



Received: 30/05/2024
Accepted: 15/06/2024

Orueta etxea: retos técnicos para la certificación passivhaus de una arquitectura sin hormigón Orueta etxea: technical challenges for passivhaus certification of an architecture concreteless

Iñaki del Prim García

Blancodelprim Arquitectos S.I. Barañain, España. UPV-EHU – Master de Construcción, Diseño y Estructuras de Madera, San Sebastian, España

Resumen-- Orueta Etxea, ubicada en los humedales de Urdaibai, Bizkaia, es un modelo de sostenibilidad integral y economía circular, construido exclusivamente con materiales de proximidad y bajas emisiones de CO₂. Toda la materia prima, como madera local, piedras calizas y gravas, es de km0. La vivienda está diseñada sin hormigón, utilizando una cimentación de piedra caliza y una estructura de madera prefabricada, lo que permite preservar el terreno natural y reducir emisiones.

Para alcanzar el certificado Passivhaus Classic, el proyecto enfrentó desafíos técnicos significativos: su forma no convencional, una envolvente térmica mayor debido a su elevación sobre el suelo, una puerta corredera de grandes dimensiones que compromete la hermeticidad, y la gestión del sobrecalentamiento en los ventanales. Las soluciones incluyen sistemas domotizados, simulaciones energéticas avanzadas y diseño específico de carpinterías. El resultado combina arquitectura vanguardista, eficiencia energética y calidad ambiental, con un enfoque pionero en investigación y sostenibilidad.

Palabras clave— Construcción; Diseño; Eficiencia Energética; ODS; Sostenibilidad.

Abstract— Orueta Etxea, located in the wetlands of Urdaibai, Bizkaia, exemplifies integral sustainability and circular economy, built exclusively with low-emission, locally sourced materials. Raw materials such as local wood, limestone, and gravel are sourced within close proximity. The house avoids concrete entirely, featuring a limestone foundation and a prefabricated wooden structure that preserves the natural terrain and minimizes emissions.

Achieving the Passivhaus Classic certification required overcoming significant challenges: the unconventional shape, a larger-than-usual thermal envelope due to its elevated design, a large sliding door compromising airtightness, and overheating risks from large windows. Solutions include domotized systems, advanced energy simulations, and custom carpentry for specific thermal performance. The project integrates exceptional architectural quality, energy efficiency, and environmental sustainability. Through extensive research and development of innovative calculations, Orueta Etxea stands as a pioneering example of sustainable architecture, combining efficiency, beauty, and cutting-edge design within the strict Passivhaus standards.

Index Terms— Construction; Design; Energy Efficiency; SDGs; Sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de Orueta Etxea (Fig. 1), vivienda unifamiliar construida en Gautegiz Arteaga (Bizkaia) en 2021, se erige como un claro ejemplo de sostenibilidad integral, economía circular y Km0 en plena Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Todas las materias primas que se han utilizado para su construcción son de procedencia local: desde las gravas de Ereño, pasando por piedras calizas de Markina para la

cimentación, hasta la madera estructural de alerce, procedente de un bosque de pino cercano que fue plantado por el abuelo del propietario en los años sesenta en la localidad de Mallabia, en las faldas del monte Oiz.

La vivienda, todo un icono de la arquitectura en madera, ha sido diseñada por el estudio López Rivera Arquitectes, quienes asumieron el desafío de utilizar para su construcción solo materiales de proximidad con bajas emisiones de CO₂, evitando por completo la utilización de hormigón. Todo el proyecto se

I.D.P.G. es arquitecto en blancodelprim arquitectos s.i., ubicado en Barañain, España, y también está vinculado al programa de Máster de

Construcción, Diseño y Estructuras de Madera de la UPV-EHU, en San Sebastián, España.



Fig. 1. Vista exterior de la vivienda,

ha resuelto con madera, derivados de la madera, piedra y vidrio.

La casa se enclava en los límites de Gautegez Arteaga, y se adapta a la suave pendiente del terreno sin apenas modificarlo ni tocarlo. Las grandes piedras calizas de Markina, asentadas sobre fosos rellenos de lastre, levantan toda la casa del suelo para permitir que la tierra y el aire circulen bajo la casa. A partir de esta singular cimentación, todo se construye de manera industrializada empleando elementos estructurales de madera que llegan a obra en piezas mecanizadas en fábrica para su rápido y eficaz ensamblaje. La estructura de CLT de alerce, fabricada y montada por Egoín, ha sido llevada al límite en este proyecto, ya que, además de ejercer de estructura, sirve de acabado interior de todo el edificio, explotando toda su belleza y brillando con todo su potencial estético y háptico (Fig. 2).

