

Construcción de una vivienda de madera con el sistema UBUILD

Construction of a wooden building with UBUILD system

Santiago Muñiz^(*), Emilio Mosquera^(**), Alberto Corral^(***)

RESUMEN

Se presenta la construcción en madera de una vivienda situada en Ramirás (Ourense). Se ha empleado para el desarrollo de la misma el sistema constructivo UBUILD. Éste permite la construcción de entramados ligeros de madera con un alto grado de industrialización en taller, dejando para obra labores propias de montaje. Para éste no es necesario más que el empleo de herramientas básicas sin precisar un alto grado de especialización laboral de los operarios encargados. Esto se logra con el empleo de técnicas BIM y de fabricación por Control Numérico. Este sistema permite su adaptación a las necesidades del usuario y no se pierde el nivel de calidad constructiva o las prestaciones de aislamiento necesarias para su uso como construcción residencial. La vivienda lleva en uso varios meses, permitiendo la validación de las técnicas empleadas en su diseño y construcción.

Palabras clave: sistema constructivo; construcción industrializada; construcción en madera; vivienda de madera.

ABSTRACT

The wooden construction of a building located in Ramirás (Ourense) is presented. The UBUILD construction system has been used for its development. This allows the construction of light frame Wood truss with a high degree of prefabrication in the workshop, leaving their own assembly tasks for work. Initially, it is only necessary to use basic tools and a high degree of job specialization is not necessary for the operators. This is achieved with the use of BIM and Numerical Control manufacturing techniques. This system allows it to be adapted to the needs of the user and the level of constructive quality or the insulation benefits necessary for its use as residential construction is not lost. The house has been in use for several months, allowing the validation of the techniques used in its design and construction.

Keywords: construction system; light frame; industrialized construction; wood construction; wood building.

(*) Dr. Arquitecto. Profesor Titular Universidad. Grupo de Investigación “Estructuras Arquitectónicas (GEA)”. Universidad de A Coruña, (España).

(**) Dr. Ingeniero de Edificación. Profesor Ayudante Doctor de Estructuras. Grupo de Investigación “Estructuras Arquitectónicas (GEA)”. EU Arquitectura Técnica, A Coruña, (España).

(***) Arquitecto. Empresa UBUILD. A Coruña, (España).

Persona de contacto/Corresponding author: santiago@udc.es (S. Muñiz)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2687-1010> (S. Muñiz); <http://orcid.org/0000-0002-6417-2114> (E. Mosquera); <http://orcid.org/0000-0003-3498-9462> (A. Corral)

Cómo citar este artículo/Citation: Santiago Muñiz, Emilio Mosquera, Alberto Corral (2022). Construcción de una vivienda de madera con el sistema UBUILD. *Informes de la Construcción*, 74(565): e428. <https://doi.org/10.3989/ic.87025>

Copyright: © 2022 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 06/01/2021
Aceptado/Accepted: 08/06/2021
Publicado on-line/Published on-line: 24/03/2022

1. INTRODUCCIÓN

El sistema constructivo UBUILD tiene su origen en el año 2011, estando protegido por una patente PTC (Patent Cooperation Treaty) desde 2013. (1)

Este sistema se viene desarrollando en colaboración con varias empresas representativas del sector gallego de la madera. En este caso empresas con maquinaria de mecanizado por control numérico por computadora (CNC). Este tipo de máquinas permite en este caso, el corte y fresado de piezas de madera con gran precisión, en un proceso que permite el paso del formato CAD/BIM de diseño asistido al nativo de fabricación de las piezas.

Dentro de un Convenio Marco de Colaboración existente entre los autores del sistema y la Universidad de A Coruña, se viene cooperando desde este organismo para dar soporte en labores tanto de consultoría como de optimización estructural y energética, entre otras líneas de trabajo. Una de esas líneas de colaboración fue concretamente la asistencia en proyecto y posterior construcción de la vivienda unifamiliar que se describe a lo largo del presente artículo.

Se describirán las principales características que permitan conocer este sistema constructivo, procediendo posteriormente a comentar la construcción material de la vivienda indicada. La complejidad del sistema hace necesario centrarse en los aspectos que se consideran más representativos.

2. EL SISTEMA UBUILD

2.1. Antecedentes y aspectos generales

Una descripción rápida del sistema UBUILD sería señalar que se trata de emplear técnicas similares a las uniones de madera de la carpintería tradicional japonesa (2) para la construcción de entramados ligeros de madera (3). Así, recurre a generar los enlaces necesarios entre las diversas piezas mediante fresado y ensamble de los diversos elementos, evitando el empleo de herrajes u otros elementos ajenos a la propia madera empleada para la construcción.

De esta forma se obtienen los elementos de madera habituales en un entramado ligero: correas, vigas y pilares, que se unen mediante ensamble directo y que sirven de soporte a tableros. Así se simplifica el montaje, que pasa a ser eso: el montaje directo de una serie de piezas que ya llegan al lugar de implantación totalmente mecanizadas y acabadas.

En contraposición a esta sencillez de montaje estará la complejidad formal de la materialización de las diversas uniones en taller, además de dotar a estas uniones de un grado de precisión elevado. Esto se logra con el empleo de tecnología de control numérico que permite la materialización precisa a partir de la información CAD/BIM previa. El empleo de esta tecnología permite racionalizar el sistema constructivo evitando que esta complejidad aparente de nudos se traduzca en sobrecostos significativos, ya que se optimiza el empleo de material, ganando en consecuencia en sostenibilidad (4, 5).

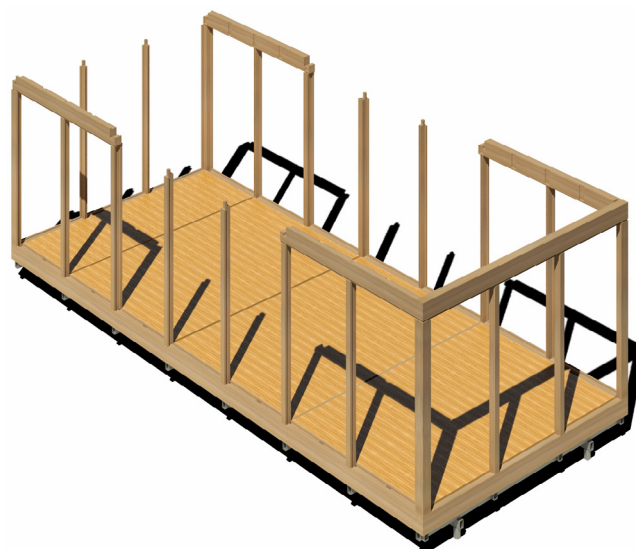


Figura 1. Visión esquemática de los componentes del sistema

Al estar hablando al final de un entramado ligero de madera, las limitaciones de diseño serán las propias de este sistema constructivo, ya de por sí bastante versátiles y abiertas, pudiéndose modificar según las necesidades del usuario, ya sean éstas presentes o futuras (6, 7).



