

El auge del uso de la madera en la construcción

INVESTIGACION DE 10 CASOS DE ESTUDIO REPRESENTATIVOS EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS DE CATALUÑA
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA – ESCUELA SUPERIOR TECNICA DE ARQUITECTURA DE BARCELONA



MASTER UNIVERSITARIO EN ESTUDIOS AVANZADOS EN ARQUITECTURA – BARCELONA MBArch
INNOVACION TECNOLÓGICA EN LA ARQUITECTURA

Nelly Johana Jaramillo Morales – Autor
María del Pilar Giraldo Forero + José María Gonzales Barroso – Directores
Barcelona, septiembre 2019

Agradecimientos

Agradezco la dirección prestada por mis tutores María del Pilar Giraldo Forero y José María Gonzales Barroso, por su guía y asistencia en mi labor. De igual manera, mi gratitud a los arquitectos y despachos que se tomaron el tiempo de ayudarme en esta investigación, al facilitar y enseñar información de sus proyectos, a Anna Vilella de Profusta y demás personas que de alguna manera asistieron a esta labor, a mi familia y a ti.

Resumen/Abstract

En el último siglo, el sector de la construcción ha tenido un crecimiento desmesurado alargando un antiguo modelo de construcción que data de la revolución industrial, esto conlleva a grandes emisiones de CO2 en todas las etapas de la construcción de un proyecto, generando desastrosos sucesos. Frente a este caótico panorama, resultaba imperativo cambiar el antiguo modelo y establecer uno nuevo el cual este soportado en el uso de materiales renovables y sostenibles como la madera; así, la madera e impulsada por los grandes avances tecnológicos y la generación de nuevos productos derivados de este material, se ha posicionado como una opción competente frente a este modelo.

Para comprobar este suceso, se lleva a cabo una investigación la cual se divide en dos etapas, la primera consta de una indagación enfocada puntualizar las características del material y derivados que posteriormente se sintetiza en diferentes herramientas de análisis, las cuales se emplean en la segunda etapa del estudio, donde se analizan 10 casos de estudio situados en Cataluña. Se elige esta ubicación, ya que, además de ser un sector en crecimiento en este tipo de construcciones, es importante para la presente investigación contar con casos de estudio de los cuales se pudiera hallar información significativa y de primera mano. Además, se elige analizar casos edificados en los últimos 10 años donde se demuestran soluciones actuales.

Posteriormente, por medio de la discusión y conclusiones, se dispone una perspectiva más esclarecida del auge que ha tomado este material, de una manera más tangible que es a través de proyectos construidos, donde se demuestra las grandes ventajas del material y sus sistemas, como sus propiedades tecnológicas, comportamiento, entre otros.

Resumen/Abstract

Over the last century, the construction sector has had an excessive growth lengthening an ancient construction model dating from the industrial revolution; this entails to great CO2 emissions in every stage of the construction of a project, generating disastrous events. Facing this chaotic scenario, it was imperative to change the old model and to establish a new one, which is supported by the use of renewable and sustainable materials such as wood; thus, wood and driven by the great technological advances and the new products generation from this material, has positioned itself as a competent option for this new model.

To corroborate this event, an investigation is carried out which is divided in two stages, first one consist in an inquiry focused on pointing out the characteristics of this material and its derivatives which are summed up in different tools of analysis, which are used in the second stage of the study, where 10 case studies located in Cataluña are being analyzed. This location is chosen, since, besides being a sector in growth in this type of constructions, it's important to count with cases in which significant information could be found and specially of first hand. In addition, cases built in the last ten years area chosen to analyze because they show current solutions.

Later, through the discussion and conclusions, there is a more enlightened perspective of the boom that this material has taken, of a more tangible way that is through built projects, where the great advantages of the material and its systems area shown, such as its technological properties, functional behavior, among others.

+ Contenido

+1	Introducción	01
	Panorama actual – Contexto	07
	Línea de tiempo	12
	Problema	14
	Hipótesis	15
	Objetivo general	15
	Objetivos específicos	15
	Metodología	16

+2	Marco teórico	17
	Introducción	18
	Conceptos	
	composición madera	19
	Tipos de madera	20
	Propiedades	22
	Comportamiento	23
	Gestión del bosque	29
	Productos madera	30
	Productos uniones	39
	Sistemas – entramado pesado	41
	Sistemas – entramado ligero	42

+3	Casos de estudio	45
	Introducción	46
	Ubicación casos	47
	Tabla general de proyectos	48
	Criterios de análisis	50
	CE_01	52
	CE_02	59
	CE_03	65
	CE_04	72
	CE_05	79
	CE_06	86
	CE_07	93
	CE_08	100
	CE_09	107
	CE_10	114

+4	Resultados	121
	Tabla de análisis 1	122
	Tabla de análisis 2	124

+5	Discusión	127
	Tabla de análisis 1	128
	Tabla de análisis 2	133

+6	Conclusiones	140
-----------	---------------------	-----

+7	Bibliografía/Listado de imágenes	146
-----------	---	-----

+8	Anexos	152
-----------	---------------	-----

+ 1.Introducción

+ 1.1 Panorama actual Contexto

La madera es uno de los materiales más antiguos que existen, sin duda, ha estado presente desde los primeros indicios de construcción en la antigüedad, donde su empleo nace a partir de la necesidad del hombre de salir de sus cuevas para desplazarse a otros sitios más óptimos y de mejores condiciones para habitar. Por ende, la madera se convierte en el material predilecto para erigir sus chozas y casas, por su resistencia, facilidad de recolección y transformación gracias al desarrollo de nuevas herramientas a partir de otros materiales como la piedra o el hueso de los propios animales que cazaban.

El primer gran momento de la madera se da en época de la civilización romana, en la cual se continúa utilizando como material propio para edificar viviendas, una muestra de ello es la utilización de la técnica “*opus craticum*” (emparrillado, enrejado). Técnica de construcción de los muros en la época romana similar al entramado de madera) una temprana manifestación de entramado. Sin embargo, se puede afirmar que la gran muestra de este material como gran elemento estructural se evidencia especialmente en la construcción de cubiertas para espacios de mayor escala como los templos paleocristianos.

Este concepto constructivo se prolonga a la edad media, donde las técnicas de madera continúan su evolución y esto se refleja especialmente en la edificación de viviendas. Un claro ejemplo son las “*Fachwerkhaus*” (casa de madera) casas de madera construidas con piezas de madera separadas a determinada distancia formando marcos, para lograr mayor estabilidad en los marcos se ubica otra pieza de madera a 45 grados, todas las piezas eran unidas por clavos de madera; para llenar las aberturas dentro del marco se usaba arcilla, ladrillo, etc., en algunos casos, se situaban diferentes tallas u ornamentos los cuales ayudaban a proteger un poco la estructura. Este tipo de viviendas se extendió por toda Europa a lo largo de prácticamente todo el medioevo con diferentes variaciones dependiendo del país donde se estableciera, su uso se extiende hasta el siglo XVII. También encontramos técnicas como el “*King post truss*” que consiste en un poste vertical que soporta dos diagonales desde su vértice,



Fig.1 *opus craticum*



Fig.2 *Fachwerkhaus*

las cuales descansan sobre una viga, esta armadura también se utilizó en otros campos como la ingeniería particularmente en puentes.

Desde otra perspectiva, precisamente en Cataluña existe La Masía Catalana, la cual consiste en vivienda rural con grandes terrenos idóneos para el cultivo y tenencia de animales, esta fue la principal residencia para los habitantes de esta particular zona; con el paso del tiempo, las Masías fueron evolucionando, iniciando como simples viviendas en su mayoría de piedra de un solo cuerpo y una sola planta, hasta ir añadiendo más cuerpos y más plantas, dependiendo de las necesidades rurales de cada época, además del posicionamiento social del dueño de la misma, hasta llegar al punto de convertirse en una casa temporal para personas que viven en la ciudad. Actualmente, muchas de estas Masías se encontraron con el desmesurado crecimiento de las ciudades, las cuales prácticamente se devoraron sus terrenos rurales.

El material de construcción de cada Masía se precisaba por la cercanía y facilidad de obtención del material, el cual en su mayoría lo obtenían de sus propios terrenos, la mayoría estaban construidas con arena, cal y piedra; Tener otro material como la madera daba una alta posición social. En su mayoría la madera predominaba esencialmente en las cubiertas; la madera no era una de las principales características de las Masías, pero siempre ha estado presente en las construcciones típica catalanas.

Al igual que las Masías Catalanas, Igualmente en Cataluña, las iglesias y las edificaciones de culto se distinguían por lucir cubiertas en madera, material predilecto para el remate de los edificios. Mientras que en las Masías no se podía divisar a simple vista la estructura en madera de dicha cubierta, ya que se utilizaba como azotea para generar espacios útiles dentro de la vivienda, en las iglesias los espacios son mucho más abiertos y altos, por lo tanto, la cubierta quedaba expuesta ante la mirada del público, donde se hacía mucho más evidente el uso de la madera.

En el caso de las iglesias está comprendida por una estructura de cerchas que se repite cada 3 o 4 metros, para repartir las cargas que genera la cubierta, el material del tejado muchas veces era cerámico o tejas de barro, las paredes en piedra del recinto soportan la estructura de madera, siendo un elemento completamente independiente al resto del edificio.



Fig.3 Mas del Castellcir, a Esplugues



Fig.4 Mas Perramon, Ventalló

Mientras tanto en China, y extendiéndose por todo oriente, la madera tiene un papel protagónico en la arquitectura, al ser empleado por completo en la construcción de grandes estructuras no solo en la vivienda. Las uniones de estas estructuras se realizaban primordialmente a caja y espiga, convirtiéndose en un sistema firme frente a golpes y vibraciones de todo tipo. Lo interesante de esta técnica es el desarrollo que experimenta al punto de edificar construcciones en altura, inclusive algunas vigentes aun como por ejemplo el *Castillo Himeji* el cual tiene una inmensa base de piedra la cual sostiene la estructura de madera del castillo la cual está cubierta por mortero blanco para protegerla del fuego lo cual le suman un interés estético.

Posteriormente en Europa se empiezan a levantar obras en altura, por ejemplo, en Noruega la *iglesia Heddal* construida alrededor de la mitad del siglo XIII, es una clara muestra de lo que se logró en la época. La iglesia fue construida con un sistema similar al del *Castillo Himeji*, donde la estructura de gruesos postes está situada sobre una cimentación de piedra y sus uniones son estrictamente de madera. La iglesia sigue en pie luego de una pequeña restauración a mediados del siglo XX.

Un acontecimiento indudablemente relevante a el uso de la madera fue la revolución industrial consistía en el proceso de transformación económica, social y tecnológica que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino de Gran Bretaña) la cual inicia en el siglo XVIII pero tuvo su gran auge en el siglo XIX. A nivel constructivo, este hecho abrió las puertas a novedosos y avanzados materiales y tecnologías como el acero, el hormigón, etc. Frente a la madera que junto a ellos tenía más limitantes como la resistencia al fuego, la humedad, entre otras. Esto dio lugar a que la construcción tuviera un crecimiento exponencial, se erguían grandes mercados, estaciones de transporte, industrias y demás, para suplir las nuevas necesidades que la revolución exigía; La gran vitrina de este hecho histórico fueron las exposiciones universales, donde se exhibían las grandes innovaciones tecnológicas del momento. Un factor importante que ocasiono fue la industrialización, donde la producción de diferentes piezas para la construcción pasa de la elaboración manual a la producción mecanizada en serie.

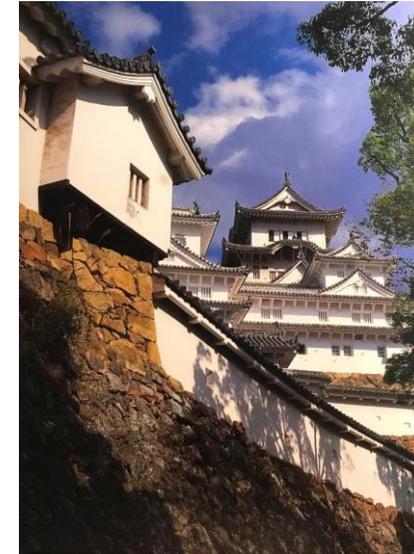


Fig.5 Castillo Himeji



Fig.6 Iglesia Heddal

Paralelo a esto ocurrieron significativas pérdidas como el terremoto de San Francisco en 1906 lo que seguido causo un incendio dejando a la ciudad sumida en una catástrofe. No obstante, el desastre más reconocido fue el gran incendio de Chicago en 1871; la ciudad estaba edificada esencialmente en madera, inclusive algunas calles estaban pavimentadas con bloques de madera para suplir de vías a la creciente ciudad, por esta razón sumado a los fuertes vientos de la ciudad lo que ayudo a propagar el incendio a mayor velocidad lo volvió incontrolable dejando prácticamente destruida la ciudad. Por todas estas razones, la madera empieza a ser apartada de la construcción, ya que se buscaba un material ideal que cumpliera con los nuevos requisitos y códigos de construcción implementados, lo que dio fruto a nuevos tipos de construcciones como los rascacielos y el gran momento del acero, el hormigón, etc. Y más adelante a la arquitectura moderna.

A pesar de la devaluación que había adquirido la madera no dejo de evolucionar, así no fuera a la misma velocidad de las demás técnicas, por ejemplo, el sistema conocido como *balloon frame* (consiste en un sistema de entramado ligero, donde los montantes de las paredes exteriores son continuos en toda su altura) introducido a principios del siglo XIX típico en viviendas de uno o de dos es remplazado un siglo después por el sistema *platform frame*, lo que varía del mismo es que los montantes dejan de ser continuos y la estructura se construye nivel a nivel, interrumpido por el forjado mejorando su comportamiento contra el fuego y brindando mayor facilidad para encontrar piezas de madera de menor escala.

De igual manera, las técnicas y sistemas de madera se ven beneficiadas por los diferentes avances en la industrialización, inicialmente en la forma de crear uniones donde se pasa de conexiones de caja y espiga y la misma madera a uniones metálicas, atornilladas, tipificadas y demás brindando un mejor funcionamiento. A pesar de esto, se continuaba utilizando madera maciza aserrada, la cual seguía en desventaja a piezas de otros materiales y técnicas. No obstante, gracias a los avances en la química en la fabricación de las colas a principios del siglo XX se da origen a una nueva forma de producir elementos de madera, usando laminas unidas entre sí por medio de colas obteniendo la madera laminada. La técnica se propaga por Europa llegando a Norteamérica, pero luego sus avances se ven opacados por diferentes hechos históricos como la primera y segunda guerra mundial; posterior a esto, se conciben diferentes productos prefabricados a base de madera con la capacidad de suplir



Fig.7 Incendio de Chicago



Fig.8 Hotel del Coronado – Balloon frame

todo tipo de necesidades constructivas, desde elementos estructurales, tableros, paneles de cerramientos, etc. De tal manera que la madera vuelve a introducirse en el mercado de la construcción incluso con más vigor que antes, puesto que la madera y dichos productos tienen un excelente comportamiento frente a las exigencias actuales de la construcción sostenible.

El esquema de construcción, extracción de materiales y demás instaurado en la revolución industrial donde imaginaban que eran sacados de recursos infinitos, un capital natural interminable, el medio ambiente en ese entonces no era una preocupación, por lo tanto, no se concebían las consecuencias que esto traería.

Teniendo esto en cuenta, la vulnerabilidad de la tierra es tangible y el foco cae sobre los productos naturales, renovables, etc. La madera es un excelente candidato, al ser un material orgánico de propiedades únicas siendo el único material que crece con la energía del sol y es capaz de almacenar CO₂ en esta faceta, aproximadamente 1m³ de madera acumula 1 tonelada de C₂ [1] su extracción está dirigida a realizarse de manera respetuosa con el medio ambiente por medio de la silvicultura. Además, la elaboración de sus productos consume mucha menos energía que aquellos fabricados en hormigón o acero. Gracias a esto, las leyes y códigos de construcción han reconocido la capacidad de este material y los nuevos productos que se han originado, lo cual ha impulsado la creación de innovadores proyectos.

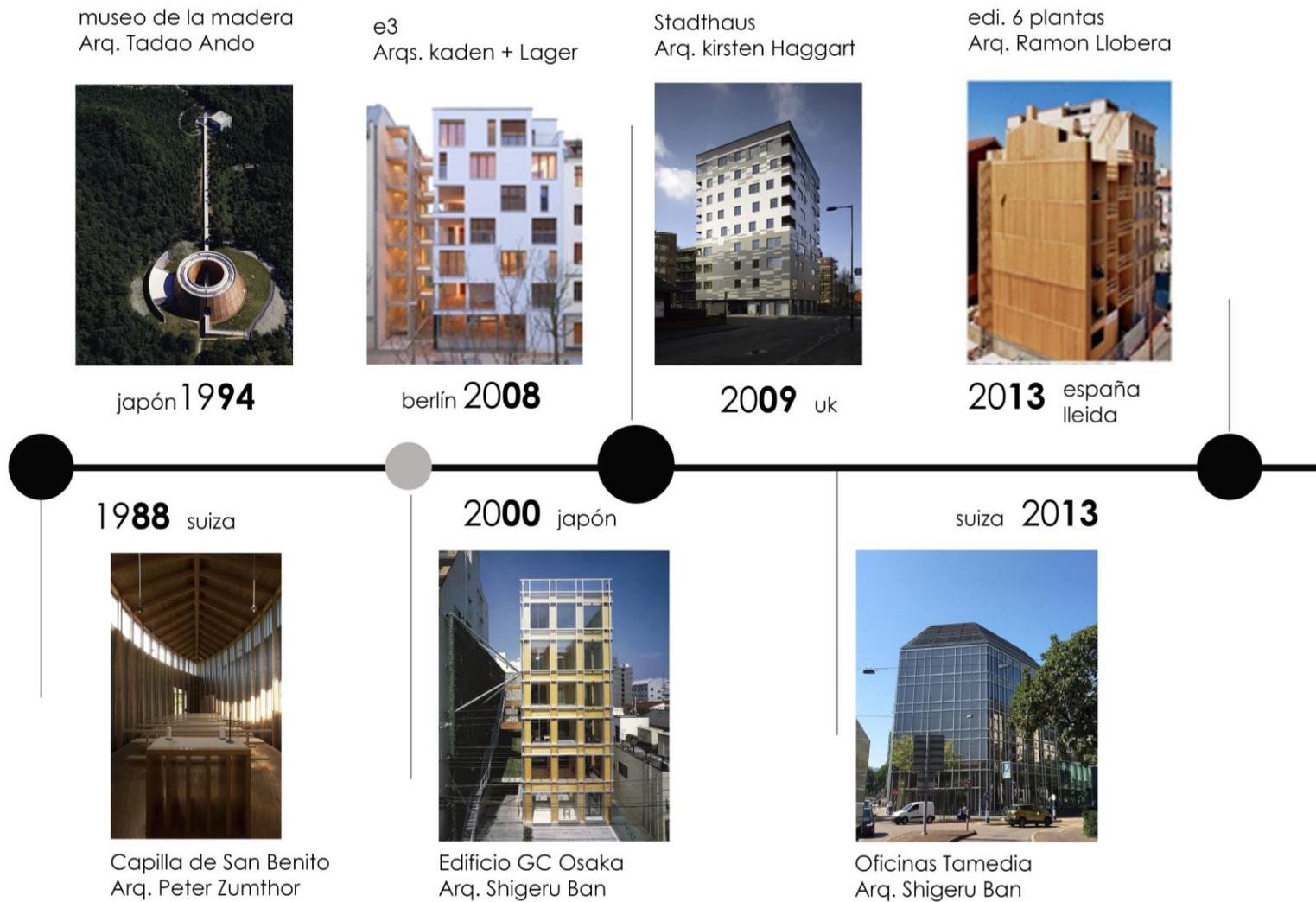


Fig.9 Pruebas de glulam en Forest Products Lab, 1934.



Fig.10 Michael Gree – ted Talk

+ 1.2 Línea de tiempo



+ 1.2 Línea de tiempo



+ 1.3 Problema

En el último siglo el sector de la construcción ha tenido un crecimiento desmesurado, alargando un antiguo modelo de construcción que data de la revolución industrial. Basado en la sustracción incalculable de recursos naturales convirtiéndolos en materiales y elementos no renovables, dicha transformación genera grandes emisiones de CO₂, esto no solo se da en esta etapa; las emisiones siguen sumando mediante el transporte de estos productos, lo cual consume una gran cantidad de energía, basado en la distancia a recorrer, el peso del material y su forma, la distribución, etc. Posterior a esto, la energía empleada en la propia obra ya que los sistemas tradicionales imponen tiempos de construcción prolongados lo que demanda el uso de numerosos trabajadores, extenuantes procesos, grandes cantidades de desechos los cuales precisa su propio transporte. Además, tras su construcción los edificios siguen generando un despilfarro energético en la búsqueda de confort al recurrir a diferentes sistemas que suplen estas necesidades a un gran costo.

Todo esto generan sucesos desastrosos en el medio ambiente, *“en la UE la construcción y el uso de los edificios representa: 40% del consumo final de energía, 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero, 50% de todos los materiales extraídos, 30% del consumo de agua, 35% de todos los residuos generados”* [2] en España la construcción y la vivienda representa un 30% de emisiones de gases de efecto invernadero. Lo cual, obliga a buscar diferentes medidas y alternativas frente a estos problemas de impacto, tanto en obra nueva como existente.

+ 1.4 Hipótesis

Frente al presente caótico panorama ambiental, la madera hace un importante resurgimiento, presentándose como una respuesta idónea a la formación de un nuevo modelo de construcción con la capacidad de enfrentar el cambio climático, el cual está sustentado principalmente en el uso de materiales renovables. Dicho material cuenta con propiedades únicas desde su etapa de crecimiento, impulsado por la energía solar, almacenando CO2 el cual conserva a pesar de su transformación. Además, sus propiedades técnicas han facilitado el proceso de prefabricación e industrialización, originando productos de todo tipo, más tecnificados, grandes piezas estructurales y demás, acortando tiempos de construcción y optimizando el trabajo en obra, proporcionando un gran desarrollo tecnológico a gran velocidad a comparación del acero, hormigón y plásticos.

+ 1.5 Objetivo general

Investigar, constatar, y comprender el interés actual que tiene la utilización de la madera como material sostenible y por qué está siendo impulsada por diferentes agentes de la construcción. Tomando como ejemplo diferentes tipos de proyectos en Cataluña en los últimos 10 años.

+ 1.6 Objetivos específicos

- Examinar 10 casos de estudio de diferente índole en Cataluña construidos en los últimos 10 años, explorando la utilización del material, técnicas y demás.
- Elaborar una herramienta para el análisis de los casos de estudio, tomando como base los diversos conceptos proporcionados en el marco teórico.
- Formular una herramienta de análisis de los productos empleados en los proyectos estudiados, y así revelar cuales son los más predominantes en Cataluña.

+ 1.7 Metodología

La metodología del presente trabajo se divide en dos líneas de investigación. La primera, consiste en el trazo del marco teórico donde se presentan todas las propiedades de la madera, su comportamiento, productos derivados, métodos de empleo, sistemas y demás; el cual seguidamente se resumen en las herramientas de análisis. Posteriormente, se procede a la segunda entrega de la investigación la cual se centra en los casos de estudio. Inicialmente se elabora un listado de proyectos de toda tipología en Cataluña indagados de varias fuentes, del cual, se seleccionan diez casos para realizar un análisis preciso de cada uno. De igual manera, se efectuará una pesquisa a los productos utilizados en los casos examinados. Posteriormente se desglosan los resultados obtenidos para finalmente desarrollar las conclusiones de la investigación.

+ 2. Marco teórico

+ 2.1 Introducción

Como se ha expuesto anteriormente, la madera paso de ser un material tradicional, arcaico a ser altamente innovador y tecnológico, más industrializado y prefabricado el cual está siendo impulsado por temas medio ambientales.

Un factor decisivo en este progreso fue el uso de maderas coníferas, que cuentan con cuantiosas ventajas, las cuales no se empleaban en elementos estructurales y se recurría a las maderas frondosas por su resistencia y rigidez, sin embargo, su elevado peso dificultaba su manejo y transporte, lo que llevo a virar la mirada hacia las coníferas que son más ligeras y no varía su desempeño.

Este cambio permitió grandes avances en la fabricación de diferentes productos acompañado de otros avances tecnológicos, como en la química con el desarrollo de colas cada vez más calificadas y menos tóxicas, en el perfeccionamiento de maquinarias para la manufactura de diferentes piezas donde prácticamente la única limitante es la forma de transportarlas. En este caso, los avances mecánicos en las uniones juegan un papel muy importante logrando mayor efectividad, de igual manera la optimización de los secados, reduciendo las diferencias de dimensiones de las piezas creando así elementos cada vez más precisos.

Otro factor importante es el progreso en la gestión del bosque, lo que en el marco de la sostenibilidad es muy oportuno aprovechando al máximo los valores de dichas maderas, como el rápido crecimiento a comparación de las frondosas, la siembra de vastos bosques reteniendo así grandes cantidades de CO₂, especialmente los árboles más jóvenes.

Todo ello ha incitado a la proyección de diferentes proyectos en todo el mundo donde se puede evidenciar los atributos que tiene la madera, especialmente con la situación actual en cuanto al cambio climático, demostrando las posibilidades de construir adecuadamente sin comprometer el futuro de los recursos naturales



Fig.11 Pabellón dorado – Kioto

+ 2.2 Conceptos

2.2.1 Composición de la madera:

Para comprender la operatividad de la madera, es importante exponer como se gesta su fuente, los árboles. El proceso de crecimiento se origina en las raíces, las cuales impulsan sus nutrientes por todo el tallo hasta las hojas de la copa, la cual se propulsa en búsqueda de luz solar para así dar paso a la fotosíntesis y posteriormente la savia transformada empieza su descenso hacia todos los demás componentes del árbol.

El tallo sin duda es la parte más importante para estudiar en el presente estudio, el cual funciona de manera muy similar a cualquier elemento estructural, ya que es el responsable de aportar la resistencia, rigidez y ligereza al tallo para tolerar diferentes fuerzas externas como los vientos e incluso su propio peso. El tronco del árbol tiene una composición compleja que se puede seccionar en dos partes, la primera de forma macroscópica, para ello se establece un orden de ejes en el mismo tronco para facilitar su estudio los cuales son:

- Axial
- Transversal
- Radial

Lo que lleva a los siguientes componentes:

1. Corteza externa o corteza muerta: al igual que cualquier elemento estructural, su capa externa compuesta por células muertas cumple con la función de proteger el interior del tronco.
2. Corteza interna: también se le denomina corteza viva por su composición, la cual consiste en dos capas, la primera llamada xilema la cual crece hacia el interior y posteriormente se convierte en los anillos de crecimiento y la segunda capa floema la cual se extiende hacia el exterior. Ambas capas tienen como función el transporte de nutrientes.

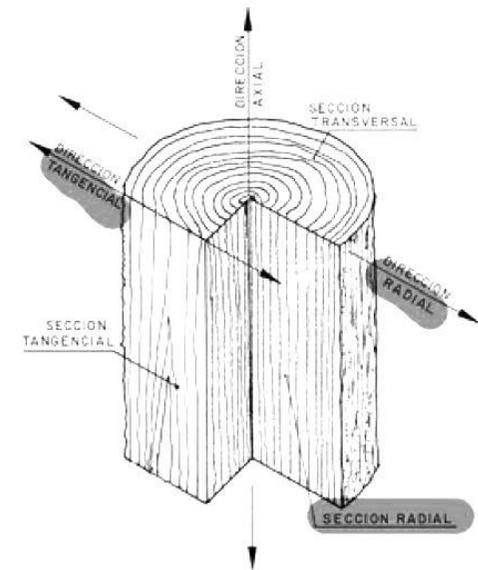


Fig.12 Orden de ejes.

3. Albura: se encuentra en el interior y es la sección más joven del leño, contiene los anillos de crecimiento más recientes y sus funciones varían entre el paso de la savia y su almacenamiento, y como respaldo estructural.
4. Duramen: se encuentra en el interior del tronco, de color más oscuro que la albura, está compuesto por células inactivas y saturadas, estas células muertas hacen que se vuelva más resistente, fuerte y denso por lo tanto menos permeable, eludiendo ataques de hongos e insectos. Es la parte del árbol con mayor incidencia tecnológica.
5. Medula: se ubica en el centro del tronco, al igual que el duramen se compone de células muertas, es un tejido liviano de consistencia porosa.
6. Radios leñosos: son células situadas en forma perpendicular al eje del leño, son las principales causantes de las contracciones en la madera.
7. Anillos de crecimiento: están conformados por nuevas células que van creciendo al absorber CO₂, cada anillo de un árbol es el que ha ido reteniendo y absorbiendo CO₂ para poder crecer; se clasifican de dos maneras, anuales¹ (plantas de la zona boreal) y estacionales² (plantas de la zona tropical). En cuanto se presencia más anillos, la madera es relativamente más ligera, blanda y menos resistente.

En cuanto a su composición microscópica, la madera es un vegetal leñoso conformado por diversas células de forma tubular unidas entre sí y sus paredes están compuestas por capas de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales son responsables de importantes tareas como la conducción de savia, transformación y depósito de nutrientes fundamentales y el sostenimiento.

+ 2.1 Conceptos

2.2.2 Tipos de madera:

La madera como material natural tiene una amplia gama de especies, se estiman alrededor de 16000, sin embargo, se usan aproximadamente 2000, cerca de 500 coníferas y 1500 frondosas. Es importante tener presente esta división, la cual facilita la clasificación de dichas especies, las cuales se comentan a continuación.

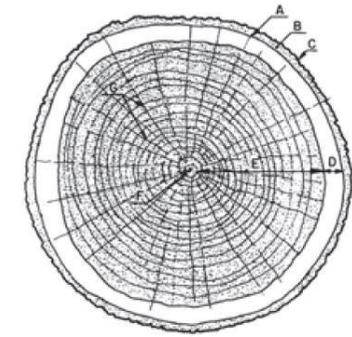


Figura 1. Sección transversal de un tronco (A: Cambium, B: Corteza viva, C: Corteza muerta, D: Albura, E: Duramen, F: Médula, G: Radios leñosos). (Fernández-Golfín).

Fig.13 Componentes de la madera

- **Maderas coníferas:**

También conocidas como gimnospermas las cuales son plantas cuyas semillas están expuestas y sus hojas tienen forma de aguja, duras y de textura escamosa. Su estructura interior es más homogénea, está compuesta por canales resiníferos que tienen como tareas la conducción de la savia y el sostenimiento. Por lo general, este tipo de árboles poseen un tronco recto hasta su parte superior, esta especie crece mayoritariamente en sitios templados o fríos del planeta, también conocidos como zona boreal. Este tipo de madera se consideraba menos valiosa y se empleaba principalmente para mobiliario por ser blanda y ligera, sin embargo, más adelante se aprovecharían para obtener productos estructurales, que tienen igual o más resistencia que una frondosa; otra gran ventaja a favor es su rápido crecimiento, agregado a que el árbol absorbe más CO₂ en su etapa temprana de crecimiento lo que la hace aún más sostenible.

- **Maderas frondosas:**

Igualmente, conocidas como angiospermas que son plantas con semillas envasadas o cubiertas por un fruto, se reconocen por sus anchas hojas. Su estructura es más compleja que las coníferas, esta se compone de dos tipos de células, los vasos los cuales trasladan la savia y las fibras que provee el sostenimiento. Comúnmente son maderas densas, por lo tanto, más pesadas, de tonalidades más oscuras y sus anillos de crecimiento son difíciles de percibir. Este

tipo de árbol se produce en áreas más calurosas y húmedas, usualmente alrededor del Ecuador conocidas como zona tropical, aunque en algunos casos también crecen en zonas templadas. Esta clase de madera fue la predilecta en la construcción a través de la historia, no obstante, su peso y el prolongado tiempo que requiere su crecimiento crea dificultades considerables.