Orueta Etxea es el paradigma que mejor resume una filosofía y valores concretos: la madera como recurso constructivo en sustitución del hormigón, el cuidado y respeto por el medioambiente y la apuesta por el uso de materia prima local. Todo el proyecto respira madera. Además del interior del edificio, este material constructivo ocupa todos los acabados exteriores, tanto las fachadas como las cubiertas. En concreto, la madera empleada para el exterior es pino radiata con un tratamiento de acetilado natural que le otorga propiedades más duraderas frente al clima oceánico templado, propio de Urdaibai donde está enclavado, en donde abundan las lluvias a

lo largo del año. A este respecto, la cubierta a dos aguas en toda la casa, también de madera acetilada, expele la lluvia creando una intensa cortina frente a los grandes ventanales y recolectándose en el perímetro de la casa a ras de suelo.

II. EL EDIFICIO

El terreno donde se ubica la casa se halla en el límite edificable sur de Arteaga. Su forma es irregular y presenta una ligera pendiente descendiente de sur a norte. El clima es húmedo y templado con precipitaciones a lo largo de todo el año, aunque menos frecuentes en los meses de verano. La casa se acomoda a lo largo del camino Bo Orueta siguiendo su forma cóncava hacia el sur y adaptándose a la suave pendiente del terreno sin apenas modificarlo ni tocarlo (Fig. 3). Grandes piedras calizas de Markina posadas sobre pozos rellenos de balasto elevan la casa en su totalidad despegándola del suelo para dejar pasar intacto el terreno y el aire bajo la casa.

La cubierta a dos aguas en toda la casa expele la lluvia creando una intensa cortina frente a los grandes ventanales y recolectándose en el perímetro de la casa a ras de suelo. El acceso a la casa se realiza por la parte central del lado convexo norte. En este punto se configura un gran zaguán abierto que da cobijo a los vehículos y al acceso principal de la casa. En el interior cuarenta y seis estancias de distinto tamaño en correspondencia al grado de intimidad se van concatenando a

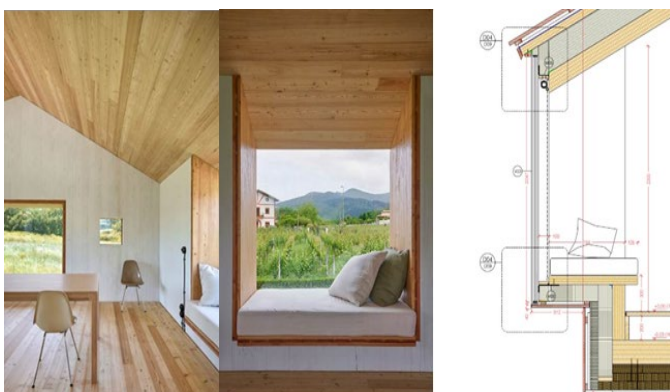


Fig. 2. Vistas interiores del edificio

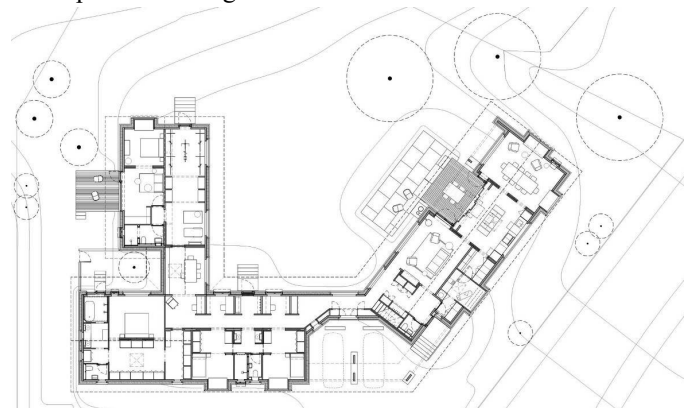


Fig. 3. Planta de la vivienda

lo largo de la casa. Espacios comunes de mayor tamaño se complementan con espacios íntimos menores que arropan al individuo sin segregarle del resto de los habitantes. La total construcción en madera acentúa la sensación de cobijo en toda la casa y en espacial en los espacios de contacto con el cuerpo donde la casa se convierte en mueble. La estructura es de madera contralaminada de alerce. Los aislantes son de fibras de madera y de corcho. Los revestimientos de fachada y cubierta son de pino radiata acetilado acabados con una pátina mineral a base de silicato de color gris.

