VIVIENDAS EN ALTURA CON MADERA:

UNA SOLUCIÓN RESIDENCIAL SOSTENIBLE



María Aldea Mora-Rey

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Primavera 2025

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Trabajo Fin de Grado

María Aldea Mora-Rey

Viviendas en altura con madera: Una solución residencial sostenible

Estudiante:
MARÍA ALDEA MORA-REY

N.º de expediente:
20008

Tutor:
ÓSCAR LIÉBANA CARRASCO
Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas

Aula TFG 8:
Héctor Navarro Martínez, *coordinador*
Enrique Moreno Pérez, *adjunto*

A fecha de: 30 / Mayo / 2025

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM)

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

VIVIENDAS EN ALTURA CON MADERA: UNA SOLUCIÓN RESIDENCIAL SOSTENIBLE

ÍNDICE:

RESUMEN/ABSTRACT.....9
1. INTRODUCCIÓN.....11
1.1. MOTIVACIÓN.....14
1.2. OBJETIVOS.....15
1.3. METODOLOGÍA.....16
1.4. DEFINICIONES Y PALABRAS CLAVE.....20
2. ESTADO DEL ARTE.....25
2.1. CONTEXTO ACTUAL.....27
2.2. SOSTENIBILIDAD.....29
2.2.1. Cambio Climático.....32
2.2.2. Huella Ecológica.....33
2.2.3. Ciclo de Vida.....33
2.2.4. Certificaciones Ambientales.....34
2.3. LA MADERA.....35
2.3.1. Estructura del material.....35
2.3.2. Propiedades Básicas.....36
2.3.3. Otras propiedades destacables.....36
2.3.4. Comparación frente a otros materiales.....37
2.3.5. Producción y disponibilidad.....41
2.4. MITOS Y PREJUICIOS.....42
2.4.1. Encuesta a usuarios.....42
2.4.2. Fuego.....47
2.4.3. Humedad.....48
2.4.4. Altura.....48
2.4.5. Es más caro.....49
2.4.6. Es menos duradera.....49
2.4.7. Atrae insectos y hongos.....49
2.4.8. Resinas y adhesivos.....50
2.4.9. Deforestación.....50
3. CASOS DE ESTUDIO INTERNACIONALES.....53
3.1. ASCENT.....55
3.2. MJØSTÅRNET.....59
3.3. HOHO WIEN.....63
3.4. HAUT.....67
3.5. ROOTS.....68
3.6. BROCK COMMONS.....71
3.7. TREET.....74
3.8. PROYECTOS FUTUROS.....76
3.8.1. Atlassian Central.....76
3.8.2. Rocket&Tigerli.....77
3.8.3. W350.....78
4. CASOS DE ESTUDIO NACIONALES.....79
4.1. AZPILAGAÑA 32.....81
4.2. TERRAZAS PARA LA VIDA.....83
4.3. CIRERERS.....85
4.4. LA BORDA.....87
4.5. 21 VPO SABADELL.....88
4.6. 85 VPO CORNELLÀ.....90
4.7. BLOQUE 6x6.....92
5. COMPARATIVA DE CASOS DE ESTUDIO.....95
6. ENCUESTAS A PROFESIONALES.....101
7. CONCLUSIONES.....107
8. AGRADECIMIENTOS.....112
9. BIBLIOGRAFÍA.....113

«La madera no es solo un material de construcción, sino una manifestación de la relación entre el hombre y la naturaleza. Usarla de manera inteligente es un acto de responsabilidad con el futuro.»

(Kaufmann, 2018)

«Hoy la mitad de nosotros vive en ciudades y ese número ascenderá a un 75% en 2040 (…) 3000 millones de personas van a necesitar un nuevo hogar en los próximos 20 años (…). El gran desafío para los arquitectos y para la sociedad, respecto a la construcción, es encontrar soluciones para todas esas personas y creo que la madera va a ser la solución»

(Fernández, 2020, pág. 9)

RESUMEN:

Este trabajo analiza la viabilidad y el potencial del uso de la madera prefabricada para la construcción de viviendas en altura estudiando las características y particularidades que conlleva la realización de estos edificios para comprender sus principios básicos, pudiendo aclarar desde un punto de vista objetivo ciertos aspectos que causan controversia en la sociedad con respecto al uso de la madera en la construcción.

Se compara el panorama internacional en el que destacan países punteros en el desarrollo de estas edificaciones (Noruega, Canadá, Austria…) donde existen torres residenciales de hasta 25 plantas, mientras que, en España, se llega hasta 10 plantas como máximo por el momento.

Se identifican las barreras que limitan la implantación de esta tipología edificatoria en el contexto español, como, por ejemplo: la normativa, la falta de experiencia técnica, la fragmentación de la propiedad forestal o la percepción cultural, entre otros. Y se analiza el impacto que implican estos factores.

Finalmente, se proponen varias estrategias para mitigar estas barreras como: la actualización de la normativa, promover la formación de profesionales, crear incentivos económicos y colaboración público-privada, etc.

El estudio demuestra que la madera tiene un gran potencial como material constructivo de un futuro cada vez más cercano.

Palabras clave:

viviendas en altura – madera prefabricada – construcción industrializada –

torres de madera – viabilidad – sostenibilidad.

ABSTRACT:

This work analyzes the viability and potential of using prefabricated timber for the construction of high-rise residential buildings by studying the characteristics and specificities involved in the development of such buildings, with the aim of understanding their basic principles and clarifying, from an objective standpoint, certain aspects that generate controversy in society regarding the use of wood in construction.

The international landscape is compared, highlighting leading countries in the development of these buildings (such as Norway, Canada, and Austria) where residential towers of up to 25 stories exist, while in Spain, the current maximum height reaches only 10 stories.

The study identifies the barriers that limit the implementation of this building typology in the Spanish context, such as: regulations, lack of technical expertise, fragmented forest ownership, and cultural perceptions, among others. The impact of these factors is also analyzed.

Finally, several strategies are proposed to overcome these barriers, including updating the regulations, promoting professional training, creating economic incentives, and fostering public-private collaboration.

The study demonstrates that timber has enormous potential as a construction material for a future that is fast approaching.

Key words:

high-rise housing – prefabricated timber – industrialized construction – timber towers – feasibility – sustainability.

1.

INTRODUCCIÓN



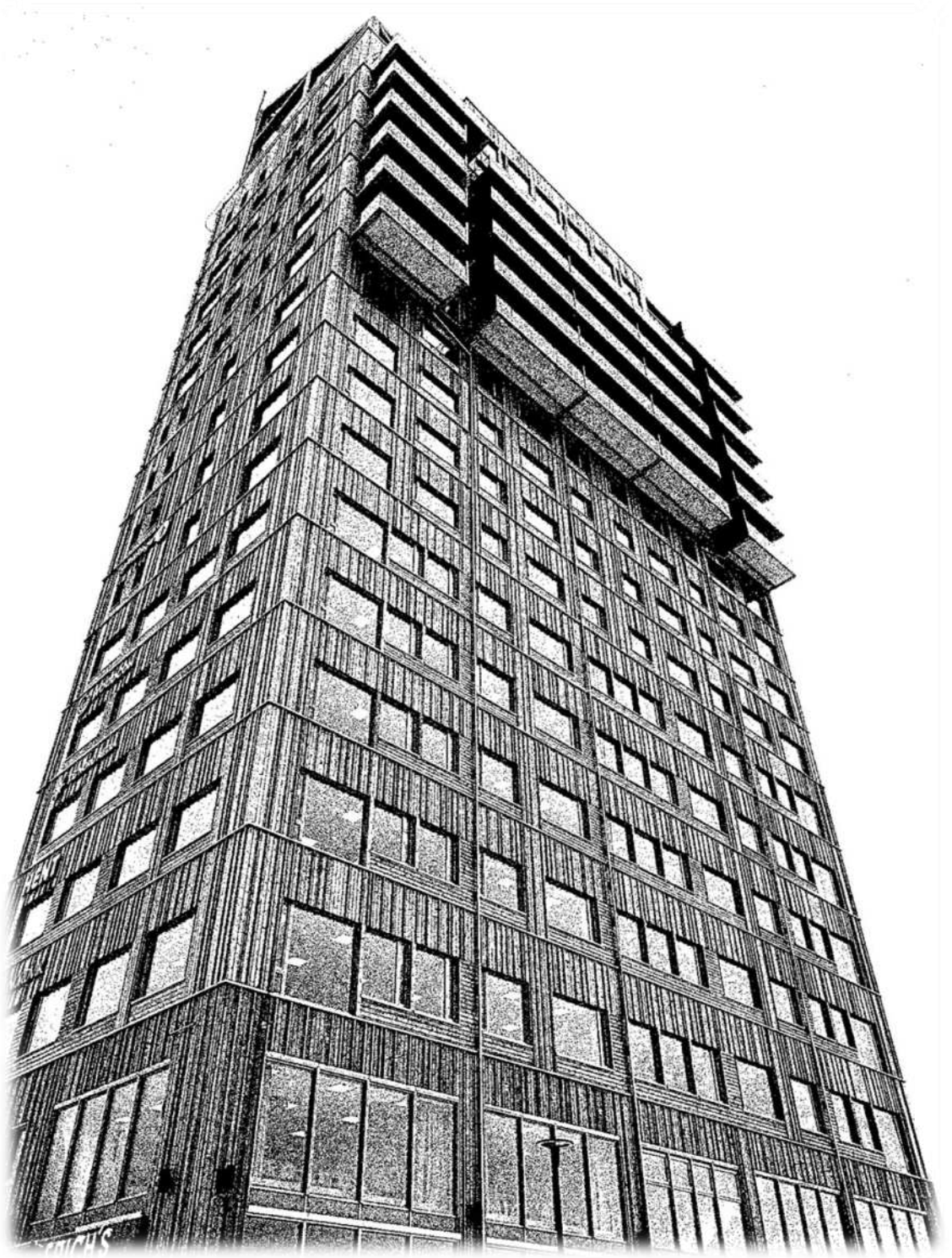


Fig. 1. *Vista del edificio Mjøstårnet, diseñado por Voll Arkitekter, Noruega.* (Fuente: Dezeen, 2023. Editada por autora).

La madera ha sido uno de los materiales más utilizados en la historia de la construcción (ver Figura 2), sin embargo, su uso e importancia han ido variando a lo largo de los años. En España, su uso ha sido especialmente limitado debido a la escasa tradición maderera entre otros aspectos, culturales y normativos. En cambio, en países como Noruega o Estados Unidos, ya existen edificios residenciales de más de ochenta metros de altura construidos con madera, gracias al uso de avances tecnológicos y a la implementación de sistemas prefabricados de madera como el CLT (madera contralaminada) y el GLT (madera laminada encolada).

El objetivo del trabajo es: investigar cuál es el estado actual de la construcción en altura con madera, analizar cuáles son sus posibilidades en el contexto español y reflexionar sobre cuál será su papel en la arquitectura del futuro. Para ello, se realiza un estudio que compara diferentes sistemas constructivos, se analizan casos existentes y se recoge la percepción social tanto de consumidores como de empresas dedicadas a la madera mediante encuestas, reuniones, etc. con ellos.



Fig. 2. *Línea temporal del uso de la madera en la construcción.*
(Fuente: Elaboración propia).

1.1.

MOTIVACIÓN

La motivación de este Trabajo nace de un interés personal por el mundo de la construcción, la arquitectura sostenible del futuro y la madera. En un momento de cambios en el sector, me resulta realmente importante comprender hacia dónde se dirige el futuro de la edificación y qué papel pueden tener los sistemas constructivos alternativos, como la madera industrializada especialmente.

Este interés surgió tanto de escasas experiencias académicas como de referencias contemporáneas que demuestran cómo otros países han logrado emplear la madera en sus edificios residenciales en altura. Esta comparación comenzó a despertar mi curiosidad por entender por qué en España todavía no se realizan edificios con estas características y qué barreras tanto técnicas como culturales o sociales lo están impidiendo. Este trabajo no solo busca informar, sino también contribuir a una reflexión crítica y objetiva sobre el potencial real que la madera podría tener en nuestro entorno construido.

