación de un vehículo eléctrico, consiguiendo una mayor eficiencia en la gestión energética.

El agua caliente sanitaria se produce en tres colectores y es acumulada en un depósito de 500 litros. El exceso de temperatura es disipado en el jacuzzi, situado en el interior de la piscina.

## Domótica y control de radiación

El control automático de las cortinas situadas en el exterior de las carpinterías en las fachadas este, sur y oeste se apoya en la domótica. El tejido de las cortinas está calculado para un paso de la radiación solar no

## FICHA TÉCNICA

**Ubicación:** Llucmajor.  
**Tipología:** vivienda unifamiliar aislada.  
**Promotores:** JUAN RAMOS GARCÍA y EDUARDO RAMOS RODRÍGUEZ.  
**Estudio bioenergético:** NEUS GARCÍA INESTA.  
**Arquitecta:** NEUS GARCÍA INESTA.  
**Aparejador:** JUAN BRUNET ALOS.  
**Consultor energético:** AMARANTE BARAMBIO BUISAN.  
**Constructora:** Ecocreamos.  
**Estudio geológico:** EMILIO PUIGCERCOS.  
**Instaladora:** Zerodrop (antigua Instal 3.0).  
**Ingeniero analista:** RAFAEL CLADERA BOHIGAS (Evocat Business Consulting & Engineering).  
**Carpintería interior:** JORDI RIBAS ROS.  
**Carpintería exterior:** Gaulhofer.  
**Sistema de ventilación:** Zehnder Comfoair 350.  
**Aislamientos de fibra de madera:** Gutex.  
**Aislamientos de coque:** Amorim.  
**Estante:** Proclima.  
**Tratamiento de la madera:** Naturhaus.  
**Tejar:** Tejar Moderno.  
**Herramienta:** JAUME MAIMÓ.  
**Morteros de cal:** Unicmall.  
**Marmolería:** Mármolles Llucmajor.  
**Cantera de áridos:** Son de la Bau.  
**Jardinera:** Ecocreamos.  
**Duración de la obra:** 2012-2014.  
**Coste ejecución vivienda:** 1.550 €/m².  
**Superficie útil vivienda:** 148 m².

superior al 8%. La configuración de la programación permite abrir o cerrar, en función de la fachada en que están incidiendo los rayos solares.

## Tratamiento del agua

El agua, un elemento tan valioso y necesario en nuestra isla, requiere ser aprovechada hasta la última gota. Se recoge el agua de lluvia de las cubiertas de la vivienda y es conducida al aljibe, de una capacidad de 100.000 litros. Se cuenta con un pozo de abastecimiento para la actividad agrícola.

Las aguas grises y fecales se conducen de forma separada a diferentes fosas, con un separador de grasas en la entrada de la fosa de las aguas grises. Realizado el proceso de decantación y eliminación de grasas, el agua se almacena para ser usada en el riego de árboles frutales.

La piscina cuenta con un tratamiento de agua mediante Neolisis, que consiste en la combinación de los sistemas ultravioleta y electrolisis de baja salinidad, de menos de 2 gramos de sal por litro de agua. Representa un ahorro importante de agua y energía y elimina la necesidad de adición de productos químicos.

## Conclusión

Nuestra idea de construir una vivienda lo más eficiente posible se ha visto cumplida con creces. Ha sido un proyecto integral que permite ser valorado por su gran eficiencia, por su ecología y sostenibilidad, incluso por sectores y opiniones convencionales, con la excelencia en la eficiencia del certificado Passivhaus y que muestra las bondades y ventajas que ofrece ir de la mano de la ecología en la construcción de nuestros hogares. ■

\*Eduardo Ramos es bioconstructor, promotor y CEO de la empresa Ecocreamos.  
www.ecocreamos.com

Zerodrop: www.zerodrop.es  
Evocat: www.evocat.org