III. ADAPTACIÓN AL ESTÁNDAR DE PASSIVHAUS DE UN MANIFIESTO ARQUITECTÓNICO EN MADERA

Las tareas como consultor Passivhaus en este proyecto han pasado por diferentes fases. En primer lugar, se revisó el proyecto inicial elaborado por López Rivera Arquitectes (Tranfa, 2022) el cual, aun siendo un proyecto espléndido y con unas soluciones de eficiencia energética muy avanzadas, no alcanzaba las exigencias del estándar Passivhaus para el clima concreto de Gautegiz de Arteaga. En esta primera fase adquirió especial relevancia la simulación energética del edificio en el software PHPP, lo cual ayudó a dimensionar y prescribir los aislamientos específicos adecuados para cada uno de los componentes de la envolvente. Igualmente, en esta fase se realizó el cálculo de los puentes térmicos del edificio, con el objetivo de optimizar algunos detalles constructivos, fundamentalmente los relacionados con la instalación de las carpinterías exteriores. Por último, en este edificio ha sido de especial importancia la modelización de los sistemas de sombreado exterior para evitar posibles sobrecalentamientos en verano y épocas templadas del año.

En la fase de obra las labores realizadas han sido la supervisión de la ejecución de toda la envolvente, tanto la parte opaca como las carpinterías exteriores, y la definición y supervisión de las diferentes estrategias de hermeticidad, asesorando a todo el equipo tanto en la ejecución de la hermeticidad como en la elaboración de los ensayos blower door. Igualmente se ha hecho un seguimiento continuo de la ejecución de la vivienda, analizando y comparando diferentes alternativas constructivas y prescriptivas propuestas por los

diferentes agentes, y verificando e incorporando al PHPP las pequeñas modificaciones que han ido surgiendo, de cara a la certificación final del edificio. Por último, se ha asesorado tanto a la propiedad como a Egoín en todos aquellos aspectos constructivos y de instalaciones, así como de puesta en uso del edificio, en los que ha sido necesario. De esta manera se ha pretendido ofrecer una asesoría energética completa, centrada en el estándar Passivhaus, desde la fase de proyecto hasta la puesta en marcha del edificio, en el convencimiento de que, colaborando y coordinando a todos los agentes implicados, esta es la manera adecuada para llevar a buen término la certificación Passivhaus de un edificio paradigmático.

Los retos de este proyecto han sido variados, partiendo de la base de que es un edificio con una arquitectura de gran calidad, y con unas propuestas de diseño y uso que a priori podemos entender como no canónicas dentro de las recomendaciones del estándar Passivhaus. Estos retos principales se describen a continuación.

A. Factor de forma

En primer lugar, el factor de forma de la vivienda es francamente desfavorable (Fig. 4), al tener un gran desarrollo de la vivienda en planta baja y un desarrollo volumétrico muy longitudinal, lo que provoca una baja compacidad del edificio. Esto supone tener una elevada proporción de superficie de envolvente para la superficie de referencia energética. Además, al estar la casa completamente elevada del suelo, no se ha podido aprovechar el amortiguamiento térmico del terreno, por lo que la superficie de pérdida energética a través de la envolvente es aún más elevada de lo habitual.

Este hecho, además de utilizar en todo momento aislamientos de origen natural en base de madera, como los paneles rígidos de corcho y fibra de madera, todos ellos con valores de conductividad térmica cercanos a los $0,040 \text{ W/mK}$, ha obligado a aumentar los espesores prescritos inicialmente, conjugando criterios de construcción sana con los propios de la eficiencia energética, de forma que el balance energético resultara equilibrado. Por todo ello los espesores de aislamiento empleados resultan elevados en comparación con los utilizados en otros edificios ubicados en el templado clima de la zona de Bizkaia.