Además del creciente interés que iba surgiendo a medida que profundizaba en la investigación y descubría un sistema hasta entonces desconocido para mí, ha sido especialmente enriquecedor. También, la posibilidad de aplicar los conocimientos que he ido adquiriendo en el desarrollo del trabajo a mi propio proyecto en asignaturas como Proyecto de Construcción, Instalaciones y Estructuras ha reforzado aún más mi motivación y compromiso con este estudio, poniendo en práctica las ventajas o inconvenientes del uso de la madera en un edificio residencial en altura. Todo esto, ha hecho que el trabajo me resulte verdaderamente fascinante.

1.2.

OBJETIVOS

Este trabajo tiene tres objetivos clave:

Obj 1. Analizar el panorama internacional.

Analizar la situación actual de la construcción de esta tipología edificatoria a nivel internacional mediante casos de estudio y comparativas.

Obj 2. Identificar barreras en España.

Identificar los obstáculos que han impedido la implantación generalizada de esta tecnología en España.

Obj 3. Proponer estrategias para su desarrollo.

Proponer estrategias que permitan fomentar el desarrollo de este tipo de construcciones en nuestro país.

Y finalmente, a modo de objetivo personal, poder llegar a crear un documento que permita a cualquier persona entender de forma objetiva las verdaderas ventajas e inconvenientes de este sistema constructivo.

1.3.

METODOLOGÍA

Para lograr responder a todas las preguntas de la investigación y alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, el trabajo de investigación se desarrollará mediante la combinación de varios métodos (ver Figura 3):

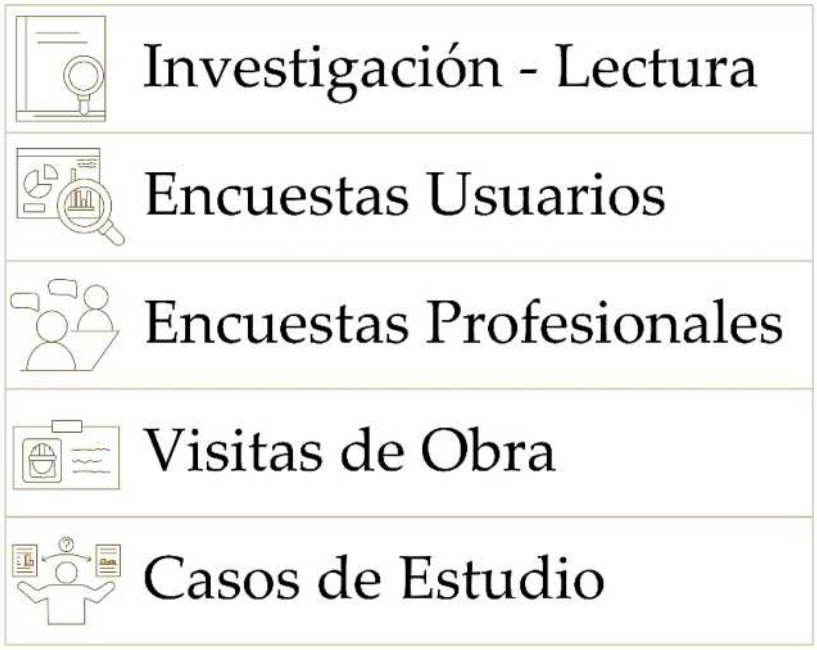


Fig. 3. *Esquema metodología de investigación.*
(Fuente: Elaboración propia).

Investigación y lecturas:

En primer lugar, se llevará a cabo un análisis de la situación actual en España, enfocándolo en aspectos como: la falta de mano de obra especializada, la creciente importancia de la sostenibilidad en la construcción y la necesidad urgente de la construcción de nuevas viviendas, entre otros factores de gran importancia.

Partiendo de esta base, se investiga el uso de la madera como material constructivo analizando tanto sus aspectos positivos como negativos para poder partir de esta base y comprender si la construcción de viviendas en altura es una de las posibles soluciones para abordar todos estos problemas, especialmente en términos de sostenibilidad y eficiencia.

Encuestas a usuarios:

Dado que la investigación se centra en la vivienda, parecía interesante realizar una encuesta dirigida a personas que pudieran hacer uso en el futuro de estos edificios residenciales.

El objetivo era poder analizar su nivel de conocimiento, creencias e inquietudes acerca de las viviendas en altura de madera, para poder enfocar el trabajo en estos aspectos clave y obtener conclusiones que ayuden a resolver las posibles dudas que surgían tras la realización de la encuesta y desmitificar ciertos mitos que yo también compartía antes del comienzo de este trabajo, esto resulta relevante principalmente ya que generalmente éstos pueden provocar cierto rechazo al material constructivo.

Encuestas a profesionales:

Con respecto a la encuesta de los usuarios anteriormente mencionada cabe añadir el haber realizado lecturas como el "Informe 2023-2024 de Mass Madera" o "En Madera, otra forma de construir. 2023 de FSC España" entre otros, en los cuales se abordan también estos temas, lo cual ha enriquecido más el enfoque del trabajo.

También, al lograr contactar con profesionales del sector – ya sea vía correo electrónico, reuniones por videollamada o aprovechando la visita a "Rebuild 2025" – para recopilar más información y poder abordar ciertos temas con la opinión y experiencia de los profesionales de manera más personal, se han podido resolver todas las dudas que iban surgiendo a lo largo del trabajo, ya que ¿quién mejor que ellos para poder aportar información actualizada y contrastar opiniones?

Visitas de obra:

He tenido la gran oportunidad de poder realizar dos visitas de obra y una visita a un edificio ya terminado:

Por un lado, una de ACR (ver Figura 4) en el cual se empleaba un sistema constructivo conocido como Cree Building – un sistema prefabricado hormigón - madera –. Y una residencia de estudiantes en el Campus Sur de la UPM realizada con CLT (ver Figura 5) para poder experimentar de primera mano cómo se llevan a cabo las obras que emplean estos sistemas constructivos.

Y finalmente, la visita al Centro Deportivo Municipal de Cuatro Caminos (ver Figura 6) con explicación detallada del profesor de Proyecto de Estructuras de la ETSAM Miguel Gómez Navarro pudiendo analizar con él las decisiones estructurales tomadas en el edificio. Se trata de una estructura que combina madera, hormigón y acero.



Fig. 4. *Foto del exterior e interiores visita de obra ACR.*
(Fuente: Elaboración propia).



Fig. 5. *Foto exterior e interiores visita de obra residencia UPM, Campus Sur.*
(Fuente: Elaboración propia).



Fig. 6. *Centro Deportivo Municipal Cuatro Caminos, Madrid.* (Fuente: BISMAN Arquitectos, 2022).

Casos de estudio:

Finalmente, como ya se ha mencionado, para llevar a cabo el análisis de la situación en España en comparación con otros países se realiza una comparativa de casos de estudio mediante una tabla analizando sus características constructivas, el uso de estos edificios, tiempo de construcción, número de alturas, tipo de estructura, etcétera.

1.4.

DEFINICIONES Y PALABRAS CLAVE

Para comenzar este trabajo, habría que destacar que más allá de la realización de un informe académico, uno de los objetivos es la posibilidad de crear un documento que sea accesible y comprensible para cualquier lector. Por ello, se comienza explicando de manera breve algunos términos que podrían ayudar a la comprensión del documento:

- SOSTENIBILIDAD:

En 1987, la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas definió la sostenibilidad como lo que permite "satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias" (Naciones Unidas, s. f. párr.2).

- HUELLA ECOLÓGICA:

La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental que permite relacionar el consumo de recursos y la generación de residuos con la capacidad ecológica de la Tierra. Cuantos menores sean los recursos demandados y los residuos generados, más baja será la huella ecológica (FSC España, 2023, pág.34).

- CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO:

Esta metodología evalúa el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de su ciclo de vida, mediante la cuantificación del uso de recursos (energía, materias primas, agua…) y residuos (al aire, agua y suelo) que se utilizan y generan, respectivamente, del sistema que se está evaluando (FSC España, 2023, pág.34).

- INDUSTRIALIZACIÓN:

Según la "Guía de construcción sostenible del País Vasco", la industrialización de la construcción se puede definir como el "*proceso productivo que de forma racional y automatizada emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad y calidad constructiva*" (BuildOffsite, s.f., párr.1).
Es el resultado de introducir nuevas técnicas de gestión y aplicar tecnologías de la industria en el proceso productivo; fabricar componentes en instalaciones ajenas al lugar de su ubicación definitiva; reducir o eliminar tiempos de espera y acopio en obra; y racionalizar y mecanizar las operaciones de montaje en obra (BuildOffsite, s.f., párr.1).

- RESISTENCIA AL FUEGO:

Capacidad de los elementos constructivos para mantener su función estructural, estanquidad y aislamiento térmico durante un tiempo determinado en condiciones de incendio normalizado. Se mide en minutos (R, E, I) (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020).

- BIOFILIA:

Significa "amor a lo vivo" o "a la vida", supone la necesidad del ser humano de estar en unión con la naturaleza. Este concepto fue desarrollado por el biólogo Edward O. Wilson de la Universidad de Harvard, nombrando la hipótesis que sostiene que el contacto con la naturaleza es esencial para el desarrollo psicológico de los humanos.

El contacto con la naturaleza tiene numerosos beneficios que contribuyen a nuestra relajación, sensación de libertad y bienestar general. Además, se ha comprobado que ayuda a reducir tanto las tensiones musculares como las nerviosas (Aistec, 2023, párr.1 y 2).

- CLT (*Cross Laminated Timber – Madera Contralaminada*):

Panel formado por capas de madera aserrada encoladas (ver Figura 7) con uso estructural, de forma que la orientación de las fibras de dos capas adyacentes es perpendicular entre sí.
La estructura transversal del panel debe ser simétrica y estar compuesta, como mínimo, por tres capas. Las tablas de cada capa pueden estar unidas longitudinalmente o mediante empalmes dentados (Egoin Wood Group, s.f., párr.3).



Fig. 7. *CLT.*
(Fuente: Egoin Wood Group, s.f.).

- GLT (*Glue-Laminated Timber – Madera Laminada Encolada*):

El GLT (ver Figura 8) es un producto de madera que se fabrica pegando capas de madera en una sola dirección. Esto proporciona al GLT una resistencia muy alta en esa dirección, haciéndolo ideal para uso en vigas y columnas (Enkel Group, s.f., párr.4).

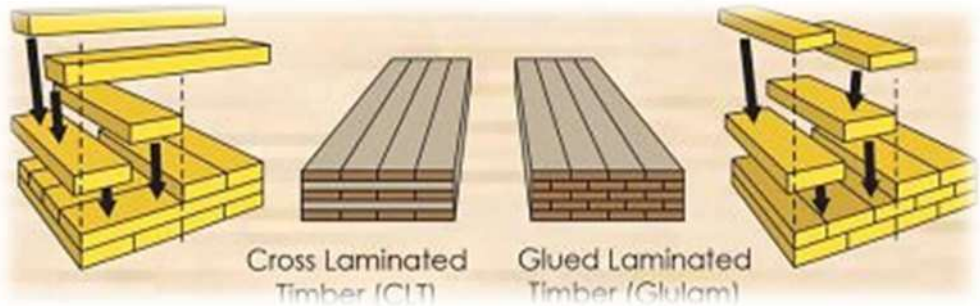


Fig. 8. *Ejemplo paneles CLT y vigas GLT.*
(Fuente: Forestal Maderero, s.f.).

- **LVL (*Laminated Veneer Lumber – Madera Microlaminada*):**

Es un producto de madera de ingeniería basado en chapas de madera encoladas (ver Figura 9) que presenta buenos niveles de resistencia a la flexión, estabilidad dimensional y rectitud. Utilizada principalmente con una función estructural, también puede ser usada con motivo decorativo (Madera21, s.f., párr.1).