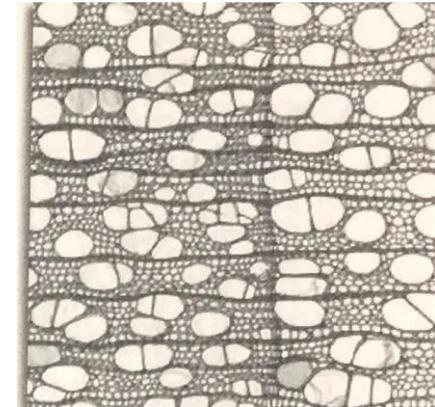


Fig.14. Composición microscópica-coníferas

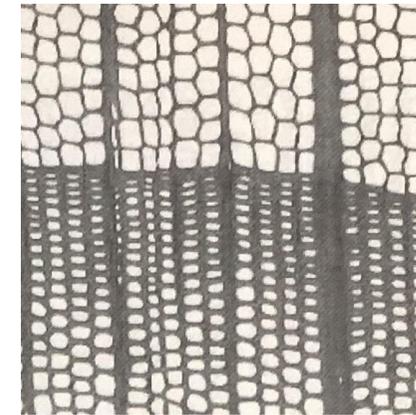


Fig.15. Composición microscópica-frondosas

+ 2.1 Conceptos

2.2.3 Propiedades:

Para comprender el comportamiento de la madera, se exponen tres propiedades básicas en la figura 1 las cuales son:

Anisótropo: Cuando presenta propiedades físicas diferentes en las tres direcciones, es decir, cualidades como elasticidad, temperatura, etc., varía según la dirección con la que se mida, en este caso puede ser diferente en cada tipo.

Heterogéneo: muestra diversos elementos anatómicos tanto en su estructura exterior como interior, influido por el origen de la especie y demás factores.

Higroscópico: donde las características del material se alteran según la humedad que posee, la madera tiende a absorber y transferir agua con el medio ambiente.

Estas propiedades esencialmente influyen en importantes características de la madera como su elasticidad, la humedad la cual afecta las dimensiones del material, por lo tanto, en los productos que se derivan, su conductividad, etc. Otras propiedades significativas son:

- **Densidad:** se refiere a la relación entre masa y volumen, lo cual se determina según su especie, el tronco, entre otros, y traduce básicamente en el peso que tiene la madera; siendo un material poroso, algunas especies pueden llegar a tener una densidad de 100kg/m³, si bien, la madera fuera totalmente maciza su densidad llegaría a los 1500kg/m³. Justamente las maderas coníferas tienen una densidad aproximada de 500kg/m³ a comparación de las frondosas que oscilan entre los 650kg/m³. Otro factor influyente en la densidad es el contenido de humedad.

- **Dureza:** se puede tomar tanto como propiedad física o mecánica. Se refiere a la resistencia que ejerce a la penetración física de otra materia, en este caso serán objetos como clavos, tornillos, la propia herramienta con la que se transforma y demás. Al igual que la densidad, la dureza está determinada por la composición o la especie del árbol.

Otra condición significativa de la madera, especialmente para temas medio ambientales es su naturaleza orgánica, por esta razón, es un material degradable que lo afecta diferentes agentes como hongos, insectos y demás, lo que asegura su reciclabilidad a comparación de otros materiales.

+ 2.1 Conceptos 2.2.4 Comportamiento:

Humedad:

La molécula del agua tiene un tamaño muy reducido a comparación de la madera, para tener una imagen se relación a "...un balón de fútbol en toda una ciudad como Londres"¹, por lo tanto, la madera la absorbe con gran facilidad, pues esta se mueve con gran facilidad de célula a otra. Esto no es un caso aislado, pues el agua penetra cualquier tipo de material por la misma razón, además, al ser un material orgánico tienen gran afinidad y está en constante intercambio con la misma o con el aire.

El agua se manifiesta en la madera de las siguientes maneras:

- Agua de impregnación: la cual se presenta ligada al interior de sus células, precisamente en sus paredes. Por el contrario, la ausencia de la misma ocurre solo cuando cesa sus actividades vitales de transporte de nutrientes.

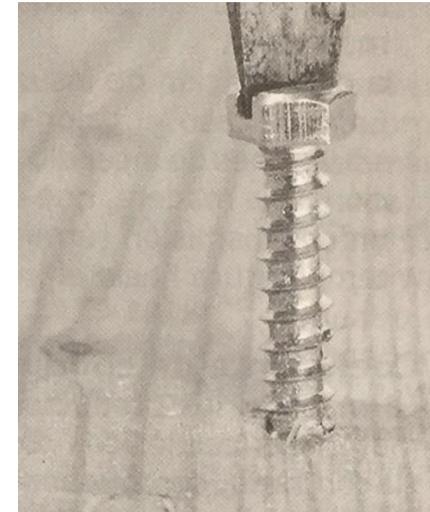


Fig.16. Dureza

- Agua libre: se encuentra al interior de sus células, donde el agua transita libremente, justo por donde pasa la savia. La presencia de agua en cualquier forma sea líquida o gaseosa se da cuando la humedad contenida es mayor al 30%.

Cuando la madera está recién talada contiene una humedad aproximadamente entre el 70% y 200%, al secarse al aire libre el porcentaje baja al 16% o 18% que es muy notable, pues la madera tiene a buscar un equilibrio, el inconveniente de este proceso es el tiempo, ya que tarda muchos años; teniendo en cuenta que la humedad normal o de referencia es del 12% se recurre a secados artificiales realizados en grandes hornos, gracias a los nuevos avances tecnológicos.

La humedad afecta específicamente las dimensiones de la madera, cuando crece se hincha aumentando su volumen y cuando se disminuye se contrae causando grietas y deformaciones. Por ende, el secado es primordial para lograr piezas de dimensiones más precisas.

Aparte de las variaciones de dimensión, la humedad facilita los ataques de hongos y/o insectos, si son asaltos intensos pueden comprometer la resistencia de la madera. Asimismo, los hongos son causantes de la pudrición, las cuales afectan las propiedades mecánicas; como se mencionaba antes es algo normal del material por su naturaleza orgánica. Teniendo esto en cuenta, existen diversos tratamientos para combatir estos agentes sea intensificando la durabilidad del material o incrementando su resistencia física y/o química, lo que se aplica tanto al material como a sus productos derivados. A pesar de ello, es importante escoger con cuidado, el tipo de madera, tratamientos, entre otras cosas, dependiendo la función que vaya a cumplir para así garantizar un mejor funcionamiento.



Fig.17. Pudrición localizada por humedad

+ 2.1 Conceptos

2.2.5 Fuego:

Para comprender el comportamiento de la madera y sus derivados frente al fuego, es importante distinguir dos nociones elementales: la reacción y la resistencia.

- La reacción calcula el rendimiento del material, su respuesta al fuego y como puede contribuir a él.
- La resistencia esencialmente mide el tiempo en el que puede mantener sus funciones portantes, de integridad, etc.

En cuanto al material, cabe resaltar que la madera está compuesta por 50% carbono, 43% oxígeno, 6% hidrógeno y 1% de otros compuestos, esta elevada presencia de carbono hace que dicho material sea combustible, a pesar de ello tiene un comportamiento favorable como material estructural ya que su combustión es lenta esto gracias a su baja conductividad térmica. La carbonización inicia en su exterior, la cual se convierte en un recubrimiento que actúa como protección del interior, es muy interesante ya que es el único material que tiene la capacidad de auto protegerse; esto como las demás propiedades depende de la especie de madera, su densidad, etc. Adicionalmente, al ser un material higroscópico, su contenido de humedad puesta en obra oscila entre el 8% al 15% lo cual permite que este contenido tienda a evaporarse antes de iniciar su combustión.

A pesar de su mala reputación, en caso de un incendio en un edificio el primer alimento del mismo son los elementos decorativos como mobiliario, utensilios, especialmente los textiles, por encima de los elementos estructurales. Si la llama llegase a la madera, esta no produciría ignición hasta alcanzar temperaturas aproximadamente de 300°C, inclusive no empieza a arder hasta llegar alrededor de los 400°C.

En cuanto a una obra edificada con madera, es importante tener en cuenta el comportamiento no solo del mismo sino de todos los materiales y elementos utilizados. La madera por sí sola al arder no se derrite desprendiendo gotas o partículas del material que

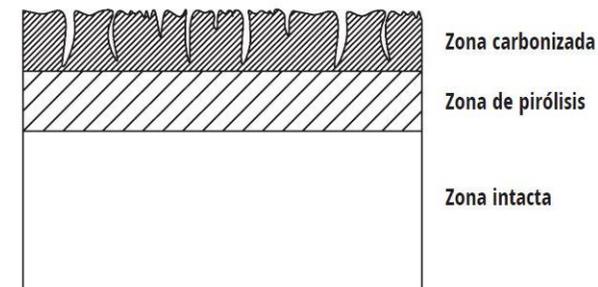


Fig.18 Resistencia al fuego



Fig.19 Carbonización madera

puede ser peligroso para una persona que esté dentro de dicha estructura, sin embargo, a pesar de que genere cantidades moderadas de humo, al estar unido a otros materiales como revestimientos y demás puede empeorar, esto es la principal causa de mortalidad en un incendio.

En el caso de las uniones, anteriormente predominaban aquellas fabricadas con la misma madera, las uniones metálicas se empleaban para mantener las piezas en su sitio. Actualmente, las uniones han avanzado al punto de ser utilizados más activamente por su habilidad de transmitir esfuerzos, por ende, es imprescindible su cuidado, en este caso se recurre a utilizar algún tipo de recubrimiento o esconderlos de alguna manera al momento de situarlo en el diseño.

Vale la pena señalar, que la madera de nuevo gracias a su baja expansión térmica, cuando está expuesta a un incendio no se dilata lo suficiente para ocasionar deformaciones, a comparación de una estructura metálica como por ejemplo el acero que se deforma con mayor facilidad lo cual dificulta labores de evacuación y demás.

Existen diferentes productos ignífugos para tratar la madera, no obstante, no evitan completamente la carbonización y descomposición. La mayoría de productos son aplicables a la madera creando capas, pero actúan de diferentes maneras, algunos al estar expuestos a la llama se funden creando así un recubrimiento el cual obstruye el ingreso de oxígeno o gases, otros se convierten en espumas hinchables las cuales actúan como protección del interior del elemento, incluso existen productos que aceleran el proceso de carbonización que como se mencionaba antes protege el núcleo interno de la pieza. La composición de los productos suele ser orgánicos

solubles o no al agua. Además, como prevención se tiende a engrosar las dimensiones de las piezas estructurales para evitar su deterioro.

Conductividad térmica:

La madera al igual que sus derivados son deficientes conductores de calor, por ende, son buenos aislantes, no obstante, no se emplea como aislante térmico ya que en el mercado se pueden encontrar productos más eficientes como las lanas minerales. Este comportamiento se da gracias a su composición porosa convirtiéndose en una característica beneficiosa, ya que reduce el efecto de los puentes térmicos en los proyectos, lo cual, ayuda a disminuir el gasto excesivo de energía en calefacción o aire acondicionado dentro del mismo.

Comportamiento acústico:

La madera tiene unas características peculiares que se ven reflejadas en su comportamiento acústico, que se presenta en las siguientes condiciones:

- *Aislante acústico:*

La madera es un mal aislante acústico, este comportamiento esté ligado al contenido de masa la cual es atravesada por la onda sonora, sin embargo, este material al tener diferentes tipos de especies con gran variedad de densidades como las maderas más pesadas; a pesar de esto, para que funcione como absorbente, este trabaja mejor cuando está acompañado de otro material.

- *Absorción acústica:*

En este caso, la madera tampoco funciona bien como absorbente acústico, a pesar de ser un material poroso, no es suficiente para ser un buen absorbente, por consiguiente, los materiales más blandos y porosos como el corcho opera mucho mejor, reduciendo la reverberación de la onda sonora. La madera se puede emplear mientras este perforada y usualmente ligada a otro material.

Comportamiento ante sismos:

Los sismos son sucesos complejos y repentinos, que consisten en la liberación de grandes cantidades de energía a la superficie terrestre causando fuertes movimientos de forma horizontal como vertical, estas fuerzas se presentan esencialmente en los componentes más pesados que es básicamente los estructurales, sobretodo en forjados y cubierta. Lo ideal, es que una estructura pueda transmitir las fuerzas del sismo entre plantas, para que los esfuerzos

no queden aglomerados en una sola planta, de igual manera en la cimentación, básicamente que la estructura sea uniforme y continua.

Una característica primordial que se debe poseer una estructura es su habilidad de disipar la energía sísmica, lo que consiste en la destreza de la misma y el material para superar su límite elástico permitiendo una deformación dúctil sin que este se quiebre.

A pesar de que la madera es un material bastante elástico, la capacidad de disipación se da es en la ductilidad de las uniones. De modo que, absorben la energía y son responsables de resistir las distorsiones que conllevan sin colapsar, mientras que la madera debe sobrellevar las cargas que propagan las uniones. El correcto empleo y configuración de esta dupla se verá reflejado en como resiste las fuerzas impuestas por el sismo. Pese a la importancia de las uniones, el reducido peso de la madera a comparación de otros materiales hace que la carga del edificio disminuya.

Las estructuras se clasifican en tres tipos, según su capacidad de disipación:

- Estructuras con disipación baja:
Básicamente se resume en las estructuras isostáticas, son aquellas donde las uniones carecen de rigidez y el fracaso de alguna no podrá ser absorbida por la estructura, lo que conllevaría a su colapso.
- Estructuras con disipación media:
Se trata en su mayoría de estructuras hiperestáticas, donde sus conexiones son notoriamente rígidas o semirrígidas y en caso de que falle, la fuerza podría ser absorbida por la estructura.
- Estructuras con disipación alta:
Estos sistemas fundamentalmente compuestos por paneles en muros conectados por medio de uniones como clavos y tornillos, tienen una gran destreza para disipar energía, esto se logra gracias a plastificación del acero de las uniones, junto a su

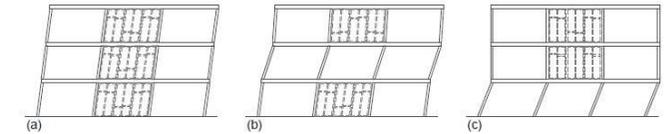


Fig.20 Mecanismos de colapso lateral

configuración y distribución en la estructura al ser de dimensión reducida lo cual permite que se puedan ubicar en mayor cantidad.

+ 2.1 Conceptos

2.2.6 Gestión del bosque

La correcta gestión y conservación de los bosques, sin duda ha tomado gran interés a nivel mundial, sobre todo ahora teniendo en cuenta la precaria perspectiva ambiental en la que nos encontramos. Considerando las ventajas que ofrece la madera se ha enfocado en aumentar los controles del flujo de este material en el mercado, efectuando certificaciones donde se estudian condiciones como:

- Disponibilidad:
En este caso, se revisa cuidadosamente su procedencia, su plantación, si fue natural o artificial, el cuidado de la masa, etc. Por ejemplo, las maderas coníferas tardan aproximadamente 25 años en alcanzar un desarrollo ideal para su transformación, mientras que las frondosas se prolongan a los 50-80 años, por lo tanto, si la industria se encargara de talar solo maderas frondosas deforestarían el mundo, por ello se busca un correcto equilibrio; Inclusive se sugiere emplear clases de maderas diferentes y probablemente menos conocidas para contribuir a este equilibrio.
- Ciclo de CO₂
Como se ha manifestado anteriormente, una de las grandes cualidades de la madera es su capacidad de absorber CO₂, a menos que se pudra o se queme lo cual ocasiona que este CO₂ regrese a la atmosfera. Este proceso a pesar de ser más competente en los primeros años de crecimiento del árbol, sigue siendo extenso, ya que se prolonga por años, cientos incluso; por esta razón, su correcta gestión busca potenciar esta cualidad como por ejemplo estimulando la siembra activa, la reforestación, para así tener más herramientas para combatir el cambio climático.



Foto: FSC IC.

Fig.21 FSC® Forest Stewardship Council



Foto: FSC GD.

Fig.22 FSC® Forest Stewardship Council

- Reciclabilidad:

La madera, al tratarse de un material orgánico es reciclable, si bien, esto sucede como material, en la construcción se comporta diferente ya que depende de cómo se haya transformado y con que otros materiales o elementos se realizó. Por ejemplo, en el caso de algún tipo de estructura de madera, donde se pueda rescatar alguna pieza estructural sea por derribo, se puede ir modificando en elementos más pequeños como productos estructurales de menos exigencia, mobiliario, etc.; de ahí, se puede convertir en formas aún más pequeñas las cuales se pueden usar en tableros, entre otros, y finalmente en su última etapa podría ser aprovechada para originar energía como en biomasa.

En Cataluña particularmente, su superficie forestal comprende un 64% y produce grandes cantidades de m³ de madera pese a que no se aprovecha en su totalidad. En consecuencia, se busca fomentar la adquisición, logrado por explotaciones sostenibles y busca impulsar el uso de la misma como material óptimo para la construcción. Vale la pena señalar, que en España el sector de la construcción se ha convertido en el mayor consumidor de madera certificada, cada vez ofrecen más herramientas para llegar a ello, facilitando lista de proveedores aprobados, verificación de abastecimientos de madera, también cuenta con el aval de organizaciones de referencia internacional, entre otras cosas.

+ 2.2 Productos de madera

La madera por si sola cuenta con múltiples propiedades y características tecnológicas, las cuales dependen de su especie en esencia; lamentablemente, de esta manera presenta más dificultades en cuanto a humedad, durabilidad y demás, restricciones de dimensión en relación a su peso, etc. Por esta razón, gracias a los avances tecnológicos se ha logrado obtener una vasta cantidad de productos derivados, los cuales siguen conservando las ventajas propias del material. Estos productos, se vuelven homogéneos, innovadores y de altos

estándares de calidad, propiedades más controladas, de tal manera que compite con cualquier otro elemento estructural de diferente material.

La madera según el producto, puede pasar por variadas transformaciones antes de convertirse en el producto deseado, desde su uso más sencillo como las aserradas hasta llegar a triturar, astillar e inclusive modificarla químicamente para separar sus fibras, combinarlas con otros elementos, etc. Estos productos se han perfeccionado al punto de que, para cada uso, necesidad, aplicación, existe una pieza específica para dicha tarea; a pesar de la inmensa lista de productos, se pueden clasificar en elementos lineales estructurales como vigas y en elementos superficiales estructurales como por ejemplo los paneles; otra forma de categorizar estos productos es según su clase de servicio que está definido según su humedad, existen tres clases las cuales son:

- Clase de servicio 1: corresponde al equilibrio higroscópico del aire del ambiente con respecto a la madera, que oscila en el 12%, es decir que el elemento estructural no está expuesto directamente a la humedad, un ejemplo de esto puede ser el interior de una vivienda.
- Clase de servicio 2: sucede cuando el equilibrio higroscópico de la madera en relación al ambiente no excede el 20%, dicho de otra manera, es cuando la pieza estructural está cubierta, pero se encuentra más expuesto a la humedad, como la estructura de la cubierta de una piscina, por estar próxima al agua.
- Clase de servicio 3: corresponde al equilibrio higroscópico del aire del ambiente con respecto a la madera la cual supera el 20%, esto es cuando la estructura está expuesta a la humedad, como puede ser el caso de un puente peatonal.

A continuación, se exponen algunos productos de renombre en el mercado.

+ 2.2.1 Madera aserrada estructural:

Como su nombre lo expresa, estas piezas se producen a partir del mismo tronco del árbol, mediante el corte o perfilado en aserraderos, sin mayor alteración adicional, el único tipo de mejora al que se somete es a cepillado, secado en horno, etc. Su sección es rectangular y se clasifica estructuralmente por medio de la clasificación visual o mecánica.

Su empleo depende de sus secciones y de la estructura; en secciones pequeñas y medianas, se usa principalmente en entramados ligeros alcanzando varias plantas mientras sean moderadas, o si se emplea en una sola planta se da para usos más amplios como usos comerciales, entre otros.

Al ser un producto aserrado no hay dimensiones estandarizadas, sin embargo, para una utilización adecuada se sugiere llegar a secciones de máximo 150 x 300mm, con longitudes aproximadas de 7 a 8m. La durabilidad de la pieza depende esencialmente de su especie, y no presenta inconvenientes mientras se empleado en clases de servicio 1 y 2. La resistencia al fuego está sometida a su sección, si es grande será alta y si es pequeña será baja; mientras que su reacción al fuego, al ser la madera un material de combustibilidad alta, su reacción al fuego será baja.

+ 2.2.2 Tableros de madera maciza:

- **Madera aserrada laminada:**

También llamado **dúos, tríos**, según el número de láminas unidas cara a cara en dirección paralela, que son unidas por encolado. Cada lamina se seca y se clasifica estructuralmente según su resistencia. Su sección suele ser mayor de 45mm y menor de 85mm, de luces mayores a las de la madera aserrada, y se utiliza con más frecuencia como vigas, viguetas, es decir, en estructuras de dimensiones pequeñas, normalmente en clase de servicio 1 y 2.



Fig.23 Madera aserrada estructural

- **Madera laminada encolada:**

Habitualmente conocido como **glulam**, este elemento estructural se consigue encolando láminas de madera estructural con un espesor aproximado de 6 a 45mm, unidas por la cara, también se puede obtener más longitud al encolar dichas piezas por el testero o por uniones dentadas. Los adhesivos utilizados deben aportar la correspondiente durabilidad y resistencia para mantener la clase de servicio. Adjudicado por toda la vida útil de dicha pieza; del mismo modo, el adhesivo más utilizado es el poliuretano, entre otros.

Se pueden lograr diversas dimensiones gracias a uniones dentadas, también denominada como "finger joint" o KVH, esta unión, se da al efectuarle una dentadura múltiple la cual puede ser en su cara o canto, y se refuerza con adhesivos usualmente de poliuretano, el cual debe resistir las circunstancias ambientales del uso donde esté instalado. Gracias a estas uniones, se obtienen longitudes más extensas. Su característica mecánica debe asegurar la resistencia de la dentadura en flexión y tracción.

A pesar de ser un producto que tiene la posibilidad de encargarse a medida, existen algunas dimensiones predeterminadas también dependen del fabricante que las elabore, por ejemplo, en vigas el cual es el producto más aprovechado, a la variedad de anchuras va desde los 80 a los 220mm con una longitud de 2400mm, el cual, debe tener un comportamiento al fuego el cual cuente con una resistencia de 30 minutos. Con respecto a la humedad, al ser un producto manufacturado en fabrica, se tiene un alto control higroscópico, no obstante, se aconseja que al momento de instalarlo en obra sea en un ambiente equilibrado, más específicamente en clases de servicio 1 que sea del 12% y del 18% en clases de servicio 2. La durabilidad está sujeta tanto a la madera como a los adhesivos.

Las aplicaciones de este producto, se da en estructuras de grandes luces libres de aproximadamente 30 a 70m, en construcciones de menor escala y de estructura mixta de luces que oscilan los 8 a 14m, en estructuras donde se precise una estabilidad al fuego; de igual manera, tiene un excelente comportamiento en ambientes corrosivos y agresivos, como piscinas, construcciones industriales, en áreas costeras, entre otras.



Fig.24 Glulam

El transporte es un factor muy importante para la conservación del producto, usualmente se cubre en plásticos para su protección contra la humedad y se evita que reciban esfuerzos extras, etc.

- **Tableros estructurales de madera contralaminada:**

Otra denominación y la más conocida que sería **CLT (Cross Laminated Timber)**, consiste en un tablero formado por capas impares de madera estructural de aproximadamente 12 y 45mm unidas de forma perpendicular, encoladas por su cara y por las testas para lograr mayores longitudes; las cuales están categorizadas según la especie de la madera donde normalmente se emplean las coníferas lo que impulso el desarrollo de este producto, también según su número de capas y el grosor de las mismas, incluso la sección total del panel. En cuanto a sus adhesivos, como los productos antes mencionados, el más utilizado es el poliuretano seguido de la melamina-urea-formaldehído.

Este artículo, junto al glulam se puede fabricar a medida, logrando diferentes dimensiones gracias al finger joint y otras características, al punto que permite diseñar el paso de instalaciones, etc. Prácticamente la única limitante en cuanto a dimensiones es el transporte del mismo, no obstante, se cuenta con algunas medidas estandarizadas las cuales son:

- longitud máxima: de 15 a 25m
- ancho: hasta 5m
- espesor: hasta 500mm

El contenido de humedad está ligado a su fabricación, la cual contiene aproximadamente el 12%. Su densidad también depende de la especie, al emplearse casi en su totalidad coníferas, se encuentra entre 450 a 500kg/m³, la ventaja de esto es su gran reducción de peso, tal es la merma que al hacer una comparativa con el hormigón, se reduce de manera notable en un 65 a 90%.

El panel, a pesar de tener tan bajo coeficiente de amortiguamiento, especialmente cuando se emplea como forjado, una buena corrección a esto una apropiada ubicación de la caja de ascensores. En cuanto al comportamiento contra el fuego,



Fig.25 CLT

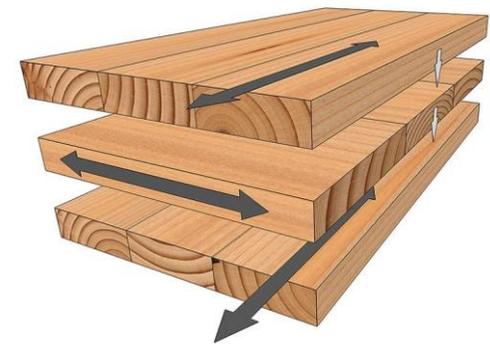


Fig.26 CLT dirección de tablas

particularmente en su resistencia tiene un excelente comportamiento gracias a su grosor. Con respecto a su resistencia térmica, cuando se usa por ejemplo como muro en fachada, esta se ve afectada por la función estructural, por ello el panel presenta mejor conducta cuando se agrupa con otras capas aislantes, revestimientos, incluso situando una cámara de aire, así, se logra superar la resistencia que ofrece una fachada de ladrillo hueco, inclusive de hormigón.

El producto logra traer tantos beneficios que dio lugar a un innovador sistema constructivo y a nuevas formas de usar productos estructurales de madera. Gracias a particularidades como la reducción de peso, mayor rigidez, y demás, se ha logrado implementar este elemento en todo tipo de construcciones, de diversas luces y necesidades. Está permitido su uso en construcciones de clase de servicio 1 y 2 y se frecuente su uso en forjados, muros, cubiertas, cerramientos, incluso en construcciones con sistemas mixtos.



Fig.27 Madera microlaminada LVL

+ 2.2.3 Tableros de chapas (Contrachapados y laminados):

- **Madera microlaminada:**

También conocido como LVL (Laminated Veneer Lumber), es un producto que se compone por chapas de madera, es decir, finas láminas de madera de aproximadamente 3 y 5mm de espesor, orientadas a la misma dirección. Las chapas de madera usualmente provienen de maderas coníferas y se obtienen por desenrollado; al usar esta especie, su densidad varía entre 500 y 600kg/m³.

Este artículo se elabora continuo y su única limitante es la capacidad de transportarlo, sin embargo, las dimensiones estándar son 2,4 y 2,7m, otras medidas son:

+Vigas:

-grosor: de 21 a 75mm

-ancho: elaborado a partir de paneles de 1800 o 2500mm, transformándolos a dimensiones de 100 a 900mm.

-longitud: usualmente se hace sobre pedido, con una longitud máxima de 23m.

+tableros:

-grosor: de 21 a 69mm

-ancho: 1800 a 2500mm

-longitud: usualmente se hace sobre pedido, con una longitud máxima de 23m.

El contenido de humedad es del 10%. El producto tiene una buena relación peso/resistencia en comparación con otros materiales, incluso de la madera, esto depende igualmente de la especie de la madera y el grosor de la chapa. La durabilidad del producto puede alcanzar los 50 años de vida útil, que es lo normal en la mayoría de construcciones. Sin embargo, presenta más inconvenientes si se usa en el exterior si no se emplea con los tratamientos adecuados.

Su uso habitual se da en diversos tipos de vigas, como viguetas de forjado, vigas de sección doble T, vigas de construcción ligera, etc.; también en paneles ligeros utilizados en forjados y cubiertas, pórticos para múltiples usos desde industriales a deportivos, en cerchas, entre otros.

- **Tablero estructural contrachapado:**

También conocido como **plywood**, es un elemento estructural compuesto por chapas impares de maderas coníferas de 2 a 3mm de espesor encoladas, dispuestas de manera que las chapas seguidas forman un ángulo de 90°, tiene una distribución similar al CLT. Las dimensiones habituales de este tablero son de 1,22x2,44 con un espesor de 3 a 36mm. Se emplea en cerramiento de forjados, también como arrostros, etc., comúnmente en construcciones de clase de servicio 2.

+ 2.2.4 Tableros de virutas:

- **Tablero de virutas orientadas:**

También conocidos como **OSB (Oriented Strand Board)**, son tableros compuesto por trizas de madera de aproximadamente de 30 a 80x1mm de maderas encoladas, los cuales se consiguen utilizando presión y calor. Pese a que las virutas no están situadas perfectamente en una dirección en las capas, se sitúan dos en sentido longitudinal y



Fig.28 Plywood



Fig.29 OSB

la otra capa en sentido perpendicular; usualmente se componen de tres capas, de igual manera existen de cinco, pero no son muy comunes. Con respecto a las dimensiones del tablero, las más comunes son: de longitud y ancho se encuentran de 2400x1200, 2440x1220m, y de 3660x1220mm, y espesores de van de 6 a 38mm.

La ventaja de este tipo de tablero es que mejora los esfuerzos en ambas direcciones gracias a la orientación de sus capas. Se usa comúnmente en las clases de servicio 1 y 2, en aplicaciones como cerramiento de forjados, muros y cubierta, también como arriostramiento o como alma de una vigueta mixta.

+ 2.2.5 Tableros de tiras o Madera reconstruida:

También conocida como **composite SCL**, es un grupo de productos homogéneos de uso estructural, compuestos por capas de tiras o copos de madera. Tales productos cuentan con excelentes propiedades mecánicas, se emplean prácticamente de la misma manera que los elementos de madera aserrada como vigas y pilares logrando luces un poco más extensas.

Usualmente se utilizan adhesivos que cumplan con las altas prestaciones estructurales que requiere el producto final, como los isocianatos y los fenol-formaldehído. El contenido de humedad es del 11%; su densidad está atado a la cantidad de adhesivos que se utilice, con el PSL, por ejemplo, entre más adhesivo contenga, más denso, lo cual puede llegar a ser una desventaja, ya que dificulta el uso de herramientas como las de corte.

Existen tres tipos de productos los cuales son:

*PSL (Parallel Strand Lumber): compuesto por tiras de chapa que se encolan bajo presión, las dimensiones de estas tiras son de aproximadamente 13mm de ancho, 3mm de espesor y su longitud puede llegar a 2,4m y al igual que la mayoría de productos expuestos, las tiras provienen de maderas coníferas.



Fig.30 PSL

*LSL (Laminated Strand Lumber) y OSL (Oriented Strand Lumber): tienen muchas similitudes con el PSL, lo que varía es el tamaño de la tira, siendo la más corta la del OSL.

+ 2.2.6 Tableros de partículas:

Es un producto el cual se obtiene al aplicar presión y calor sobre partículas de madera con un adhesivo. Cuenta con diversas dimensiones que oscilan entre longitudes de 2050 a 4880mm, ancho de 1220 a 2500mm y espesores de 3 a 50mm. Usualmente se emplea para carpintería de muebles, muertes o en usos constructivos como bases de cubiertas, falsos techos, tabiquerías, entre otros.

+ 2.2.7 Tableros de fibras:

- **MDF**

Denominado Medium density fiberboards, la elaboración de este tablero es similar al proceso de fabricación los tableros de partículas, sin embargo, cuenta con una mayor densidad lo que lo hace más resistente; además, gracias a esto, presenta mejores acabados ya que su superficie es menos porosa.