Figura 2. Despiece de los componentes del sistema UBUILD.

Normalmente la estructura base del entramado de madera tiene una modulación inicial de 124 cm de distancia entre ejes de montantes verticales o de 62 cm entre correas horizontales. Esta modulación determinará el ritmo del diseño y del proceso constructivo (8) y tiene como origen las dimensiones estandarizadas de los paneles de 122x244 cm., los que se recortan con el fin de garantizar la perfecta perpendicularidad de todos los vértices, dejando la dimensión final de tablero en 120x240. Los pilares en forma de T tienen un ancho de 4cm en su interior en donde se encajan los tableros. Lo anterior conduce a la separación entre pilares de 124cm, anteriormente señalada. El uso de

una modulación única simplifica el número de elementos y las uniones entre los mismos. Por otra parte esta modulación permite que las piezas resultantes puedan ser manejadas por dos o tres operarios sin necesidad de grandes medios de elevación o el empleo de herramientas complejas (9). Desde este punto de vista se buscan piezas que pesen menos de 50 kg. Igualmente el empleo de piezas no excesivamente pesadas hace que las labores de montaje se simplifiquen. Ahora bien, al estar el proceso de fabricación automatizado por control numérico, no existiría ningún problema en adaptar esta modulación a necesidades concretas, o incluso emplear modulaciones distintas dentro de la misma construcción. En la Figura 1 se muestra una imagen general de los componentes estructurales básicos del sistema. En la Figura 2 se puede ver un posible despiece completo de un elemento modular. Posteriormente se describirá más en detalle el mismo.

2.2. Posibilidades de escalabilidad y versatilidad en el proceso constructivo

Esta forma de construcción permite dotar al sistema de propiedades de escalabilidad (10). Se entiende esta propiedad como la capacidad de acometer con la misma tecnología y proceso constructivo desde pequeñas construcciones auxiliares, a viviendas unifamiliares o cualquier otro tipo que sea necesario. En la Figura 3 se puede ver alguna de estas composiciones teóricas que permiten dar una idea de las posibilidades del sistema.

Esta escalabilidad también es aplicable a la vida útil de la construcción, pudiendo la misma ser ampliada en un futuro sin necesidad de demoler lo construido previamente. Simplemente habrá que sustituir los elementos necesarios y colocar los nuevos según las necesidades concretas. Esta propiedad también sería aplicable a la sustitución de elementos concretos que puedan haberse dañado durante la vida útil de la edificación.

El sistema no tiene por qué estar limitado a una única planta. No se puede olvidar que se trata de un entramado ligero, por lo que es perfectamente posible realizar construcciones en altura, simplemente por superposición. Será ya un problema de dimensionado estructural concreto.

Igualmente se pueden incluir otras piezas ajenas al sistema, como podrían ser elementos metálicos, vigas o pilares. Posteriormente se verá en la vivienda descrita que ésta tiene algún elemento singular ajeno al sistema propiamente dicho.

Al no haber herrajes exteriores es necesaria una precisión importante de ajuste entre piezas. El símil ya citado de la carpintería tradicional japonesa es aplicable (11). Estas técnicas de fabricación permiten un alto grado de industrialización hasta el punto en que la técnica descrita permite su embalado y transporte al lugar de implantación de una manera sencilla (12). Incluso el montaje definitivo podría ser acometido por el usuario final, ya que no van a ser necesarias herramientas sofisticadas ni conocimientos especializados. Realmente lo anterior no es novedoso, existen en el mercado múltiples fabricantes que suministran a distancia diversos tipos de construcciones, en este caso de madera, para que puedan ser montadas por el usuario final. Por otra parte, siendo realistas, cuando se habla de edificios residenciales no sólo hablamos de la propia construcción en sí. Existirán múltiples elementos como podrían ser las instalaciones o los sanitarios, en los que no es sencillo su montaje sin unos conocimientos específicos. En resumen, estas técnicas permiten un alto grado de industrialización, dejando para la fase constructiva las labores propias de montaje del entramado, sin que sean necesarias en obra herramientas específicas de carpintería, pero no pretende sustituir a los diversos oficios necesarios de nuestras construcciones, como pueden ser las instalaciones o los acabados (13).

2.3. Posibilidad de distintas configuraciones de los cerramientos

UBUILD está pensado inicialmente con 4 configuraciones constructivas que, básicamente, afectan a los cerramientos. Así se habla inicialmente de una configuración básica, una media, una alta y una última denominada máxima. La diferencia vendrá en la formación del propio cerramiento y de sus acabados exteriores e interiores. Posteriormente se describirán más en detalle, señalar únicamente ahora que las posibilidades de escalabilidad también son aplicables a estas configuraciones, pudiendo ir subiendo en configuración según las necesidades



Figura 3. Ejemplos teóricos compositivos efectuados con el sistema UBUILD.



Figura 4. Esquema básico del montaje.