- **NLT (*Nail Laminated Timber – Madera Laminada con Clavos*):**

Consiste en una serie de tablones de madera unidos mediante clavos o tornillos (ver Figura 10) para formar un elemento estructural sólido. Los clavos en una las filas están espaciados a medio camino respecto de la otra fila, creando un patrón en zigzag (Instituto Forestal [INFOR], 2020, pág.17).



Fig. 9. *Ejemplo producto LVL.*
(Fuente: Madera21, s.f.).

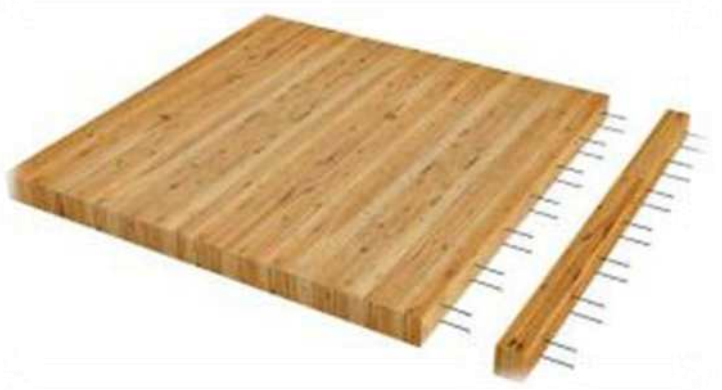


Fig. 10. *Ejemplo producto NLT.*
(Fuente: Madera Estructural, 2016).

- **DLT (*Dowel-laminated Timber– Madera Laminada en Espiga*):**

Es un producto de la madera maciza que tiene una serie de propiedades favorables para la construcción de edificios y viviendas. De esta forma, no hay clavos (ver Figura 11) ni ningún tipo de pegamento, por lo que es 100% ecológico y óptimo para aquellos constructores que buscan maximizar el uso de la madera en un proyecto (Madera21, s.f., párr.1 y 2).



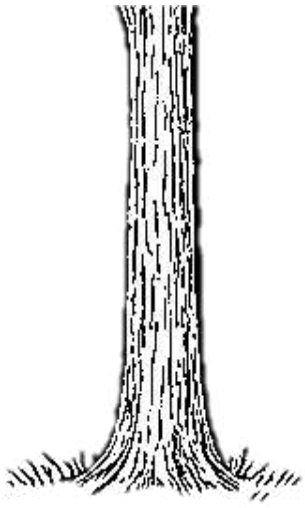
Fig. 11. *Ejemplo producto DLT.*
(Fuente: Madera21, s.f.).

TIPO	APLICACIONES	VENTAJAS	DIFERENCIAS
CLT	Construcción de edificios de varios pisos, estructuras de alta carga	Alta resistencia, sostenibilidad, rapidez en la construcción, buen aislamiento acústico	Alta resistencia a la compresión y la torsión
GLT	Estructuras de techos, paredes y pisos en edificios de baja altura	Gran resistencia, flexibilidad de diseño, uso eficiente de madera	Utiliza menos material que CLT y tiene más flexibilidad en diseño.
LVL	Puentes, vigas, columnas, estructuras de grandes dimensiones	Alta resistencia y estabilidad, ligero y fácil de manejar	Más ligero y estable, pero con menor resistencia al fuego
NLT	Elementos estructurales, vigas, columnas, entramados	Método simple, económico, uso de madera local	Método más simple y económico, pero con menor resistencia que CLT.
DLT	Estructuras de muros y techos, edificios de madera en general	Sostenible, sin adhesivos, gran resistencia a la carga	Método más sostenible y natural, pero requiere mayor precisión en su fabricación.

Fig. 12. *Tabla comparativa madera estructural*.
(Fuente: Elaboración propia).

2.

ESTADO DEL ARTE



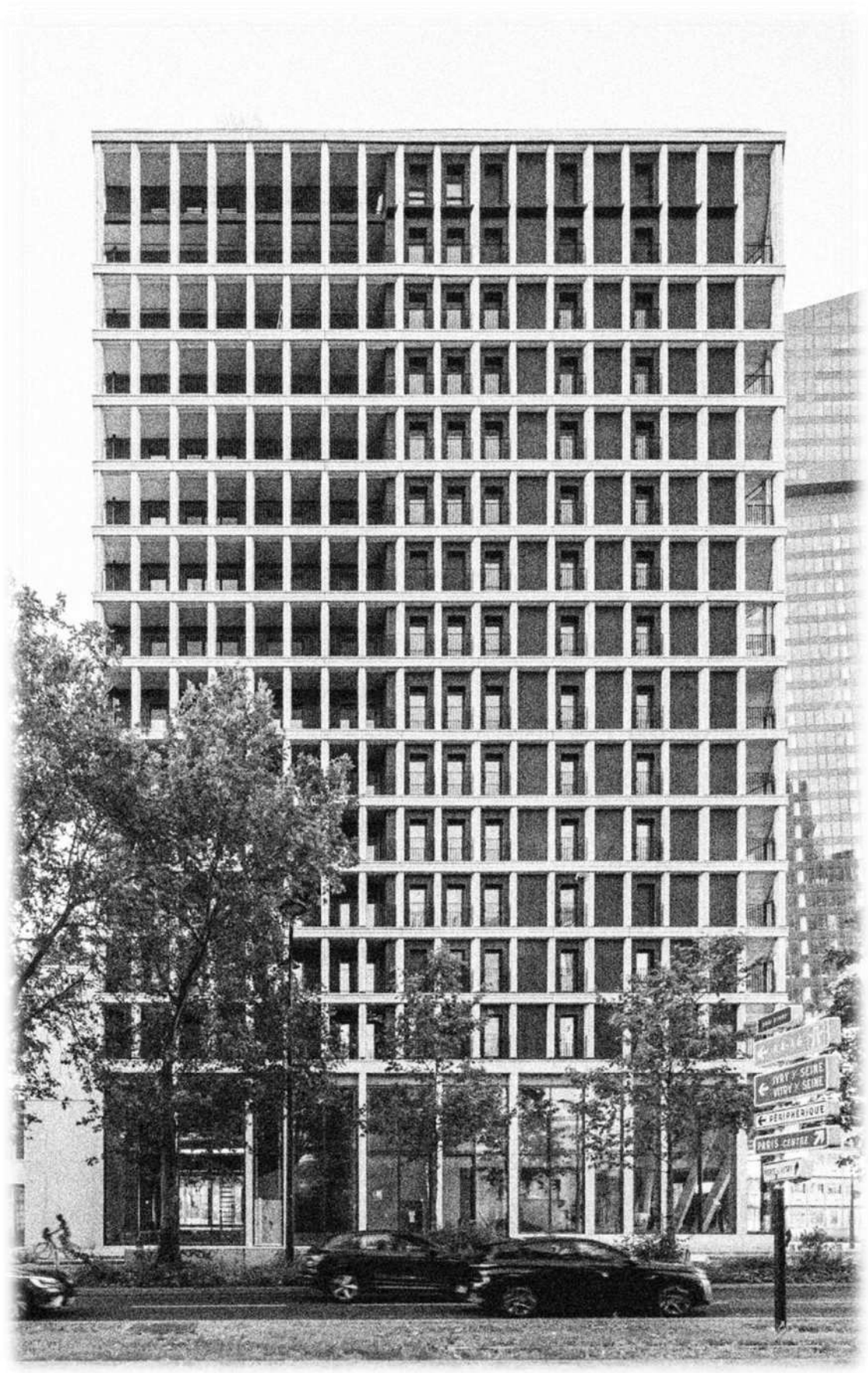


Fig. 13. *Torre residencial de madera Le Berlier en París.* (Fuente: Arquitectura Viva, 2023.Editada por autora).

2.1.

CONTEXTO ACTUAL

Hoy en día en pleno 2025, España se enfrenta a varios problemas en el sector de la construcción. Uno de ellos es el desajuste que existe entre la demanda de viviendas necesarias y la capacidad de construcción de estas. Según el INE (Instituto Nacional de Estadística), la población española superará los 51,8 millones en 2030, lo que aumentará la necesidad de viviendas. Sin embargo, la falta de suelo urbanizable, el aumento de los costes de construcción y las barreras administrativas limitan la capacidad del sector inmobiliario para satisfacer esta demanda. Esto conlleva un aumento de precios y dificulta el acceso a la vivienda principalmente para los jóvenes (InfoConstrucción, 2025).

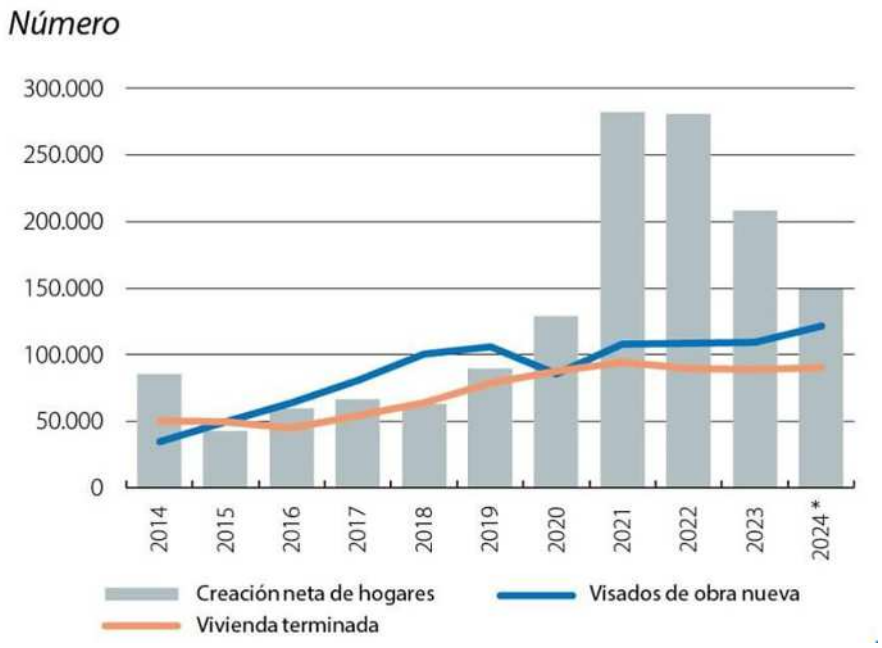


Fig. 14. *España: Oferta de vivienda nueva y creación neta de hogares.* (Fuente: CaixaBank Research, 2024).

Además, el mercado se sigue enfrentando a la escasez de viviendas, ya que la oferta no consigue cubrir la demanda. Para lograr un equilibrio, harían falta unas 280.000 viviendas al año hasta 2027 (Innovando en la Construcción, 2025a). Otro problema añadido, es la falta de mano de obra cualificada, lo que hace que los proyectos se retrasen y esto implique un aumento de costes. Para intentar solucionar esto, las empresas están invirtiendo más en tecnologías como el BIM para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las obras (Innovando en la Construcción, 2025b).

Por último, la preocupación por la sostenibilidad en la construcción está aumentando, por lo que cada vez se usan más materiales reciclados, técnicas como la construcción modular lo cual ayuda a reducir el impacto medioambiental y aumenta la eficiencia, entre otros aspectos (Innovando en la Construcción, 2025b).

Es por esto, que este trabajo intentará resolver cuestiones que surgen a partir de este contexto como:

- **¿Deberíamos replantearnos la forma en la que venimos construyendo desde hace años?**
- **¿Tal vez una posible solución sea construir más en vertical que en horizontal para un mayor aprovechamiento del suelo?**
- **¿Cómo podríamos hacer edificios residenciales más sostenibles?**

2.2.

SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad en la edificación se refiere a la capacidad de construir hoy sin comprometer los recursos y calidad ambiental del futuro. Según el informe *Nuestro Futuro Común* de Naciones Unidas, una edificación sostenible es aquella que utiliza los recursos de forma eficiente, genera menos residuos y no agota el entorno natural (FSC España, 2021).