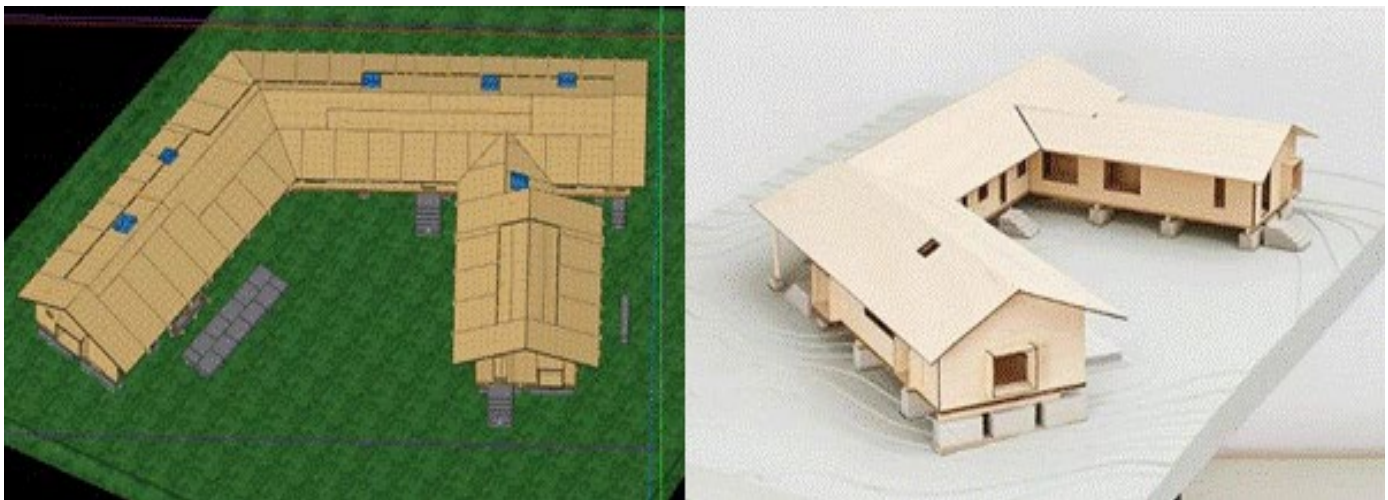


Fig. 4. Imagen 3D de la volumetría estructural y foto de la maqueta

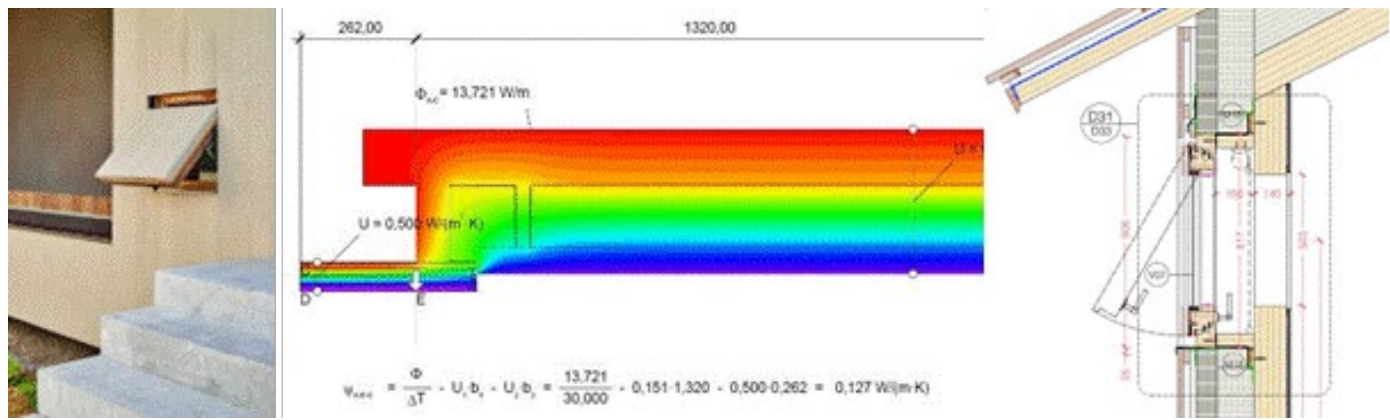


Fig. 5. Carpinterías proyectantes hacia el exterior

B. Puentes térmicos

Por otra parte, se ha tenido que simular energéticamente a nivel de puente térmico (UNE-EN ISO 10211:2022) diversos detalles constructivos no genéricos y no habituales (Fig. 5), como son las carpinterías sin marco de los miradores, o las perfileras de madera proyectantes hacia el exterior, de forma que se pudieran incluir en el balance energético del edificio y comprobar el nivel de confort de dichas soluciones.