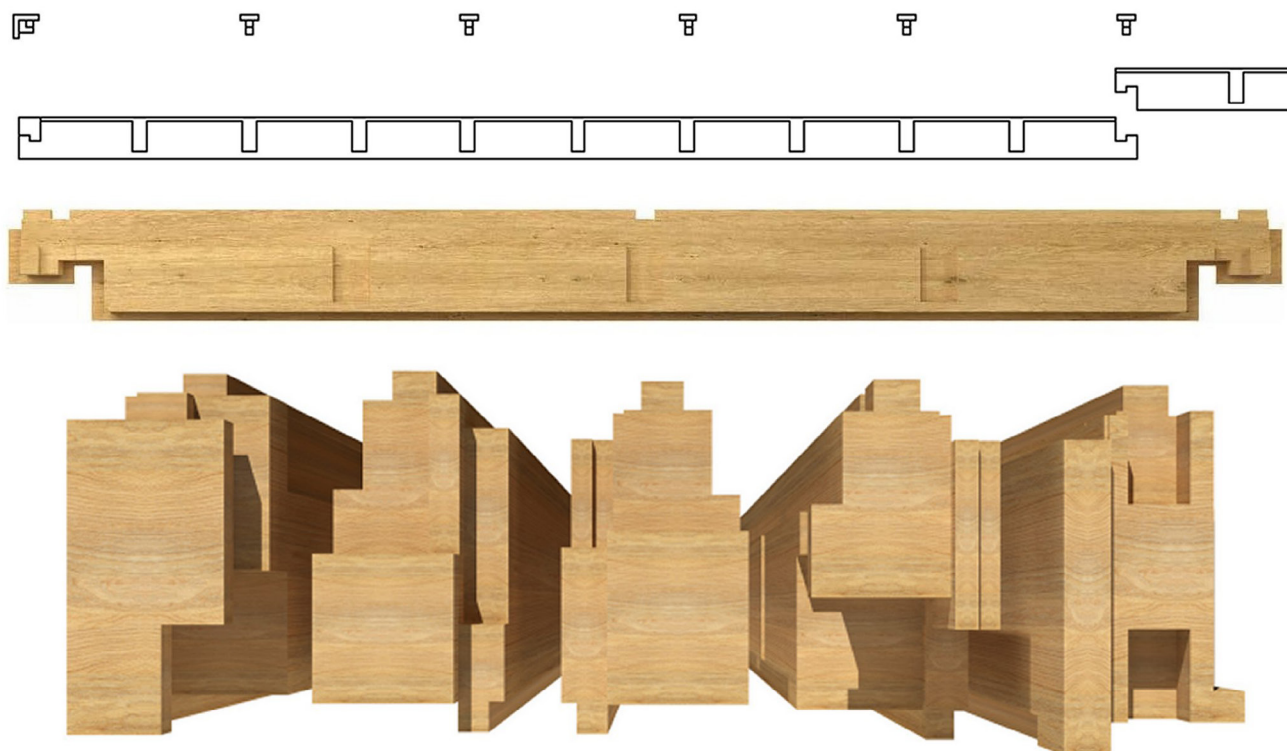


Figura 5. Tramo típico de viga El mecanizado extremo permite el empalme de vigas entre sí.

y capacidades presupuestas. Básicamente el paso de una configuración a una superior será añadir más elementos y no tanto sustituir los ya existentes por unos nuevos.

Existe también libertad para establecer los materiales de acabado tanto interiores como exteriores o la formación de fachadas ventiladas con cualquiera de las múltiples soluciones existentes en el mercado.

Estas propiedades, junto a las anteriormente descritas, hacen que el sistema permita acometer construcciones de índole provisional o para situaciones de emergencia, ya centrados en edificios residenciales. Esta última es una de las líneas de investigación que, en este momento, se estudia en la Universidad de A Coruña (14).

2.4. Proceso constructivo del montaje

En la Figura 4 se describe de forma gráfica y esquemática el montaje del sistema. Se ve que se trata de la técnica habitual para la construcción de entramados ligeros. Y es que el siste-

ma es eso: un entramado ligero, en el que se han estandarizado y mecanizado las distintas piezas con el fin de permitir que las mismas encajen con precisión en las vecinas. Esto dotará al sistema de la rigidez suficiente como para continuar con el montaje con unos medios auxiliares contenidos (15).

El montaje comienza con la colocación de las vigas inferiores. Estas tienen una medida estandarizada de 120x240 mm, situadas en el sentido largo de la construcción. Estas dimensiones y otras que se señalan, se refieren a los módulos habituales. La propia naturaleza del sistema hace que puedan ser diferentes, normalmente por requerimientos estructurales. En la Figura 5 se refleja el sistema de vigas. Como se puede ver, éstas vienen con los encajes necesarios para las correas. En la imagen intermedia podemos ver 3 pequeñas muescas en la parte superior, ahí es donde encajan los montantes, que se representan en la parte superior de la imagen como “tés”. Hay un montante cada dos correas. Así, la viga mínima posee tres montantes y 5 correas. La viga se divide en tramos que se van ensamblando entre sí en función de la longitud requerida, en una solución similar a la tradicional cola de milano aunque más sofisticada.

da. En la parte inferior de la imagen se presentan secciones transversales de estas vigas, según su situación. Los distintos resaltes que se pueden ver en la sección transversal se corresponden con los encajes de otras piezas del sistema, básicamente de los tableros de suelo, techo o cerramientos.

Se emplea madera laminada encolada GL-24 conforme a la UNE-14080:2013 (16). Se trata para una clase de uso 3, apta para un ambiente exterior, según la denominación establecida en el CTE-SE-M (17). Se le aplica un doble tratamiento, primero uno fungicida-insecticida contra hongos y xilófagos y, posteriormente, un lasur al agua a base de resinas vegetales.

Puede llamar la atención la relativa complejidad de las uniones que recuerdan a la ya citada tradición japonesa de uniones de madera. Esta complejidad es la que permite posteriormente el que no sea necesario el empleo de piezas auxiliares, herrajes y, en general trabajos de carpintería fuera de taller. Recordar que lo que el sistema pretende es que, posteriormente a la fabricación, sólo queden labores de montaje. Hoy en día las máquinas robotizadas de control numérico permiten resolver de manera operativa estas secciones y uniones y al final existen pocas piezas diferentes. Esta nueva perspectiva que ofrece la tecnología al mundo de la construcción de la madera viene siendo ya señalada por muchos autores. Un buen referente puede ser Shigeru Ban (18).

El sistema de sustentación será independiente a la madera. Normalmente se recurrirá a plots regulables sobre elementos

de hormigón, aunque dependerá de las necesidades concretas de cada caso. Este tipo de construcción suele tener cargas bajas en cimentación, hasta el punto que las cargas de succión acaban condicionando ésta. Es posible también el empleo de hélices o dispositivos similares para resolver el anclaje al terreno.

Una vez colocadas las vigas inferiores, o simultáneamente a las mismas, se van encajando las correas de suelo. Como se puede ver en la Figura 6, éstas tienen una pestaña inferior para el apoyo posterior de los tableros que forman el suelo o techo. Sus dimensiones dependerán del cálculo estructural.

En este momento se colocan los montantes con sección en “te”, que se van encajando en las muescas que se veían en la Figura 5 existentes en la parte superior de las vigas. Sobre estos montantes se colocarán las vigas superiores, las cuales tendrán unas muescas donde encajan éstos. Con la colocación de unas correas de cubierta similares a las de suelo la estructura del entramado estaría completa. El suelo y techo se formará con tableros específicos tipo sándwich que encajan entre las correas.

3. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA DE LOS CERRAMIENTOS

Anteriormente se señalaba que el sistema tiene establecidas de entrada 4 configuraciones de cerramiento, que se detallan en la Figura 7. Estas configuraciones son escalables, es decir, se puede partir de la básica e ir añadiendo componentes al sistema en función de las necesidades de aislamiento requeridas. Así, la configuración básica se remata con un tablero exterior, pensada para construcciones auxiliares no habitables. Añadiendo una capa de aislamiento intermedio junto a un tablero interior se llega a lo que se denomina configuración media. Para la configuración alta se le añade una fachada trasventilada y, añadiéndole un aislamiento exterior al conjunto se llega a la configuración máxima. Los paneles tanto interiores como exteriores pueden ser de diversos tipos en función de lo buscado. También el tipo de aislamiento, que se podría personalizar para cada caso concreto.