Esto se evalúa mediante herramientas como el análisis de ciclo de vida (ACV) (ver Figura 15), que analiza el impacto ambiental total de un edificio desde la extracción de materiales hasta el final de su vida útil – emisiones, consumo de agua, energía y generación de residuos– (FSC España, 2021).

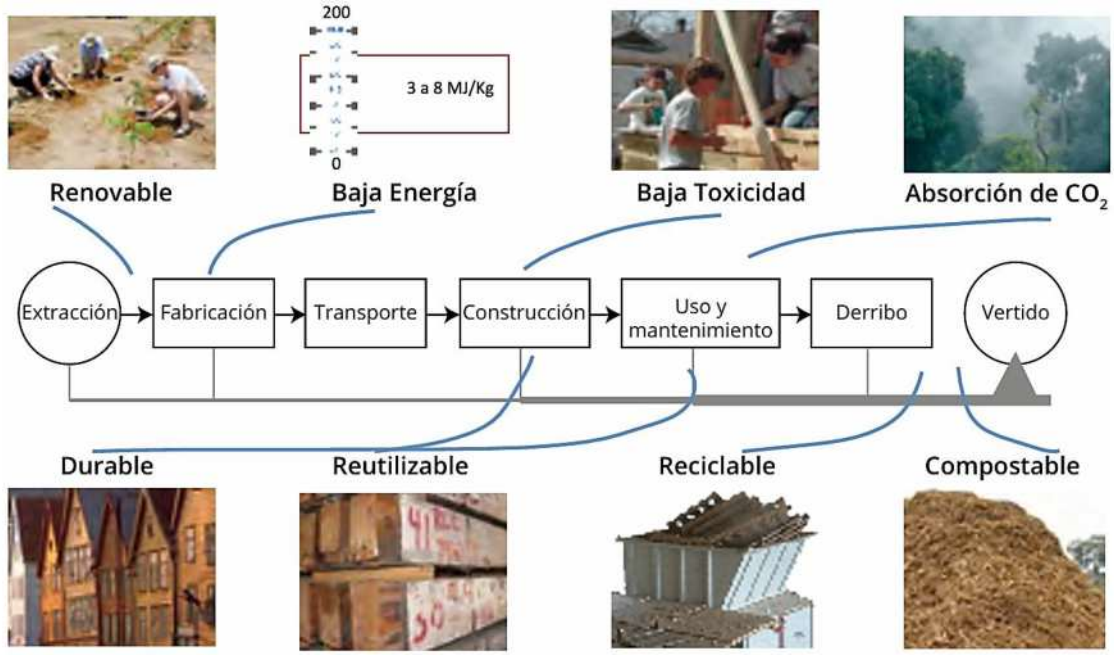


Fig. 15. *Ventajas ambientales de la madera en el ciclo de vida de los edificios.*
(Fuente: Societat Orgànica, citado en FSC España, 2021).

Es por esto por lo que la madera destaca frente a otros materiales de construcción debido a que su impacto ambiental es mucho menor (ver Figura 16). Esto es gracias a su origen natural, es un material reciclable y reutilizable que además tiene baja demanda energética en el proceso de fabricación y actúa como sumidero de carbono, es decir, el carbono queda almacenado de forma segura durante décadas o incluso siglos (FSC España, 2021).

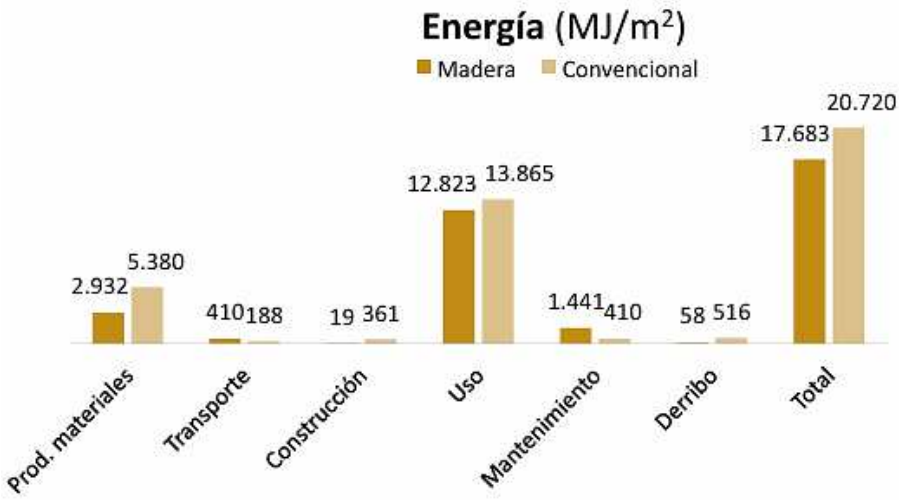


Fig. 16. *Construcción en madera vs. Tradicional. Gasto de energía en el ciclo de vida (kWh/m²).* (Fuente: Wadel, 2009, citado en FSC España, 2021).

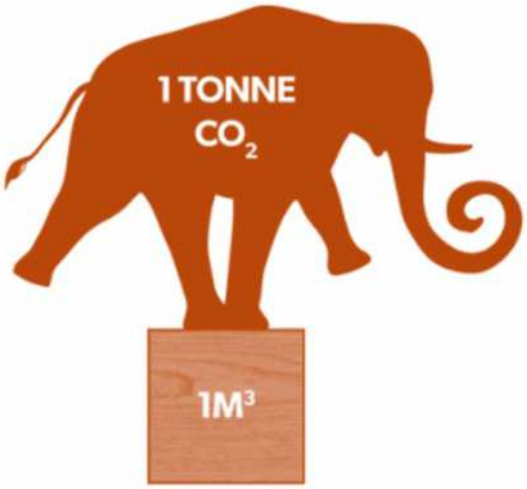


Fig. 17. *Construcción en madera vs. Tradicional. Gasto de energía en el ciclo de vida (kWh/m²).* (Fuente: Presentación Egoin Wood Group. Editado por autora).

La madera puede ayudar a evitar el consumo lineal de los materiales – extraer, usar y desechar – y apuesta por una lógica circular en la que el material puede llegar a tener múltiples vidas, lo cual se une a los principios de la arquitectura contemporánea sobre la sostenibilidad (FSC España, 2021).

La sostenibilidad en la construcción no sólo se debe centrar en mejorar la eficiencia energética de los edificios, sino que también se deben reducir las emisiones incorporadas en los procesos de producción, transformación y transporte de materiales (ver Figura 18). Frente a esto, la madera industrializada, ofrece una solución muy eficaz. Además de que permite sustituir materiales muy contaminantes, esta tecnología permite construir más rápido, generar menos residuos y emplear menos energía en todo el proceso (Mass Madera, 2023).

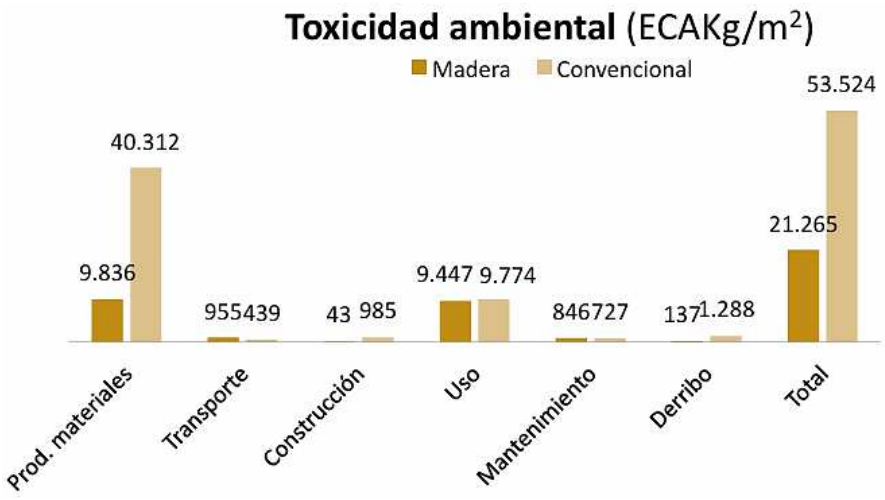


Fig. 18. *Construcción en madera vs. tradicional. Toxicidad emitida al ambiente en el ciclo de vida (ECA kg/m²).* (Fuente: Wadel, 2009, citado en FSC España, 2021).

Aunque en España el uso de la madera sigue siendo bastante limitado – entre el 0,5% y el 1% del total de la edificación – mientras que en muchos países desde hace más de 25 años el uso de la madera maciza industrializada es una realidad consolidada, especialmente en intervenciones de media y gran escala. El uso de este material no solo mejora la sostenibilidad ambiental, sino también social y económica, al fomentar industrias locales y fijar la población en entornos rurales (Mass Madera, 2023).

En resumen, emplear en obras tecnologías de madera certificada es una de las vías más claras para lograr una construcción realmente sostenible, que reduce impactos, promueve la economía circular y se adapta a los desafíos climáticos que enfrentamos hoy en día (FSC España, 2021; Mass Madera, 2023).

2.2.1. Cambio climático

La construcción y el entorno construido generan aproximadamente el 40% de las emisiones de carbono a nivel global, lo que hace que este sector sea uno de los principales responsables del cambio climático, y debemos ser muy conscientes de ello. Es cierto que en los últimos años se ha conseguido avanzar en la eficiencia energética durante el uso de los edificios, sin embargo, el reto sigue siendo reducir las emisiones incorporadas, es decir, aquellas que se producen durante la extracción, fabricación y transporte de los materiales (Mass Madera, 2023).

La madera no cabe duda de que, frente a esta problemática, es una solución real y muy competitiva frente a otros materiales (ver Figura 19). Como explica FSC, durante el crecimiento del árbol éste absorbe CO_2 de la atmósfera y cuando esa madera se emplea en la construcción, el carbono queda almacenado de forma segura. Además, su transformación consume menos energía que la de materiales como el acero o el hormigón, lo que refuerza su papel como material bajo en emisiones (FSC España, 2021).

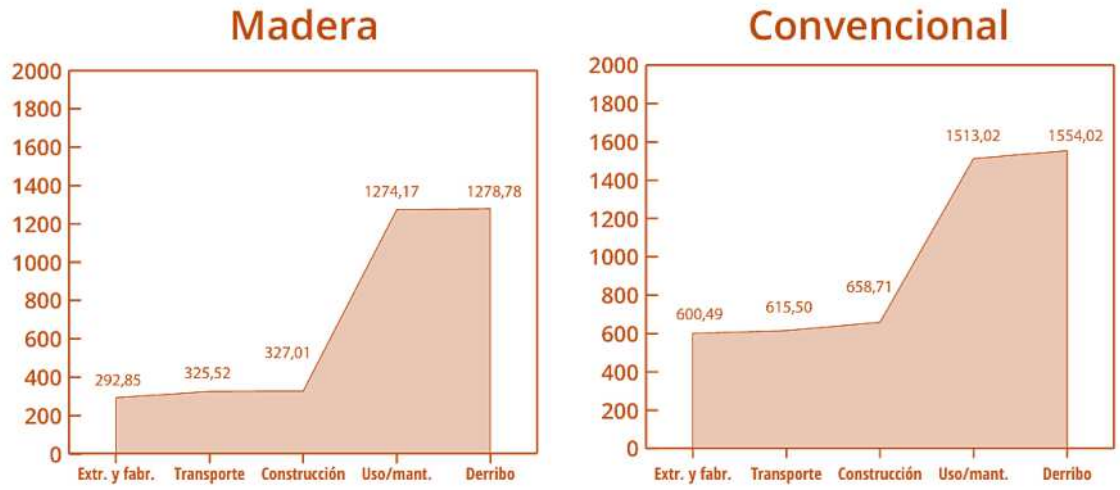


Fig. 19. *Construcción en madera vs. tradicional. Disminución de las emisiones de CO_2 (kg/m² a 50 años).*
(Fuente: Wadel, 2009, citado en FSC España, 2021. Editado por la autora).