- **Tableros de fibra aislantes:**

El tablero se elabora al aplicar calor y/o presión a fibras lignocelulosas, se le añaden sales de boro para mejorar su comportamiento frente al fuego, insectos, y demás. El producto se comercializa en diversos formatos, no obstante, tiene mejor inercia térmica al presentarse en tableros. Los tableros normalmente se emplean en paredes y cubiertas.



Fig.31 tablero aglomerado (partículas)



Fig.32 tablero de fibra aislante

+ 2.3 Uniones

Las uniones tienen un papel muy importante en la estructura, la cual, es brindar resistencia, estabilidad, mantener todas las piezas en su sitio al igual que solventar el encuentro de las mismas. Estas conexiones pueden estar compuestas de la misma madera o comúnmente metálicas.

Las uniones deben seguir ciertas condiciones, especialmente el evitar retener agua y estar propiamente ventiladas, también deben permitir que la madera se pueda mover para conservar sus cualidades estructurales. Con respecto al comportamiento contra el fuego, especialmente en uniones de madera con metal, deben estar protegidas para alcanzar una mejor resistencia. Existen numerosos tipos de uniones y se emplean según la necesidad de la estructura, a continuación, se citan algunos:

- **Uniones tradicionales:**

Este tipo de uniones eran las más empleadas y predilectas hasta el siglo XX, en ocasiones se hace refuerzos con pletinas y demás, pero siempre prevalece la madera. Diseñar este tipo de uniones requiere tener grandes conocimientos y destrezas geométricas, pues las piezas que se instalaban unas en otras debían garantizar la continuidad, el máximo de luces alcanzado era de 10 a 12m. el tipo de unión más conocido es el de caja y espiga.

- **Clavos:**

Es la forma de unión más sencilla y efectiva, pues no necesita de mucha sección para su operatividad, el inconveniente está en que se debe usar grandes cantidades del artículo para lograr una resistencia óptima. Usualmente están fabricados en acero moldeado en frío, y llega a doblarse hasta un 90% sin llegar a romperse.

- **Tirafondos y tornillos:**

Son elementos metálicos de acero, el cual inicia en punta y sigue una forma enroscada al terminar en una cabeza. Su uso se da frecuentemente en sistemas como el

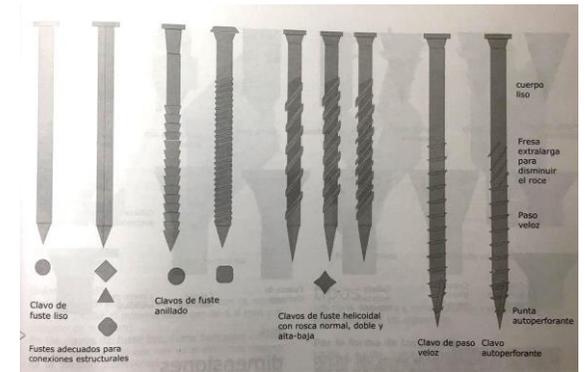


Fig.33 Tipos de clavos



Fig.33 Tirafondos y tornillos

entramado ligero, asimismo para fijar otros elementos como pletinas, etc. De igual modo que los clavos, se manufactura a partir de acero templado.

- **Pernos:**

Esta pieza a diferencia del tirafondo, es completamente liso, igualmente de acero. Está formado por una cabeza hexagonal y al otro extremo se encuentra un orificio para recibir una tuerca. Dichas uniones se utilizan tanto en maderas aserradas, como laminadas y reconstruidas.

- **Pasadores, espigas, varillas roscadas:**

Consisten en barras de acero de forma circular y textura lisa y son introducidos a presión en la madera volviéndolas más rígidas. Se emplean en diferentes tipos de productos de madera como aserradas, reconstruidas, laminadas y microlaminadas; el principal atractivo de esta unión es que no queda visible, por lo tanto, más estético y por esta razón también tiene un notable comportamiento contra el fuego es notable.

- **Placas perforadas:**

Este tipo de unión, frecuentemente elaborado a partir de láminas de acero con orificios, realiza la fijación de las piezas con ayuda de tornillos o pernos, y regularmente se emplea en el exterior de la madera. La ventaja de esta unión, es la capacidad de aguantar exigencias mecánicas más altas y en elementos de mayor sección.

- **Escuadras y estribos:**

También conocidos como herrajes tridimensionales elaborados a partir de una sola lámina de acero y posee un revestimiento de galvanización. Son herrajes que funcionan de dos maneras, encajadas dentro de la madera o rodeándola; se emplea para unir dos piezas de madera o una sola a un elemento de diferente material.

- **Herrajes para apoyo de pilar:**

Esencialmente, el objetivo de estas conexiones es el de trasladar los esfuerzos de los pilares hacia la cimentación, en segundo lugar, cumple como separación entre la pieza de madera y la cimentación, gracias a su producción en acero con acabado

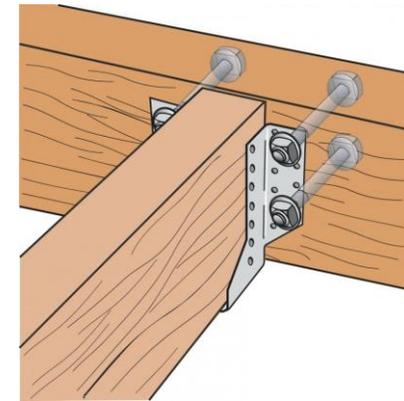


Fig.34 Perno + Estribo



Fig.35 Pasador



Fig.36 Escuadra

galvanizado en caliente, actúa como impermeable y así, impide que ascienda la humedad por capilaridad. Existen varios tipos de herrajes como el pie para encajar en la cimentación, pie de pilar fijo y regulable, a medida, entre otros.

- **Conectores de mallas reticulares y espaciales:**

Es una pieza metálica sea en aluminio o acero galvanizado de diversas formas, dependiendo de la necesidad de la unión, como plana, esférica, entre otros, y actúa como conector de múltiples piezas de madera.

- **Tirantes:**

Se basan en uniones por medio de cables o barras, su función principal consiste en absorber esfuerzos como la tracción, también por motivos constructivos, estéticos, inclusive en ocasiones se utiliza para remplazar alguna pieza de madera.



Fig.37 Pie de pilar

+ 2.4 Sistemas

2.4.1 Entramado pesado:

También conocido como *heavy Timber*, es un sistema estructural donde se implementa principalmente madera aserrada o en ocasiones madera laminada de dimensiones medianas o gruesas y sus uniones son mediante ensambles tradicionales. Es un sistema que ha existido a través de toda la historia de la arquitectura en diversos lugares del mundo.

El sistema permite realizar entramados en altura que llegan aproximadamente a 6 niveles y luces entre 2,5 y 6m, y permite aprovechar todos los espacios inclusive la buhardilla. Normalmente, se empleaban maderas sin secar, sin embargo, presentaban problemas en cuanto a hongos, insectos y demás.

A pesar de ser un sistema muy tradicional, la tecnología ha permitido su desarrollo, favoreciéndose en el empleo de elementos industrializados y prefabricados lo que aseguran un mejor funcionamiento. El sistema cuenta con tres tipos de entramado pesado los cuales son:

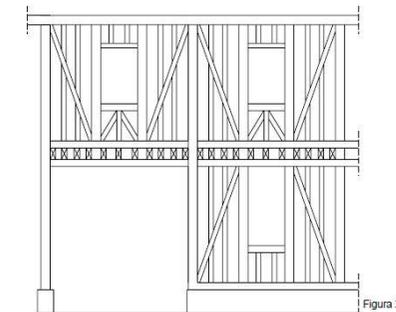


Fig.38 Entramado pesado

- **Sistema aporricado:** también conocido como *Post&Beam*, se compone por un sistema de pórticos rígidos como pilares y vigas, los cuales se unen entre sí por medio de elementos transversales como forjados o vigas de amarre, la cual aporta la rigidez a la estructura.
- **Sistema entramado:** también conocido como *Timber frame*, está constituido por elementos horizontales como muros y forjados que posteriormente se unen entre sí.
- **Sistema espacial:** está conformado por piezas en cualquier dirección unidas por nudos, este sistema se emplea en estructuras de mayor complejidad.

El dimensionado de este tipo de estructuras no está propiamente establecido, normalmente se toma de la experiencia de la persona a cargo, no obstante, en el ejercicio profesional se asegura que la sección mínima de una pieza es de 15cm. Con respecto al contenido de humedad de las mismas es complejo, ya que al usar elementos de gran sección su secado al natural es difícil por el tiempo que implica, aunque actualmente gracias a los secados en grandes hornos ha permitido remediar un poco este problema. Por otro lado, en cuanto a el funcionamiento térmico este sistema es independiente de su cerramiento, por lo tanto, como la estructura tiene grandes secciones, permite tener un provechoso espacio para implementar aislantes adecuados para cualquier clima. Su comportamiento al fuego es óptimo, gracias de nuevo a las dimensiones de sus piezas, las cuales facilitan la protección de su núcleo por su lenta carbonización. Dependiendo de cuan tan expuesta este la estructura puede llegar a clase de servicio 3, pero normalmente se encuentra en clase de servicio 1 y 2.

+ 2.4.2 Entramado ligero:

También conocido como *light framing*, el sistema se desarrolla a partir del entramado pesado. El cual consiste en una estructura realizada a partir de piezas de sección más reducida con una separación limitada que oscila entre 40 y 60cm, y se encuentran fijados a marcos o celosías, como por ejemplo las cerchas. Regularmente, se usa en construcción de viviendas de una o dos plantas, aunque se han logrado edificaciones de hasta seis plantas. Este sistema representa grandes ventajas a comparación del entramado pesado, ya que reduce



Fig.39 Uniones habituales en entramado pesado



Fig.40 Montaje muro con entramado ligero

notablemente el volumen de la estructura, por ende, también se reduce su contenido de humedad, ya que, al tratarse de piezas más esbeltas, permiten un mejor y más rápido secado; además, la ventaja de facilidad de modulación y prefabricación de elementos. Además de utilizar maderas aserradas, de igual manera se usan viguetas de madera prefabricada, maderas laminadas, reconstruidas, incluso tableros estructurales. Las uniones son más simples, basadas principalmente en clavos o tornillos. Existen dos tipos de entramados ligeros los cuales son:

- **Entramado tipo globo:**

Comúnmente conocido como *balloon frame*, es el sistema original de entramado ligero, habitualmente empleado en Norte América y llega hasta un máximo de dos plantas. El sistema se basa en tener el mínimo de cortes y ensambles de piezas, por lo tanto, los montantes de los muros exteriores deben ser continuos en la altura total de la obra, y las viguetas se clavan o se encajan directamente en el montante.

Por esta razón, es un sistema más dificultoso de efectuar y reduce la oportunidad de prefabricación, además, la continuidad de los montantes facilita la propagación del fuego.

- **Sistema de plataforma o marcos cerrados:**

Conocido como *platform frame*, consiste en plataformas que a la vez están constituidas por montantes, traveseros y un cerramiento estructural. A comparación del anterior tipo de entramado, su ejecución es más sencilla, ya que se van levantando plataformas una encima de la otra; además, facilita el uso de elementos prefabricados y tiene un mejor comportamiento al fuego, al estar construido por niveles independientes.

Este sistema presenta un buen comportamiento térmico, precisamente por la reducción de dimensión de las piezas de madera lo cual permite situar materiales aislantes en los espacios restantes del marco, usualmente se usa lana de roca, entre otros. Por el contrario, su comportamiento acústico no es el mejor, ya que la falta de volumen en la estructura presenta

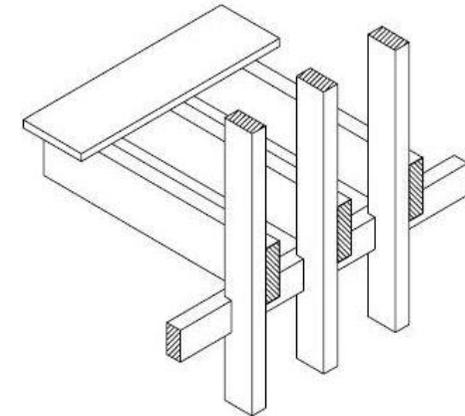


Fig.41 Detalle entramado tipo globo

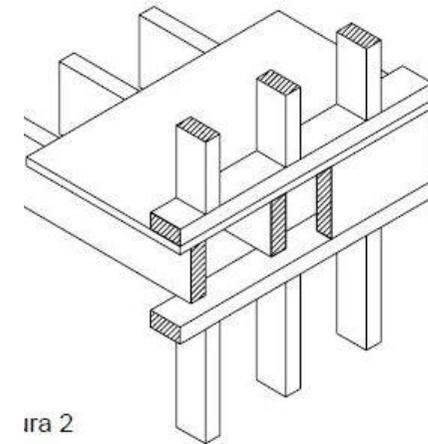


Fig. 2

Fig.42 Detalle entramado tipo plataforma

complicaciones, no obstante, se suele resolver con mantas aislantes. Al igual que el entramado pesado, su comportamiento al fuego es sobresaliente, pues el marco se encuentra cerrado completamente por tableros de madera u otros materiales como cartón-yeso que tiene aún mejor comportamiento, por lo tanto, su estructura interna no está expuesta.

+ 3. Casos de estudio

+ 3.1 **Introducción**

Para la presente investigación, se pretende analizar y comprender el gran auge que ha tenido la construcción en madera mediante el estudio de diferentes proyectos.

La investigación se centra en casos situados en Cataluña, ya que además de ser un sector exitosamente en crecimiento, es importante contar con casos de los cuales se pueda encontrar información significativa, en especial, cuando se obtiene de los profesionales que los proyectaron y construyeron. Inicialmente se realiza un listado de proyectos en toda Cataluña el cual se puede encontrar en los anexos, de los cuales se sintetiza a específicamente diez casos.

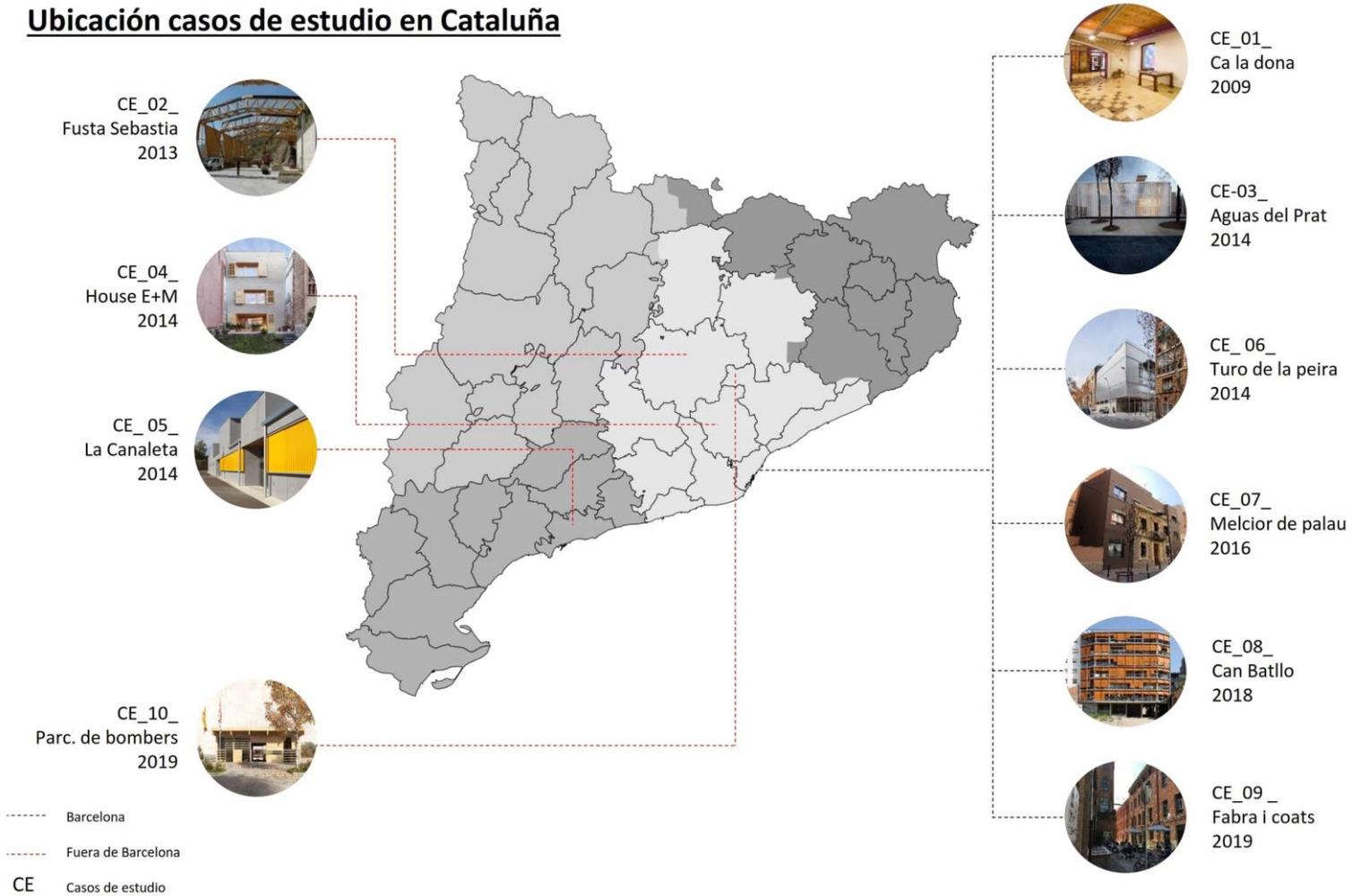
Los proyectos seleccionados se han construido en los últimos diez años, incluso dos de ellos se encuentran actualmente en construcción en etapas avanzadas, por esta razón, se puede constatar que son ejemplos y soluciones actuales. Además, se escogen diversos tipos de edificaciones que cuentan con diferentes usos, tipo de intervención, áreas, etc., para advertir la versatilidad que ofrece la madera. De igual manera, se tiene en cuenta algunos aspectos como reconocimientos sea por su diseño, calificación energética, en caso de las viviendas que contara con más de dos niveles como mínimo, entre otros.



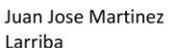
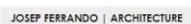
4.1
4.1.1

Clasificación de los casos:
Ubicación de los casos de estudio

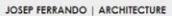
Ubicación casos de estudio en Cataluña



+ 4.1.2 Tabla general de proyectos

CASO DE ESTUDIO	UBICACIÓN _ CIUDAD	TIPO DE USO	AUTORES [Arquitectos]	SUPERFICIE M2	FECHA DE CONSTRUCCION	TIPO DE INTERVENCION	SISTEMA ESTRUCTURAL
CE_01 CA LA DONA 	BARCELONA_ CIUTAT BELLA	Cultural _ Centro cívico Espacio feminista	Bestraten hormias arquitectura 	1.700,00 m2	2009-2017	Rehabilitación	Sistema estructural_ HIBRIDO
CE-02 FUSTA SEBASTIA 	RIALP_ LLEIDA	Nave industrial_ Taller de producción de prefabricados en madera	Josep bunyesc 	1,00 m2	2013	Nueva construcción	Sistema estructural_ ENTRAMADO PESADO
CE-03 AGUAS DEL PRAT 	BARCELONA_ EL PRAT DE LLOBREGAT	Oficinas y sede administrativa	Juan Jose Martinez Larriba 	2.529,00 m2	2013-2014	Nueva construcción	Sistema estructural_ HIBRIDO
CE_04 HOUSE E+M 	SANT COUGAT DEL VALLES	Vivienda_ Casa entre medianeras	Josep Ferrando architecture 	225,00 m2	2011-2014	Nueva construcción	Sistema estructural_ HIBRIDO
CE_05 LA CANALETA 	TARRAGONA	Educativo_ IE [Institución escolar] Pública	2260 mm Arquitectes 	3.480,00 m2	2014	Nueva construcción	Sistema estructural_ MADERAS TÉCNICAS

+ 4.1.3 Tabla general de proyectos

CASO DE ESTUDIO	UBICACIÓN _ CIUDAD	TIPO DE USO	AUTORES [Arquitectos]	SUPERFICIE M2	FECHA DE CONSTRUCCION	TIPO DE INTERVENCION	SISTEMA ESTRUCTURAL
CE_06 TURO DE LA PEIRA 	BARCELONA_ SECTOR DE LA PEIRA	Equipamiento_ deportivo	Anna Noguera 	4.430,00 m2 edificación 3.952,00 m2 urbanización	2014-2019	Nueva construcción	Sistema estructural_ MADERAS TÉCNICAS
CE_07 MELCIOR DE PALAU 	BARCELONA_ DISTRITO DE SANTS	Vivienda	House Habitat 	348,41 m2	2016	Nueva construcción + rehabilitación	Sistema estructural_ MITXO
CE_08 CAN BATLLO 	BARCELONA_ DISTRITO DE SANTS	Vivienda	LACOL cooperativa de Arquitectos 	3.000,00 m2	2017-2018	Nueva construcción	Sistema estructural_ HIBRIDO
CE_09 FABRA I COATS 	BARCELONA_ SANT ANDREU	Vivienda + Equipamiento	Roldán + Berengué Arquitectes 	5.391,95 m2	2018-2019	Rehabilitación	Sistema estructural_ MADERAS TÉCNICAS
CE_10 PARC DE BOMBERS 	MOIA_	Equipamiento_ Estación de bomberos	Josep Ferrando Architecture 	757,40 m2	2019	Nueva construcción	Sistema estructural_ HIBRIDO

+ 3. Criterios de análisis

3.1 Descripción ficha de análisis:

Cada caso de estudio se presenta por medio de una ficha en la cual se sintetiza la información de cada proyecto y se distribuye de la siguiente manera:

En la parte superior, se sitúa el nombre del proyecto con la nomenclatura asignada para identificarlo en todas las herramientas de análisis. Seguido a esto, se encuentra un recuadro que contiene los datos generales de la obra, más adelante se encuentra la descripción del proyecto donde se resaltan diferentes características como arquitectónica, técnica y demás para comprender el caso. Además, se incluyen imágenes, planos y detalles de apoyo.

+ 3.2 Tabla de análisis: resumen:

En la tabla de análisis resumen, a comparación de la ficha de análisis se encuentra la información del proyecto de manera más detallada y tiene como base un resumen de todos los conceptos del marco teórico. Lo que se busca con el cuadro, es obtener datos más puntuales de la realidad de cada proyecto en cuanto al uso de la madera y demás criterios para posteriormente hacer una comparativa con los demás casos y elaborar conclusiones.

La tabla contiene un área de datos técnicos donde se especifica el sistema estructural, más adelante, se desglosa para examinar con mayor precisión en que momentos se usa la madera. Conjuntamente, se despliega una sección donde se pueden observar datos de proceso y algunos más relacionados a temas de sostenibilidad, como la facilidad de transporte de las piezas (en el camión), reversibilidad, y finalmente, se muestra la manera en cómo se ejecuta la protección contra el fuego, el cual es uno de los temas claves teniendo en cuenta la reputación que precede a la madera.

+ 3.3 Tabla de análisis: productos:

Se propone una tabla de análisis, de igual manera fundamentado en el marco teórico, pero más enfocado a indagar sobre los productos que se emplean en cada caso y así observar cuales destacan del listado. La tabla se divide en tres secciones, la primera contiene el sistema estructural del proyecto; en la segunda se encuentra un listado de proveedores de madera de los proyectos analizados y a cuál acude cada uno, también se muestra su procedencia más que por analizar la huella de carbono, se expone para entender la proximidad del producto. Finalmente, en la tercera sección se encuentra un listado de productos extraídos del marco teórico, existen múltiples productos, sin embargo, se listan los más renombrados, se encuentran tanto productos de madera y derivados como tipos de uniones; también se especifica en la lista en que segmento se emplean.

+ CE_01 - Edificio Ca La Dona



Fig.3.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.3.2 Fachada edificación.

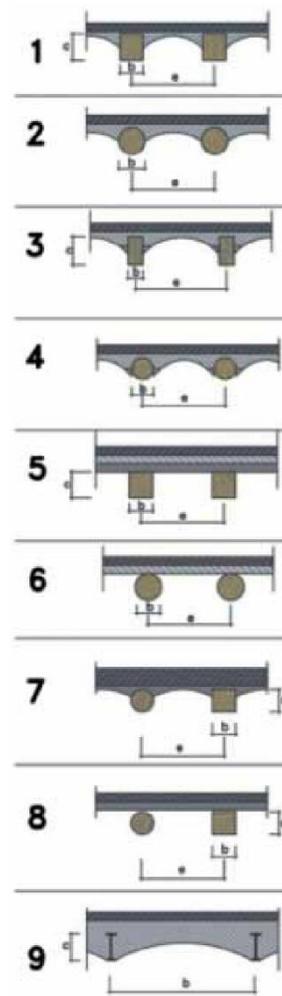


Fig.3.3 Tipología de forjados

Ubicación	Carrer Ripoll, 25 - Barcelona
Arquitectos	Sandra Bestraten Castells y Emilio Hormías Laperal
Promotor	Ayuntamiento de Barcelona; Asociación Ca la Dona
Año de construcción	2009
Superficie	1700m ²
Actividad	Centro cívico
Tipo de obra	Rehabilitación

La asociación feminista Ca La Dona en equipo con la Universitat Politècnica de Catalunya dirigido por la arquitecta Sandra Bestraten, han laborado desde el año 2005 en la formulación del proyecto que alberga la nueva casa de la asociación, por medio de un gran proceso donde todas fueron participes. En un momento de la construcción donde habitualmente se optaba por soluciones basadas en hormigón, lo interesante de Ca La Dona es su fuerte compromiso con la sostenibilidad e innovación y la voluntad de convertir este proyecto en referente de ello, además, de ser un símbolo del firme compromiso de la asociación, del feminismo con el mundo actual.

El proyecto al tratarse de una rehabilitación trae grandes complejidades, asimismo, por la particular historia del edificio a intervenir, puesto que ha sido el resultado de una evolución histórica de aproximadamente 2000 años, el cual está catalogado como bien con elementos de interés en el plan de protección del patrimonio arquitectónico del distrito de Ciutat Vella.

En el edificio de cuatro plantas, se encuentran rastros históricos como parte de arcos del siglo XIII, pilastres, ladrillo macizo del siglo XIX en planta baja, en cuanto a la

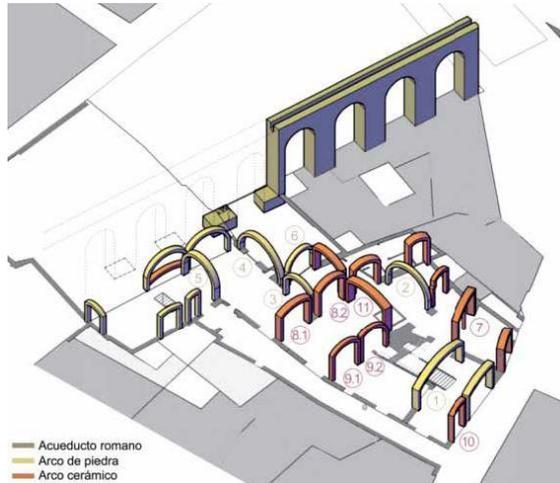


Fig.3.3 Elementos constructivos existentes



Fig.3.4 Proceso constructivo junto con miembros de la asociación



Fig.3.5, 3.6 Proceso constructivo en obra –

Fig.3.7 Madera a la vista

estructura vertical, se hallan muros de mampostería de piedra, paños de tapia de origen medieval, etc., la cimentación en general conserva la auténtica medieval de baja profundidad la cual no supera los 30cm. Con respecto a los forjados, se encuentran de diferentes tipos, hasta 9 todos elaborados en madera, la mayoría con afectaciones de insectos y pudrición causada por la humedad, además, presenta desniveles por los diferentes usos que ha tenido como de cubierta. Así como el forjado, todo el edificio y la estructura en general presentaba problemas por el mismo paso del tiempo.

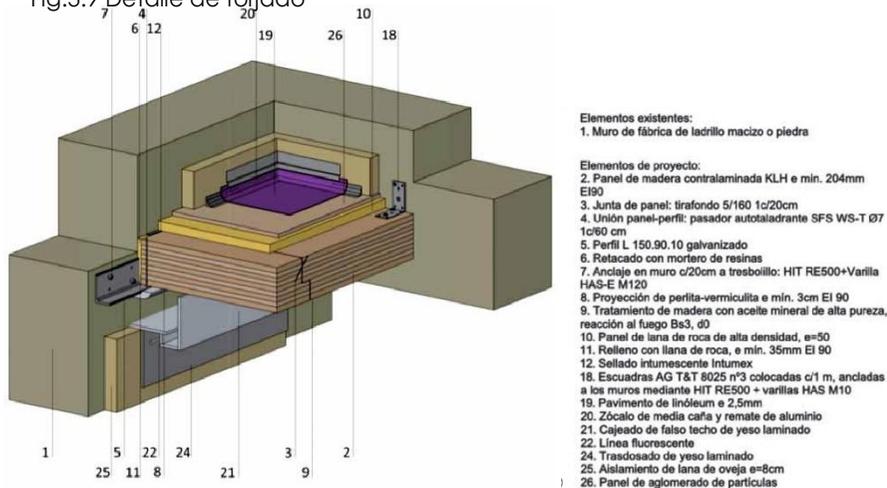
Teniendo en cuenta el delicado estado del edificio existente y el interés de formular una respuesta sostenible, se expone la necesidad de elegir soluciones industrializadas. Por esta razón, se muestra preferencia por usar madera, más concretamente madera contralaminada en los forjados principalmente, de bajo impacto ambiental a comparación de sistemas convencionales. Posterior a esto, el proceso consistió en efectuar el levantamiento de todo el edificio, para escoger la mejor opción de intervención y así facilitar la información a la fábrica donde se producen todas las piezas con las medidas exactas de cada sala y a la vez, aplicar tratamientos contra diferentes agentes; la gran ventaja de este proceso se ve reflejado en los tiempos de construcción, ya que mientras se elaboran las piezas en fabrica, en la obra se hace el montaje de uniones metálicas, reforzamiento estructural, etc., cuando las piezas están listas, son enviadas en camiones a obra con el respectivo orden que tendría en el montaje de la obra. Además, las piezas son elaboradas con la mitad del ancho de una pieza estándar, para facilitar el acceso de las mismas en obra, pasando de un ancho de 2,45m a 1,20 y su largo depende de las dimensiones encontradas en cada sala con luces inferiores a 6,5m, en total se instalan 272 paneles.

Además de las ventajas en el proceso de fábrica y



Fig.3.8 Panorama de rehabilitación de forjados

Fig.3.9 Detalle de forjado



reducción de tiempos en obra, los tableros tienen la capacidad de transmitir cargas en dos direcciones gracias a la composición del mismo y las conexiones realizadas generando mejor estabilidad; asimismo, el beneficio de la instalación en seco del producto, lo cual es un problema recurrente en obras de rehabilitación por la humedad que pueda generar un sistema convencional, y así como presenta facilidad de instalación, a su inversa es igual, es decir, en caso de modificación del proyecto o reutilización de la pieza.

A pesar de utilizar CLT en la mayoría de forjados, en algunas áreas se conserva el forjado en madera original sin aguantar más carga que la de su propio peso, esto con la disposición de conservar en lo posible lo que más se pueda de la estructura existente, esta noción se aplica para todo el proyecto. Con respecto al comportamiento contra el fuego, los paneles de CLT son tratados directamente en fábrica para resistir los tiempos establecidos en normativa y en el resto del edificio se aplican diferentes soluciones como el uso de perlita-vermiculita, entre otras.