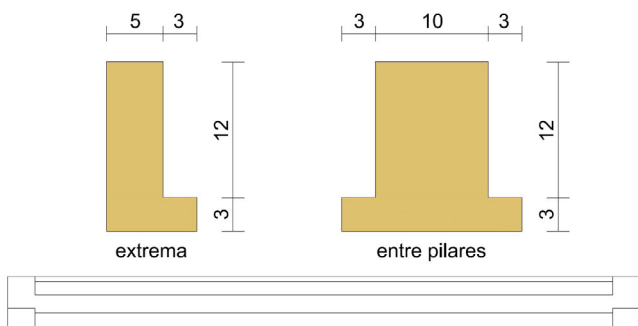


Figura 6.- Correa tipo a encajar entre vigas.

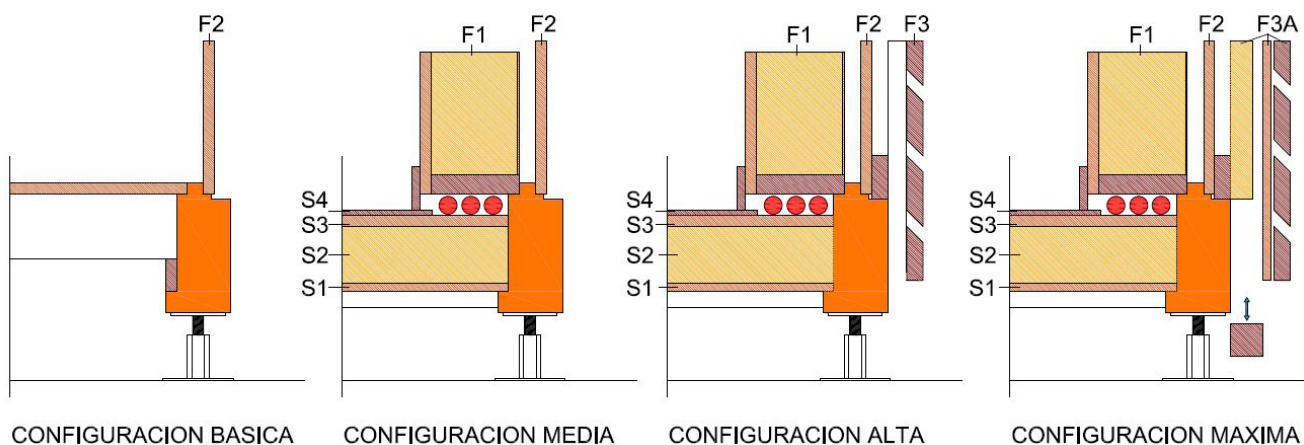


Figura 7. Composición de las configuraciones de cerramientos.

Se describe a continuación una solución tipo. Partiendo de la Figura 7, El elemento F1 es un tablero tipo DM de 15 mm, con acabado interior en función de la dependencia y gusto personal, con una capa de aislamiento de lana de roca semirrígida de 150mm. El elemento F2 sería un tablero de okume de 4 mm. A continuación hay una cámara de aire a la que se puede añadir una fachada trasventilada (F3), del tipo deseado. Este elemento F3 puede completarse por lo descrito en F3A: añadiendo un aislamiento rígido exterior previo a la fachada trasventilada. En este caso se dota al sistema con una pieza que permite abrir o cerrar la ventilación en funciones de los requerimientos climáticos. Los elementos rojos de la figura son espacios libres que quedan para pase de instalaciones, registrables desde rodapié y a través de los montantes.

Respecto al suelo, describiendo de abajo a arriba, se tiene un espacio a modo de forjado sanitario, de espesor variable según las necesidades. El elemento S1 es un tablero contrachapado de 10 mm, sobre el que se dispone de un aislamiento semirrígido de lana de roca de 150 mm (S2), sobre éste se coloca el elemento S3, que es un tablero tipo OSB de 15 mm sobre el que se sitúa el pavimento S4, normalmente una tarima flotante, aunque prácticamente cualquier otro tipo de suelo es posible.

La configuración del techo es similar a la de suelo. Para formar las pendientes se recurre a tableros de madera. Es habitual que la cubierta sea mediante lona de poliéster recubierta con PVC de 580 g/m², pero el sistema se podría adaptar a otros acabados de cubierta.

En la Figura 8 se indica como son los módulos de fachada resultantes. Son módulos de 120 cm de ancho para encajar en la modulación de los montantes. Interiormente se rematan con un tapajuntas específico. Los módulos de tabiquería o de carpintería siguen criterios similares de modulación y encaje.

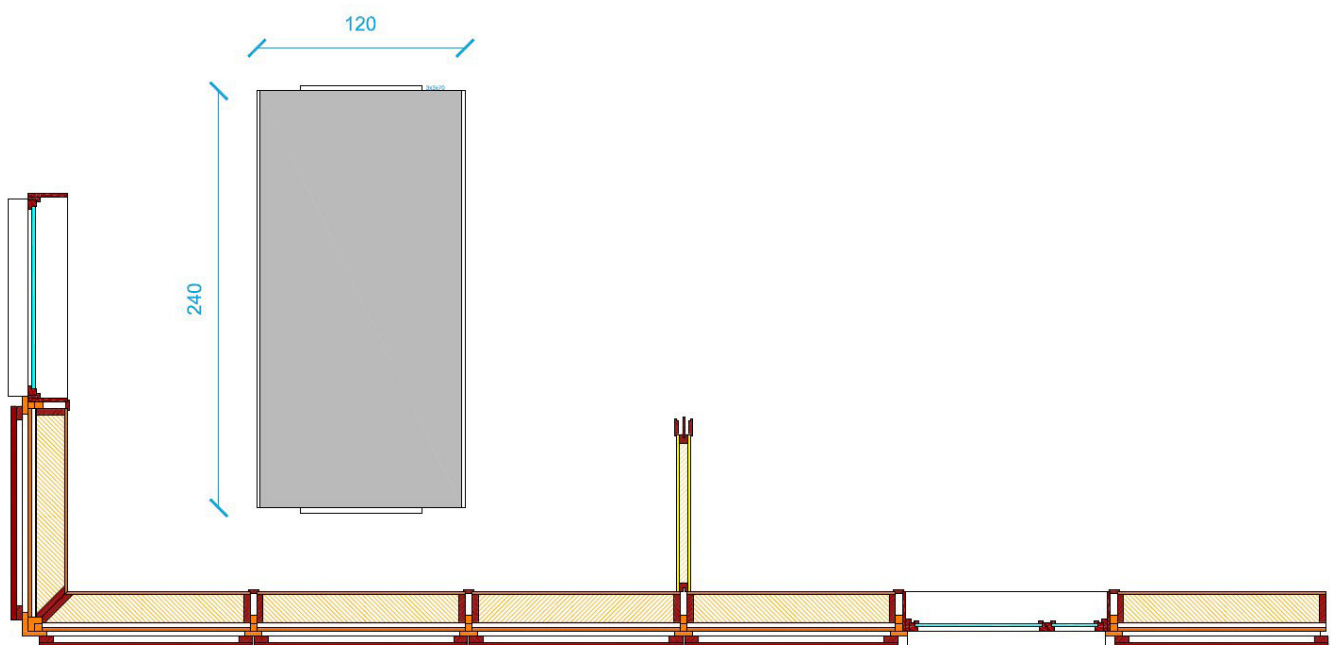


Figura 8. Composición de módulos de fachada. Definición geométrica en alzado y despiece en planta.