Desde Mass Madera insisten en que el uso de la madera industrializada, especialmente sistemas como el CLT, no solo permite reducir las emisiones como ya se ha mencionado, sino que también acorta los tiempos de construcción, minimiza residuos en obra (ver Figura 20), reduce el ruido causado por la misma y mejora la eficiencia del proceso completo de ejecución. Al tratarse de un recurso renovable, si se gestiona de forma responsable, su uso encaja con un modelo constructivo que va de la mano con los objetivos climáticos y de descarbonización actuales (Mass Madera, 2023).



Fig. 20. *Construcción en madera vs. tradicional. Residuos sólidos generados en el ciclo de vida (ECA kg/m²).* (Fuente: Wadel, 2009, citado en FSC España, 2021).

2.2.2. Huella ecológica

La huella ecológica mide el impacto ambiental que genera una actividad o producto, en términos del espacio natural necesario para producir recursos y absorber los residuos que deja. Por tanto, la madera tiene una de las huellas más bajas entre los materiales de construcción. Su extracción requiere poca energía, no genera residuos tóxicos y permite la gestión circular: se puede reutilizar, reciclar o incluso compostar (FSC España, 2021).

Como indica FSC, cuanto más local sea la madera, menos emisiones genera su transporte, y si además se evita su tratamiento con productos químicos, su huella se reduce aún más. Además, destaca la importancia de usar uniones en seco o desmontables, que faciliten la reutilización de componentes en futuras construcciones (FSC España, 2021).

2.2.3. Ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida (ACV) como se ya se ha mencionado, consiste en evaluar el impacto ambiental total de un material o edificio desde que se extraen las materias primas hasta que finaliza su uso. En este caso, la madera presenta ventajas claras ya que necesita poca energía para su transformación, ayuda al aislamiento térmico durante el uso del edificio, además, se puede recuperar al final de su vida útil (FSC España, 2021).

La madera maciza industrializada mejora la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida. Al ser un material ligero, reduce la necesidad de cimentación – algo que favorece también al medio ambiente –, los procesos constructivos son más rápidos, limpios y menos ruidosos, y al ser un material natural, no deja residuos contaminantes. Si, además, el diseño tiene en cuenta el desmontaje a posteriori, los elementos se podrían reutilizar en nuevos proyectos (Mass Madera, 2023).

2.2.4. Certificaciones ambientales

El uso de la madera para la construcción puede estar respaldado por certificaciones reconocidas, por ejemplo, FSC es una de las más importantes. Esta certificación asegura que la madera procede de bosques gestionados de forma sostenible, garantizando la protección ambiental y los derechos sociales y laborales de quienes trabajan en ellos (FSC España, 2021).

Además, FSC permite certificar proyectos constructivos completos, como en el caso del edificio Impulso Verde en Lugo (ver Figura 21), que fue el primero en España en obtener esta distinción. Este tipo de sellos refuerza el compromiso ambiental del sector y da garantías tanto a promotores como a usuarios (FSC España, 2021).



Fig. 21. *Edificio Impulso Verde (Lugo).* (Fuente: Ciudad Sostenible, 2021).

Por otro lado, muchas inversiones internacionales exigen certificaciones como LEED o BREEAM. Sin embargo, éstas aún no valoran suficientemente el uso de la madera en la puntuación global. Se espera que con la implantación del sistema Levels, desarrollado por la UE, se avance hacia indicadores más justos que reconozcan el bajo impacto ambiental de la madera y promuevan su uso dentro de la financiación sostenible (Mass Madera, 2023).

2.3.

LA MADERA

Elegir unos materiales u otros en arquitectura afecta al comportamiento estructural y funcional del edificio, pero tampoco hay que olvidar que influye también en su huella ambiental, su durabilidad, su estética y la experiencia de usuario. Partiendo de esto, la madera reúne propiedades técnicas y sensoriales que la convierten en una opción bastante competitiva para la construcción contemporánea, más allá de su contribución a la sostenibilidad.

2.3.1. Estructura del material

La madera es un material con una estructura interna compuesta por fibras (ver Figura 22) de celulosa orientadas longitudinalmente, unidas por lignina. Esta disposición natural, le permite tener una buena resistencia mecánica, especialmente a tracción y compresión paralelas a la fibra, siendo comparable o en algunos casos incluso superior a materiales industriales como el acero o el hormigón a la hora de evaluar la relación existente entre la resistencia-peso (FSC España, 2021). Como indican en FSC España, "la resistencia característica a la flexión de las coníferas – abetos, píceas, alerces, pinos, cedros – varía entre los 14 y 50 N/mm², mientras que las frondosas – robles, hayas, olmos, irokos – varían entre los 18 y 80 N/mm² (FSC España, 2021, pág.89)".

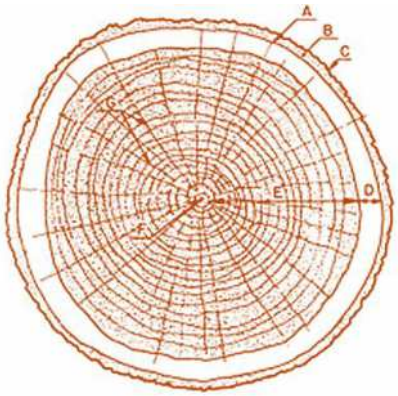


Fig. 22. *Sección transversal de un tronco (A: Cambium, B: Corteza viva, C: Corteza muerta, D: Albura, E: Duramen, F: Médula, G: Radios leñosos).* (Fuente: FSC España, 2021. Editado por la autora).

Gracias al desarrollo de tecnologías como la madera contralaminada (CLT) y madera laminada encolada (GLT), es posible lograr obtener piezas estructurales algo más homogéneas – ya que la madera es un material heterogéneo – con mayor estabilidad dimensional, lo que permite su uso en grandes luces, fachadas portantes y edificios en altura. Además, la precisión con la que se fabrica en taller permite reducir tolerancias en obra, errores y costes derivados de ajustes in situ (Mass Madera, 2023). Sin embargo, también hay que ser conscientes de que se trata de un material unidireccional en la dirección predominante de las fibras, y si se quieren resolver grandes luces es posible que necesites grandes cantos, por lo que como con cualquier otro material, debemos ser conscientes de sus ventajas y sus limitaciones en cada caso.

2.3.2. Propiedades básicas

Una de las grandes ventajas de la madera frente a otros materiales es la ligereza. Por cada metro cúbico, pesa considerablemente menos que el hormigón o el acero, lo que reduce las cargas sobre la cimentación y facilita el transporte, incluso en zonas de difícil acceso (FSC España, 2021).

Respecto al comportamiento térmico, la madera es un aislante natural gracias a su baja conductividad térmica. Esto mejora el rendimiento energético de los edificios y reduce la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. (Mass Madera, 2023).

2.3.3. Otras propiedades destacables

Una de las propiedades menos conocidas de la madera y una de las más temidas, es: su comportamiento frente al fuego, lo cual se explicará detalladamente en el apartado de "MITOS Y PREJUICIOS: Fuego".

Aunque pueda parecer más vulnerable por ser combustible, en realidad la madera arde de manera predecible: formando una capa exterior carbonizada que protege el núcleo estructural, retardando su deterioro. De hecho, si se compara con ciertos materiales metálicos que colapsan de forma brusca al alcanzar temperaturas críticas, la madera permite calcular su resistencia a fuego con gran precisión y se puede adaptar a las exigencias normativas, por lo que se trata de un material muy seguro a diferencia de lo que se pueda pensar (Mass Madera, 2023).

La madera también tiene una serie de propiedades que la convierten en un material muy valioso a la hora de hablar del confort y bienestar del usuario. Gracias a su carácter higroscópico, puede absorber o liberar vapor de agua según las condiciones del ambiente, lo que ayuda a mantener la humedad relativa interior más estable. Esto puede mejorar la calidad del aire, evitando ambientes excesivamente secos o húmedos, y favoreciendo la salud respiratoria (FSC España, 2021). Aunque esto ocurre si la madera se deja vista, en caso contrario – tal vez por normativa como ocurre en algunos casos – esta cualidad puede o reducirse o bien, anularse.

Su estructura porosa y su baja conductividad térmica le permiten conservar mejor la temperatura interior, lo que genera espacios térmicamente más estables y agradables. Y a nivel sensorial, esto permite que el entorno se perciba más confortable, acogedor y cálido (FSC España, 2021).

Desde la biofilia, la madera se reconoce como un material que favorece la conexión entre el ser humano y la naturaleza. Como se indica en el documento de FSC España, "la MADERA es otra forma de vivir. Es otra forma de entender nuestro papel como habitantes del mundo. La planificación de una vivienda de madera implica una manera diferente de saber, de sentir y de pensar (FSC España, 2021, p.12)".

Estos beneficios coinciden con los principios del diseño biofílico, que busca introducir elementos naturales en los espacios construidos para mejorar la salud y el bienestar de los usuarios. Por tanto, la madera no es sólo un material funcional, sino también emocional y sensorial, lo que ayuda a mejorar los espacios a nivel psicológico, estético y ambiental (FSC España, 2021). Esto resulta bastante relevante a la hora de hablar de viviendas, ya que el confort y salud mental de los usuarios debería ser una prioridad.

2.3.4. Comparación frente a otros materiales

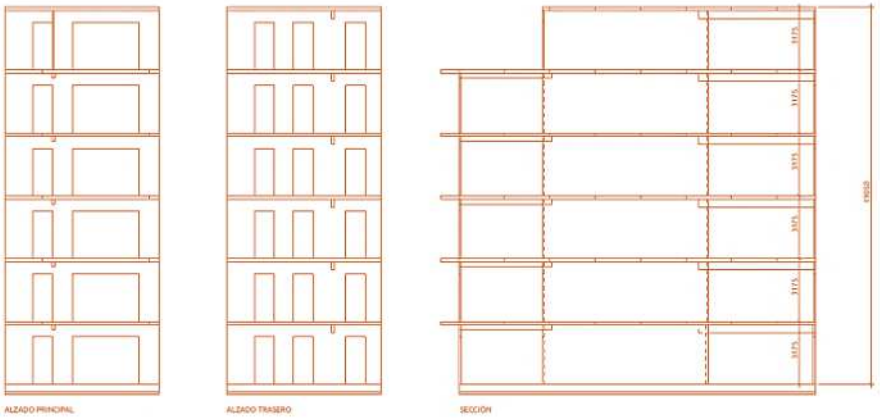
En comparación con materiales más tradicionales como por ejemplo el acero o el hormigón, la madera tiene ventajas técnicas, ambientales y funcionales. Como ya se ha mencionado, su relación peso-resistencia es muy superior, por lo que permite construir estructuras más ligeras sin quitarle estabilidad. Esto es fundamental en rehabilitación, por ejemplo, o en edificaciones sobre suelos con menor capacidad portante (Mass Madera, 2023).

En caso de movimientos sísmicos o cargas dinámicas, la madera tiene una alta capacidad de deformación elástica, esto la hace más segura que materiales rígidos que se fracturan con facilidad (Mass Madera, 2023).

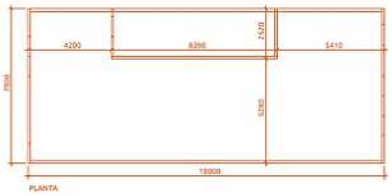
Al poder prefabricarse en taller, se reducen de forma notable los plazos de ejecución en obra, los errores y la generación de residuos. Esto en comparación con sistemas húmedos como el hormigón, que requieren tiempos de fraguado, la construcción en seco con madera permite agilizar procesos y planificar con mayor precisión (Mass Madera, 2023).