En concreto, las carpinterías de madera certificadas por el Passivhaus Institut fabricadas por Carmave, se modificaron para poder abrirse hacia el exterior. Igualmente, algunas de ellas se adaptaron para poder incorporar el vidrio exteriormente de forma que la carpintería queda oculta.

Los grandes miradores a sur se resolvieron con perfilera oculta realizada mediante chapa metálica plegada en Z, sobreaislada exteriormente de forma que se garantice un correcto comportamiento frente a la pérdida de energía y las condensaciones superficiales, colocando el vidrio al exterior, a hueso fijado mediante silicona estructural, sin marco (Fig. 6).

La resolución y optimización técnica de estos detalles, así como el cálculo de los puentes térmicos, realizada junto a Martín Amado de Energiehaus, resultó de enorme interés y aprendizaje, permitiendo incorporar al balance energético del edificio una serie de detalles constructivos y arquitectónicos de especial belleza y enorme dificultad técnica.

Por último, de especial relevancia resultó también el puente térmico de la fijación de la estructura de CLT a las grandes piedras calizas de Markina que ejercen de cimentación superficial (Fig. 7). Este apoyo y fijación, realizado mediante

vigas de madera de alerce fijadas mecánicamente a las piedras, puente térmico por penetración “de libro” al eliminar todo el espesor de aislamiento previsto en el exterior del suelo elevado, pudo ser absorbido en el balance energético del edificio, garantizando las condiciones de confort exigidas a estos detalles constructivos, gracias a las propiedades higrotérmicas inherentes a la madera de alerce.

C. Corredera de aluminio

Otro gran reto del edificio es la enorme puerta corredera de 7 hojas con perfilera de aluminio (Fig. 8), que supone en sí misma una solución radical con una pérdida energética importante, así como una zona de hermeticidad débil, que ha obligado a esmerar la ejecución en el resto de la envolvente hasta extremos francamente rigurosos de forma que se pudieran equilibrar las penalizaciones provocadas por dicha corredera.

De vital importancia en la concepción arquitectónica del proyecto resultaba la relación interior-exterior entre la zona de la cocina y la terraza a sur, también elevada sobre el terreno. En favor de la mayor ligereza visual posible, así como la necesidad de una apertura prácticamente total de este cerramiento, desde el proyecto de arquitectura se prescribió una carpintería corredera de aluminio sin rotura de puente térmico, con perfil de apenas 1 cm de frente, con siete carriles correderos. Lógicamente, la repercusión de esta carpintería en el balance energético de la vivienda es enorme, tanto a nivel de valor Uf, como de ausencia de hermeticidad, como se demostró en el blower door test, a pesar de ser Clase IV. El resultado del blower door test definitivo fue de 0.53 l/h.



Fig. 6. Miradores de vidrio sin marco

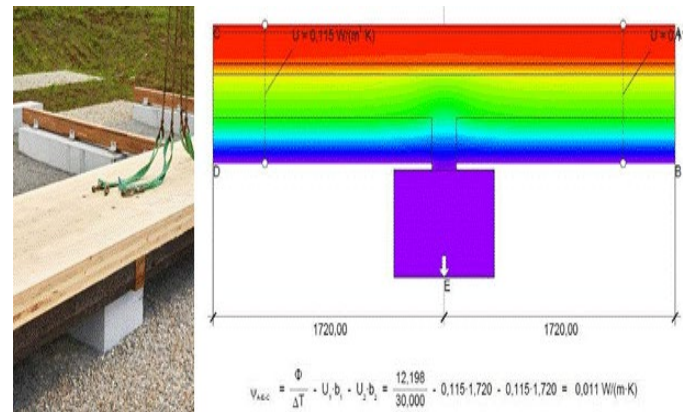


Fig. 7. Anclaje de la vivienda a la cimentación



Fig. 8. Corredera de 7 hojas.