4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Desde un punto de vista de análisis estructural, se está ante un entramado ligero de madera, por lo que es analizado por técnicas convencionales de cálculo matricial de estructuras de barras o incluso con dimensionado directo al estar ante sistemas porticados con muchos elementos isostáticos (19). En el proceso de cálculo se incluye el análisis de las diversas fases constructivas de montaje (20), acciones térmicas, sísmicas, incendio, viento y nieve. Todo ello acorde con el Código Técnico de la Edificación (CTE-SE-M) (17). Se analizan tanto estados límite últimos como de servicio (21). El sistema no tiene por qué tener únicamente un vano de correas, pudiendo existir varios vanos. Se le puede dotar así mismo de brochales para escaleras u otras necesidades constructivas y estructurales. El cálculo singular de cada caso resolvería esta problemática.

Al estar ante un entramado, los tableros asumen el trabajo de estabilización del conjunto, actuando como diafragmas de arriostamiento. Se analizan de forma específica los nudos de tal manera que las tensiones existentes entren en rangos normativos (22).

Dado que el sistema permite adaptarse a diferentes situaciones de luces y cargas, el dimensionado de las diversas secciones se realiza específicamente para cada caso. Sí que es cierto que, para los casos habituales de luces de correas y cargas de edificación, se han establecido tablas de dimensionado que los resuelve de una manera más directa. Realmente serán las correas los elementos que más pueden variar, al cambiar sus luces y cargas. Las vigas suelen ir apoyadas cada 2-3 correas a la cimentación, por lo que sus prestaciones estructurales son en general reducidas. Esto mismo ocurre en cubierta, donde las vigas quedan apoyadas en los montantes. Esto es, cada dos correas.

5. REGULACIÓN TÉRMICA PASIVA

Se dota al sistema constructivo de una regulación térmica pasiva, aprovechando las características del mismo. Lo anterior es posible debido a la presencia de diversas rejillas dispuestas en la cámara de aire exterior, así como con las presentes en suelos y techos. Este sistema pasivo se refleja en la Figura 9. El método de manejo estas rejillas es, en este momento, manual. El usuario las acciona según las necesidades. Así, en invierno, estas rejillas estarán normalmente cerradas. En esta configuración la fachada funcionará como un muro Trombe, almacenando calor y transmitiéndolo al interior de la vivienda (23). En verano, con las rejillas abiertas, queda permitida la circulación de aire por la cámara exterior, expulsándola al exterior de la vivienda.

6. CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA CON EL SISTEMA UBUILD

6.1. Descripción de la edificación

La vivienda en cuestión está situada en un núcleo rural de Ramirás (Ourense), desarrollándose la misma en una única planta sobre una plataforma pétre. Esta plataforma se construyó con muros de mampostería granítica, a base de restos de unas construcciones ruinosas que existían en el lugar, se trata de un cierto guiño al pasado de la parcela. Esto permitía además generar un espacio entre el terreno y la propia vivienda que no sólo actúa como forjado sanitario, sino que sirve para implementar maquinaria de instalaciones. En la Figura 10 se refleja una planta y sección longitudinal de la vivienda.

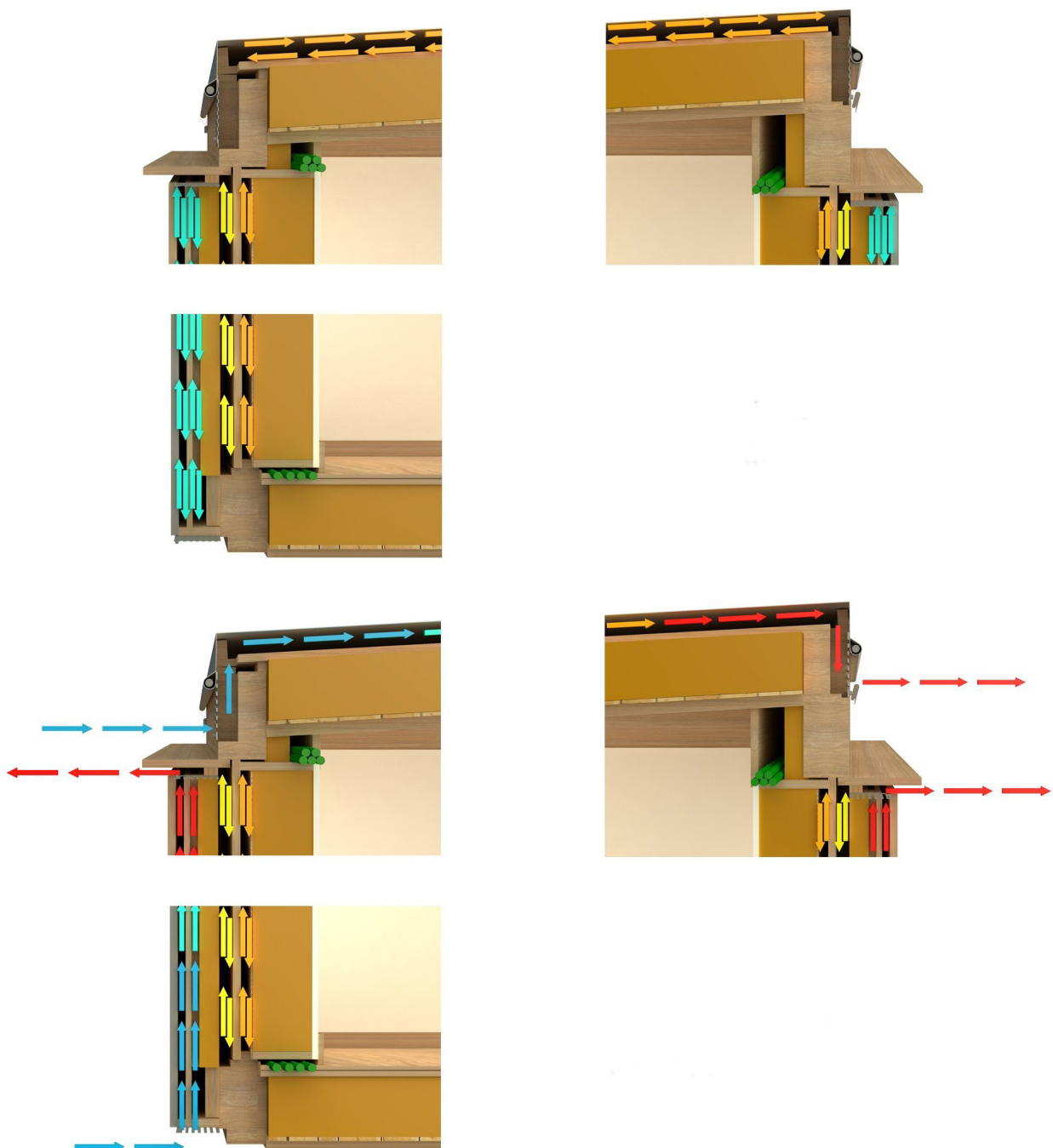


Figura 9. Funcionamiento térmico pasivo. Invierno (arriba) y verano (abajo).