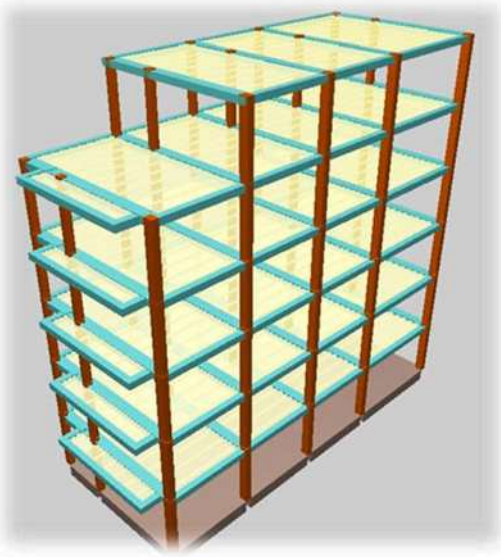
Si a pesar de todo esto, alguien sigue pensando que la madera no es competitiva frente a otros materiales, a continuación, se muestran los resultados de un ejemplo comparativo analizado desde Egoin en su PDF: “Comparativa entre la construcción con Hormigón, Acero y Madera” (imágenes a continuación):

DEFINICIÓN DEL EDIFICO MODELO

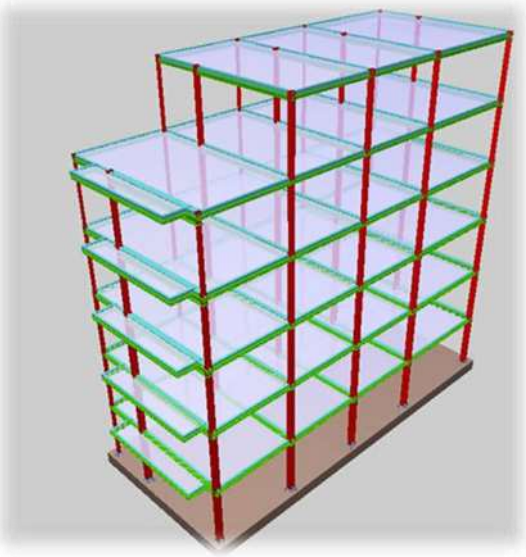


El edificio posee una superficie construida de 834 m².

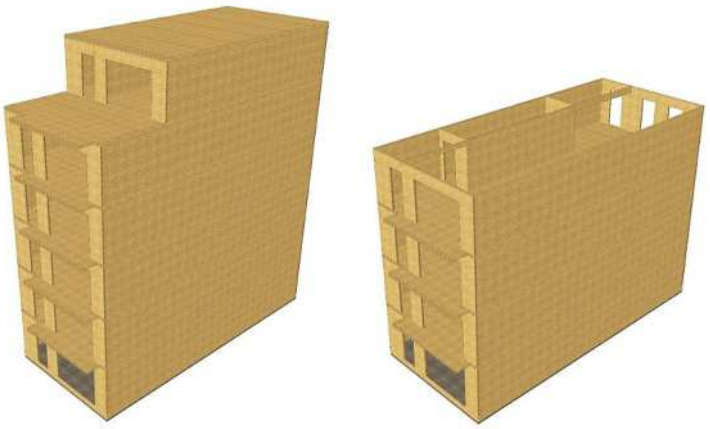




Estructura de hormigón

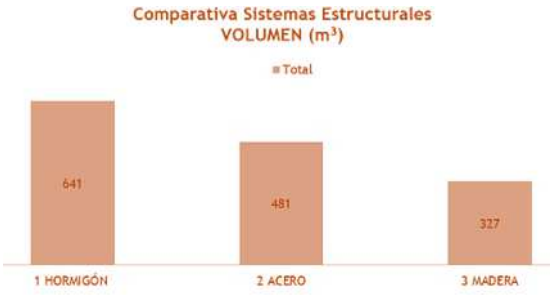


Estructura de acero



Estructura de madera

Surgen los siguientes resultados:







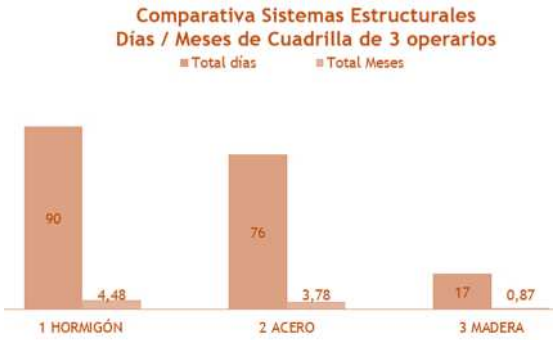




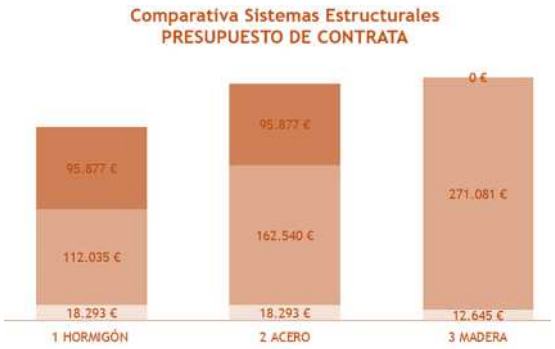


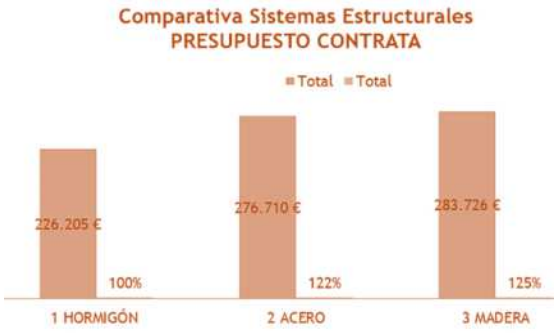




















Si consideramos un coste de 1200€/m2, el incremento es del 5,75 %.

2.3.5. Producción y disponibilidad

La madera es un recurso que puede producirse de forma renovable, siempre que provenga de bosques gestionados y de manera sostenible. En el caso de España, aunque existen grandes superficies forestales, su aprovechamiento para la construcción sigue siendo muy bajo. FSC recalca la importancia de fomentar el uso de madera local ya que esto puede ayudar a dinamizar zonas rurales y generar empleo de proximidad, creando economías circulares y sostenibles (FSC España, 2021).

Desde Mass Madera se destaca que el modelo industrializado de producción – desde el secado hasta el ensamblaje – permite mejorar la trazabilidad, la calidad técnica y el control ambiental del producto. Por esto, la madera puede competir incluso con construcciones de alta exigencia estructural, incluyendo proyectos urbanos complejos o edificios en altura (Mass Madera, 2023).

2.4.

MITOS Y PREJUICIOS

Es curioso como mencionan en la página de Toca Madera, ver cuántas veces se usa la expresión "toca madera" como sinónimo de "buena suerte", hay múltiples teorías sobre el origen de esta expresión, sin embargo, hoy en día se usa por las sensaciones positivas que genera la madera, no obstante, a la hora de aplicar este material en la construcción comienzan a surgir las dudas y las inquietudes, principalmente por desconocimiento y la falta de cultura maderera en España (Toca Madera, 2025).

2.4.1. Encuesta a usuarios

Y es por esto, por lo que se realizó una encuesta de elaboración propia dirigida a personas posiblemente interesadas en vivir en el futuro en viviendas en altura construidas con madera, a la cual respondieron un total de 150 personas, a continuación, se muestran los resultados:

1. **¿Te comprarías una vivienda construida con madera?**

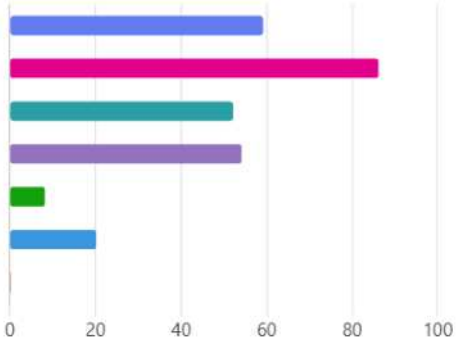


2. **¿Qué nivel de seguridad crees que tiene una construcción de madera frente al fuego?**



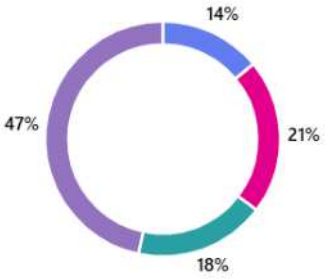
3. **¿Qué entiendes por "construcción industrializada"?** *(Múltiple elección posible)*

Construcción rápida y eficiente en fábrica	59
Uso de piezas prefabricadas para ensamblaje en obra	86
Viviendas modulares o en serie	52
Casas prefabricadas que llegan prácticamente listas para montar	54
Construcción con contenedores	8
No lo sé / Nunca lo había escuchado	20
Otras	0



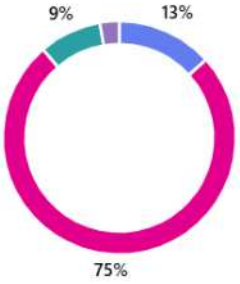
4. **¿Crees que es posible construir rascacielos de madera?**

Sí, ya existen ejemplos en otros países	21
Sí, pero con muchas limitaciones técnicas	32
No, la madera no es apta para edificios altos	27
No lo sé	70



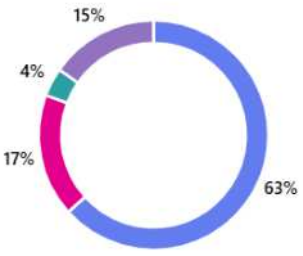
5. **¿Cómo imaginas la resistencia de una casa de madera?**

Igual o mayor que una de hormigón o ladrillo	20
Resistente, pero menos duradera a largo plazo	113
Débil, se puede dañar fácilmente	13
Muy frágil, incluso con golpes fuertes	4



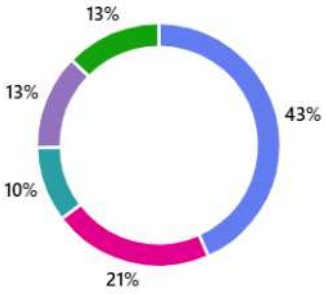
6. **¿Crees que la construcción con madera es más rápida o más lenta que la tradicional?**

Más rápida, porque se usa prefabricación	95
Igual, depende del tipo de edificio	26
Más lenta, porque la madera necesita más preparación	6
No tengo información sobre esto	23



7. **¿Hasta qué altura crees que se puede construir con madera?**

Máximo 2 o 3 plantas	65
Hasta 6 plantas	32
Hasta 15 plantas	15
Más de 20 plantas	19
Otras	19

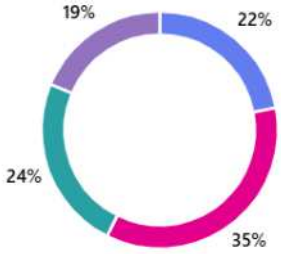


Entre las "Otras" respuestas se encuentran:

- "No sé."
- "No conozco la respuesta."
- "No lo sé." x10
- "No lo sé. Quizás no haya límites."
- "Ni idea." x3
- "Una planta."
- "No tengo información."
- "No lo sé, no dispongo de información. Pero por poder hasta donde alcance la resistencia técnica (y si hay regulación al respecto pues hasta donde indique la regulación)."