En cuanto a los criterios de confort interior, la temperatura superficial de la misma no los cumple, por lo que tuvieron que ser resueltos mediante la presencia de dos ventilo-convectores de la climatización junto a la ventana.

D. Protección frente al sobrecalentamiento

Por último, la cuestión del sobrecalentamiento que pudieran provocar las orientaciones de la vivienda, así como las grandes superficies acristaladas, en un clima templado como el bizkaino, se ha solucionado con una acertada combinación de vidrios con bajo factor solar, elementos de sombra fijos y elementos de sombra móviles tanto interiores como exteriores.

Los grandes miradores incorporan vidrios de control solar, con factor solar del 31%. Siendo una medida necesaria para verano, este tipo de vidrios penalizan enormemente las ganancias solares en invierno, por lo que se tuvo que equilibrar el balance energético mediante más aislamiento en la envolvente opaca. Para las ventanas pequeñas, con unas protecciones solares y superficies más sencillas de controlar en verano, se plantearon vidrios triples convencionales para garantizar las necesarias ganancias solares en invierno.

Las protecciones solares empleadas son persianillas de madera al exterior (Fig. 09), alejadas de las fachadas y colgadas del límite de los aleros. Para los grandes ventanales, así como para las Velux de cubierta, se han colocado estores exteriores



Fig. 9. Protecciones solares exteriores.

monitorizados. Todo ello se combina con estores interiores de color claro, para poder minimizar la demanda de refrigeración satisfaciéndola con la instalación de climatización planteada.

E. Sistemas activos

El diseño de las instalaciones corrió a cargo de la Ingeniería Hobeki, planteándose un sistema de climatización por aire para toda la vivienda. La generación de calor se produce mediante aerotermia exterior, tanto para el ACS como para la climatización.

La distribución de la climatización se realiza mediante ventilo-convectores colocados en suelo (Fig. 10), capaces de calentar y enfriar el aire de la estancia mediante la aerotermia aire-agua planteada. Estos ventilo-convectores incorporan la mayoría de las bocas del aire de ventilación mecánica con recuperación de calor, siendo ambas instalaciones independientes.

Para la VMC se propuso por parte de la ingeniería un recuperador entálpico que, a pesar de su menor eficiencia de recuperación de calor, permita regular la humedad del aire en un clima tan húmedo como el de la costa vizcaína.

El trazado de todos los conductos se realiza a través de un suelo técnico de madera, de forma que el resto de la envolvente de CLT pueda quedar vista al interior.



IV. CONCLUSIONES

Para hacer frente a todos estos retos, desde la forma de la vivienda no canónica dentro de las recomendaciones del estándar Passivhaus, una superficie de envolvente térmica mayor de lo habitual al estar la casa elevada sobre el suelo, la enorme puerta corredera de 7 hojas con perfilera de aluminio que conllevaba una pérdida energética importante, la simulación energética de detalles constructivos no habituales, así como el sobrecalentamiento que pudieran provocar las orientaciones de la vivienda en los grandes ventanales, alcanzando con no poco esfuerzo la certificación Passivhaus del edificio terminado, ha sido de gran ayuda el sistema constructivo en base madera utilizado en la envolvente estructural del edificio, consiguiendo de esta manera certificar Passivhaus un edificio de una calidad arquitectónica excepcional, conjugando eficiencia energética y belleza a través de la Arquitectura propuesta por López Rivera Arquitectes bajo los parámetros requisitos de Certificación Passivhaus.

Gracias a este estándar, y al complemento de placas fotovoltaicas que se instalarán en el exterior a medio plazo, la vivienda logrará convertirse en un edificio de consumo de energía positiva, dado que la generación de energía solar será mayor que la necesidad de consumo de la vivienda incluyendo la carga de los coches eléctricos de los propietarios.

AGRADECIMIENTOS

Unai Gorroño y todo el equipo técnico y humano de Egoín.

Emiliano López y todo el equipo de López Rivera Arquitectes.

José Hevia por las maravillosas fotografías del edificio terminado.

Hobeki Ingeniería.

Martín Amado, por su ayuda en el desarrollo de cálculos de puentes térmicos.

REFERENCIAS

Tranfá, F. (2022). Casa en Gautegiz de Arteaga, Euskadi, España. *Casabella Architectural Magazine*, 932, 26-33.

UNE-EN ISO 10211:2022. Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados. (ISO 10211:2017).



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.