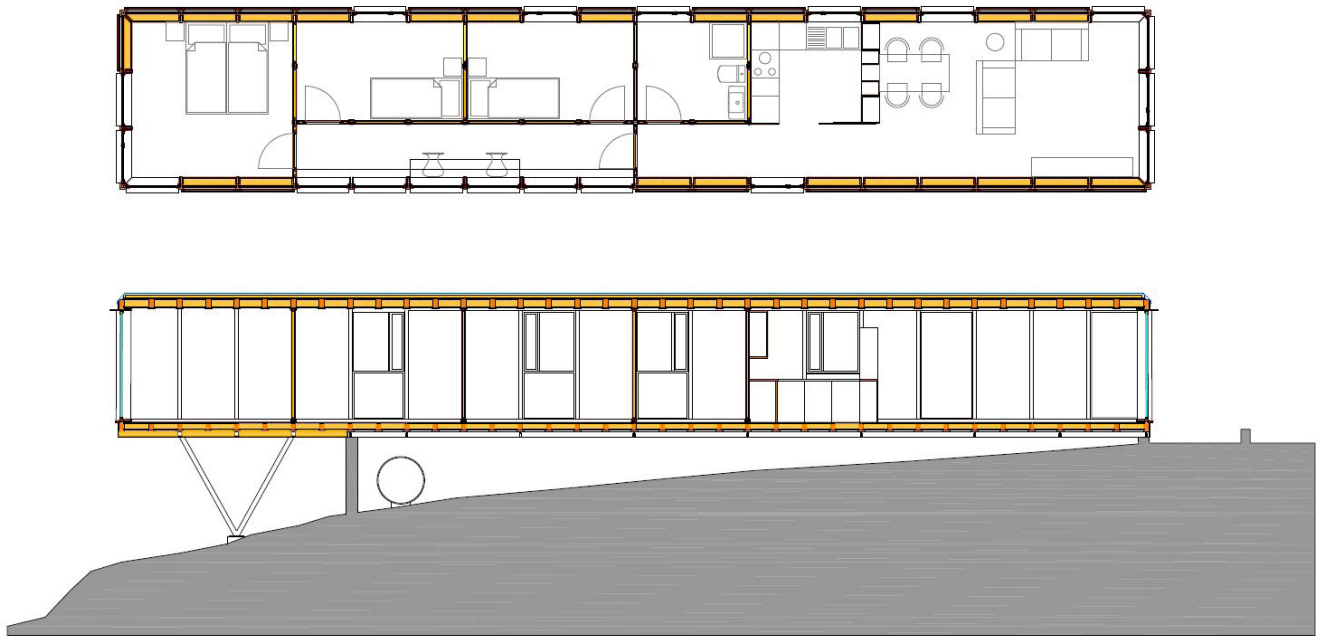


Figura 10. Planta y sección longitudinal de la vivienda.

Se está ante una vivienda unifamiliar de unos 130 m² de superficie, proyectada específicamente para una pareja joven y destinada a morada permanente. Se intentaron imponer desde un primer momento criterios medioambientales en su diseño, tanto en el empleo de materiales como madera y piedra, como en criterios energéticos. En este último caso se siguieron criterios Breeam® (24). Se evitaron reproducciones formalistas mimética del entorno donde, por otra parte, tampoco existían referentes concretos que destacaran sobre el conjunto del núcleo de población.

La vivienda se desarrolla linealmente en planta rectangular, con orientación este-oeste. Se aprovecha la pendiente del terreno natural para ganar altura, rematando en vuelo sobre la propia parcela, ganando así presencia desde las inmediaciones. Para su implantación influyó así mismo la presencia de una serie de árboles cuyo corte se pretendía evitar y que quedarán integrados en la actuación. Para la formación de este vuelo se recurrió a lo que denominó la “pirámide” de madera.

Respecto al funcionamiento de la vivienda, en la zona más inmediata al terreno se desarrolla la zona de día, con amplios ventanales a un porche y por donde se tienen vistas sobre uno de los robles centenarios existentes en el lugar. A través de un pasillo situado en la fachada norte se accede a las dependencias más privadas de la casa, los tres dormitorios. El dormitorio principal posee así mismo un amplio ventanal hacia el valle. El aparcamiento se aleja de la vivienda en sí.

6.2. Composición constructiva

Siguiendo la nomenclatura de la Figura 7 descriptiva de la solución genérica del sistema, anteriormente comentada, se está ante lo que se denomina configuración alta.

Los módulos de fachadas están formados, de adentro a fuera, de un tablero DM de 15 mm con acabado interior diferente según el tipo de dependencia. Vendrá después una capa de aislamiento de 150mm de lana de roca (F1), cámara de aire y un tablero okume (F2) de 4 mm. Estos módulos se atornillan

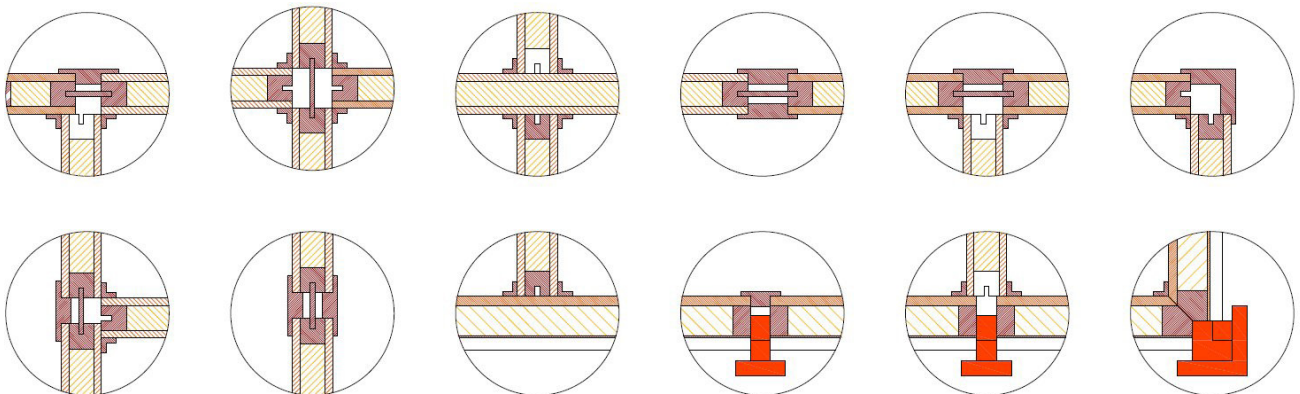


Figura 11. Diversas soluciones de encuentro en planta para las particiones interiores.

a la estructura de vigas inferior y superior, además de hacerlo a los montantes laterales. Exteriormente (F3) se dispone de una nueva cámara de aire de 30 mm y un tablero fenólico de abedul de 20 mm, igualmente fijados a la estructura principal. Por el exterior se coloca una subestructura de madera para formar la fachada trasventilada, en este caso con un tablero madera-cemento tipo Viroc®.