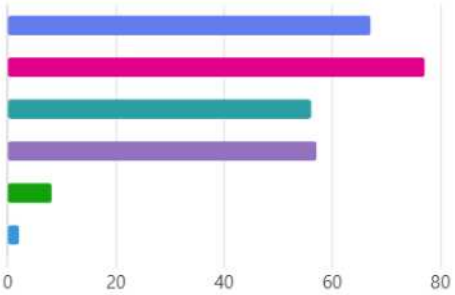
8. **¿Te imaginas viviendo en un edificio de madera en el futuro?**

Sí, creo que será común	33
Sí, pero con dudas sobre su viabilidad	53
No, prefiero otros materiales	36
No lo sé	28



9. **¿Cuál crees que es la principal ventaja de la construcción en madera?** *(Múltiple elección posible)*

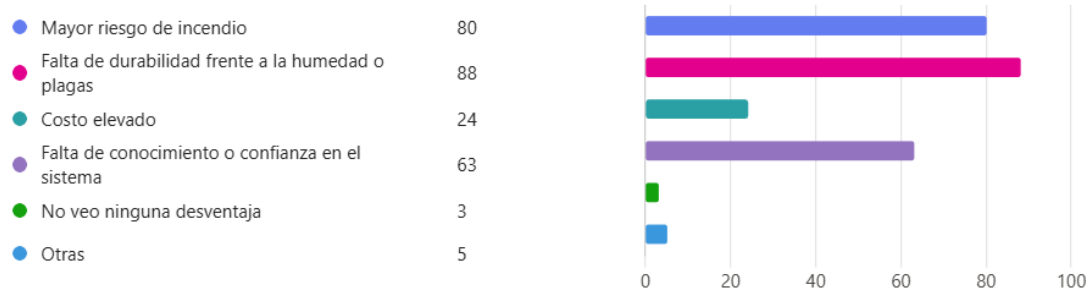
Mayor sostenibilidad y menor impacto ambiental	67
Rapidez de construcción	77
Mejor aislamiento térmico y acústico	56
Estética y diseño	57
No le veo ventajas	8
Otras	2



Entre las "Otras" respuestas se encuentran:

- "Quizás menor precio."
- "Flexibilidad, sobre todo en terrenos con temblores."

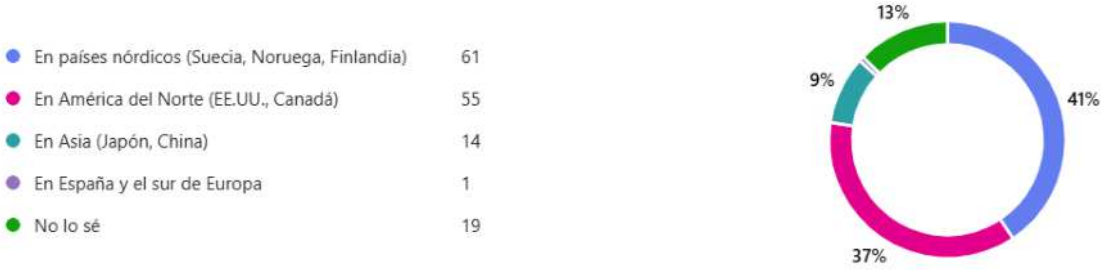
10. **¿Cuál crees que es la principal desventaja de la construcción en madera?** *(Múltiple elección posible)*



Entre las "Otras" respuestas se encuentran:

- "Falta de una industria tan desarrollada como en el caso de otros materiales."
- "Deforestación."
- "Deforestación masiva."
- "No creo que sea algo viable teniendo en cuenta la cantidad de madera necesaria y lo que se tarda en que un árbol, de la especie que sea, sea funcional para talarlo."
- "Mayor mantenimiento."

11. **¿Dónde crees que se usa más la madera para construir edificios?**

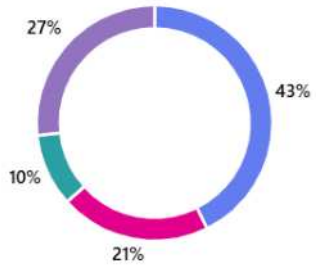


12. **¿Crees que la construcción en madera podría ser más común en España en el futuro?**



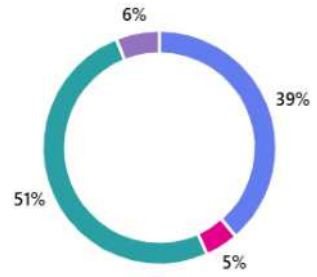
13. **¿Crees que la madera es un material resistente a terremotos?**

Sí, porque es flexible y ligera	64
Sí, pero solo en ciertos tipos de edificios	31
No, porque no soporta bien las fuerzas sísmicas	15
No lo sé	40



14. **¿Cómo crees que envejece un edificio de madera?**

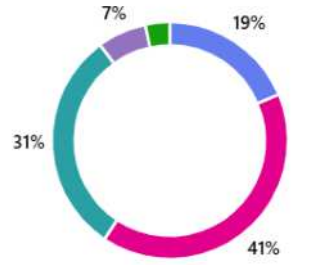
Bien, si recibe mantenimiento adecuado	58
Se deteriora rápidamente con la humedad y el paso del tiempo	7
Depende del clima y de los tratamientos aplicados	76
No lo sé	9



15. **La construcción en madera para edificios en altura ofrece varias ventajas:**
- Es más sostenible, ya que la madera es un material renovable y almacena CO_2 durante su vida útil.
- Permite una construcción más rápida y eficiente gracias a la prefabricación.
- Ofrece un buen aislamiento térmico y acústico, mejorando el confort.
- Es resistente a incendios y terremotos cuando se diseña correctamente.

Sabiendo esto, ¿crees que en España se debería apostar más por la construcción en madera para edificios en altura?

Sí, porque aporta ventajas claras y es el futuro de la construcción	28
Sí, pero hace falta más información y cambios en la normativa	61
No estoy seguro/a, me gustaría conocer más sobre el tema	46
No, creo que hay materiales más adecuados	10
Otras	5



Entre las respuestas adicionales se encuentran:

- “Mientras eso no incentive a una mayor deforestación, sí.”
- “Tala excesiva de árboles.”
- “No me gustan los edificios en altura”
- “Como he indicado en otra respuesta, podría usarse para complementar, no lo sé, pero a nivel ambiental usarlo a "mansalva" no es viable por ser un recurso, ya de por sí muy limitado y el tiempo de funcionalidad para obtenerlo.”
- “No he visto edificios de madera con siglos de antigüedad.”

Y TÚ, ¿QUÉ HUBIERAS RESPONDIDO?

Gracias a todos los participantes y sus respuestas, se pudo sacar varias conclusiones sobre las inquietudes generales de los participantes y el nivel de conocimiento o la falta de él con respecto al tema, pero si hay algo generalizado que se repite, es la demanda de más información. Con esto, tal vez se haya logrado "plantar" la semilla de la curiosidad con respecto a este tema en ellos y están abiertos a conocer más.

A lo largo del documento ya se han ido resolviendo algunas de las cuestiones mencionadas, sin embargo, a continuación, se desglosan algunos de los temas más comentados y desconocidos…

2.4.2. Fuego

"LA MADERA ARDE FÁCILMENTE Y NO ES SEGURA EN CASO DE INCENDIO"

Evidentemente, esta afirmación causaría mucha preocupación a aquellos que se planteasen vivir en una torre de viviendas de madera ya que es uno de los prejuicios más extendidos: la madera es peligrosa frente al fuego.

Sin embargo, los actuales sistemas de construcción – CLT, GLT… – se han diseñado para ofrecer una resistencia al fuego completamente calculable y normativa. Al quemarse, la madera genera una capa carbonizada (ver Figura 23) que protege el núcleo estructural, lo que ayuda a retrasar su deterioro y hace que el material sea más predecible y controlable que otros materiales como el acero, que colapsa de forma repentina al superar su límite térmico, esto con la madera no ocurre (Mass Madera, 2023).

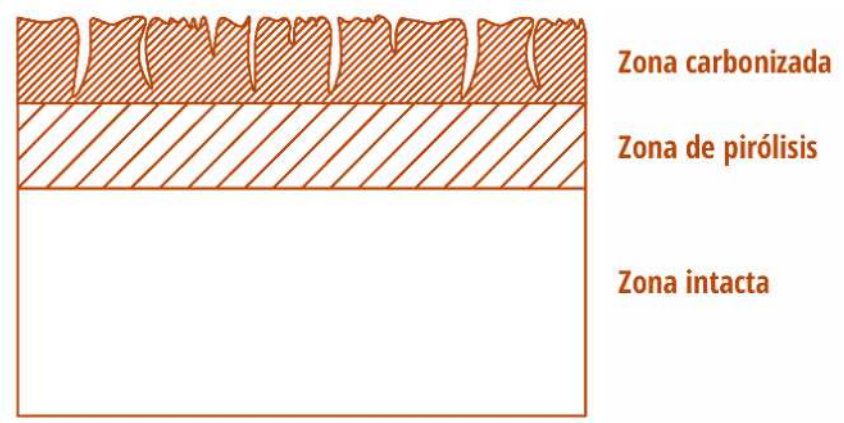


Fig. 23. *Cambios en la madera por la acción del fuego.* (Fuente: FSC España, 2021. Editado por la autora).

Velocidad de carbonización de la madera:

- Madera de coníferas -> 0,67 – 0,80 mm/min.
- Madera frondosa -> 0,54 – 0,70 mm/min.
- Madera laminada -> 0,70 mm/min.

Estos valores permiten calcular con precisión cuánto material estructural permanecerá intacto tras la exposición al fuego (FSC España, 2021).

Además, tras el incendio, este material permite retirar la parte carbonizada y reforzarla con nuevas piezas de madera o integrar otro tipo de refuerzos de otros materiales.

2.4.3. Humedad

"LA MADERA SE PUDRE O SE ESTROPEA CON LA HUMEDAD"

Es cierto que la madera se puede deteriorar en ambientes húmedos si no se protege de forma adecuada, sin embargo, hoy en día ya se utilizan tratamientos específicos, detalles constructivos y protecciones que permiten que la madera tenga un buen comportamiento en cualquier clima. Además, la madera es higroscópica, esto le permite regular de forma natural la humedad del interior sin perder sus propiedades (FSC España, 2021).

Por ejemplo, la obra de CLT que se mostraba en la Figura 5 se estaba llevando a cabo durante las largas y fuertes lluvias que ha habido a principios de este año, lo que demuestra que se puede trabajar con este material a pesar de las inclemencias del tiempo.

2.4.4. Altura

"NO SE PUEDE USAR MADERA PARA EDIFICIOS GRANDES O URBANOS"

Existe la idea de que la madera es un material "rural" o que se limita a viviendas unifamiliares, y esto ha cambiado de forma radical. Esto lo demuestran países como Austria, Noruega o Canadá, lugares donde como se verá en "CASOS DE ESTUDIO" ya se han construido torres de viviendas en madera. Mientras que en España se empiezan a desarrollar edificios de media altura en madera (Mass Madera, 2023).



Fig. 24. *Render del proyecto W350, torre de madera en Tokio.* (Fuente: ArchDaily, 2018).

Por ejemplo, en Japón ya se están planteando proyectos como el W350 (ver Figura 24) de hasta 350 metros de altura mediante una estructura de madera y acero (AEDAS Homes, 2023).

2.4.5. Es más caro

"CONSTRUIR EN MADERA ES MUCHO MÁS CARO"

La madera tiene un mayor coste por metro cúbico que otros materiales, sin embargo, es importante tener en cuenta el coste global del proyecto ya que, gracias a este sistema, se mejora la rapidez de montaje, reducción de residuos, reducción de cimentación, menos mano de obra, etcétera. Lo cual podría compensar el precio al igual que permitir alcanzar certificaciones ambientales que den acceso a una financiación sostenible o ventajas fiscales (Mass Madera, 2023).

2.4.6. Es menos duradera

Esta idea tiene más que ver con una idea cultural que con una realidad técnica. Siguen en pie edificios de madera de más de 100 años de antigüedad (ver Figura 25) y se conservan en buen estado. La durabilidad no depende tanto del material como del diseño, su ejecución y el mantenimiento (FSC España, 2021).



Fig. 25. *Templo Hōryū-ji en Nara, Japón.* (Fuente: Japan Expeerience, 2024).

2.4.7. Atrae insectos y hongos

Es cierto que la madera puede ser atacada por termitas, carcomas u hongos xilófagos, pero esto es algo que no ocurre en condiciones normales ni en sistemas modernos de construcción.

Si la madera permanece seca – por debajo del 20% de humedad – no es un ambiente favorable para xilófagos. Además, hoy en día se usan tratamientos protectores, barreras físicas y diseños que evitan que se acumule agua evitando el desarrollo de colonias (FSC España, 2021).