Tabla de analisis - Resumen				
CE_01: Ca la dona				
datos generales	1	Superficie (m2)		1700m2
	2	Ubicación		Carrer Ripoll, 25 - Barcelona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva		
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación	X	
	4	Año de construcción		2009
	5	Tiempo de ejecución (Madera)		Inferior a 2 meses
6	Uso		Centro civico	
7	No. De profesionales para montaje	-		No aplica/Se desconoce
datos tecnologicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas tecnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Hibrido	X	Conservacion del edificio existente rehabilitado con CLT
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metalica	X	Pletinas metalicas, tirafondos, pasadores, etc.
	10	Cimentacion (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Se conserva la cimentacion del edificio existente
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	Se trata de un forjado hibrido por la particularidad del proyecto, sin embargo la rehabilitacion se efectua con CLT
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
12a	Si			
12b	No	X	Se conserva la envolvente del edificio existente	
13	Muros interiores (Empleo de madera)			
13a		si	v	En algunas areas se emplea CLT, pero en la mayoría de salas se

datos tecnológicos				conserva el edificio existente
	13b	No		
	14 Cubierta (Estructura, empleo de madera)			
	14a	Si	X	CLT
	14b	No		
	15 Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)			
	15a	Madera		
	15b	Otro	X	Se conserva l del edificio existente y se realiza un reforzamiento
	16 Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)			
	16a	Si	X	Se emplea un panel aglomerado de particulas, ademas se usa lana de roca, lana de oveja.
16b	No			

datos constructivos	18 Soluciones de Industrializacion/Prefabricado			
	18a	Si	X	
	18b	No		
	19 Facilidad transporte de piezas (Según sección)			
	19a	Si	X	
	19b	No		
	20 Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)			
	20a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	20b	No		
	21 Protección contra el fuego (piezas de madera)			
21a	Encapsulado			
21b	A la vista (Tratada)	X	El forjado esta parcialmente a la vista y se trata con una capa de 3mm de perlita-vermiculita con malla de fibra de vidrio intermedia, tambien se encuentran tratamientos como aceite mineral de alta pureza, entre otros.	

Tabla de analisis - Productos
CE_01: Ca La Dona

datos tecnológicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas tecnicas	
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	X

Proveedor Madera	2 Empresa	Procedencia	
	2a	KLH	X
	2b	Egoin	
	2c	Sebastia	
	2d	Fustes Graus	
	2e	No aplica/Se desconoce	-

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural								
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)								
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X			X		X	
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)								
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h	PSL								
	4i	LSL								
	4j	OSL								
	4k	Tableros de particulas		X						
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes										
4n	Aislante de fibra de madera										

Productos uniones	5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	5a	Madera								
	6 Metalicas									
	6a	Clavijas								
	6b	Clavos								
	6c	Pernos								
	6d	Tirafondos y Tornillos		X			X		X	
	6e	Pasadores, espigas y varillas roscadas		X			X		X	
	7	Placas								
	7a	Placas perforadas (Pletinas)		X					X	
	8	Elementos metalicos								
	8a	Escuadras (Angulares)		X			X		X	
	8b	Estribos								
	8c	Herrajes para apoyo de pilar								
	9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales									
10	Tirantes									
10a	Tirantes									

+ CE_02 – Nave industrial fustes Sebastia



Fig.4.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.4.2 Vista del proyecto



Fig.4.3 Vista interior



Fig.4.4. Proceso en obra

Ubicación	Carretera Balaguer-Francia, Km 98,5, Rialp, Lleida
Arquitectos	Josep Bunyesc
Promotor	Sebastia Industries de la Fusta
Año de construcción	2013
Superficie	1000m ²
Actividad	Nave industrial
Tipo de obra	Ampliación

La destacada Fustes Sebastia precisaba una ampliación de la nave industrial para su planta de fabricación de Sebastia Industries de la Fusta, situado en Lleida, el cual aloja el taller donde se manufactura los diversos elementos prefabricado de madera, distribuido en dos plantas. El diseño del proyecto permite una buena entrada de luz natural, por medio de sus fachadas al igual que por su cubierta gracias a las cerchas que actúan como lucernarios, facilitando la labor en todas las épocas del año.

Desde el principio se tiene la intención de usar materiales sostenibles, por lo tanto, se opta por usar madera prioritariamente, y que mejor solución que la madera aserrada que ofrece la misma planta para emplearla en la estructura la cual se construye de tipo entramado y sin empleo de colas.

La nave está dispuesta por dos plantas en una topografía de considerable inclinación. La estructura de tipo entramado contiene a ambas plantas, sin embargo, en la planta baja en dirección hacia el terreno se encuentra un muro de contención de hormigón, sobre el cual también se sostiene parte de la planta superior, de igual forma, en este nivel se encuentra el forjado de tipo mixto, de madera y hormigón; todo ello, con la tarea de sostener las cargas

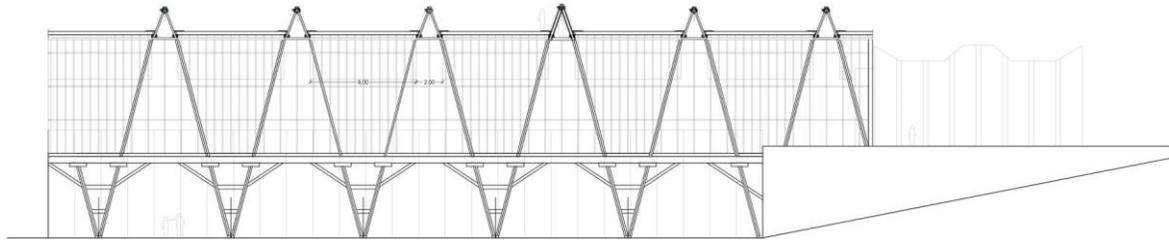


Fig.4.5 Sección longitudinal

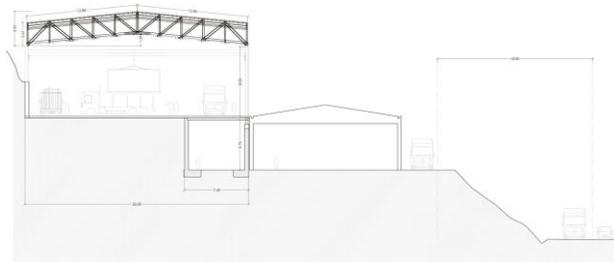


Fig.4.6 sección transversal



Fig.4.7 Cercha de cubierta



Fig.4.8 Proceso en obra



Fig.4.9 Envoltente

que ejercen las diferentes maquinarias de transporte, carga, etc. Y cuenta con una luz de aproximadamente 7m entre apoyos.

Con respecto al nivel superior, como se mencionaba anteriormente, su cara principal continua la forma del entramado de la planta baja, mientras que al otro extremo igualmente se encuentra un muro de contención, el cual asciende hasta el nivel del terreno y de allí siguen unas pantallas de concreto donde se encuentra sostenida la cubierta, se estima una luz de 25m entre soportes.

El cerramiento de la nave cumple con varias funciones, por ejemplo, en la parte cerrada, una de las más importantes es brindar la rigidez a la estructura de entramado; conjuntamente, gracias a la sección de la madera aserrada del entramado, se aprovecha para situar allí el respectivo aislante térmico y una barra impermeable cerrado por tableros OSB. Mientras que, en el segundo tramo de la fachada, permite la entrada de luz natural a toda la nave, por medio de paneles acristalados, el cual cuenta con un marco de madera aserrada en su interior.

La cubierta está constituida por un ritmo alternado entre vigas triangulares de tipo cercha, que al tiempo actúa como umbral de luz natural y por paneles de cubierta. Las vigas triangulares, al igual que el resto de la estructura están formados con madera aserrada y están cubiertas por policarbonato, la viga se encuentra unida a los soportes de la estructura con pletinas de acero, pasadores y encaje en la madera. Por otro lado, los paneles de cubierta, sigue el mismo lenguaje de los paneles de cerramiento, pues al interior del forjado de cubierta se encuentra el aislante, etc., y este sellado por los tableros OSB.

Tabla de analisis -Resumen				
CE_02: Nave industrial Sebastia				
datos generales	1	Superficie (m2)		1000m2
	2	Ubicación		Rialp, Lleida
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva		
	3b	Ampliación	X	
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2013
5	Tiempo de ejecución (Madera)	-	No aplica/Se desconoce	
6	Uso		Nave industrial	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	

datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado	X	Madera aserrada
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Híbrido		
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metálica	X	Pletinas metálicas
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Hormigón in situ
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	Forjado híbrido de hormigón y madera aserrada
	11b	No		
	12	Envoltorio (Empleo de madera)		
	12a	Si	X	Madera aserrada, tablero OSB
12b	No			
13	Muros interiores (Empleo de madera)			
13a	Si	X		

datos tecnologicos	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	Madera aserrada, tablero OSB
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera	-	No aplica/Se desconoce
	15b	Otro	-	No aplica/Se desconoce
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
	16a	Si	X	Aislante fibra de madera
	16b	No		

datos constructivos	16	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	17a	Si	X	las piezas de madera son facilitadas por la propia planta
	17b	No		
	18	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
19a	Encapsulado			
19b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_02: Nave industrial Sebastia

datos tecnologicos	1	Sistema estructural						
	1a		Entramado pesado					X
	1b		Entramado ligero					
	1c		Maderas tecnicas					
	1d		Mixto					
	1e		Hibrido					

Proveedor Madera	2	Empresa	Procedencia					
	2a	KLH	Austria					
	2b	Egoín	Pais Vasco					
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes					X
	2d	Fustes Graus	Francia					
	2e	No aplica/Se desconoce	-					

Productos madera	3	Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural			X	X			X	X	
	4	Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada									
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)									
	4c	Madera contralaminada (CLT)									
	4d	Madera microlaminada (LVL)									
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)									
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)					X			X	
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)									
	4h		PSL								
	4i		LSL								
	4j		OSL								
	4k	Tableros de particulas									
	4l	MDF									

4m	Tablero de fibras aislantes												
4n	Aislante de fibra de madera											X	

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6b		Clavos							
6c		Pernos							
6d		Tirafondos y Tornillos		X	X	X			X
6e		Pasadores, espigas y varillas roscadas		X	X			X	
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)		X	X			X	X	
8	Elementos metalicos								
8a		Escuadras (Angulares)							
8b		Estribos							
8c		Herrajes para apoyo de pilar							
9	Conectores								
9d	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes								

+ CE_03 – Aguas del Prat

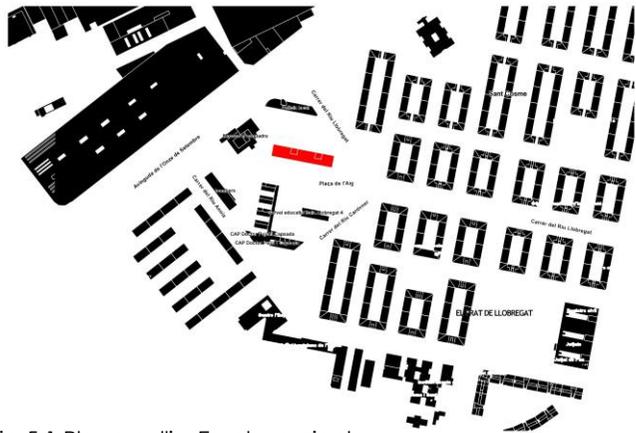


Fig.5.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.5.2 Vista proyecto



Fig.5.3 Vista proyecto

Ubicación	Plaça de l'Aigüa nùm. 1, Barri de Sant Cosme, El Prat de Llobregat, Barcelona
Arquitectos	José Juan Martínez Larriba y José Manuel del Llano Álvarez
Promotor	Companyia Municipal d'Aigües del Prat S.A.-APSA
Año de construcción	2014
Superficie	2529m2
Actividad	oficinas y sede administrativa
Tipo de obra	construcción nueva

La reconocida empresa aguas del Prat determina agrupar todas sus dependencias en un solo inmueble localizado en el barrio Sant Cosme. El proyecto consiste en un gran volumen rectangular, el cual comprende diversas funciones de la organización como oficinas, laboratorio, almacén, servicios de mantenimiento y atención al público, distribuido en tres plantas.

El edificio se emplaza de una manera muy natural, se fija como un remate del trazo determinado por la calle del Riu Llobregat, lo cual, a su vez, evita la colisión con diferentes servidumbres y demás. Su fachada principal resalta gracias a el ritmo impuesto por sus 61 columnas que a la vez se reflejan sobre un espejo de agua, de igual manera esta distribución fue establecida para contribuir al control solar y la reducción de peso del mismo por el paso de la vía del metro bajo esta. Las fachadas restantes, las cuales presentan el mismo lenguaje estético entre ellas, están conformadas por placas de hormigón que exteriorizan un degradado de líneas que insinúan una "composición clásica de zócalo, fuste y capitel" las cuales se van separando cuando ascienden hacia la cubierta.

En cuanto a su composición técnica, el arquitecto José

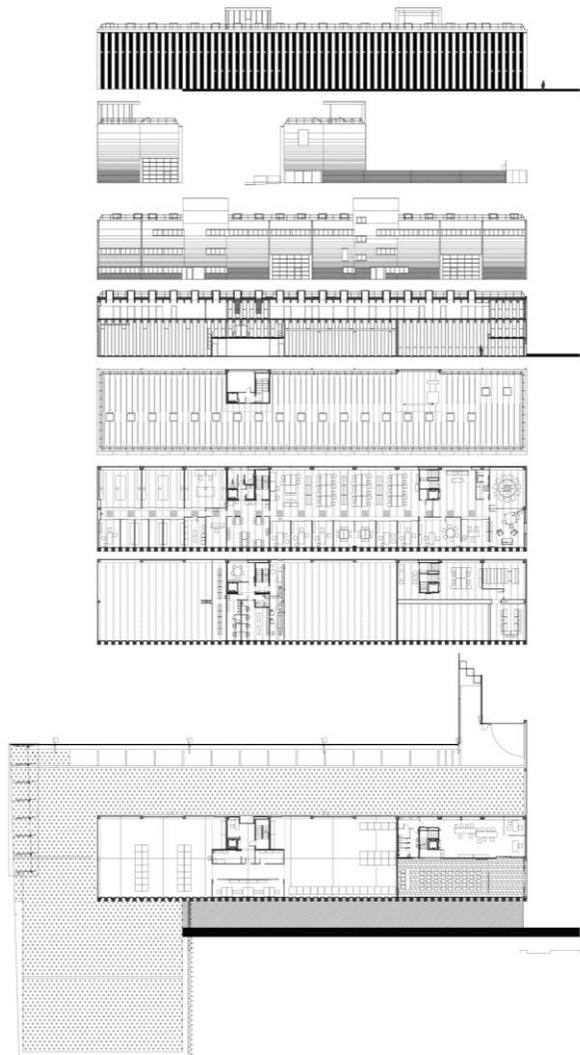


Fig.5.4 Planimetría



Fig.5.5 Vista en obra



Fig.5.6 Mobiliario con sobrantes de CLT

Juan Martínez expresa que está basada exclusivamente en la voluntad de hacer uso de elementos prefabricados en el exterior empleando hormigón prefabricado y al interior maderas técnicas. más que por simpatizar con una moda, la razón se basa en las ventajas de los sistemas como por ejemplo la agilidad del montaje, la reducción de peso de la obra la cual se reduce aproximadamente 5 veces comparándola con un sistema tradicional, entre otros.

La estructura cuenta con placas de cerramiento, pilares y jácenas de hormigón prefabricados, sobre él se apoya el forjado de madera el cual consiste en un forjado de CLT de 13.50 x 2.40m el cual cuenta con una nervadura de madera laminada, donde sus dimensiones fueron determinadas únicamente por las dimensiones que podía transportar el camión del proveedor, las secciones escogidas también fueron especificadas por el mismo por catálogo; inclusive las nervaduras del forjado se desplazan un poco para facilitar el transporte de más piezas, esto redujo el número de camiones de 18 a 9, además, el ancho de la pieza de forjado de CLT pasa de 2.40m a 2.397m para evitar desplazamientos y sobrantes al agrupar todas las piezas.

El forjado, el cual debía tener 72cm de espesor, gracias al empleo de la madera se asume esta medida, pero se reduce notablemente su volumen; además, las placas son "cosidas" para evitar movimientos por humedad, rigidizarlo, etc. Con respecto a la cubierta, sigue el mismo proceso del contralaminado forjado, en conjunto con otros elementos que se muestra en el detalle __, cerrado por un tablero OSB y demás elementos, originando una cámara de ventilación; La cubierta también cuenta con lucernarios dispuestos por toda su área. Adicionalmente, a partir de CLT se construye diferentes elementos verticales como núcleos de comunicación, muros, entre otros.



Fig.5.7 Proceso en obra

Tabla de analisis - Resumen				
CE_03: Aguas del Prat				
datos generales	1	Superficie (m2)		2529m2
	2	Ubicación		El prat de llobregat, Barcelona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva	X	
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2014
	5	Tiempo de ejecución (Madera)		4 semanas
6	Uso		Oficina y sede administrativa	
7	No. De profesionales para montaje		4 personas	
datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Hibrido	X	Piezas en hormigón prefabricado, CLT, Madera laminada, Tablero OSB
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metálica	X	Pletinas metálicas, pasadores, etc.
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Hormigón in situ
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT, Madera laminada
	11b	No		
	12	Envoltorio (Empleo de madera)		
12a	Si			
12b	No	X	Placas de hormigón prefabricadas	
13	Muros interiores (Empleo de madera)			

	13a	Si	X	CLT
	13b	No		
	14 Cubierta (Estructura, empleo de madera)			
	14a	Si	X	CLT, Madera laminada, Tablero OSB
	14b	No		
	15 Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)			
	15a	Madera	X	CLT
	15b	Otro		
	16 Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)			
	16a	Si		
16b	No	X	lana de roca	

datos constructivos	16 Soluciones de Industrializacion/Prefabricado			
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17 Facilidad transporte de piezas (Según sección)			
	17a	Si	X	Las dimensiones de las piezas fueron determinadas por la capacidad de transporte del camion
	17b	No		
	18 Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)			
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19 Protección contra el fuego (piezas de madera)			
19a	Encapsulado			
19b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_03: Aguas del Prat

datos tecnológicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas prefabricadas	
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	X

Proveedor Madera	2 Empresa	Procedencia	
	2a KLH	Austria	X
	2b Egoín	Pais Vasco	
	2c Sebastia	Pirineos Catalanes	
	2d Fustes Graus	Francia	
	2e No aplica/Se desconoce	-	

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural								
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)		X					X	
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X			X		X	X
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)							X	
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes											
4n	Aislante de fibra de madera											

Productos uniones	5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.	
	5a	Madera									
	6 Metalicas										
	6a	Clavijas									
	6a-a		Clavos								
	6a-b		Pernos								
	6a-c		Tirafondos y Tornillos		X			X		X	X
	6a-d		Pasadores, espigas y varillas roscadas		X					X	
	7	Placas									
	7a		Placas perforadas (Pletinas)		X						
	8	Elementos metalicos									
			Escuadras (Angulares)					X			X
	8a		Estribos		X					X	
	8b		Herrajes para apoyo de pilar								
	9	Conectores									
9a		Conectores de malla reticulares y espaciales									
10	Tirantes										
10a		Tirantes									

+ CE_04 – Casa E+M



Fig.6.1 Planò nollí – Emplazamiento



Fig.6.3 Fachadas

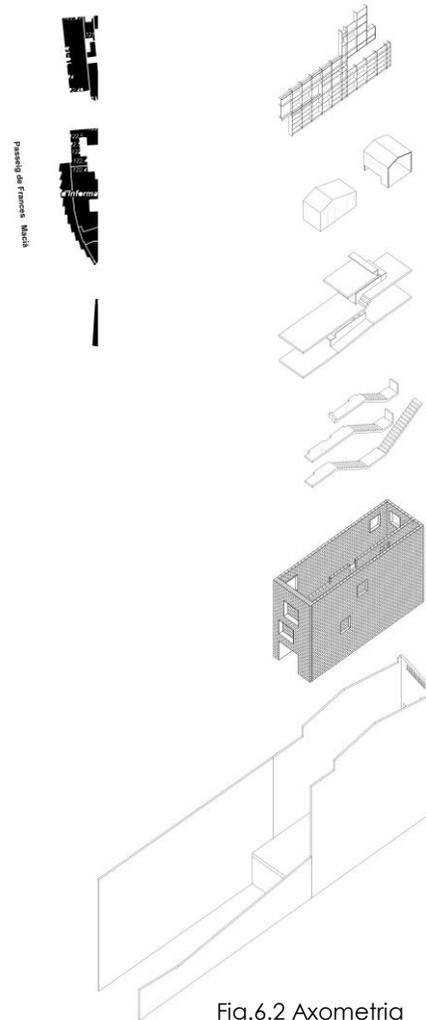


Fig.6.2 Axometría

Ubicación	Calle de la torre, 8, Sant-Cugat, Barcelona
Arquitectos	Josep Ferrando
Promotor	-
Año de construcción	2014
Superficie	225m ²
Actividad	Vivienda
Tipo de obra	Rehabilitación - construcción nueva

La casa E+M nombrada así por las iniciales de sus propietarios, es un proyecto lleno de particularidades. Para iniciar, su ubicación condiciona varios aspectos del proyecto, se encuentra situado en un área marcada por su patrimonio cultural, justo al frente se divisa un singular monasterio medieval, por esta razón, la casa existente donde se introduce el proyecto debe conservar su fachada principal y la cubierta. Además, la casa se encuentra en medianeras y su forma alargada se extiende de tal manera que conecta dos calles; mientras que su ancho cuenta con menos de 5m.

Todas estas singularidades influyen en el diseño de la casa. Dentro del espacio existente se inserta una estructura en bloque de hormigón, paralelo a esto, por su cara longitudinal se desprende otro volumen del mismo material y contiene las escaleras que conecta las 4 plantas, al otro extremo, se encuentra una modulación de madera que funciona como almacenamiento que atraviesa todo el edificio y en el espacio restante se distribuyen las diferentes áreas de la vivienda.

Esta distribución también es particular, en planta baja se encuentra un espacio polivalente, baño y un gran patio que se despliega hasta la calle Migdia, el siguiente nivel

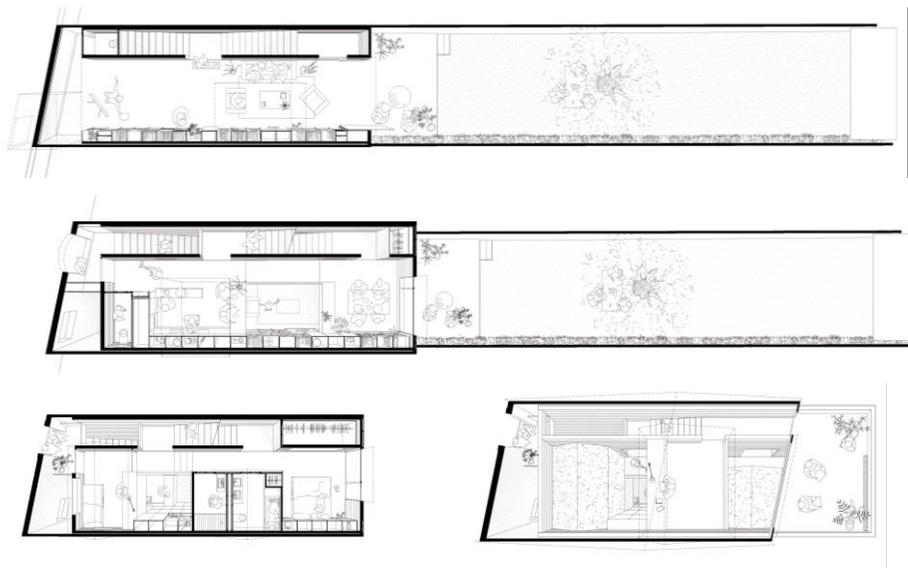


Fig.6.3 Plantas

Fig.6.4 Modelo Fig.6.5 Cocina Fig. 6.6 Escaleras



contiene el comedor, el cual se conecta a la cocina por medio de un corredor, a su vez, la cocina está conectada con el acceso por la calle de la Torre; en el segundo nivel se encuentran las zonas más privadas, que son la habitación principal y la habitación secundaria la cual está destinada a los niños, asimismo, se conecta con el balcón de doble altura en interior que se acopla con el de la fachada existente, y finalmente en el último nivel, se encuentra el estudio que da hacia un vacío y una terraza con vista al patio.

Como se mencionaba antes, al espacio existente se introduce una estructura en bloque de hormigón que hace la función de gran contenedor de todo el proyecto, enseguida de las escaleras, se cambia el material a los espacios de vivienda empleando madera. Además del modular de almacenamiento, en forjado y en algunos muros bajos que a la vez actúan como baranda se utiliza CLT de diversos espesores, de igual manera, en al, de igual manera, en algunos mesones y otros elementos se usa el mismo producto; sin embargo, para la modulación de los volúmenes y cerramientos de los espacios más privados, el arquitecto toma como inspiración la teoría de Raumplan de Loos, la cual afirma que la altura de cada espacio debe tratarse según su uso y la necesidad del mismo, por lo tanto, los espacios mencionados se diferencian de las demás áreas de la casa, tanto así, que se emplea un material diferente, en este caso tableros OSB.



Fig.6.7 Vistas interiores

Tabla de analisis - Resumen				
CE_04: Casa E+M				
datos generales	1	Superficie (m2)		225m2
	2	Ubicación		Calle de la torre, 8, Sant-Cugat, Barcelona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva		
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación	X	
	4	Año de construcción		2014
	5	Tiempo de ejecución (Madera)	-	No aplica/Se desconoce
6	Uso		Vivienda	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	
datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Híbrido	X	Estructura en bloque de hormigón con CLT
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metálica	X	
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
	12a	Si		
12b	No	X	Estructura en bloque de hormigón, y fachada existente	
13	Muros interiores (Empleo de madera)			
13a	Si	X	Tablero OSB	

datos tecnológicos	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	Cubierta existente de madera con tejas reforzada
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera		
	15b	Otro	X	Estructura en bloque de hormigon
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
	16a	Si	-	No aplica/Se desconoce
	16b	No	-	No aplica/Se desconoce

datos tecnológicos	16	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
19a	Encapsulado			
19b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_04: Casa E+M

datos tecnologicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas prefabricadas	
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	X

Proveedor Madera	2 Empresa	Procedencia	
	2a	KLH	Austria
	2b	Egoín	Pais Vasco
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes
	2d	Fustes Graus	Francia
	2e	No aplica/Se desconoce	-

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural							X	
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)								
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X			X			
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)					X	X		
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								
4l	MDF									

4m	Tablero de fibras aislantes											
4n	Aislante de fibra de madera											

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6a-a	Clavos							X	
6a-b	Pernos		X			X			
6a-c	Tirafondos y Tornillos		X		X	X			
6a-d	Pasadores, espigas y varillas roscadas								
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)								
8	Elementos metalicos								
8a	Escuadras (Angulares)		X			X			
	Estribos								
8b	Herrajes para apoyo de pilar								
9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes								

+ CE_05 – Escola la Canaleta



Fig.7.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.7.3 Fachadas

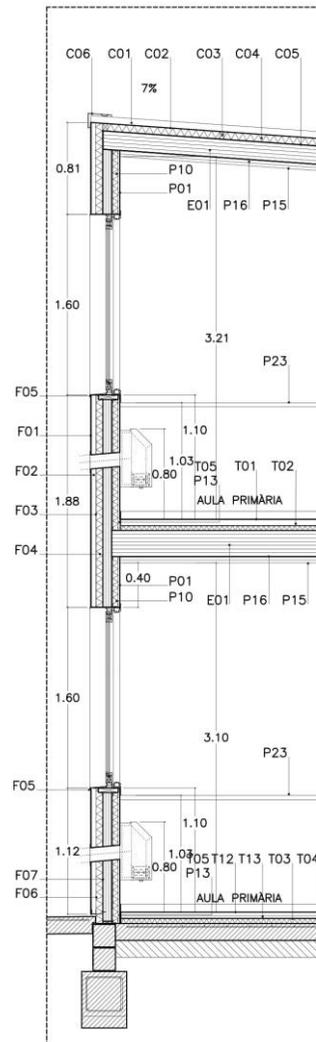


Fig.7.2 Detalle fachada

Ubicación	Vila-seca, Tarragona
Arquitectos	2260mm Arquitectes (Mar Puig de la Bellacasa - Manel Casellas)
Promotor	Ayuntamiento de Vila-Seca / Infraestructures.cat
Año de construcción	2014
Superficie	3480m ²
Actividad	Educativo
Tipo de obra	Nueva construcción

La escuela está situada en Vila-Seca, Tarragona, en una zona de desarrollo muy apartada, donde incluso, se pueden divisar algunas viviendas frente al proyecto sobre la Avenida Generalitat pero esta vía se encuentra deprimida, lo cual ayuda a este aislamiento. La escuela se encuentra emplazada en un lote bastante ortogonal donde se observa un volumen longitudinal rectangular del cual se desprenden de manera perpendicular otros dos volúmenes de la misma índole.

Su distribución asemeja un poco esta singularidad, en planta baja el volumen principal contiene funciones administrativas, espacios compartidos como gimnasio, comedor, etc. Los accesos al proyecto atraviesan dicho volumen, el primero remata en un patio el cual aporta un panorama de las áreas de educación infantil y primaria y brinda iluminación y ventilación; mientras que el segundo lleva a un espacio abierto donde se encuentra una pista polivalente y zona de juegos.

El primer volumen que desprende alberga los espacios destinados a la educación infantil. El siguiente volumen contiene por un lado servicios como biblioteca, sala de informática, entre otros y enseguida las aulas para

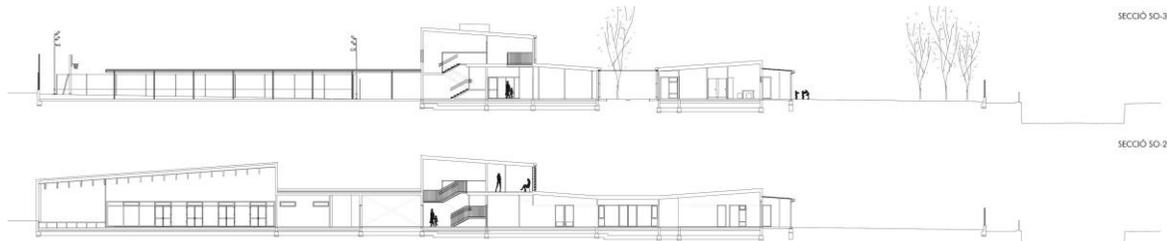


Fig.7.4 Secciones longitudinales

educación primaria, las cuales se extienden a la primera planta.

La estructura de la escuela está construida en su totalidad empleando CLT, soportado sobre una sencilla cimentación de hormigón, gracias al reducido peso de la estructura. Sus muros, también en CLT, cuenta con diferentes acabados dependiendo de su uso, por ejemplo, en exteriores luego de colocar tratamientos térmicos y acústicos remata en una fachada en placa de cemento, mientras que, en su interior, en la mayoría remata en diferentes tipos de placa de yeso. Su forjado en planta baja, está posicionado sobre una capa de grava, solera de hormigón, y luego de los respectivos tratamientos termina en un acabado de terrazo; por el contrario, en el forjado de la primera planta su acabado es en hormigón. En cubierta, de igual manera se emplea CLT, aislamientos, y remata en una chapa metálica.