La cubierta, igualmente de dentro a fuera, se compone de los siguientes elementos apoyados en las correas de techo: primero un tablero DM hidrófugo de 10mm, aislamiento de lana de roca de 150 mm, un nuevo tablero OSB de 20 mm, una cámara de aire de 30 mm y una impermeabilización mediante lámina de PVC.

Por último, el suelo tiene una acabado de tarima flotante de 10 mm sobre un tablero OSB de 20 mm. Inferiormente tiene un aislamiento de lana de roca de 150 mm y otro tablero fenólico de 10 mm. Existe una cámara de aire de dimensiones variables por la parte inferior del suelo a modo de forjado sanitario ventilado. En los locales húmedos se sustituye el suelo de tarima flotante de madera por una de PVC.

Toda la carpintería es de madera, al igual que las particiones interiores. Estas están formadas por doble tablero DM hidrófugo de 15 mm con aislamiento interior de lana de roca de 75 mm. Los revestimientos de paredes interiores son con tablero DM hidrófugo con tratamiento superficial de lasur al agua. En zonas húmedas se recurre a paneles laminados tipo Trespa®.

Cabe mencionar que las particiones interiores se integraron en el sistema. Se formaron elementos modulares, normalmente de 116x240, aunque existen módulos especiales para adaptarse a las necesidades arquitectónicas. El módulo es simple, con una estructura de marco de pino con bastidor intermedio al que se le coloca el alma aislante y los tableros de acabado en taller. Se crean diversas piezas y lengüetas para facilitar el montaje con los mismos criterios seguidos para la creación del sistema constructivo. En la Figura 11 se muestran de manera gráfica los diversos tipos de encuentros generados para estas particiones.

6.3. Instalaciones

Se dota a la vivienda de un sistema de saneamiento propio de las aguas grises generadas. Básicamente, previa separación de grasas, se realiza un filtrado lento en un circuito de grava y raíces de plantas que acaban de desembocar en un estanque. En éste se fomentan plantas acuáticas y vida anfibia, que mantienen el agua en buen estado sin empleo de aditivos químicos.

Como sistema de calefacción se recurre a aerotermia mediante bomba de calor agua-aire y radiadores de baja temperatura. Ésta será así mismo la fuente energética para la producción de ACS.

El lugar de implantación de la vivienda, Ayuntamiento de Ramirán, pertenece a la zona climática D2, según el CTE-HE (25). Con esta instalación se consigue una emisión de 693.5

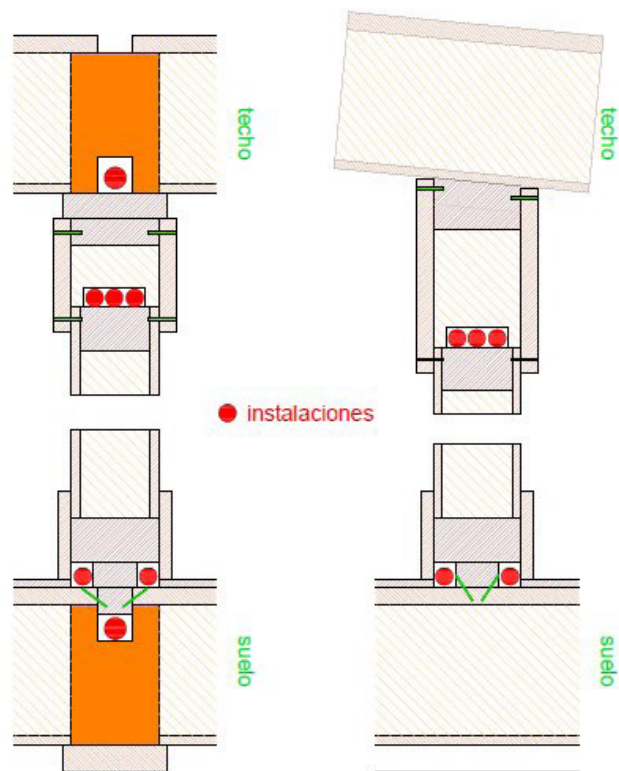


Figura 12. Situación de las instalaciones dentro de la vivienda.

kgCO₂, inferiores a los 1345.6 kgCO₂ permitidos en este caso, lo que supone una calificación energética A.

El sistema ha permitido integrar buena parte de las instalaciones en el interior del mismo, siendo además registrables. Para conseguir esto se han dejado espacios en la unión entre los distintos componentes. Por ejemplo, al apoyar el módulo interior de fachada en la viga de suelo queda un espacio entre el módulo y el tablero superior del suelo donde se pueden llevar instalaciones, lo mismo sucede con la tabiquería interior (ver Figura 12).

La unión entre módulos interiores de fachada y la existente entre tabiques no se hace directamente, hay unas piezas de unión que dejan un canal vertical para poder llevar instalaciones que luego pueden continuar por la cara superior tanto de los tabiques como de los módulos de fachada. Las instalaciones nunca atraviesan ni los módulos de tabiquería ni los de la fachada interior, siempre van alrededor de ellos. Los enchufes y mecanismos de encendido y apagado siempre se colocan entre los módulos, atornillados a las piezas de unión. La razón de ello es facilitar la movilidad de los módulos de fachada o de tabiquería interior si se desea hacer alguna modificación posterior interior o de fachada. De hecho tanto estructura como cerramientos e instalaciones trabajan en paralelo pero se ha evitado que nunca se produzcan intersecciones entre estos elementos. De esta manera se facilita la movilidad y la versatilidad de los diversos elementos.

6.4. La "pirámide"

Este elemento merece una mención especial. Ya se ha comentado que su necesidad surge de criterios arquitectónicos para



Figura 13. Reportaje gráfico de la construcción

ganar presencia en el lugar. Se trataba pues de integrar un elemento estructural totalmente ajeno al sistema constructivo en el mismo. No se describe más allá que las fotografías que acompañan al final de este artículo, simplemente señalar que se intentaron mantener los criterios de fabricación del sistema de tal manera que se evitaran herrajes y que el montaje siguiera los criterios ya indicados de empleo de medios contenidos.

En la Figura 13 se muestran algunas fotografías de la fase constructiva de la vivienda.