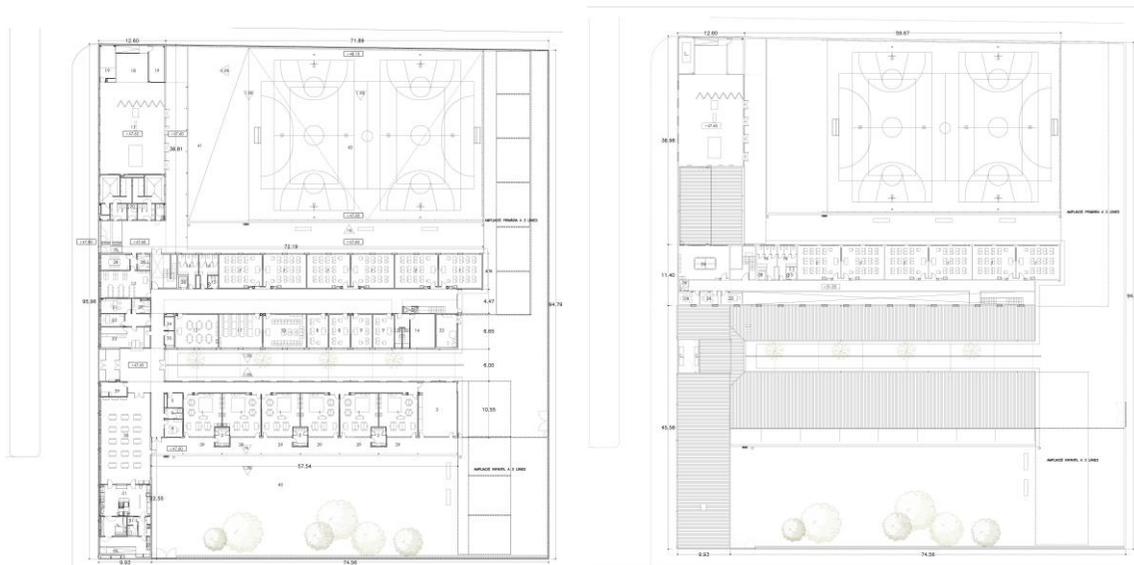


Fig.7.8 Plantas

9.000 Kg

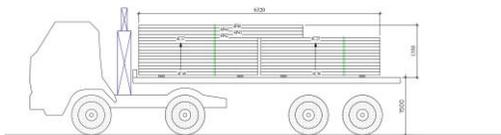


Fig.7.9 Programación de transporte de piezas



Fig.7.10 Proceso en obra

Tabla de analisis - Resumen				
CE_05: Escola La Canaleta				
datos generales	1	Superficie (m2)		3480m2
	2	Ubicación		Vila-seca, Tarragona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva	X	
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2014
	5	Tiempo de ejecución (Madera)		30 días
6	Uso		Educativo	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	
datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas	X	Estructura portante en CLT
	8d	Mixto		
	8e	Híbrido		
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metálica	X	
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Hormigón in situ, base de grava, solera de hormigón
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT con acabado en hormigón. Forjado en hormigón, con acabado en terrazo en planta baja
	11b	No		
	12	Envolverte (Empleo de madera)		
12a	Si	X	CLT	
12b	No			
13	Muros interiores (Empleo de madera)			

datos tecnologicos	13a	Si	X	CLT
	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	CLT, tablero aglomerado hidrofugado
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera	X	CLT
	15b	Otro		
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
	16a	Si		
	16b	No	X	Lana de roca, cilindro acustico, aislante acustico EEPS, junta acustica de poliuretano

datos constructivos	16	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
	19a	Encapsulado	X	En ocasiones se encuentra cubierto con diversos tableros de yeso al interior o con placa de cemento reforzado con fibra de celulosa al exterior
19b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_05: Escola La Canaleta

datos tecnologicos	1	Sistema estructural		
	1a		Entramado pesado	
	1b		Entramado ligero	
	1c		Maderas prefabricadas	X
	1d		Mixto	
	1e		Hibrido	

Proveedor Madera	2	Empresa	Procedencia	
	2a	KLH	Austria	
	2b	Egoín	Pais Vasco	X
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes	
	2d	Fustes Graus	Francia	
	2e	No aplica/Se desconoce	-	

Productos madera	3	Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural									
	4	Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada									
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)									
	4c	Madera contralaminada (CLT)			X	X		X		X	X
	4d	Madera microlaminada (LVL)									
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)									
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)									
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)									
	4h		PSL								
	4i		LSL								
	4j		OSL								
	4k	Tableros de particulas									X
4l	MDF										

4m	Tablero de fibras aislantes								
4n	Aislante de fibra de madera								

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6b	Clavos								
6c	Pernos		X	X		X		X	
6d	Tirafondos y Tornillos		X	X		X		X	
6e	Pasadores, espigas y varillas roscadas								
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)		X	X		X		X	
8	Elementos metalicos								
	Escuadras (Angulares)		X	X		X		X	
8a	Estribos								
8b	Herrajes para apoyo de pilar								
9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes								



Fig.8.7 Detalle unión



Fig.8.8 Proceso de obra

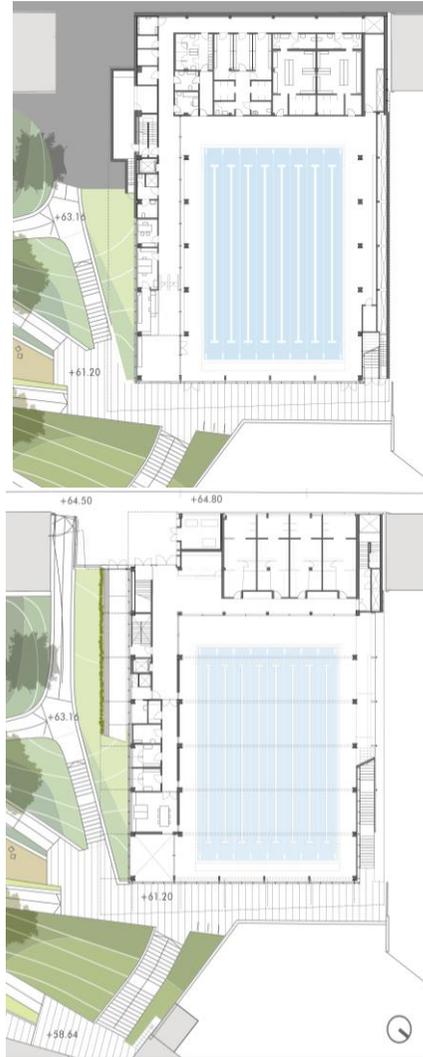


Fig.8.9 Planta baja y primera

La estructura general del edificio se realiza con pilares y jácenas de madera laminada encolada (glulam) y CLT. En fachada se observa un acabado con policarbonato o la estructura de acero antes mencionada; al interior se divisan muros de CLT o paneles fenólicos laminados. Su forjado cuenta con un acabado en parquet en algunas áreas. Finalmente, en cubierta se emplea una cercha de madera laminada encolada sobre la cual están apoyados múltiples paneles fotovoltaicos.

Tabla de analisis - Resumen				
CE_06: CEM Turo de la Peira				
datos generales	1	Superficie (m2)		4430m2 edificación – 3952 urbanización
	2	Ubicación		Carrer Sant Iscle 50-54, 08031 Barcelona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva	X	
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2016-2018
	5	Tiempo de ejecución (Madera)		8 semanas
	6	Uso		Equipamiento
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	

datos tecnologicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas tecnicas	X	CLT, madera laminada encolada
	8d	Mixto		
		Hibrido		
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metalica	X	Pletinas, tirafondos, pasadores, etc.
	10	Cimentacion (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Cimentacion, muro de contencion y pilares en hormigon
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT apoyado sobre jacenas de madera laminada encolada
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
	12a	Si		
	12b	No	X	Policarbonato sobre montantes de acero, malla de acero galvanizado para vegetacion
	13	Muros interiores (Empleo de madera)		

datos tecnológicos	13a	Si	X	CLT
	13b	No		
	14 Cubierta (Estructura, empleo de madera)			
	14a	Si	X	Cercha de madera contralaminada encolada
	14b	No		
	15 Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)			
	15a	Madera	X	CLT
	15b	Otro	X	Rampa sostenida y adosada por estructura metálica
	16 Aislamiento térmico/acústico (empleo de madera)			
	16a	Si	-	No aplica/Se desconoce
16b	No	-	No aplica/Se desconoce	

datos constructivos	16 Soluciones de Industrialización/Prefabricado			
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17 Facilidad transporte de piezas (Según sección)			
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18 Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperación de piezas, material, etc.)			
	18a	Si	X	Sus uniones metálicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19 Protección contra el fuego (piezas de madera)			
19a	Encapsulado			
19b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_06: CEM Turo de la Peira

datos tecnológicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas prefabricadas	X
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	

Proveedor Madera	2 Empresa		Procedencia	
	2a	KLH	Austria	
	2b	Egoín	Pais Vasco	X
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes	
	2d	Fustes Graus	Francia	
	2e	No aplica/Se desconoce	-	

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural								
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)					X		X	
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X			X			X
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)								
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes									
4n	Aislante de fibra de madera									

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6b	Clavos								
6c	Pernos						X	X	
6d	Tirafondos y Tornillos		X			X	X		X
6e	Pasadores, espigas y varillas roscadas							X	
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)		X				X	X	X
8	Elementos metalicos								
8a	Escuadras (Angulares)		X			X			X
	Estribos						X	X	
8b	Herrajes para apoyo de pilar						X		
9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes							X	

+ CE_07 – Melcior de Palau

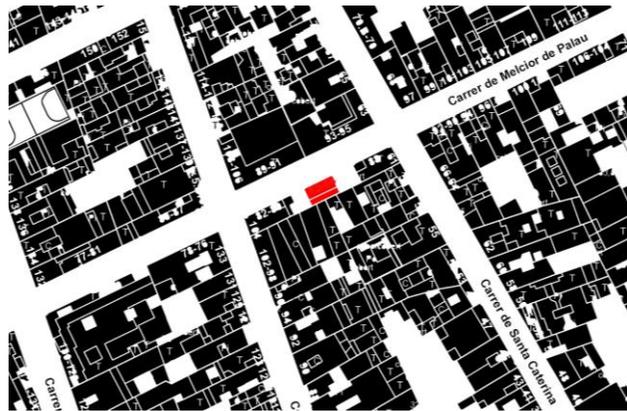


Fig.9.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.9.3 Transporte de CLT



Fig.9.2 Fachada + existente

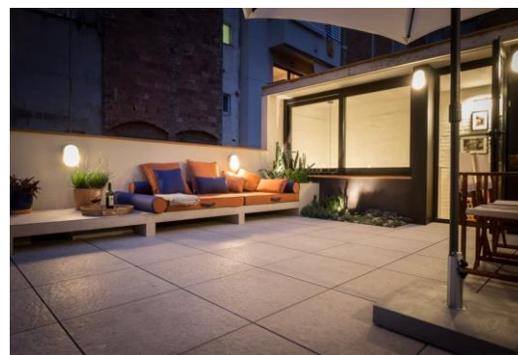


Fig.9.4 Terraza

Ubicación	Melcior de Palau, 84
Arquitectos	House habita, Pau Benach Arquitectura
Promotor	House hábitat
Año de construcción	2016
Superficie	348,41m2
Actividad	Vivienda
Tipo de obra	Rehabilitación - Nueva construcción

El peculiar proyecto se sitúa en la calle que lleva el mismo nombre, se trata de un edificio de vivienda plurifamiliar el cual se adhiere a una porción del edificio existente del cual, tras evaluar su estado, se conserva la fachada y las escaleras. El edificio solo cuenta con esta fachada, ya que se encuentra situado entre otros edificios de viviendas. El nuevo proyecto, a pesar de tener un aspecto muy simétrico en fachada, en su interior cuenta con 4 viviendas de diferente tipo y distribución, vestíbulo, terraza con tragaluz y núcleo de comunicaciones vertical.

La estructura del edificio está constituida esencialmente de pórticos rígidos de pilares y jácenas de madera laminada encolada (glulam), el forjado se arma con paneles macizos con vigas machihembradas, sobre el cual, se apoya los muros y fachada construidos a partir de entramado ligero usando madera maciza aserrada, donde se incorporan los correspondientes aislamientos y se cubre al interior usando tableros OSB o pladur; hacia la fachada, se emplea un aislamiento exterior a partir de fibras de madera altamente permeable y transpirable con un acabado decorativo.

La estructura de madera y las piezas empleadas, brindan la facilidad de construir en un espacio bastante reducido



Fig.9.5 Plantas

y con gran velocidad, ya que incluso se cierra la calle Melcior de Palau para poder utilizar esta área donde operan los camiones, grúas y todos los agentes participes del proyecto. Además, aporta un gran ahorro energético tanto en obra, como en su vida útil, pero sobretodo, en la reducción del peso de la obra en general, especialmente al tratarse de un tipo de rehabilitación

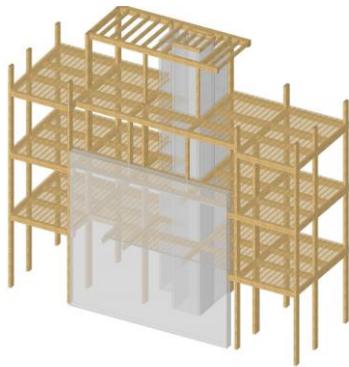


Fig.9.5 Detalle estructura

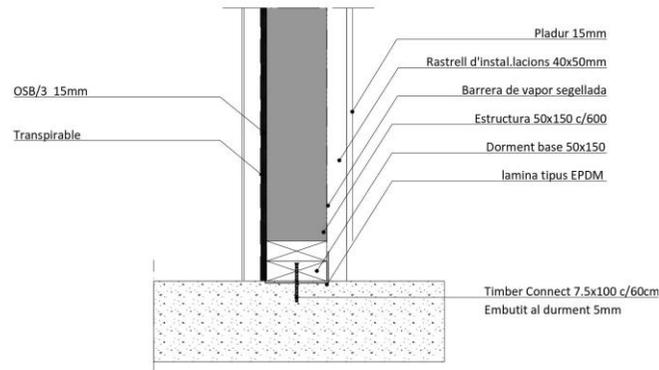


Fig.9.6 Detalle unión hormigón + durmiente

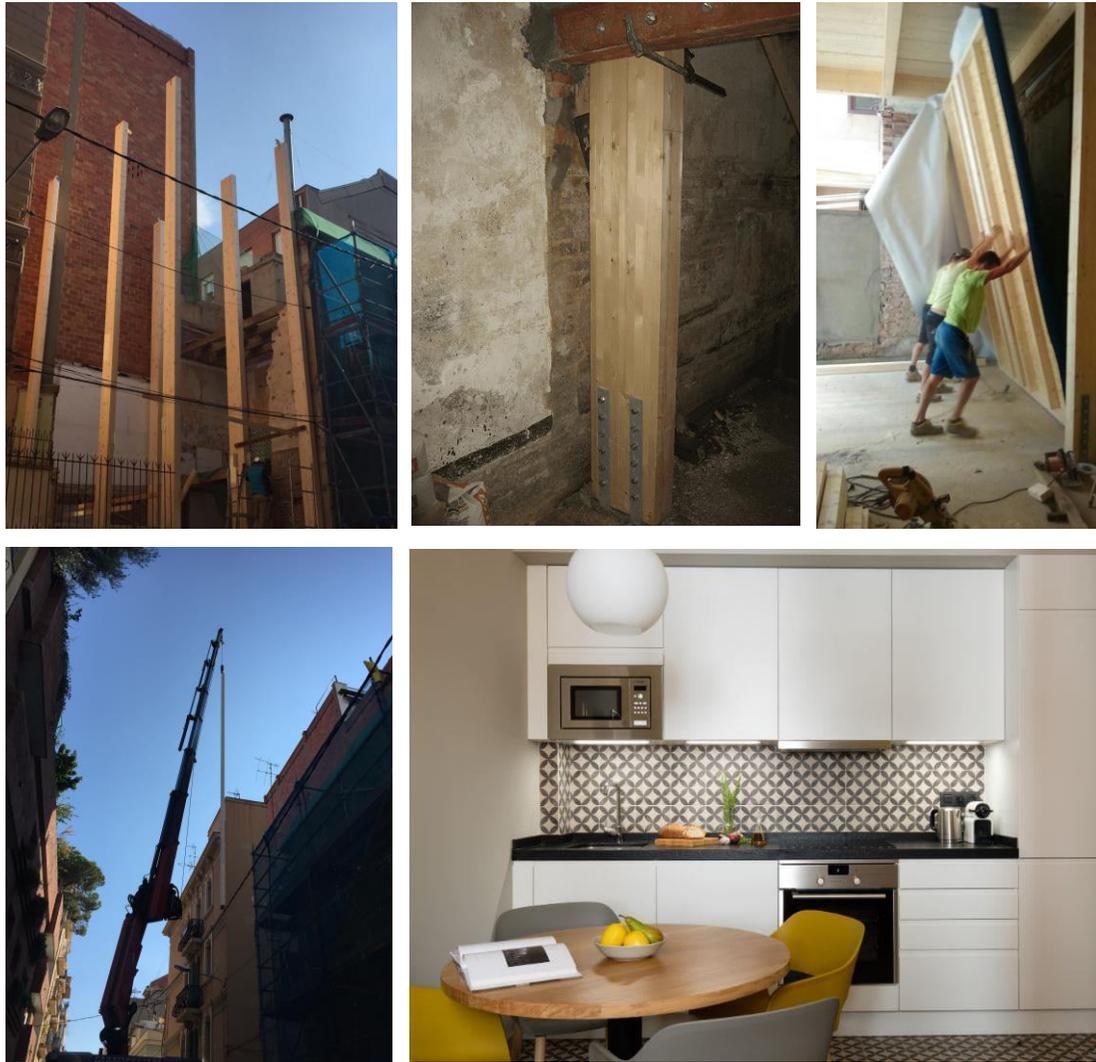


Fig.9.7 Proceso en obra 9.8 ubicación de pilares en glulam y muro en entramado ligero Fig 9.9 Vista cocina

Tabla de analisis - Resumen				
CE_07: Melcior de Palau				
datos generales	1	Superficie (m2)		348,41m2
	2	Ubicación		Melcior de Palau, 84
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva		
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación	X	
	4	Año de construcción		2016
	5	Tiempo de ejecución (Madera)	-	No aplica/Se desconoce
6	Uso		Vivienda	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	
datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto	X	Estructura en madera laminada encolada (glulam), paneles macizos con vigas machihembradas, madera maciza en entramado ligero
		Hibrido		
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metalica	X	Conectores ocultos, Escuadras, tirafondos, etc.
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
12a	Si	X	Se conserva la fachada existente, y en las restantes se usa madera maciza	
12b	No			

datos tecnológicos	13	Muros interiores (Empleo de madera)		
	13a	Si	X	Madera maciza, Tablero OSB
	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	Madera laminada encolada (glulam)
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera		
	15b	Otro	X	
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
16a	Si	X	Tablero aislante con fibra de madera, tambien se usa una placa de aislamiento SATE	
16b	No			

datos constructivos	16	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
19a	Encapsulado	X	Cubierto con pladur al interior y al exterior con acabado en fibra de madera	
19b	A la vista (Tratada)			

Tabla de analisis - Productos
CE_07: Melcior de Palau

datos tecnológicos	1 Sistema estructural			
	1a		Entramado pesado	
	1b		Entramado ligero	
	1c		Maderas prefabricadas	
	1d		Mixto	X
	1e		Hibrido	

Proveedor Madera	2 Empresa		Procedencia		
	2a	KLH	Austria		
	2b	Egoin	Pais Vasco		
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes		
	2d	Fustes Graus	Francia		X
	2e	No aplica/Se desconoce		-	

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.	
	3a	Madera aserrada estructural					X				
	4 Maderas tecnicas										
	4a	Madera aserrada laminada									
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)						X	X		
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X							
	4d	Madera microlaminada (LVL)									
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)									
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)					X				
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)									
	4h		PSL								
	4i		LSL								
	4j		OSL								
	4k	Tableros de particulas									
	4l	MDF									

4m	Tablero de fibras aislantes			X					
4n	Aislante de fibra de madera								

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6b		Clavos							
6c		Pernos							
6d		Tirafondos y Tornillos			X		X	X	
6e		Pasadores, espigas y varillas roscadas				X		X	
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)	X							
8	Elementos metalicos								
8a		Escuadras (Angulares)			X				
		Estribos						X	
8b		Herrajes para apoyo de pilar						X	
9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes								

+ CE_08 – Can Batlló



Fig.10.1 Plano nollí – Emplazamiento



Fig.10.2 Fachada



Fig.10.3 Fachada



Fig.10.4 Espacio comunitario



Fig.10.5 Patio

Ubicación	Carrer Constitució 85-89, Barcelona
Arquitectos	Lacol, cooperativa de arquitectos
Promotor	La Borda, cooperativa de viviendas en cesión de uso
Año de construcción	2018
Superficie	3000m ²
Actividad	Vivienda
Tipo de obra	Nueva construcción

El proyecto se encuentra situado en el antiguo recinto industrial que lleva el mismo nombre, en el distrito de Sants-Montjuic, más tarde en el año 1976 se determinó que en la zona se debía usar para albergar parques de vivienda y equipos públicos, tras un arduo y largo proceso, se inicia el proyecto de viviendas; así da origen a un particular modelo de vivienda, guiado por la cooperativa La Borda para brindar viviendas dignas.

El edificio cuenta con 28 viviendas con áreas de 45, 60 y 75m², espacios comunitarios que están situados alrededor de un gran patio central, los cuales incluye lavandería, espacio polivalente, cocina-comedor, un gran invernadero, entre otros, con la intención de rescatar y fomentar la vida comunitaria entre sus habitantes; lo cual se ve reflejado en su distribución, en planta baja se encuentra comercio, el acceso al edificio donde se divisa el patio, espacios comunitarios, cuartos de instalaciones y el núcleo de escaleras y ascensores, a partir de los siguientes niveles se reparten las diferentes viviendas y demás espacios comunitarios, rematando en el invernadero y una cubierta verde. Además, se tenía el

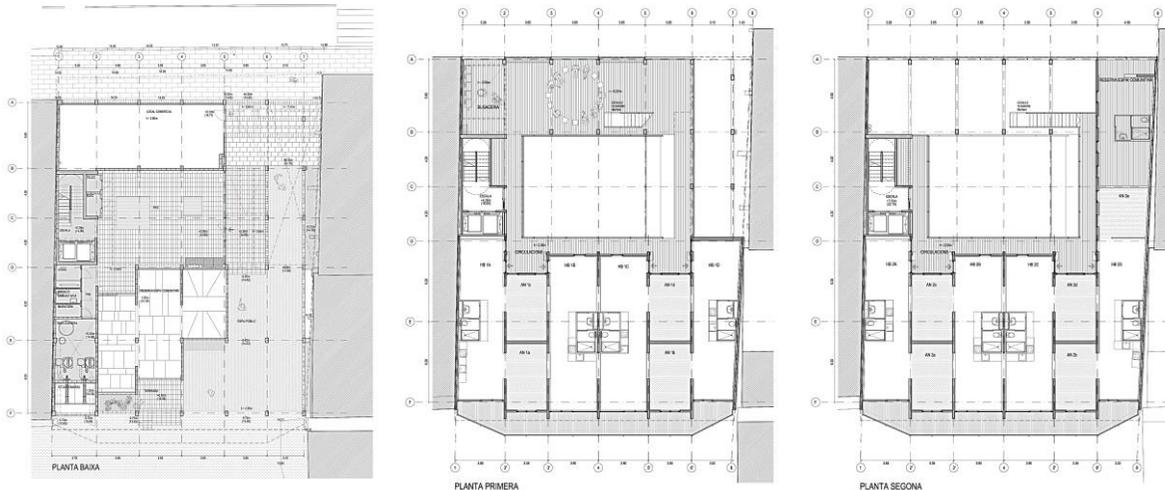


Fig.10.6 Planta baja, primera y segunda

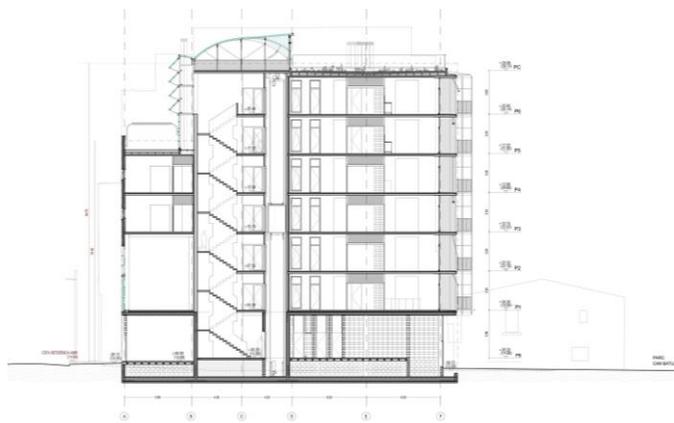


Fig.10.7 Sección longitudinal

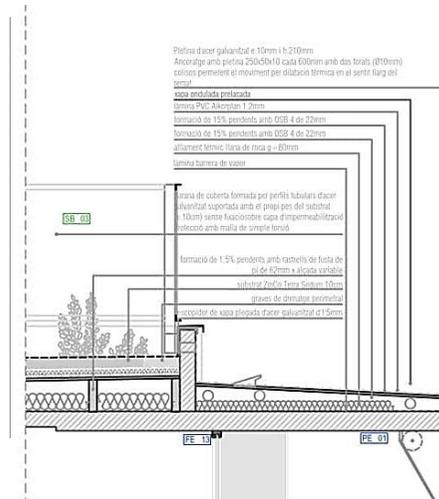


Fig.10.8 Detalle cubierta

objetivo de edificar un proyecto con reducido impacto ambiental en obra y a lo largo de su vida útil.

El proyecto está constituido por cimentación y planta baja en hormigón in situ que comprende pilares y forjados, sobre el cual se apoyan 6 niveles que abarcan una estructura portante en CLT en forjados y muros, asimismo, en los dos últimos niveles se encuentra una estructura tipo invernadero en acero galvanizado y policarbonato, actualmente es el edificio de madera más alto en España, superando al edificio de madera contralaminada de 6 plantas en Lleida por el Arq. Ramón Lloverá el cual llevaba este título. Esta proeza se logra gracias al buen comportamiento del CLT en estructura en altura, en compañía a su base de hormigón, la cual permite el paso de cargas a sus cimientos, sostener la estructura en general al contar con reducido peso a comparación de otros sistemas convencionales, etc. Al encontrarse en medianeras lo cual representa un inconveniente para el CLT al no tener certeza de la estanqueidad de los edificios vecinos o de poderla controlar, se protege con biocida, además se deja una separación de 1.5mm y a la vez esta sellada con una chapa de acero galvanizado en su fachada.

Con respecto a sus fachadas se encuentra cierta dualidad, mientras que en su fachada principal sobre la calle de la constitución es un poco más cerrado, donde se evidencia algo del CLT, también parte de sus pilares en hormigón y madera, pero sobretodo predomina el policarbonato; a excepción de su fachada posterior, donde se encuentran la mayoría de viviendas y allí, se contemplan la ventanería y los balcones de las mismas.

Al interior, se encuentran muros de CLT de 120mm y 300mm los cuales se emplean en el núcleo de escaleras, y

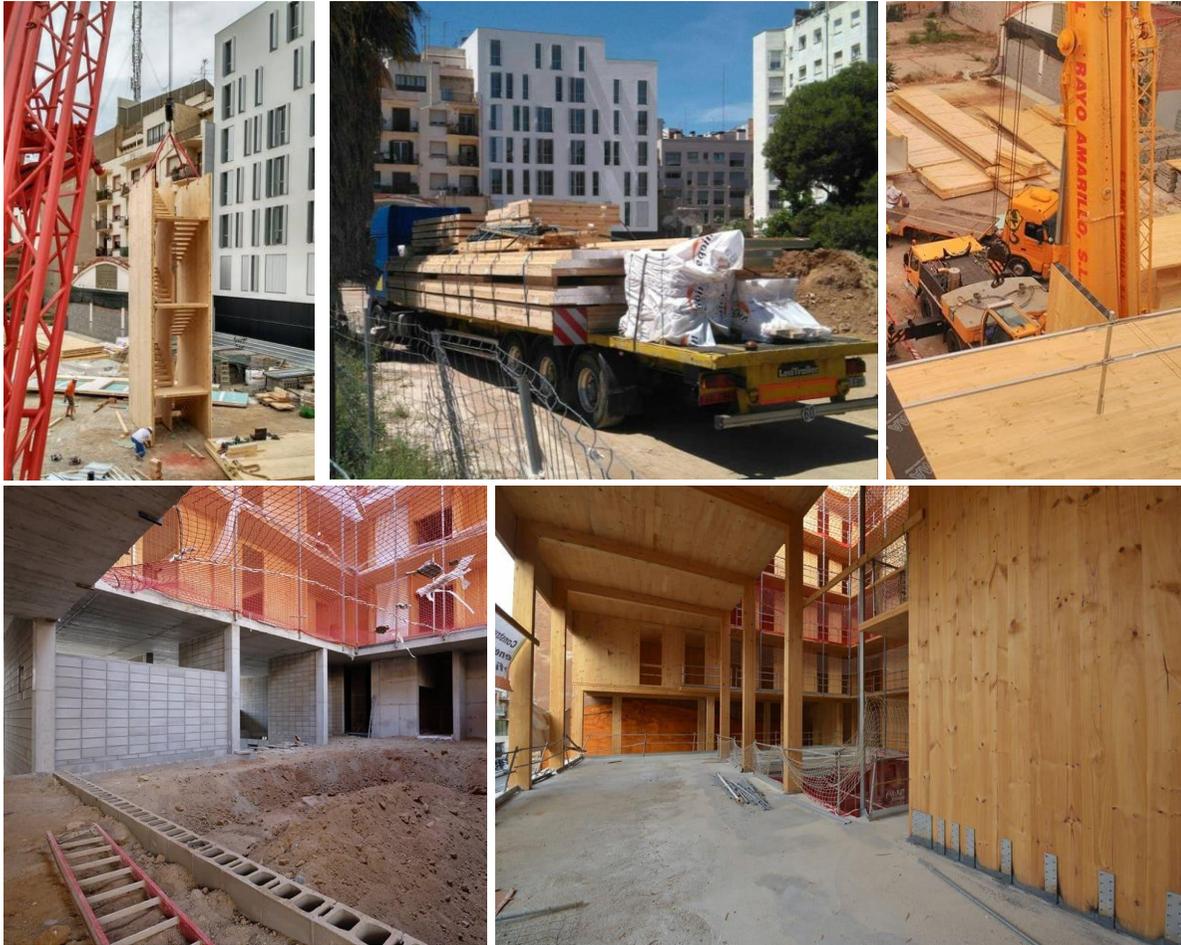


Fig.10.9 Proceso en obra

dependiendo de su ubicación, tiene diferentes procedimientos, por un lado, se deja a la vista, en algunos casos se cubre con yeso-cartón, los respectivos aislantes, y demás. En los forjados, se repite un poco este método, el cual presenta aislantes, y sus diferentes acabados incluyen madera aserrada, hormigón, el cual ayuda a la rigidez del forjado; mientras que, en el forjado de cubierta, aparte de los respectivos aislantes y demás, sustenta la cubierta verde del edificio.