7. CONCLUSIONES

Se presenta el sistema constructivo UBUILD. Este sistema no es más que un clásico entramado ligero de madera, pero en él se intenta combinar una construcción tradicional de madera a base de cajado y ensamble, con la tecnología BIM y de fabricación por control numérico. Con el mismo es posible industrializar la construcción en taller, siendo ésta transportada despiezada y montada en obra con medios auxiliares contenidos.

La naturaleza del sistema permite abordar diversas tipologías de construcción, debido a sus posibilidades de modulación, escalabilidad y existencia de diversas configuraciones constructivas. Éstas pueden ir desde una simple parada de autobús a un edificio institucional. El sistema permite así mismo un posible crecimiento modular de la construcción o ir aumentando las prestaciones de fachada mediante cambios de configuración. Así mismo permite cambiar piezas que se hayan podido dañar por el uso.

El montaje se realiza por dos o tres operarios, escalándose las piezas y módulos empleados en función de las dimensiones y el peso. Al tratarse de un montaje por encaje y atornillado no se precisa inicialmente una alta cualificación profesional ni el empleo de maquinaria específica de carpintería.

8. REFERENCIAS / REFERENCES

- (1) Corral, Alberto (2018). *Ubuild System*. Int. Patent PCT /ES2018/000064.
- (2) Torashichi Sumiyoshi; Gengo Matsui. (1990). *Wood joints in classical japanese architecture*. Kajima Institute Publishing Co., Ltd.
- (3) Sherwood, G; Mody R.C. (1989). *Light-Frame Wall & floor systems: Analysis and performance*. Forest Products Research Society.
- (4) Bagheri, M.M.; Doudak, G. (2019). *Structural characteristics of light-frame wood shear walls with various construction detailing*. German National Library of Science and Technology (TIB). Elsevier.
- (5) Falk, R. H. (2010). *Wood as a sustainable building material*. In F. P. Laboratory (Ed.), *Wood as an Engineering Material* (Centennial, pp. 1–6). Madison (WI): Forest Products Laboratory.
- (6) Gerald E. Sherwood and Robert C. Stroch (1990). *Wood-frame house construction*. New York. Dover Publications INC.
- (7) Anderson, L. O. (1975). *Wood-Frame House Construction*. Washington (DC): U.S. Department of agricultura.
- (8) Keijo, N.E. Tiusanen, (1972). *Producción de casas de madera prefabricadas*. Nueva York: Naciones Unidas.
- (9) INSHT. (2003). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Manipulación Manual de cargas*. Ministerio de Trabajo e Inmigración.
- (10) Döner, K. et al. (2016). *Bezahlbar. Gut. Wohnen.: Strategien für erswinglichen Wohnraum*. Seiten: Jovis. ISBN 978-3-86859-432-4.
- (11) Muelas Peñas; M. (2015). *Las viviendas de construcción industrializada desde el punto de vista de las empresas que las fabrican*. Boletín de información técnica [de] AITIM, ISSN 0044-9261, N°. 296, pp. 80-83.
- (12) Hudert, Markus & Pfeiffer, Sven. (2019). *Rethinking Wood: Future Dimensions of Timber Assembly*. Birkhäuser Verlag GmbH. ISBN: 978-3-0356-1689-7.
- (13) Torres Gutiérrez; G., Riocabo Vázquez; P. (1986). *Manual de construcción para viviendas con armazón ligero de madera*. Madrid: IVM.

El sistema viene dotado de elementos pasivos de regulación térmica, mediante rejillas que permiten la circulación natural del aire según las necesidades climáticas. El sistema permite múltiples posibilidades de acabado tanto interior como exterior.

Se describe así mismo el proceso de construcción con este sistema de una vivienda unifamiliar situada en Ramirás, Ourense. Esta vivienda está actualmente en uso con resultados inicialmente satisfactorios.

Independientemente de la solución concreta de uniones del presente sistema, la técnica es aplicable y extensible a otras formas de unión y a otros materiales. Desde este punto de vista la integración de las técnicas CAD y BIM con las máquinas industriales de control numérico ofrece interesantes posibilidades de integración de los sistemas constructivos tradicionales con los procesos industriales de fabricación.

La Universidad de A Coruña viene colaborando con los creadores del sistema UBUILD en su análisis y asistencia técnica. Quedan por investigar y desarrollar más aspectos del propio sistema. Por ejemplo, se tienen datos subjetivos suministrados por los propios usuarios de la vivienda citada sobre sus bondades energéticas, pero esto hay que objetivarlo y medirlo de una manera científica con el fin de contrastar las previsiones teóricas de proyecto. Se está desarrollando un estudio energético más completo que permita analizar el comportamiento del sistema en diversas situaciones climáticas. Están también en desarrollo estudios concretos para el empleo de este sistema con otras tipologías constructivas más allá de la vivienda, como pueden ser edificios institucionales o desarrollo del sistema en varios niveles. Puede ser también interesante analizar la viabilidad de automatización de los sistemas pasivos de regulación existentes en la vivienda.

- (14) Proyecto de investigación “*Construcciones desplegadas y modulares para situaciones de catástrofe humanitaria*”. Ministerio de Economía y Competitividad. (BIA2016-79459-R).
- (15) Gómez L., L., Leser S., H., & Salomone R., V. (2003). El sistema constructivo plataforma (platform frame) en Sewell. *Revista de Urbanismo*, 8: 145–158. doi: <http://doi.org/10.5354/0717-5051.2003.5071>.
- (16) AENOR (2013). UNE-EN 14080. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos. Asociación Española de Normalización (AENOR).
- (17) Ministerio de Fomento. (2019). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-M. Seguridad estructural Madera. (20 diciembre 2019).
- (18) Jodidio P. (2015). *Shigeru Ban: Complete Works 1985-2015*. Taschen.
- (19) Victor Almeida de Araujo et al. (2016). Woodframe: viviendas de entramado ligero para países en desarrollo. *Revista de la Construcción*, 15(2). doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000200008>.
- (20) Peraza, J.E. (2015). *Advanced framing, la optimización del entramado ligero para la eficiencia energética de las casas de madera*. Boletín de información técnica AITIM, ISSN 0044-9261, N°. 296. pp. 32-39.
- (21) Peraza, J.E et al. (1995). Casas de madera. *Sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares*. Madrid: AITIM
- (22) Crovella, P.L., Gebremedhin, K.G. (2007). *Analyses of light frame wood truss tension joint stiffness*. ISSN: 0015-7473, 40(4): 41-47 Europe PubMed Central.
- (23) Izard, Jean Louis, Guyot, Alan. (1980). *Arquitectura Bioclimática*. Barcelona: Gili. ISBN: 842-5-20981-1.
- (24) Breeam España. (2011). *Manual Breeam vivienda 2011* v.B. A Coruña: Breeam-ITG. Recuperado de <https://www.activatie.org>.
- (25) Ministerio de Fomento (2019). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE. Ahorro de Energía. (20 diciembre 2019).