Tabla de analisis - Resumen				
CE_08: Can Batlló				
datos generales	1	Superficie (m2)		3000m2
	2	Ubicación		Carrer Constitución 85-89, Barcelona
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva	X	
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2018
	5	Tiempo de ejecución (Madera)		8 semanas (ensamble de paneles y tornillería) - 18 meses total de la obra
6	Uso		Vivienda	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	

datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Híbrido	X	Estructura portante en CLT, columnas en madera laminada, algunos elementos en madera aserrada de pino. Planta baja en hormigón in situ, estructura tipo invernadero en montantes de acero galvanizado
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metalica	X	Pletinas metálicas, tornillos, chapas, pasadores, tirafondos, etc.
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Hormigón in situ
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT, acabado en madera de pino autoclave. Cuenta con una capa de hormigón en algunas áreas como acabado y aporta

datos tecnológicos				rigidez
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
	12a	Si	X	CLT Y Bloque de hormigon en planta baja
	12b	No		
	13	Muros interiores (Empleo de madera)		
	13a	Si	X	CLT Y Bloque de hormigon en planta baja
	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	CLT, Tablero OSB
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera	X	Hibrido CLT y hormigon
	15b	Otro		
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
	16a	Si		
16b	No	X	lana de roca, tira de aislamiento acustico	
datos constructivos	16	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	16a	Si	X	
	16b	No		
	17	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	18a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	18b	No		
	19	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
19a	Encapsulado	X	En ocasiones se encuentra cubierto con yeso-carton, ademas de contar con aisalentes como lana de roca, lamina transpirable impermeable; o esta cubierta por policarbonato en fachada.	
19b	A la vista (Tratada)	X	Biocida	

Tabla de analisis - Productos
CE_08: Can Batlló

datos tecnologicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas prefabricadas	
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	X

Proveedor Madera	2 Empresa	Procedencia	
	2a KLH	Austria	
	2b Egoin	Pais Vasco	X
	2c Sebastia	Pirineos Catalanes	
	2d Fustes Graus	Francia	
	2e No aplica/Se desconoce	-	

Productos madera	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural								
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)								
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X	X		X		X	X
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)							X	
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes									
4n	Aislante de fibra de madera									

			Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5	Tradicional									
5a	Madera									
6	Metálicas									
6a	Clavijas									
6b	Clavos									
6c	Pernos			X			X		X	
6d	Tirafondos y Tornillos			X			X		X	X
6e	Pasadores, espigas y varillas roscadas			X			X		X	X
7	Placas									
7a	Placas perforadas (Pletinas)			X					X	
8	Elementos metálicos									
	Escuadras (Angulares)			X			X		X	X
8a	Estribos									
8b	Herrajes para apoyo de pilar									
9	Conectores									
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales									
10	Tirantes									
10a	Tirantes									



Fig.11.5 Plantas

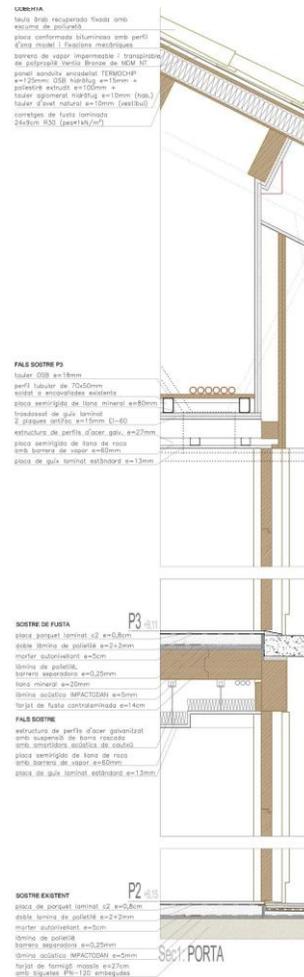


Fig.11.6 Detalle fachada

sede de la Colla Castellera, todo ello por razones constructivas en cuanto al reducido peso de la estructura y costos.

La estructura de madera es bastante diversa, ya que se emplea sistemas de acuerdo a las necesidades de cada espacio. Las viviendas que cada unidad comprende dos habitaciones, sala, cocina y baño, se construye en entramado ligero de madera maciza de pino, en su interior se coloca una placa de lámina mineral y se cierra con tableros OSB o de yeso laminado; esto va apoyado sobre un forjado de CLT, mortero para nivelar, tratamientos acústicos/térmicos rematando con un piso de parquet laminado. En cubierta, se conserva la teja árabe existente, sin embargo, se añade una lámina impermeable, un panel sándwich que se cierra con OSB, apoyado sobre correas de madera laminada. Además, en las circulaciones entre fachada y vivienda se emplean placas de hormigón armado prefabricado apoyado sobre vigas de CLT. Por otro lado, en la nueva sede de la Colla Castellera se observa una estructura construida esencialmente en estructura metálica

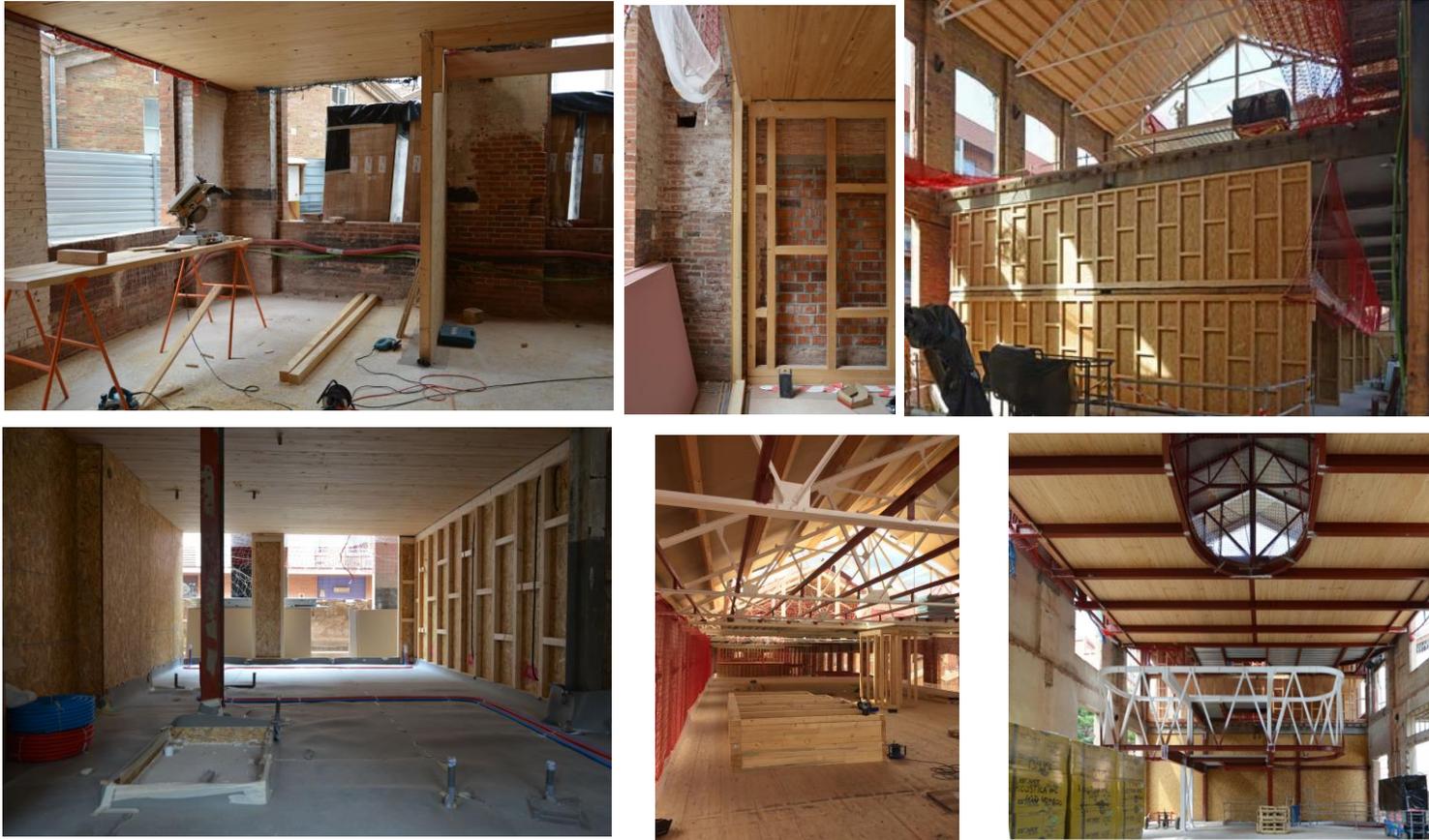


Fig.11.7 Proceso en obra

Tabla de analisis - Resumen				
CE_09: Fabra i Coats				
datos generales	1	Superficie (m2)		5.391,95m2
	2	Ubicación		Recinte Fabra i Coats, Carrer de Sant Adriá, 20 - c/ Parellada
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva		
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación	X	
	4	Año de construcción		2018-2019
	5	Tiempo de ejecución (Madera)	-	No aplica/Se desconoce
6	Uso		Vivienda, Equipamiento	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	
datos tecnológicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas técnicas		
	8d	Mixto		
	8e	Híbrido	X	CLT, madera laminada, Tablero OSB, entramado ligero en madera maciza de pino, Estructura metálica
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metálica	X	
	10	Cimentación (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Zapatillas aisladas de mampostería
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT
	11b	No		
	12	Envoltorio (Empleo de madera)		
12a	Si			

	12b	No	X	Se conserva la fachada existente del edificio	
	13 Muros interiores (Empleo de madera)				
	13a	Si	X	Madera maciza de pino, Tablero OSB	
	13b	No			
	14 Cubierta (Estructura, empleo de madera)				
	14a	Si	X	Madera laminada encolada, Panel sandwich cerrado con Tablero OSB, tambien contiene tablero aglomerado hidrofugo y tablero natural de abeto al interior.	
	14b	No			
	15 Nucleo de comunicaci3n (Escalera - Ascensor)				
	15a	Madera			
	15b	Otro	X	Estructura metalica	
	16 Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)				
	16a	Si	X	Panel sandwich TERMOCHIP, el cual esta conformado por tablero OSB, poliestileno extruido, tablero aglomerado hidrofugo, tablero natural de abeto. Lana de roca, lamina acustica IMPACTODAN.	
16b	No				

datos constructivos	18 Soluciones de Industrializacion/Prefabricado				
	18a	Si	X		
	18b	No			
	19 Facilidad transporte de piezas (Seg3n secci3n)				
	19a	Si	X		
	19b	No			
	20 Deconstrucci3n (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)				
	20a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje	
	20b	No			
	21 Protecci3n contra el fuego (piezas de madera)				
	21a	Encapsulado	X	Entramado ligero cerrado con tablero de yeso laminado o con Tablero OSB	
	21b	A la vista (Tratada)	X	CLT, madera laminada a la vista	

Tabla de analisis - Productos
CE_09: Fabra i Coats

datos tecnológicos	1 Sistema estructural		
	1a	Entramado pesado	
	1b	Entramado ligero	
	1c	Maderas prefabricadas	
	1d	Mixto	
	1e	Hibrido	X

Proveedor Madera	2 Empresa	Procedencia	
	2a	KLH	Austria
	2b	Egoin	Pais Vasco
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes
	2d	Fustes Graus	Francia
	2e	No aplica/Se desconoce	-

datos tecnológicos	3 Maderas aserradas		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural			X		X			
	4 Maderas tecnicas									
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)							X	
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X						
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)				X			X	
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								X
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes											
4n	Aislante de fibra de madera											

5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
5a	Madera								
6 Metalicas									
6a	Clavijas								
6a-a	Clavos								
6a-b	Pernos								
6a-c	Tirafondos y Tornillos			X		X		X	
6a-d	Pasadores, espigas y varillas roscadas								
7	Placas								
7a	Placas perforadas (Pletinas)		X					X	
8	Elementos metalicos								
8a	Escuadras (Angulares)		X	X		X		X	
8b	Herrajes para apoyo de pilar								
9	Conectores								
9a	Conectores de malla reticulares y espaciales								
10	Tirantes								
10a	Tirantes								

+ CE_10 – Parque de bomberos Moió



Fig.12.1 Plano nolle – Emplazamiento



Fig.12.2 Visualización proyecto



Fig.12.3 Proceso en obra



Ubicación	08180 Moió
Arquitectos	Josep Ferrando, Manel Casellas, Mar Puig, Pedro García
Promotor	Infraestructures SA
Año de construcción	2019
Superficie	757,40m ²
Actividad	Equipamiento
Tipo de obra	Construcción nueva

El proyecto consiste en el nuevo diseño del parque de bomberos de Moió al norte de Barcelona, el cual se adjudicó al equipo liderado por el Arq. Josep Ferrando, tras ganar el primer lugar del concurso convocado por Infraestructures SA. El nuevo edificio debe cumplir a ciertas medidas específicas, al cual se responde con el planteamiento de un proyecto diseñado con sistemas industrializados, para facilitar su modulación, ahorro energético, ejecución en obra, entre otros.

El departamento de Gobernación fija dos categorías para el programa del proyecto, la primera corresponde a un equipamiento administrativo donde cuenta con oficinas, estancias, etc., y el segundo se ajusta al equipamiento industrial, y contiene gimnasio, almacenes, y demás. El proyecto está conformado por un gran volumen de forma sencilla, el cual cuenta con dos niveles, en planta baja, se encuentra un aula polivalente, vestuarios, baños, almacén, núcleo de comunicaciones, gimnasio que cuenta con rocódromo, por lo tanto, el área goza de doble altura, y un gran garaje también de doble altura. Mientras que en planta primera se encuentran los dormitorios, cocina, comedor, baños, taquillas, circulaciones y núcleos de comunicación. El parque cuenta con dos accesos, el primero guía directamente a



Fig. 12.4 Planta baja y primera

Fig. 12.5 Detalle unión pilar + jácena

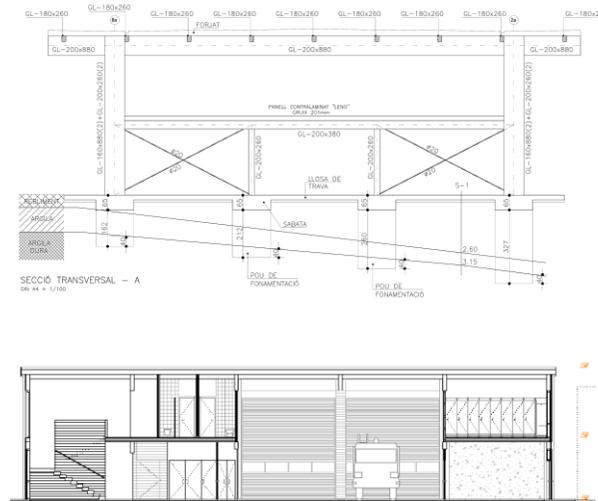
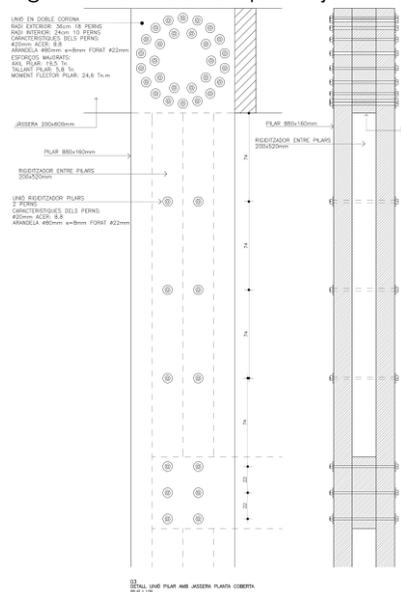


Fig. 12.6 Sección transversal
Fig. 12.7 Sección longitudinal

la zona administrativa, y el segundo lleva al garaje. La modulación en fachada permite una iluminación generosa y controlada a los espacios que más lo precisa.

La estructura del complejo está conformada esencialmente de madera. El edificio cuenta con una cimentación compuesta por una solera de hormigón la cual se apoya sobre pilotes del mismo material; sobre ella se encuentra una estructura portante de pilares y jácenas de madera laminada encolada (glulam). Con respecto a los forjados, en planta baja se encuentra encima de la solera la respectiva impermeabilización, y se cuenta con diferentes acabados según el espacio como hormigón, terrazo o cerámica; por el contrario, en el forjado de la primera planta se compone de CLT, pero conserva los mismos acabados de planta baja según el área. En cuanto a los muros, en fachada se utilizan tableros OSB rigidizado por travesaños de madera maciza de pino y en su interior están situados los aislamientos térmicos/acústicos y demás, para garantizar el confort de los espacios, en cambio al interior, se encuentran muros de CLT, pladur, con diversos acabados como cerámica, la madera a la vista, etc., y en algunos casos se encuentran reforzamientos con tirantes de acero. En cubierta también se encuentra estructurado con madera, además de contar con los aislamientos y demás comprendidos en tableros OSB, se encuentran reforzados de igual modo con tirantes.



Fig.12.8 Proceso en obra

Tabla de analisis - Resumen				
CE_10: Parque de bomberos Moia				
datos generales	1	Superficie (m2)		757,40m2
	2	Ubicación		08180 Moia
	3	Tipo de intervención		
	3a	Construcción nueva	X	
	3b	Ampliación		
	3c	Rehabilitación		
	4	Año de construcción		2019 (Actualmente en construcción)
	5	Tiempo de ejecución (Madera)	-	No aplica/Se desconoce
6	Uso		Equipamiento	
7	No. De profesionales para montaje	-	No aplica/Se desconoce	
datos tecnologicos	8	Sistema estructural		
	8a	Entramado pesado		
	8b	Entramado ligero		
	8c	Maderas tecnicas	X	CLT, madera laminada encolada, tableros OSB
	8d	Mixto		
	8e	Hibrido		
	9	Uniones estructurales		
	9a	Madera		
	9b	Metalica	X	Pletinas, tirafondos, pasadores, etc.
	10	Cimentacion (Empleo de madera)		
	10a	Si		
	10b	No	X	Cimentacion con pilotes y solera de hormigon
	11	Forjado (Empleo de madera)		
	11a	Si	X	CLT apoyado sobre jacenas de madera laminada encolada
	11b	No		
	12	Envolvente (Empleo de madera)		
	12a	Si	X	Tablero OSB rigidizado por travesaños de pino
12b	No			
13	Muros interiores (Empleo de madera)			
13a	Si	X	CLT, madera aserrada sencilla, Tambien se usa Pladur	

datos tecnológicos	13b	No		
	14	Cubierta (Estructura, empleo de madera)		
	14a	Si	X	Tablero OSB, sobre jacenas de madera laminada encolada, rigidizadores en madera maciza de pino
	14b	No		
	15	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)		
	15a	Madera	X	CLT
	15b	Otro		
	16	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)		
	16a	Si		
	16b	No	X	Lana de roca

datos constructivos	17	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado		
	17a	Si	X	
	17b	No		
	18	Facilidad transporte de piezas (Según sección)		
	18a	Si	X	las piezas de madera son facilitadas por la propia planta
	18b	No		
	19	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)		
	19a	Si	X	Sus uniones metalicas permiten la facilidad de desmontaje
	19b	No		
	20	Protección contra el fuego (piezas de madera)		
20a	Encapsulado			
20b	A la vista (Tratada)	X		

Tabla de analisis - Productos
CE_10: Parque de bomberos Moia

datos tecnologicos	1	Sistema estructural		
	1a		Entramado pesado	
	1b		Entramado ligero	
	1c		Maderas prefabricadas	X
	1d		Mixto	
	1e		Hibrido	

Proveedor Madera	2	Empresa	Procedencia	
	2a	KLH	Austria	X
	2b	Egoín	Pais Vasco	
	2c	Sebastia	Pirineos Catalanes	
	2d	Fustes Graus	Francia	
	2e	No aplica/Se desconoce	-	

Productos madera	3	Maderas aserradas	Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	3a	Madera aserrada estructural			X		X		X	
	4	Maderas tecnicas								
	4a	Madera aserrada laminada								
	4b	Madera laminada encolada (Glulam)					X		X	
	4c	Madera contralaminada (CLT)		X			X			X
	4d	Madera microlaminada (LVL)								
	4e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)								
	4f	Tablero de virutas orientadas (OSB)			X	X			X	
	4g	Maderas reconstruidas (Composite SCL)								
	4h		PSL							
	4i		LSL							
	4j		OSL							
	4k	Tableros de particulas								
	4l	MDF								

4m	Tablero de fibras aislantes											
4n	Aislante de fibra de madera											

Productos uniones	5 Tradicionales		Ciment.	Forj.	Envolv.	Cerr.	Mur.	Pil. Y Jac.	Cub.	N. de com.
	5a	Madera								
	6 Metalicas									
	6a	Clavijas								
	6a-a		Clavos							
	6a-b		Pernos					X		
	6a-c		Tirafondos y Tornillos	X	X	X	X	X	X	X
	6a-d		Pasadores, espigas y varillas roscadas							
	7	Placas								
	7a		Placas perforadas (Pletinas)	X				X		X
	8	Elementos metalicos								
			Escuadras (Angulares)	X			X			
	8a		Estribos					X	X	
	8b		Herrajes para apoyo de pilar					X		
	9	Conectores								
	9a		Conectores de malla reticulares y espaciales							
10	Tirantes									
10a		Tirantes		X			X	X		

+ 4. Resultados

4.1 Tabla análisis resumen – Resumen – Comparativa Casos de estudio

Tabla de analisis - Resumen - Comparativa Casos de estudio													
Comparativa de proyectos		CE_01	CE_02	CE_03	CE_04	CE_05	CE_06	CE_07	CE_08	CE_09	CE_10	Total	
Intervencion	1	Tipo de intervención											
	1a	Construcción nueva			X		X	X		X		X	5
	1b	Ampliación		X									1
	1c	Rehabilitación	X			X			X		X		4
datos tecnologicos	2	Sistema estructural											
	2a	Entramado pesado		X									1
	2b	Entramado ligero											0
	2c	Maderas Tecnicas					X	X				X	3
	2d	Mixto							X				1
	2e	Hibrido	X		X	X				X	X		5
	3	Uniones estructurales											
	3a	Madera											0
	3b	Metalica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	4	Cimentacion (Empleo de madera)											
	4a	Si											0
	4b	No	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	5	Forjado (Empleo de madera)											
	5a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	5b	No											0
	6	Envolvente (Empleo de madera)											
	6a	Si		X			X			X		X	4
	6b	No	X		X	X		X	X		X		6
	7	Muros interiores (Empleo de madera)											
	7a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	7b	No											0
	8	Cubierta (Estructura, empleo de madera)											
	8a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	8b	No											0
9	Nucleo de comunicación (Escalera - Ascensor)												
9a	Madera			X		X	X		X		X	5	

	9b	Otro	X	-		X			X		X		4
	10	Aislamiento termico/acustico (empleo de madera)											
	10a	Si	X	X		-		-	X		X		4
	10b	No			X	-	X	-		X		X	4
datos construccion	11	Soluciones de Industrializacion/Prefabricado											
	11a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	11b	No											0
	12	Facilidad transporte de piezas (Según sección)											
	12a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	12b	No											0
	13	Deconstrucción (componentes con facilidad de recuperacion de piezas, material, etc.)											
	13a	Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	13b	No											0
	14	Protección contra el fuego (piezas de madera)											
	14a	Encapsulado							X				1
	14b	A la vista (Tratada)	X	X	X	X		X				X	6
14c	Ambos					X			X	X		3	



4.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio

Tabla de analisis - Productos - Comparativa Casos de estudio													
Comparativa Casos de estudio - Productos													
		CE_01	CE_02	CE_03	CE_04	CE_05	CE_06	CE_07	CE_08	CE_09	CE_10	Total	
Productos Madera	1 Maderas aserradas												
	Madera aserrada estructural												
	Ciment.												0
	Forj.		X										1
	Envolv.		X							X	X		3
	Cerr.												0
	Mur.							X		X	X		3
	Pil. Y Jac.		X										1
	Cub.		X		X						X		3
	N. de com.												0
Productos Madera	2 Maderas tecnicas												
	Madera aserrada laminada												
	Ciment.												0
	Forj.												0
	Envolv.												0
	Cerr.												0
	Mur.												0
	Pil. Y Jac.												0
	Cub.												0
	N. de com.												0
Productos Madera	Madera laminada encolada (Glulam)												
	Ciment.												0
	Forj.		X										1
	Envolv.												0
	Cerr.												0
	Mur.												0
	Pil. Y Jac.					X	X				X		3
	Cub.			X		X	X			X	X		5
	N. de com.												0
	Productos Madera	Madera contralaminada (CLT)											
Ciment.													0
Forj.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		9
Envolv.					X				X				2
Cerr.													0
Mur.		X	X	X	X	X			X		X		7
Pil. Y Jac.													0

Productos Madera	2d	Cub.	X		X		X			X			4	
		N. de com.			X		X	X		X		X	5	
		Madera microlaminada (LVL)												
		Ciment.												0
		Forj.												0
		Envolv.												0
		Cerr.												0
		Mur.												0
		Pil. Y Jac.												0
		Cub.												0
N. de com.												0		
Productos Madera	2e	Tablero estructural contrachapado (Plywood)												
		Ciment.												0
		Forj.												0
		Envolv.												0
		Cerr.												0
		Mur.												0
		Pil. Y Jac.												0
		Cub.												0
		N. de com.												0
		Productos Madera	2f	Tablero de virutas orientadas (OSB)										
Ciment.														0
Forj.														0
Envolv.												X		1
Cerr.	X				X				X		X	X	5	
Mur.					X								1	
Pil. Y Jac.													0	
Cub.	X			X						X	X	X	5	
N. de com.													0	
Productos Madera	2g-a			2g Maderas reconstruidas (Composite SCL)										
		PSL												
		Ciment.												0
		Forj.												0
		Envolv.												0
		Cerr.												0
		Mur.												0
		Pil. Y Jac.												0
		Cub.												0
		N. de com.												0
Productos Madera	LSL	Ciment.											0	
		Forj.											0	

4a-c	Ciment.											0
	Forj.	X	X		X	X	X		X		X	7
	Envolv.		X			X		X		X		5
	Cerr.		X		X						X	3
	Mur.	X			X	X	X	X	X	X	X	8
	Pil. Y Jac.						X	X			X	3
	Cub.	X	X			X		X	X	X	X	6
	N. de com.					X		X		X		3
	Pasadores, espigas y varillas roscadas											
	Ciment.											
Forj.	X	X	X					X				4
Envolv.		X										1
Cerr.							X					1
Mur.	X							X				2
Pil. Y Jac.		X					X					2
Cub.	X	X	X			X		X		X		4
N. de com.								X				1
5 Placas												
Placas perforadas (Pletinas)												
Ciment.							X					1
Forj.	X	X	X		X	X		X	X	X		8
Envolv.		X			X							2
Cerr.												0
Mur.					X							1
Pil. Y Jac.		X				X				X		3
Cub.	X	X			X	X		X	X			6
N. de com.					X			X		X		2
6 Elementos metalicos												
Escuadras (Angulares)												
Ciment.												0
Forj.	X			X	X	X	X	X	X	X		8
Envolv.					X				X			2
Cerr.												0
Mur.	X		X	X	X	X		X	X	X		8
Pil. Y Jac.												0
Cub.	X				X			X	X			4
N. de com.			X			X		X				3
Estribos												
Ciment.												0
Forj.			X									1
Envolv.												0
Cerr.												0
6b												

4a-c	Mur.												0
	Pil. Y Jac.						X	X			X		3
	Cub.			X			X				X		3
	N. de com.												0
	Herrajes para apoyo de pilar												
	Ciment.												0
	Forj.												0
	Envolv.												0
	Cerr.												0
	Mur.												0
Pil. Y Jac.							X	X			X	3	
Cub.												0	
N. de com.												0	
6c													
Ciment.												0	
Forj.												0	
Envolv.												0	
Cerr.												0	
Mur.												0	
Pil. Y Jac.							X	X			X	3	
Cub.												0	
N. de com.												0	
7 Conectores													
Conectores de malla reticulares y espaciales													
Ciment.												0	
Forj.												0	
Envolv.												0	
Cerr.												0	
Mur.												0	
Pil. Y Jac.												0	
Cub.												0	
N. de com.												0	
7a													
Ciment.												0	
Forj.												0	
Envolv.												0	
Cerr.												0	
Mur.												0	
Pil. Y Jac.												0	
Cub.												0	
N. de com.												0	
8 Tirantes													
Tirantes													
Ciment.												0	
Forj.												0	
Envolv.											X	1	
Cerr.												0	
Mur.												0	
Pil. Y Jac.											X	1	
Cub.							X			X		2	
N. de com.												0	
8a													

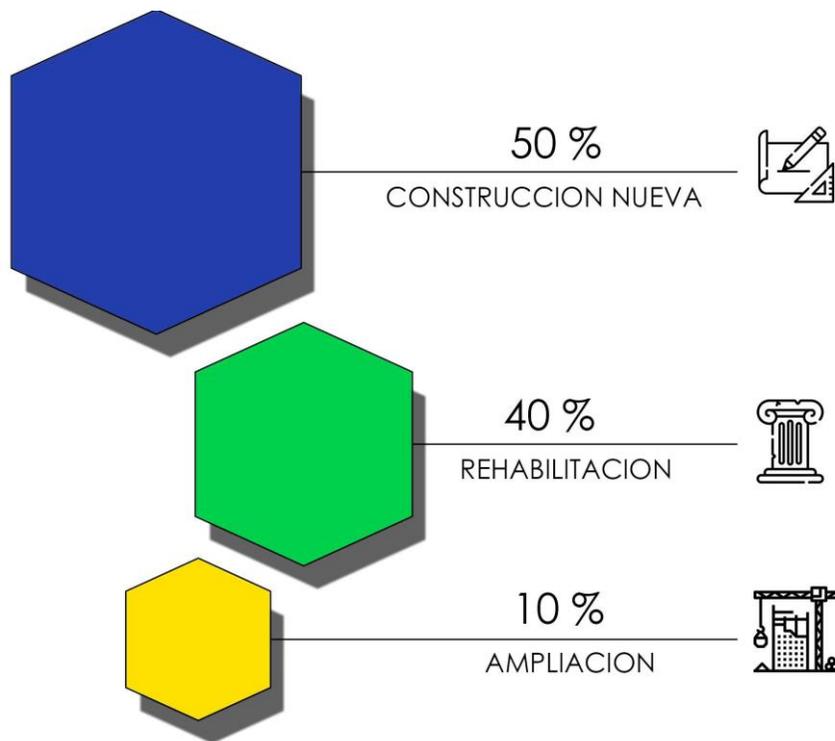
Tabla de analisis - Productos - Proveedor madera
Comparativa proyectos

Proveedor Madera	Empresa	Procedencia	CE_01	CE_02	CE_03	CE_04	CE_05	CE_06	CE_07	CE_08	CE_09	CE_10	Total
	KLH	Austria	X		X							X	3
	Egoi	Pais Vasco					X	X		X			3
	Sebastia	Pirineos Catalanes			X								1
	Fustes Graus	Francia							X				1
	No aplica/Se desconoce	-				X					X		2

+ 5. Discusión

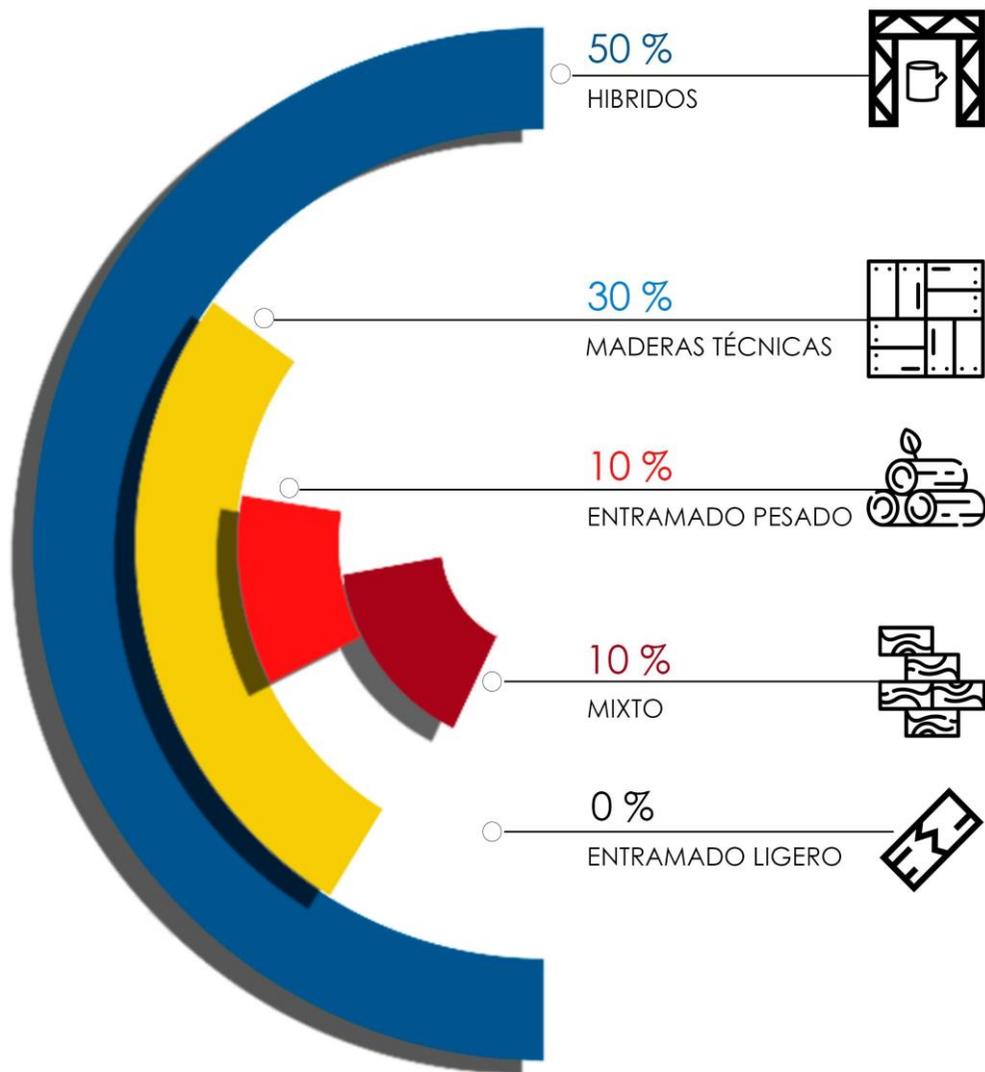
+ 5.1 Tabla análisis resumen – Resumen – Comparativa Casos de estudio

A partir de la “tabla de análisis – Resumen – Comparativa de casos de estudio”, donde se sintetizan los datos depositados de cada caso de estudio, se elaboran gráficos donde se esquematizan los resultados de la tabla con el objetivo de tener un concepto más claro del panorama de los proyectos.



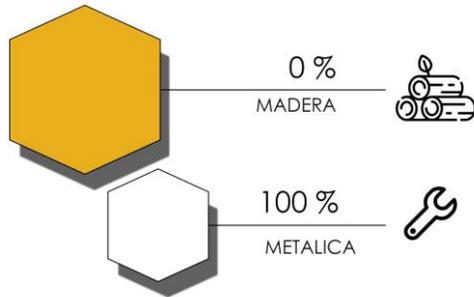
Tipo de intervención:

Con respecto a los casos estudiados se expone un repertorio heterogéneo de usos, donde a pesar de esta diversidad, el tipo de intervenciones que más resaltan son las construcciones nuevas y las rehabilitaciones con porcentajes casi parejos, lo cual desvela una intención de otorgar la misma importancia a ambos tipos de intervenciones, lo que lleva a la recuperación y aprovechamiento de espacios existentes, y así de alguna manera buscar la reducción del impacto ambiental que genera las nuevas construcciones, especialmente en sistemas constructivos convencionales.



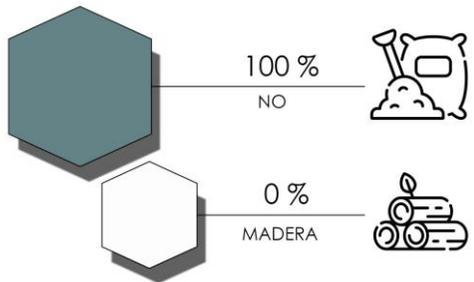
Sistema estructural:

Los sistemas estructurales híbridos, a pesar de tener un porcentaje alto sobre los demás, son proyectos esencialmente de madera, a los cuales se incorporan elementos constructivos de otros materiales por diversos factores, como por ejemplo económicos, donde se presentan productos de distintos materiales más económicos, factores como la proximidad, o simplemente por su comportamiento; en los próximos gráficos se especificará más esta característica para una mejor percepción. En segundo lugar, las maderas técnicas cumplen con la mayoría de necesidades que presenta un proyecto, en ocasiones con uno o dos productos se pueden abarcar varias funciones; esto se presenta especialmente en las construcciones nuevas, donde se tiene la oportunidad de planificar un proyecto de cero. En tercer lugar, el sistema mixto y el entramado pesado, son sistemas que se emplean específicamente por las particulares exigencias u oportunidades de los proyectos donde se emplean.



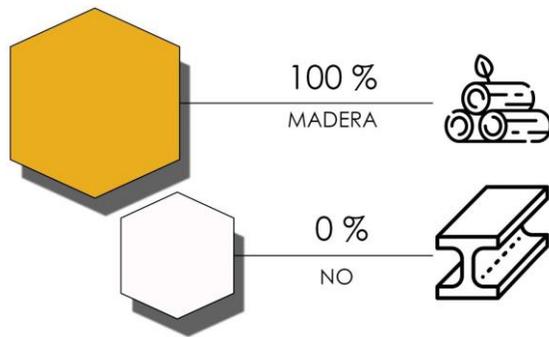
Uniones estructurales:

Sin duda, las uniones metálicas son las más utilizadas frente a las de madera, por la facilidad de elaboración, ya que, las uniones de madera precisan más tiempo de elaboración por la precisión geométrica que requieren, es un proceso más artesanal, además, las uniones metálicas presentan mejor comportamiento mecánico, es un elemento con la disposición de industrialización y se puede usar en cualquier tipo de madera.



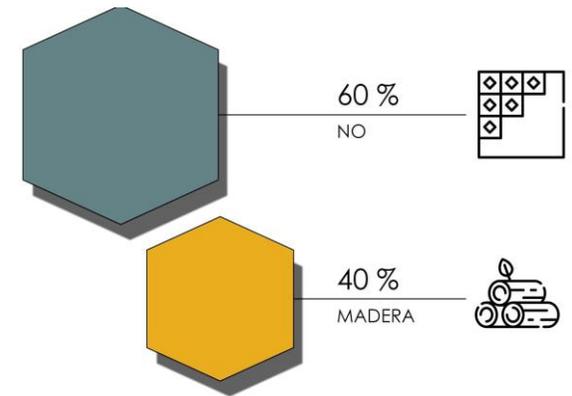
Cimentación:

Con respecto a la cimentación, el resultado de la tabla es en parte esperado, ya que la madera al ser un material higroscópico, se evita el contacto directo con el terreno; adicionalmente, las estructuras de madera se benefician de una base rígida, más densa, especialmente en aquellos construidos con hormigón, en algunos casos de estudio como por ejemplo el CE-08 o CE-06, se construye el primer nivel en hormigón para brindar un mejor sostenimiento a la estructura.



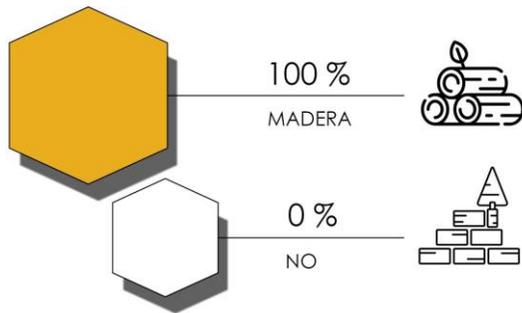
Forjado:

En relación al forjado, el uso de madera es más alto, ya que ofrece un óptimo comportamiento mecánico, adicionalmente, cuenta con la ventaja de ser más ligero, la facilidad y rapidez de instalación, entre otras., lo que permite que se pueda emplear en cualquier tipo de proyecto; por ejemplo, en el caso CE_03, donde se precisaba un forjado de gran sección, al utilizar madera se conserva la sección, pero se reduce notablemente el peso, el volumen, el tiempo de instalación, etc. De igual manera, la madera tiene la capacidad de integrarse a otros tipos de productos, para cumplir con todos los requerimientos necesarios.



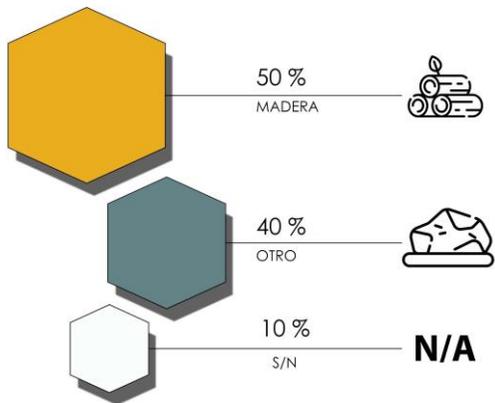
Envolvente:

En el caso de las envolventes, se presentan diversas situaciones, se manifiesta un gran porcentaje de utilización de madera, a pesar de que en muchos casos se trata de intervenciones como rehabilitación, por ende, se conservan las fachadas existentes, más en el caso de las construcciones nuevas, se reduce el empleo de otros materiales de más impacto y convencionales, preferiblemente se usa madera sumado a otros productos especialmente aquellos industrializados/prefabricados.



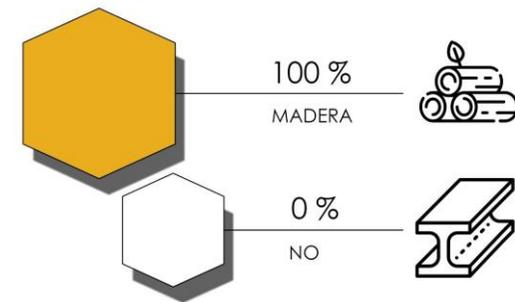
Muros interiores:

Con respecto al empleo de madera en muros interiores o tabiques, la madera presenta un alto porcentaje, gracias a las ventajas que ofrece como en otros casos, la rapidez de instalación, disminución de peso, pero sobretodo, la facilidad de modulación que se puede lograr y su reversibilidad al momento de alguna modificación, también la variedad de dimensiones, productos, y demás.



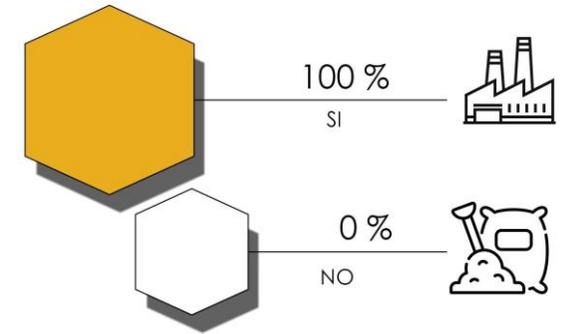
Núcleo de comunicaciones (Escaleras-ascensor):

En relación al núcleo de comunicaciones, se puede constatar que la madera se está empleando en un porcentaje más alto que antes, debido a la rigidez además de otras ventajas, que presentan los nuevos productos derivados de madera, igualmente, el comportamiento frente al fuego, incluso en proyectos de altura; como el caso de estudio CE_08 donde cuenta con un primer nivel en hormigón donde se adiciona la escalera en madera en el resto de niveles.



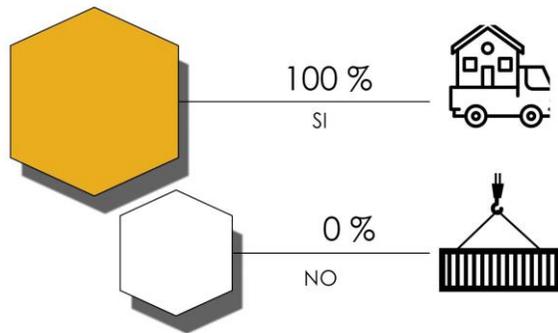
Cubierta:

Evidentemente la madera es un material altamente utilizado en la elaboración de cubiertas, a causa de su buen comportamiento mecánico, rigidez, ligereza, o cual es esencial en cubierta. A pesar de tener una alta presencia de madera, usualmente se anexan otros tipos de acabados y aislamientos, los cuales tienen mejor resistencia a los agentes a los que se expone, esto, para proteger la labor de estructural en cubierta como en el resto del edificio; además, la gran gama de productos que ofrece la madera funciona en cualquier tipo de proyecto. Como, por ejemplo, el caso de estudio CE_09 donde se usa diferentes tipos de maderas en cubierta, junto a otros materiales para un óptimo desempeño



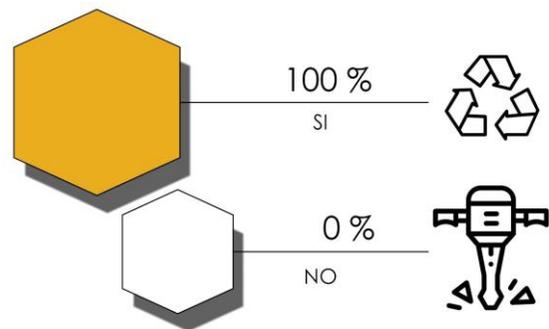
Soluciones de Industrialización/Prefabricado:

La madera ha evolucionado inmensamente en este sector, lo que ha permitido el apogeo de este material, gracias a los productos derivados originados los cuales se han ido perfeccionando a gran velocidad y se ha logrado imponer por encima de artículos de otros materiales donde compite con grandes ventajas, especialmente ambientales.



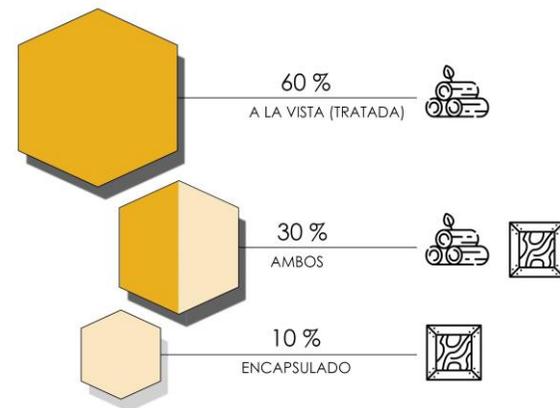
Facilidad de transporte:

Una de las principales ventajas que ofrece la madera y sus derivados, también gracias a la industrialización/prefabricación de este material es la facilidad de transporte de productos de fábrica a obra. Indudablemente, es un factor decisivo en el diseño y programación; como por ejemplo en el caso de estudio CE-03, donde la posibilidad de transporte de las piezas fue una determinante para escoger los productos de madera, incluso, se llegó a modificar la forma de algunos elementos para tener la capacidad de trasladar más piezas.



Deconstrucción:

La construcción en madera y derivados, en adición a la forma de conexión por medio de las uniones metálicas, brinda un alto nivel de reversibilidad y reciclaje de sus elementos, incluso cuando esta sumado a otro material. La madera cuenta con la capacidad de ser transformada, se puede reutilizar o modificar al punto de triturarla de varias maneras para lograr otros productos, hasta llegar a una etapa donde se puede producir biomasa.

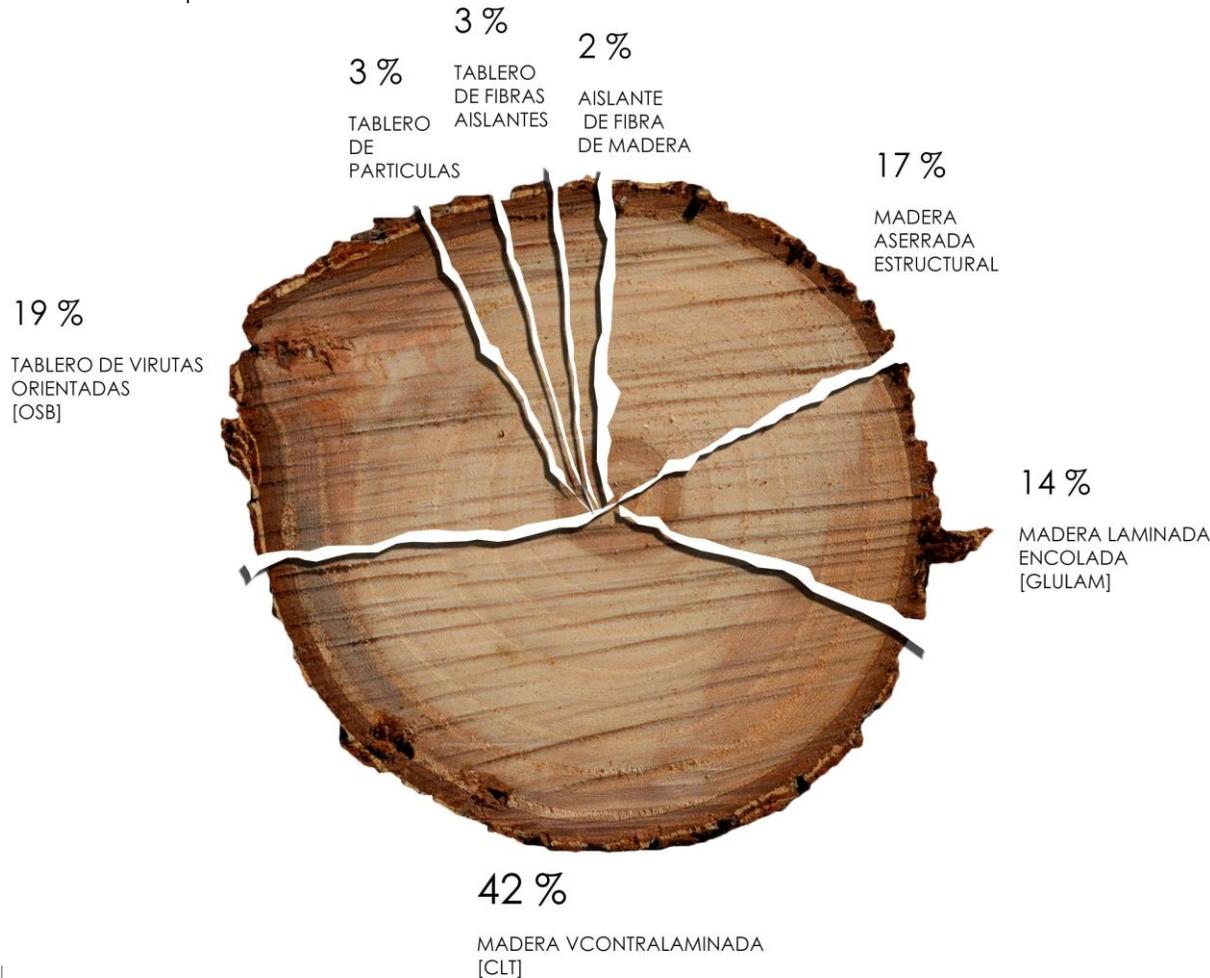


Protección contra el fuego:

A pesar del recelo que normalmente se tiene hacia el uso de la madera, con estos porcentajes se puede constatar que este material tiene una excelente resistencia al fuego y llega a cumplir con las exigencias que se precisan como cualquier otro material; sin embargo, con respecto a la reacción su desempeño no es tan óptimo, no obstante, se incorporan diferentes tratamientos para mejorar este aspecto, por esta razón, en numerosos casos la madera se deja a la vista.

+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio

De la “tabla de análisis – Productos – Comparativa de casos” se resumen los datos anotados de cada caso de estudio, a partir del mismo se elaboran diferentes gráficos, los cuales esquematizan los resultados con el objetivo de contar con un concepto más claro sobre los productos más predominantes en Cataluña.



Productos madera:

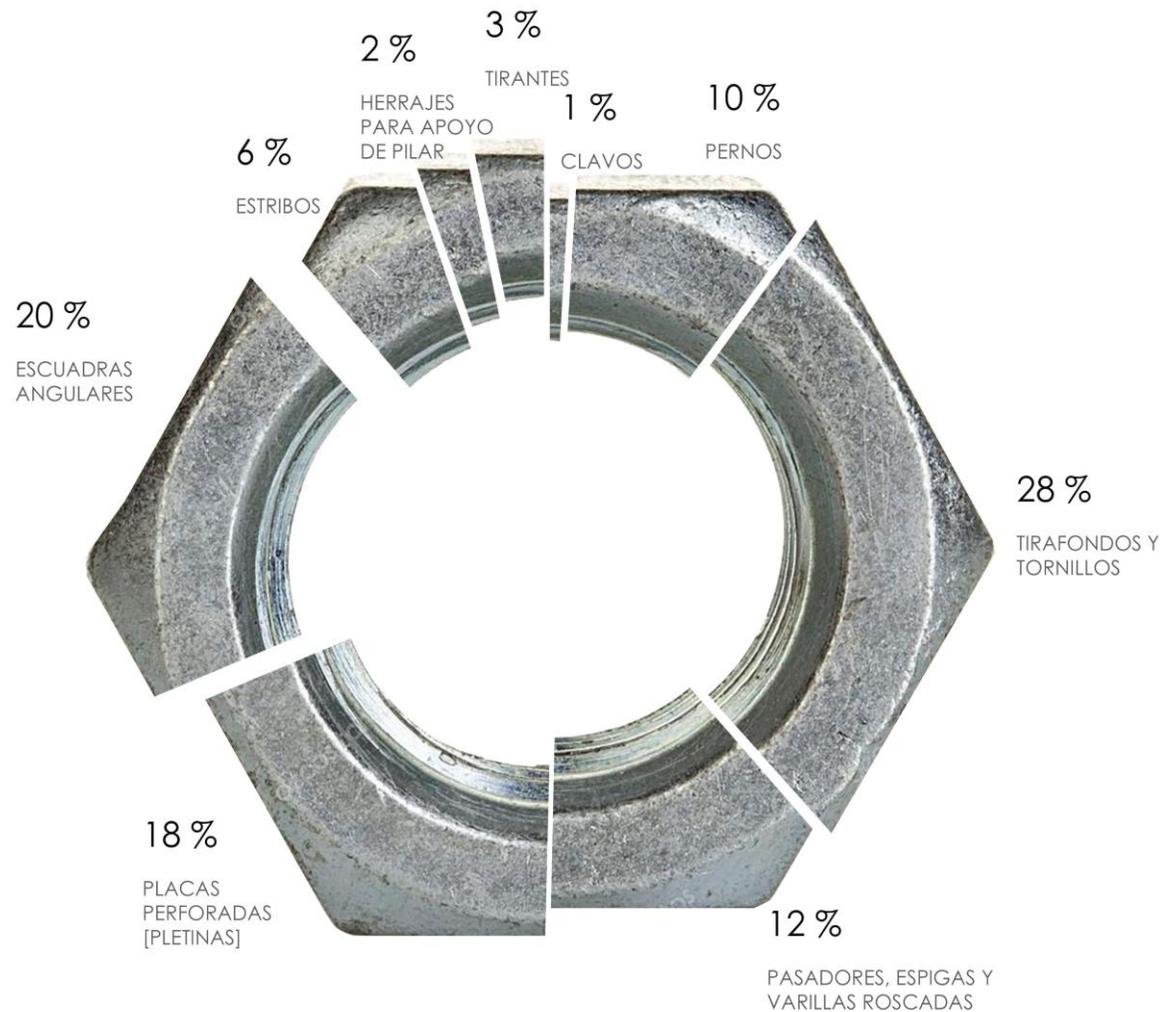
Gracias a los resultados de la “tabla de análisis – Productos – Comparativa de casos” se puede dar por hecho que el producto que más sobresale es la madera contralaminada (CLT), esto sucede gracias a todos los beneficios que proporciona, su composición y manufactura en fábrica permite controlar diferentes aspectos como humedad, dimensiones, resistencia, entre otros, y permite una facilidad de implementación en cualquier sección de una estructura, incluso, al punto de hacer el mayor porcentaje de todo un proyecto empleando este producto, como el caso de estudio CE_05.

En segundo lugar, se encuentran los tableros de virutas orientadas (OSB), los cuales se han convertido en una excelente opción constructiva, especialmente en cubierta y como cerramiento gracias a la rigidez que aporta su constitución, facilidad de montaje, entre otros. Por otro lado, la madera laminada encolada (Glulam), gracias a su comportamiento estructural y en especial por las dimensiones que se pueden obtener por medio del finger joint, encaja perfectamente en la construcción de pórticos, pilares, jácenas, viguetas, etc.

A pesar del apogeo que ha tenido las maderas técnicas, se puede apreciar que las maderas aserradas todavía conservan cierta importancia, particularmente en las construcciones híbridas o mixtas, donde se usa el entramado ligero, o también como correas, etc., o en el particular caso de estudio CE_02, que se edifica en entramado pesado.

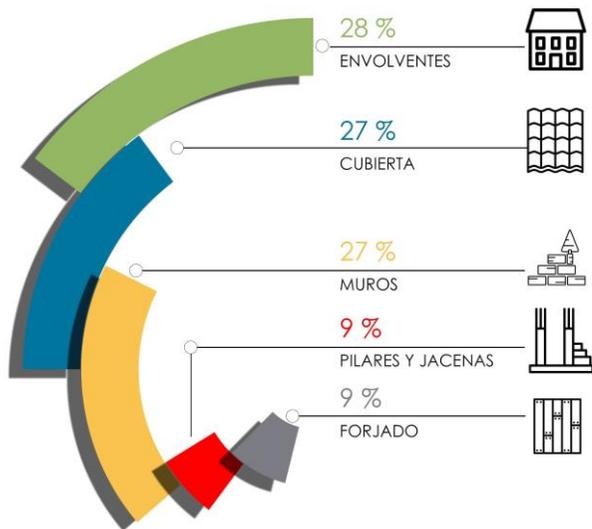
Finalmente, las tablas de partículas y las fibras aislantes se empiezan a divisar en conjunto de productos de otro material, lo cual es interesante, ya que la madera no tenía mayor consideración en este uso, sin embargo, estos elementos han evolucionado de tal manera que ya cuenta con más presencia en el sector.

+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio

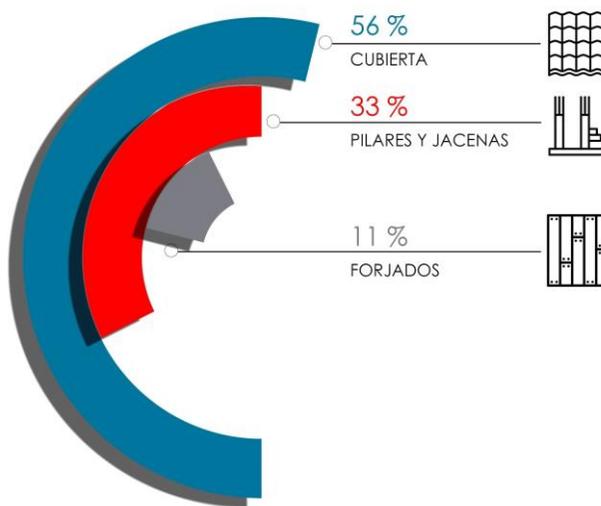


Uniones:
 Ciertamente el porcentaje más alto de uso en cuanto a uniones son los tornillos o tirafondos, ya que es un elemento que ofrece gran resistencia por su material y forma en espiral a pesar de su corto tamaño, pero sobretodo, brinda la capacidad de unir prácticamente cualquier tipo de producto de madera, de otro material o incluso a otras uniones, la facilidad de uso, etc. En segundo lugar, encontramos las escuadras (Angulares) las cuales son la unión predilecta al emplear CLT particularmente. En el caso de las placas perforadas (Pletinas) se encuentran diversas dimensiones, las cuales dan la facilidad de utilizar este elemento en casi cualquier producto de madera, igualmente asistido por tirafondos como las escuadras. En las demás uniones, se emplean respondiendo a necesidades más particulares, dependiendo de la forma de la pieza como el caso de los estribos, a donde va unida, su comportamiento y demás.

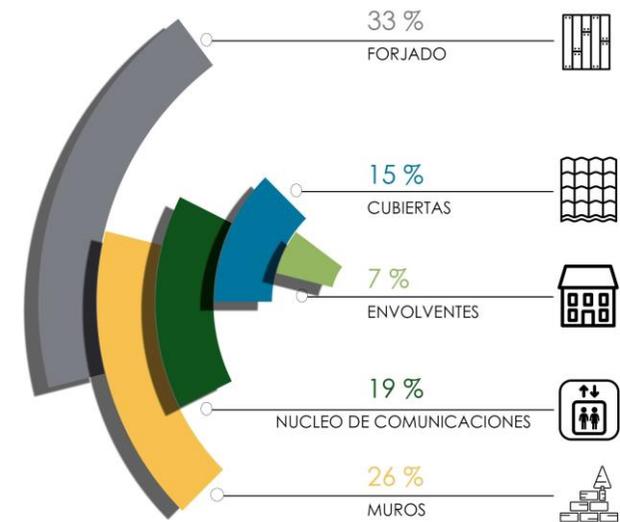
+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio
 Uso de material por elemento constructivo: Productos madera



• Madera aserrada estructural



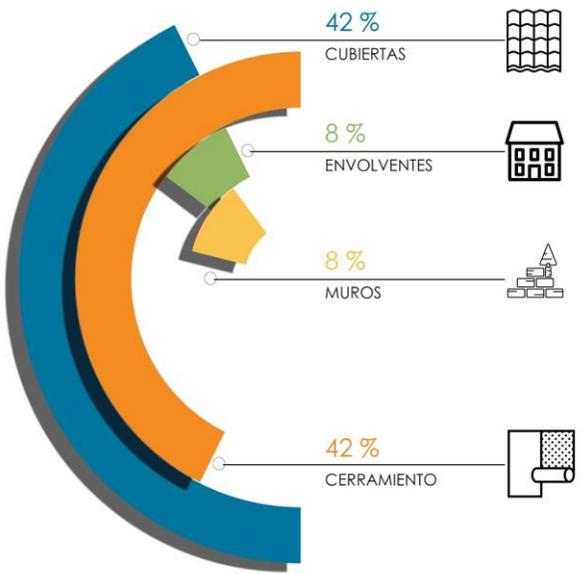
• Madera laminada encolada (Glulam)



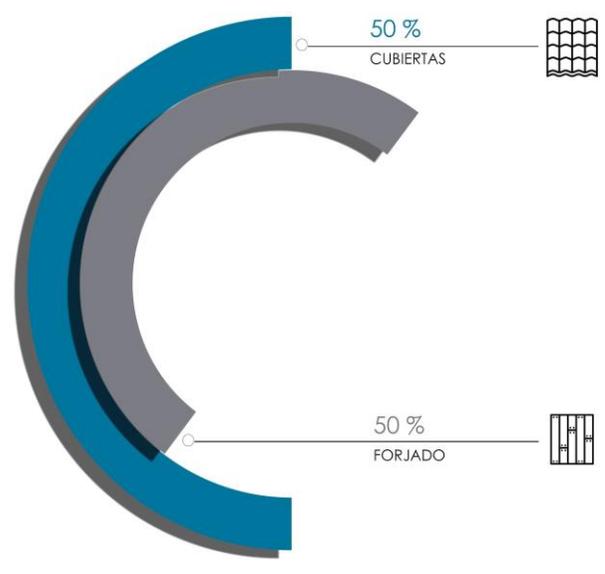
• Madera contralaminada (CLT)



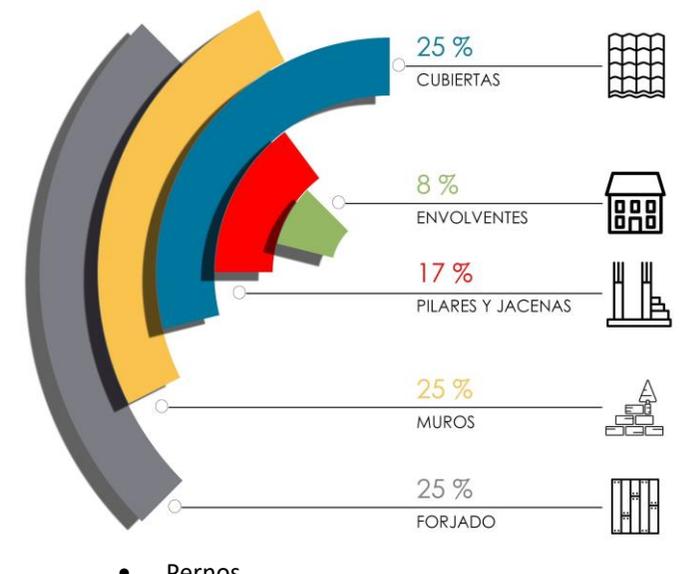
+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio
 Uso de material por elemento constructivo: Productos madera



• Tablero de virutas orientadas (OSB)



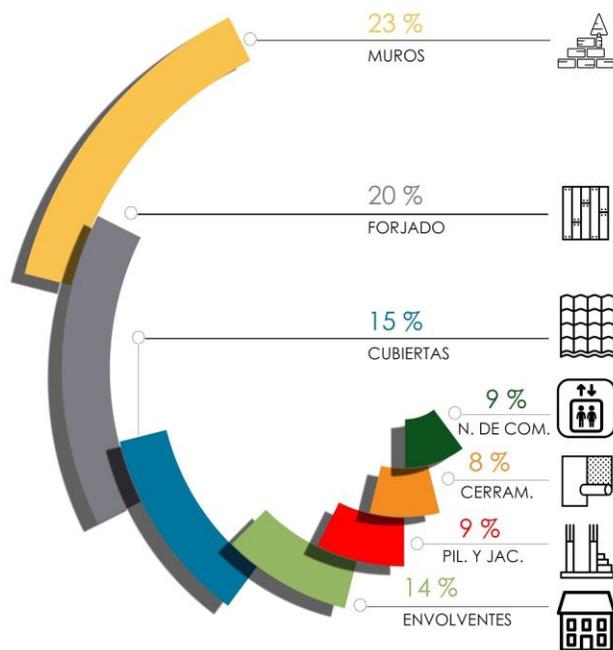
• Tablero de partículas



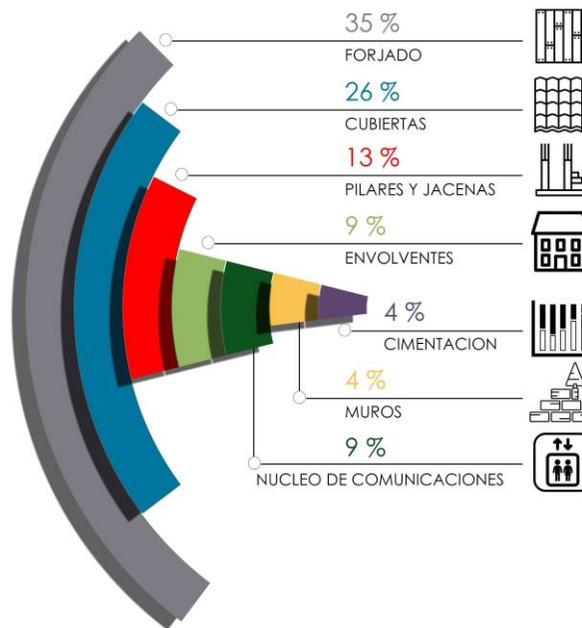
• Pernos



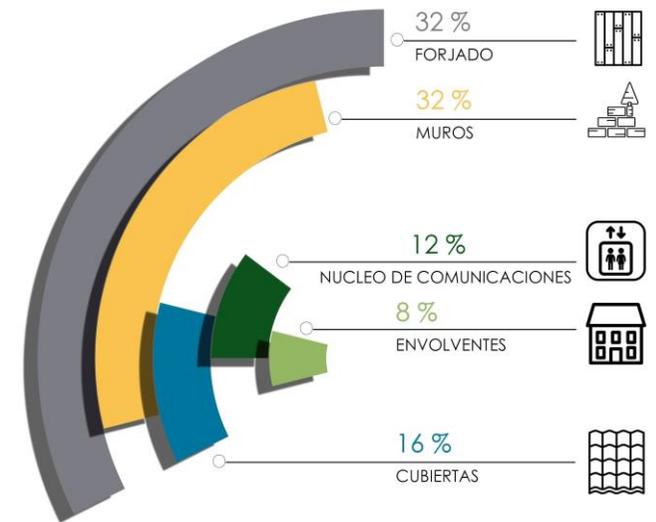
+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio Uso de material por elemento constructivo: Uniones



• Tirafondos y tornillos



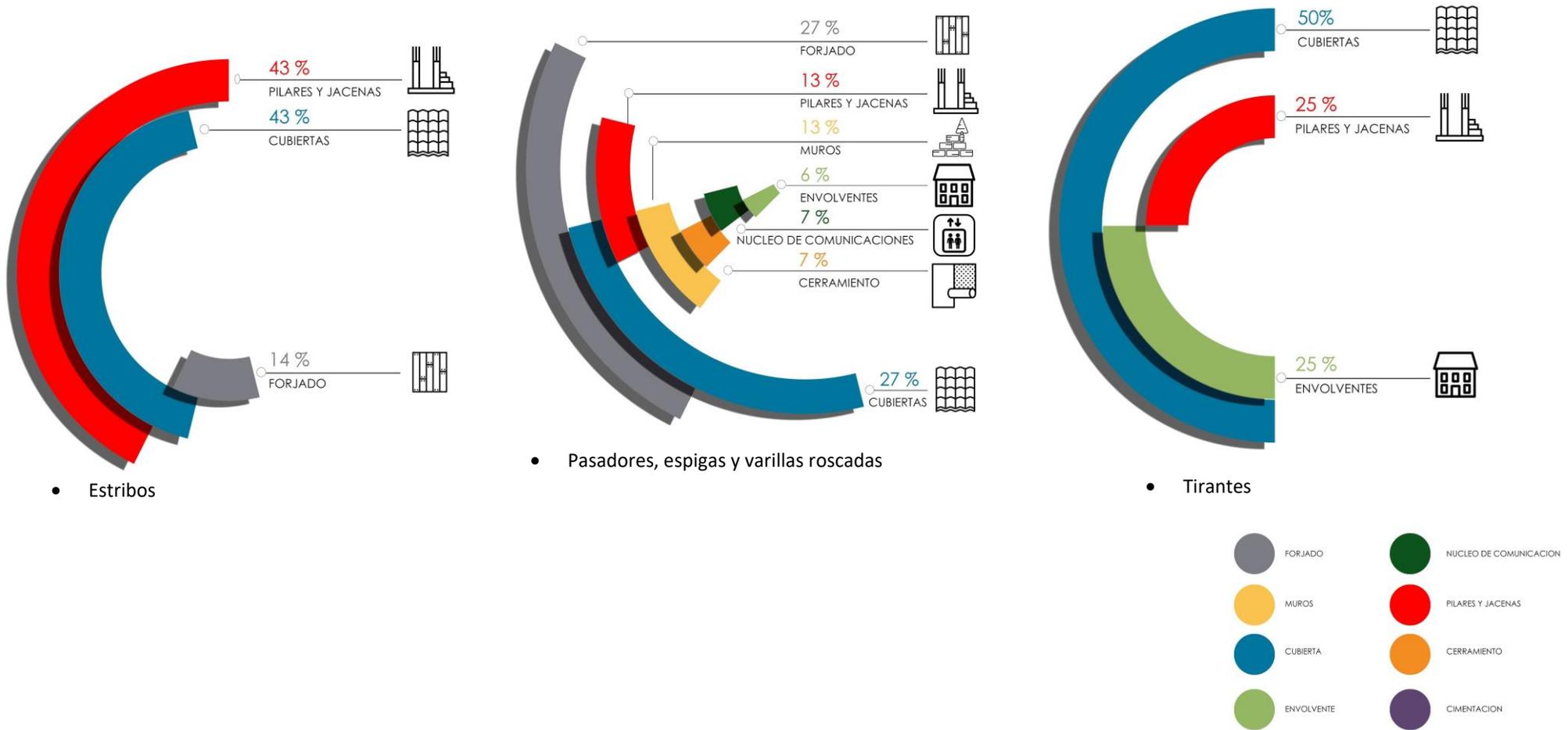
• Placas perforadas (Pletinas)



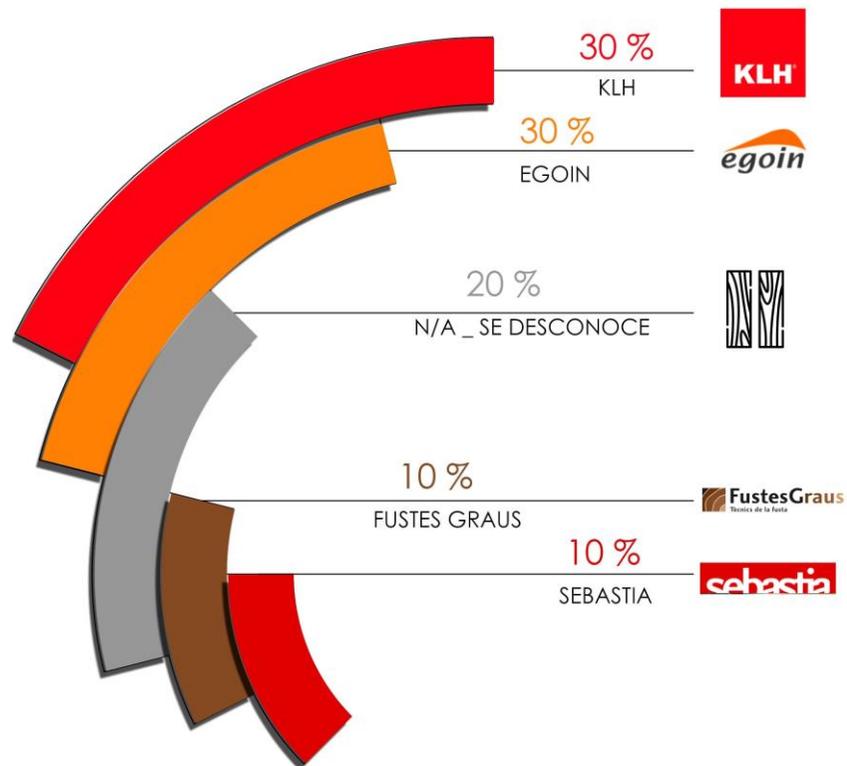
• Escuadras (Angulares)



+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio
 Uso de material por elemento constructivo: Uniones



+ 5.2 Tabla análisis resumen – Productos – Comparativa Casos de estudio Uso de material por elemento constructivo: Proveedores



- Proveedores

+ 6. Conclusiones

+ 6.1 Conclusiones

Luego de examinar las etapas de la investigación, se llegan a múltiples conclusiones las cuales se exponen a continuación.

Sin duda el auge de la madera esta ocasionada por la producción de diferentes productos más tecnificados, los cuales conservan las características de la madera, pero permite mejorarlas y perfeccionarlas por medio de la industrialización/prefabricación del material, esto se ve reflejado en la realidad de los casos de estudio, donde se presenta un alto porcentaje de estas soluciones, también en productos ligados a la madera como son las uniones. La ventaja que esto presenta, es una gran reducción de emisiones de CO2 en la producción de estos elementos, que ya traen un ahorro con el crecimiento natural del material, origina menos desechos, tiempos reducidos de manufactura, a comparación de otros sistemas convencionales, todo ello sin comprometer su comportamiento final.

Ligado a esto se encuentra la facilidad de transporte, ciertamente cualquier producto industrializado/prefabricado presenta esta competencia, no obstante, la madera predomina por tratarse de un material ligero que facilita el transporte de un mayor número de piezas en los vehículos, lo que a su vez ayuda a la reducción del impacto ambiental; este factor es decisivo en el momento del diseño, como se puede observar en el caso de estudio CE_03 Aguas del Prat donde se escoge los productos de madera basado en las dimensiones del mismo y la facilidad de su transporte que ofrece el proveedor.

Otro gran aporte es su reversibilidad, como se puede demostrar con los casos estudiados, donde la decisión de seleccionar madera por esta cualidad no es solo un caso aislado, en la mayoría de proyectos se afirma el propósito de proyectar edificios flexibles, donde se pueda modificar piezas, incluso el propio uso, con esto se busca reducir la construcción desmedida y así, reducir impactos ambientales, una muestra de ello es el alto porcentaje arrojado con respecto a deconstrucción en los resultados.

Esto además repercute en el tipo de intervención, como se puede constatar en los resultados, el porcentaje de construcciones nuevas y rehabilitaciones es similar, lo cual, a pesar de la diversidad de proyectos se tiene el propósito de conceder la misma importancia, y aprovechar al máximo las edificaciones existentes; la madera proporciona esta facilidad al ser empleada en dichas renovaciones, debido sobre todo a su reducido peso en comparación con otros materiales, facilidad de instalación y la adaptabilidad de los productos en cada caso, como por ejemplo el caso CE_01 Ca la dona, donde estas características fueron cruciales al optar por usar madera, más específicamente CLT para no comprometer la estabilidad de la estructura existente que cuenta con un importante valor histórico, entre otras ventajas.

La madera tiene un alto grado de compatibilidad con otros materiales, en virtud a ello se observa un porcentaje más alto de construcciones híbridas, sin embargo, estos proyectos son esencialmente de madera a los cuales se adhieren diferentes elementos como por ejemplo en cimentación y uniones que en la mayoría de casos sigue teniendo mejor operatividad en otros materiales como en hormigón y acero respectivamente. Más específicamente en cuanto a la cimentación, al ser la madera un material higroscópico se evita el contacto con el terreno, por lo tanto, se emplea hormigón, incluso el material se emplea para construir la primera planta para ofrecer además más estabilidad, especialmente en proyectos de varios niveles. Posteriormente se encuentran las maderas técnicas, donde diversos productos de madera cumplen con las exigencias que presenta el proyecto, esto se da especialmente en casos de construcciones nuevas y menos niveles.

El sistema mixto (Combinación de sistemas del mismo material, en el caso CE_07 CLT+Glulam+OSB+Madera aserrada estructural) y entramado pesado, cumplen con dar respuesta a las particularidades del proyecto en el que se emplea, por ejemplo, el caso CE-02 Fustes Sebastia emplea entramado pesado para aprovechar el material presentado por el promotor y su proximidad, y así evitar emisiones de CO2 del transporte. Cabe destacar, que el bajo porcentaje de entramado ligero, se debe por lo el número de casos que emplea exclusivamente esta técnica, sin embargo, se presenta en algunos casos de sistema híbrido como por ejemplo el caso CE_09 Fabra i Coats, donde se usa entramado ligero para edificar los tabiques divisorios de las viviendas.

Con relación a la protección contra el fuego, a pesar del recelo que se tiene el uso de la madera, los resultados afirman lo contrario, pues un gran porcentaje de los casos además de usar el material, lo deja a la vista. La reacción al fuego de la madera no es buena al tratarse de un material combustible, no obstante, se emplean productos retardantes de llama y demás para contrarrestar esta desventaja, sin embargo, los elementos constructivos de madera, especialmente aquellos de gran escuadría-masa presenta una alta resistencia al fuego, incluso superior a las estructuras de acero. Esto se evidencia sobre todo en los núcleos de comunicación, donde se presenta un alto uso de madera, también por su buen desempeño frente a los sismos, en los casos donde no se emplea madera se da por lo que son rehabilitaciones y se conserva el núcleo existente.

Al discutir el apogeo que ha tenido el empleo de la madera, y luego de exponer sus beneficios frente a otros materiales especialmente en cuanto el impacto ambiental, es importante señalar que ligado a esto existen otras circunstancias específicamente en relación a los elementos constructivos y productos predominantes, los cuales se detallan a continuación.

Teniendo en cuenta los resultados de las tablas de análisis, se puede concluir que donde más se utiliza madera es en forjados, muros y cubiertas. Más concretamente en forjado, predominan los productos de madera maciza como el CLT, el cual, gracias a su composición y su manufactura en fábrica presenta excelentes propiedades físicas y mecánicas como su comportamiento a flexión, elasticidad, densidad, entre otros, lo cual permite una gran facilidad de montaje, ligereza, amplia variedad de dimensiones, excelente comportamiento frente a sismos y fuego, rapidez y viabilidad para situar instalaciones, sin embargo se combina con productos de diferentes materiales para un óptimo funcionamiento especialmente en la vida útil del edificio. Seguido a ello sobresale el uso de pilares, vigas, viguetas de glulam donde se apoyan los tableros de CLT, esto a causa de las grandes luces y estabilidad que ofrece el producto. La adaptabilidad de los productos los convierte en una excelente opción, por esta razón se encuentra mayoritariamente a pesar de la diversidad de los casos de estudio.

En relación a los muros prevalece también el uso de CLT, además se destaca el uso de la madera aserrada estructural que a pesar del auge de las maderas técnicas todavía conserva cierta importancia, se emplea especialmente como se mencionaba anteriormente en

entramados ligeros a causa de la facilidad de montaje por las dimensiones de sus piezas y su reducido costo económico. Unido a esto se encuentran los tableros OSB, producto estructural de cerramiento por excelencia, por las propiedades de rigidez que aporta la configuración de sus virutas-fibras, además, la variedad de dimensiones, facilidad de montaje, etc.

Cabe destacar, que, en edificios de varias plantas, los paneles de CLT, además de contar con una alta rigidez propia, también se suele rigidizar mediante el núcleo vertical sea de hormigón o de igual manera CLT como se ha observado en los casos de estudio, como por ejemplo el CE_08 Can Batlló, los cuales requieren de un empleo de cuantiosas escuadras (angulares) pero su aplicación es más simple. Contrario a los entramados, especialmente el entramado pesado donde se presenta más dificultad para solventar la rigidez de los pórticos ya que requieren uniones más complejas.

Respecto a la cubierta, de igual manera se encuentra un alto porcentaje de viguetas de glulam, las cuales brindan gran ligereza, estabilidad dimensional y a su vez como soporte de todos los elementos de la cubierta los cuales incluye productos de madera como correas de madera aserrada estructural, tableros de OSB para contener otros elementos como los aislantes; además, se encuentran otros productos de madera como tableros de partículas/fibras como aislantes, no obstante, en la mayoría de casos, especialmente en el caso de aislantes y acabados tiene mejor desempeño productos de otros materiales frente a humedades y otros agentes del ambiente, como por ejemplo las lanas minerales que también se emplean para mejorar el comportamiento al fuego, entre otros.

Sobre los envolventes, igualmente cuenta con la presencia de productos de madera como CLT, OSB y madera aserrada estructural, sin embargo, como sucede en cubierta, estos productos siempre deben estar revestidos con productos de otro material, para no quedar expuestos a factores atmosféricos

De igual manera, se presenta mayor atención a las uniones por su desempeño en conjunto a los productos de madera para la actuación general de la estructura, se puede concluir que evidentemente las uniones metálicas prevalecen sobre las de madera, especialmente por su desempeño mecánico. Más precisamente, predomina el uso de tornillos/tirafondos por su

forma, tamaño y material ofrece gran resistencia pero sobretodo la versatilidad al tener la capacidad de unir la madera con otros tipos de uniones más especializadas; seguido encontramos las escuadras (angulares) al encontrar un alto uso de CLT, este tipo de unión es la predilecta para este producto, luego las pletinas debido a la variedad que se encuentran y que se pueden emplear prácticamente en cualquier tipo de producto, por último, las demás uniones como estribos, tirantes y demás, responden a exigencias particulares del producto.

Finalmente, en cuanto a los proveedores se observa que sobresale empresas como KLH y Egoín, donde KLH situado en Austria no presenta precisamente una alternativa de bajo impacto ambiental con respecto a la proximidad de sus productos, sin embargo, presenta opciones más económicas frente a empresas como Sebastia, detrás de esto se encuentran diferentes factores políticos y demás que influye en los costos del producto final, así, los casos de estudios y sus proveedores reflejan estas realidades.

+ 7. Bibliografía/Listado figuras



7.1 Bibliografía

[1] M. Green, TED talk "Why we should build wooden skyscrapers", febrero 2013.

[2] G. Anguita Alegret, A. Etchenique Calvo, J. Galván Rodríguez, R. del Río Machín, F. Romero Cañizares, P. Saiz, B. Segura Plaza, P. Serra Portilla, G. Wadell, En Madera, otra forma de vivir - Una guía para consumidores y usuarios, Madrid, Etchenique, A. y Serra, P. 2018

- E. Peraza Sánchez. Miguel A. I. Menéndez Pidal. J.M. Velasco Rivas. E. Sanz Pérez. F. Peraza Sánchez. D. Núñez. J. Cortizo Cambra. J.A. Mancebo Piqueras. LIBRO, Guía de la madera (I-II) construcción y estructuras, Alcobendas (Madrid) 2014.
- J. Queipo de Llano. B. Gonzalez Rodrigo. M. Llinares Cervera. C. Villagrà Fernández. V. Gallego Guinea. LIBRO, Conceptos básicos de la construcción con madera, Documento de aplicación del CTE. Madrid. Construir con madera 2010.
- J.I. Fernandez-Golfin Seco, M.R. Diez Barra. E. Hermoso Prieto. R. Mier Pérez. LIBRO, Manual de clasificación de madera.2003.
- W. Pryce. LIBRO, Arquitectura de madera historia universal. Londres. Blume. 2005.
- Etchenique. P. Serra. LIBRO, En madera, otra forma de vivir, una guía para consumidores y usuarios. Madrid. 2018.
- J. Gené Sera. Institut Català de la Fusta. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). Narcís Ribes Besalú. Associació d'Entitats Locals Propietàries Forestals a Catalunya (ELFOCAT). LIBRO, Promoción de la construcción con madera en el ámbito municipal,
- Jordi Gené Sera, Institut Català de la Fusta, Xavier Felip Garcia, Ajuntament de Barcelona, Mar Campanero Sala, Ajuntament de Barcelona, LIBRO, uso responsable de los productos carpinteros en elementos urbanos. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Àrea d'Ecologia Urbana. 2017.
- Institut Català de la Fusta, Libro, Guía de la madera de las especies forestales de Cataluña. Barcelona. 2015.
- Gonzalo Anguita, Lorena Guerra, Jorge Galván, Dolores Huerta y César-Javier Palacios. LIBRO, En madera, otra forma de construir el material constructivo sostenible del siglo XXI. Madrid. 2018.
- M. Ollé Sambola, Trabajo de investigación, La Masia Catalana Can Rigalt, 2010.

- J. E. Peraza Sanchez. F. Arriaga Martitegui. C. Arriaga Martitegui. M. A. Gonzalez Alvarez. F. Peraza Sanchez. M. A. Rodriguez Nevado. LIBRO, Casas de Madera. 1995.
- M.A. Carcacía. Tesina, Tocando el cielo, estudio comparativo de sistemas constructivos en madera para edificios de más de 3 plantas. Barcelona. 2011.



7.2 Jornadas/Entrevistas

- Jornada KnoWood Barcelona, 18 de junio 2019, EPSEP UPC
- Entrevista Arquitecto José Juan Martínez, Barcelona Julio 2019



7.3 Listado de figuras

- **Imágenes en discusión y resultados, tablas de análisis:** Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 1: https://en.wikipedia.org/wiki/Opus_craticum#/media/File:Casa_a_Graticcio.jpg

Fig. 2: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Frankfurt_Am_Main-Grosser_Engel-Eckstaender-Roemerberg.jpg

Fig. 3, 4: La masia Catalana – Marina Olle Sambola

Fig. 5: LIBRO, Arquitectura de madera historia universal. Londres. Blume

Fig. 6: Facilitada por el Arq. Jose Juan Martinez

Fig. 7: <https://www.greatchicagofire.org/item/ichi-02811/>

Fig. 8: LIBRO, Arquitectura de madera historia universal. Londres. Blume

Fig. 9: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/la-madera-laminada-encolada-llego-a-america-en-1934.html>

Fig. 10: <http://mg-architecture.ca/news/why-we-should-build-wooden-skyscrapers/>

Fig. 11: LIBRO, Arquitectura de madera historia universal. Londres. Blume

Fig. 12, 13, 21, 22: LIBRO, En Madera, otra forma de vivir - Una guía para consumidores y usuarios

Fig. 13: LIBRO, En Madera, otra forma de vivir - Una guía para consumidores y usuarios

Fig. 14, 15, 16, 18, 20, 33, 40: LIBRO, Guía de la madera (I-II) construcción y estructuras

Fig. 17: LIBRO, Manual de clasificación de madera
Fig. 19: <https://www.madera21.cl/los-desafios-de-la-futura-norma-de-calculo-de-resistencia-al-fuego-para-estructuras-de-madera/>
Fig. 23: https://www.madera21.cl/dslc_projects_cats/madera-aserrada-estructural/
Fig. 24: <https://www.buildwithbmc.com/bmc/Trusses-I-Joists-Engineered-Lumber/Glued-Laminated-Timber/16-24F-V4-17E-Industrial-Glulam-Beam/p/IGL3121178169>
Fig. 25: <https://assiourasbros.gr/en/ylika-cross-laminated-timber-clt/>
Fig. 26: <https://www.maderea.es/que-son-los-paneles-contralaminados-o-clt/>
Fig. 27: <https://futurebuild.co.nz/about-us/what-is-lvl/>
Fig. 28: <https://www.sanmiguelmadera.com/Plywood-Fen%C3%B3lico-p105048458>
Fig. 29: https://www.egger.com/shop/es_AR/building/product-detail/OSB2
Fig. 30: <https://www.dataholz.eu/en/building-materials/beams-columns/parallel-strand-lumber-psl.htm>
Fig. 31: <https://www.gabarro.com/es/tableros/tableros-aglomerados/>
Fig. 32: Artículo, productos de madera ALTIM
Fig. 33ª: <https://blog.bextok.com/tornillos-para-madera-tipos/>
Fig. 34: <https://www.conectore.com/products/detail/perno-y-tuerca-de-cabeza-cuadrada/35>
Fig. 35: <https://www.conectore.com/products/detail/pasador-de-anclaje/1046>
Fig. 36: <https://www.bauhaus.es/escuadras/stabilit-escuadra-para-cargas-pesadas/p/10679675>
Fig. 39: <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2018/01/timberframe5.jpg>
Fig. 41, 42: LIBRO, Casas de Madera

+ 7.5 Listado de figuras-Línea de tiempo (pág. 12-13)

Fig.1: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-296419/clasicos-de-arquitectura-capilla-de-san-benito-peter-zumthor>
Fig.2: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/museo-de-la-madera/>
Fig.3: <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#cultural-commercial-academic-others>
Fig.4: https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5460_2581216.pdf
Fig.5: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-22097/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-userhttp://ramonllobera.blogspot.com/
Fig.6: Fotografía N.J Jaramillo Morales
Fig.7: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767268/wood-innovation-design-centre-michael-green-architecture?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Fig.8: https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building/?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Fig.9: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/892049/pabellon-de-chile-expo-milan-2015-undurraga-deves-arquitectos?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Fig.10: <https://www.binderholz.com/en/construction-solutions/dalston-lane-london-great-britain/>

Fig.11: https://vollark.no/portfolio_page/mjostarnet/

+ 7.6 Listado de figuras-proyectos

Fig. 3.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 : <https://bharquitectura.wordpress.com/>

Fig. 4.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 4.2: <http://fundacion.arquia.es/es/concursos/proxima/ProximaRealizacion/FichaDetalle?idrealizacion=5966&idparticipacion=7787>

Fig. 4.3: Arq. Daniela Giraldo Orozco - UPC

Fig. 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9: Arq. Annamaria Patino Lakatos - UPC

Fig. 5.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 5.2, 5.3, <http://jaumeorpinell.cat>

Fig. 5.4, 5.5, 5.6, 5.7: Facilitadas por el Arq. Jose Juan Martinez

Fig. 6.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7: Facilitadas por el Arq. Josep Ferrando

Fig. 7.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7: Facilitadas por 2260mm Arquitectos. Por medio de la Arq. Daniela Giraldo Orozco

Fig. 8.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.9, 8.9: Facilitadas por la Arq. Anna Noguera

Fig. 9.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9: Facilitadas por el Arq. Pere Linares de House Habitat.

Fig. 10.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8, 10.9: Facilitadas por el Arq. Pol Massoni de La Borda.

Fig. 11.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 11.2, 11.3: Fotografías N.J. Jaramillo Morales

Fig. 11.4, 11.5, 11.6, 11.7: Facilitadas por el Arq. David Espuña de Roldan+Berengué Arquitectos

Fig. 12.1: Elaboración: N.J. Jaramillo Morales

Fig. 12.2, 12.3: Arq. Pedro García y Arq. Josep Ferrando

Fig. 12.4, 12.5, 12.6, 12.7: facilitadas por el Arq. Josep Ferrando

Fig. 12.8: Arq. Josep Ferrando – 2260m Arquitectes

+ 8. Anexos

LISTADO DE PROYECTOS						
UBICACIÓN	NOMBRE EDIFICACION	ARQUITECTO	TIPOLOGIA	AÑO CONSTRUCCION	DIRECCION	FOTOGRAFIA
BARCELONA						
BARCELONA	CA LA DONA	BESTRATEN HORMIAS	ADMON	2012	C/Ripoll, 25 de Barcelona	
	CAN BATLLÓ	LACOL	ADMON / SOCIO CULTURAL		Carrer de la Constitució, 25, 08014 Barcelona	
	FABRA I COATS	ROLDAN + BERENGUE	ADMON / VIVIENDA		Carrer de Sant Adrià, 20, 08030 Barcelona	
	AGUAS DEL PRAT	JUAN JOSE MARTINEZ LARRIBA	ADMON	2014	El Prat	
	TURO DE LA PEIRA	ANNA NOGUERA	DEPORTIVO	2014	Cerro de la Peira	
	MELCIOR DE PALAU	HOUSE HABITAT	VIVIENDA	2016	Sants, melcior de palau 84	
	CAN PORTABELLA	JOSEP BUNYESC	ADMON	2013-2015	Districte de sant andreu, carrer virgili 18-20	
	CUPULA CENTRO COMERCIAL ARENAS	ARQUITECTOS ASOCIADOS	COMERCIO		Gran via	
	CASA IBIZA	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		Ctra. Santa Eulalia Km 2,3 (Ibiza)	
CATALUÑA						
LLEIDA	AROBERTUM	JOSEP BUNYESC	VIVIENDA	2017-2018	c/ arboretum 15/17	
	HABITAT PLURIFAMILIAR RAMON LLOBERA	RAMON LLOBERA I SERENTILL	VIVIENDA		Cavallers, 57	

LLADORRE		JOSEP BUNYESC	RESIDENCIAL	2017	Poligon 1 parcel·la 599 clot de peret		
EL PAPIOL		SONIA HERNANDEZ - MONTAÑO BOU	VIVIENDA		Puigmadrona		
EL PRAT DE LLOBREGAT			VIVIENDA	2016	C/ Maurici Vilomara		
LA FLORESTA			VIVIENDA		C/ Margarit		
LLORET DEL MAR		HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Urà		
SANT CUGAT DEL VALLÈS	mirasol 1	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Irún		
	mirasol 2	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Platí		
	CASA AMPLIACION	HOUSE HABITAT	VIVIENDA AMPLIACION		Avinguda Mas Gener		
		HOUSE HABITAT	VIVIENDA		Monestir de Besalú		
	VILLA CULLEL	JOSEP MARIA ALVENTOS ALVENTOSA MORELL	MARC XAVIER	VIVIENDA		La floresta	
	HOUSE E+M	JOSEP FERRANDO		VIVIENDA			
	AMPLIACION CEIP CATALUÑA	XAVIER TRAGANT		ESCUELA			

TARRAGONA	LA CANALETA		ESCUELA		Carrer d'Alfons I, 18, 43480 Vila-seca, Tarragona	
MOIA	CASA MOIA	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		Miquel Vilarrubia	
	BOBMBEROS	JOSEP FERRANDO	ESTACION BOMBEROS		Carretera N 141-C	
OLESA DE MONTSERRAT	CASA Olesa de Montserrat	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Tarragonès	
RAJADELL	CASA Rajadell	HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Ametllers	
SANT ESTEVE DE PALAUTORDERA		HOUSE HABITAT	VIVIENDA		C/ Reguissol	
LA TORRE DE CAPDELLA - PALLARS JUSSÀ	COLOMINA	JOSEP BUNYESC	VIVIENDA		Refugi colomina	
VILABLAREIX			CULTURAL		Pla del Marroc,6	
SANT ANIOL DE FINESTRES	MAS CAN BUCH		VIVIENDA		Veinat de la Barroca	
RIALP- PALLARS SOBIRÀ	NAU SEBASTIA	JOSEP BUNYESC	VIVIENDA		Carretera c-13 km. 133	
VILAFRANCA DEL PENEDÈS	AMPLIACION ESTACION DE BOMBEROS		ESTACION BOMBEROS		C/ l'espinal s/n	
VILANOVA I LA GELTÚ			VIVIENDA		Carrer can ricart	
BARBERA DEL VALLES	AMPLIACION I.E.S. CAN PLANES	ARQ. CLAUDIO ARNALDO PIRILLO	ESCUELA			