2.4.8. Resinas y adhesivos

"CONTAMINAN MÁS LAS RESINAS Y ADHESIVOS DE LOS PANELES DE CLT QUE EL HORMIGÓN"

Aunque los adhesivos del CLT – como las resinas de poliuretano o melamina– sí tienen una huella de carbono, su impacto es mínimo comparado con el del hormigón (ver Figura 26).

- 1 m³ de hormigón armado emite aproximadamente 300 a 500 kg de CO_2 eq.
- En cambio, 1 m³ de CLT – incluyendo adhesivos– almacena unos -800 a -1000 kg de CO_2 eq. netos, considerando el carbono biogénico de la madera.
- Los adhesivos representan solo entre el 1-2% del peso del panel, y su impacto está más que compensado por el carbono capturado por la madera.

Además, el CLT moderno usa adhesivos sin formaldehído y cumple con normas de emisiones muy estrictas (EPD Egoin, 2022).

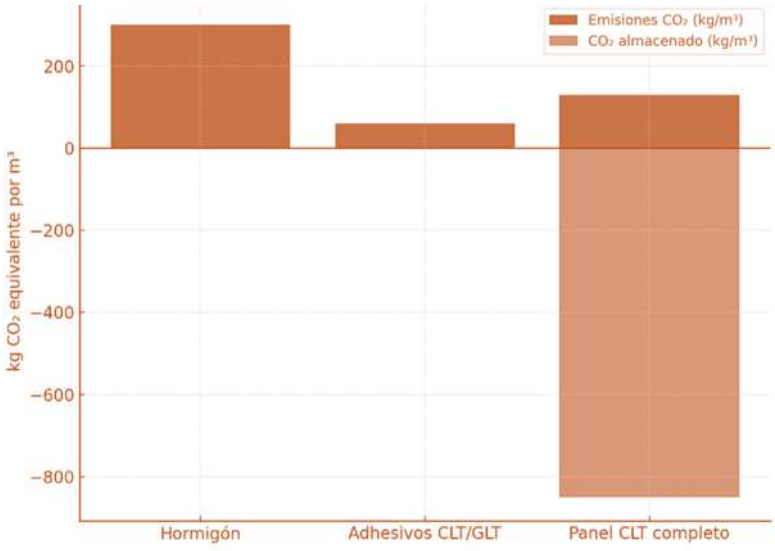


Fig. 26. *Comparativa de emisiones de CO_2 por m³ de material.*
(Fuente: Elaboración propia).

2.4.9. Deforestación

"CONSTRUIR CON MADERA FOMENTA LA DEFORESTACIÓN"

Por último, la creencia más extendida de todas. Sin embargo, ocurre todo lo contrario al usar madera certificada y gestionada de forma sostenible.

Los bosques gestionados correctamente no solo no se destruyen, sino que ayudan a su conservación, ya que generan valor económico, social y ambiental. Certificaciones como FSC garantizan que por cada árbol extraído se protege el ecosistema y se regenera el bosque respetando su biodiversidad (FSC España, 2021). Además, de que los árboles jóvenes capturan mayor cantidad de CO_2, por lo que si cortas árboles viejos y plantas nuevos, éstos mejorarán el ecosistema.



Fig. 27. *Relación entre la superficie forestal arbolada y superficie total provincial.*
(Fuente: MITECO, 2019).

También cabe destacar que España es el segundo país de la Unión Europea con mayor superficie forestal (ver Figura 27). Sin embargo, gran parte de estos bosques están sin gestionar, lo que provoca abandono, no genera empleo rural y aumenta el riesgo de incendios (Mass Madera, 2023).

Por tanto, construir con madera no implica deforestar, sino todo lo contrario, podría ser una herramienta de conservación activa, siempre y cuando se haga bajo criterios sostenibles.

3.

CASOS DE ESTUDIO INTERNACIONALES

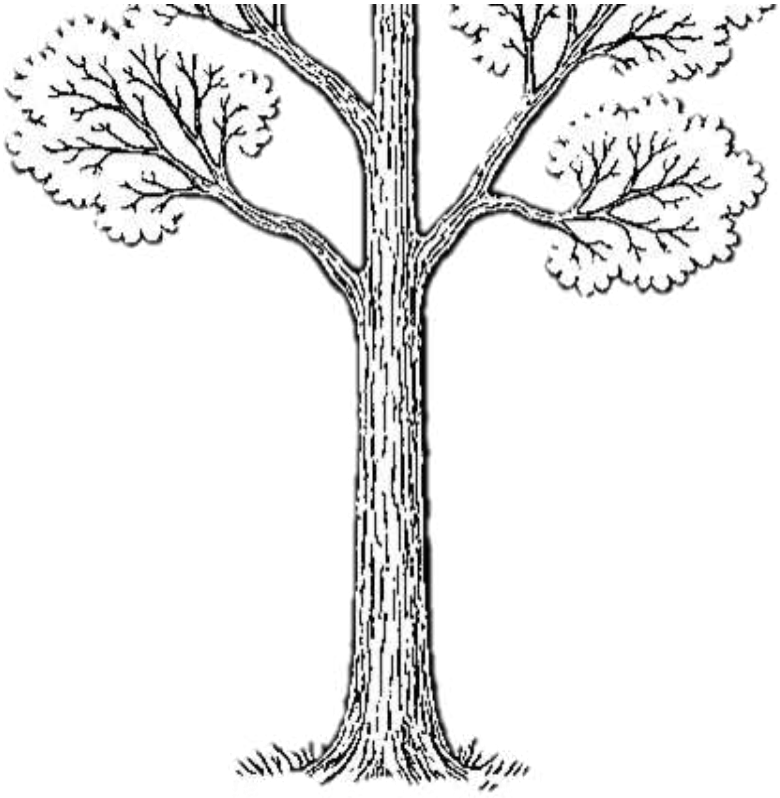




Fig. 28. *Brock Commons Tallwood House.* (Fuente: Summit Series Matter Group, 2023.Editada por autora).

3.1.

ASCENT (Wisconsin, EE.UU.)

Lo que comenzó como una idea muy ambiciosa en Milwaukee acabó por convertirse en el edificio residencial de madera más alto del mundo, siendo un ejemplo en el que inspirarse los edificios del futuro. Ascent (ver Figura 29), es una torre residencial híbrida con estructura de madera en masa y base de hormigón, su altura llega a los 86,6 metros de altura, con un total de 25 plantas. Su historia, es un claro ejemplo de cómo la madera en masa puede llegar a ser una alternativa a materiales más tradicionales como el hormigón y el acero (Madera21, 2022). Y cómo la combinación de materiales, puede ser una gran solución para llevar a cabo estas construcciones complementándose los unos a los otros.



Fig. 29. *Vista exterior Ascent Tower en Milwaukee.*
(Fuente: AscentMKE, s.f.).

El proceso, por supuesto, no fue sencillo: el equipo promotor, liderado por New Land Enterprises y Korb + Associates Architects, tuvo que enfrentarse a un marco normativo que inicialmente no contemplaba edificios de madera por encima de las siete plantas.

Por lo que, para lograr su aprobación, se apoyaron en una vía poco frecuente: la justificación mediante ensayos específicos que asegurasen el cumplimiento de los requisitos tan exigentes del tipo de construcción Tipo 1A (ver Figura 30) (Meloni, 2022).

Type	Interior Material	Exterior Material	Façade exceptions
Types I & II	Non Combustible	Non Combustible	None
Type III	Any	Non Combustible	Fire-retardant-treated wood (FRTW)
Type IV	Solid or laminated wood	Non Combustible	FRTW CLT
Type V	Any	Any	N/A

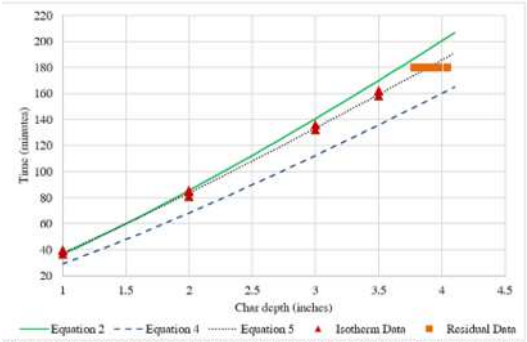


Figure 8: Data from the 300°C Isotherm combined with data from the residual cross sections compared with 3 models.

Fig. 30. *Datos madera estructural del Ascent.*
(Fuente: Komp, 2024, p.39 y 48).

Una de las claves, fue la demostración de que los elementos horizontales y verticales alcanzaban resistencias al fuego de hasta 3 horas, lo que fue posible gracias a las propiedades de carbonización de la madera maciza (ver Figura 31) y al sobredimensionado controlado de los elementos estructurales (Meloni, 2022).

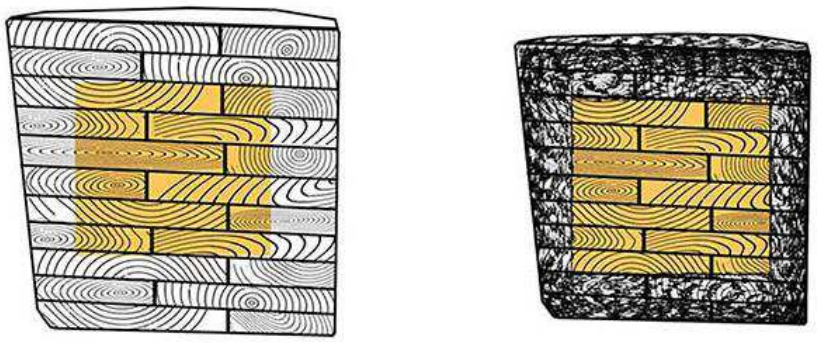


Fig. 31. *Prueba de fuego: El área que mantiene la integridad estructural es evidente después de arder durante 3 horas.*
(Fuente: Meloni, 2023).

En términos técnicos y logísticos, el proyecto propuso una serie de innovaciones, aunque finalmente se apostó por el uso de paneles de CLT – Cross Laminated Timber – de 5 y 7 capas, mejorando el equilibrio entre estética, eficiencia estructural y rendimiento económico (Meloni, 2022). Los elementos se prefabricaron en Austria y se ensamblaron in situ como si fueran piezas de un puzle, reduciendo así de forma considerable el tráfico de obra, el número de operarios y el tiempo de ejecución. Se estima que cada planta se levantaba en cinco o seis días, frente a los ocho habituales en una estructura convencional de hormigón (Think Wood, s.f.).

Desde el punto de vista medioambiental, el edificio representa un caso ejemplar. Se calcula que la estructura compensa las emisiones de carbono equivalentes a aproximadamente 2.500 vehículos al año o a la energía anual consumida por 1.200 viviendas en un año (Esler, 2021).

Pero más allá de los números, Ascent (ver Figura 32) demuestra cómo la madera al ser un material con una huella ecológica radicalmente inferior, puede ser no solo una alternativa viable, sino una apuesta estratégica hacia una arquitectura más sostenible y eficiente.



Fig. 32. *Vista de la estructura del edificio Ascent en Milwaukee, Wisconsin.*
(Fuente: Balones de madera, 2022).

El diseño biofílico, con gran parte de la estructura vista en su interior (ver Figura 33), no solo responde a criterios estéticos, sino también funcionales: mejora la calidad ambiental y el bienestar de los usuarios, integrando la madera como un elemento activo en la experiencia habitacional. Este enfoque ha tenido tal impacto que, antes incluso de finalizar la obra, el éxito del proyecto provocó una actualización del código de edificación de Wisconsin, abriendo así la puerta a futuras construcciones de mayor altura en madera (Think Wood, s.f.).



Fig. 33. *Vistas interiores de un apartamento en el edificio Ascent, en Milwaukee.*
(Fuente: Think Wood, 2022).

"Ir aún más alto es la próxima frontera para la madera en masa", dijo Korb, "y sabemos que es posible ir incluso más alto que Ascent, hasta 80 pisos o más. El análisis de ingeniería lo está demostrando. Así que a medida que vayamos más allá de los proyectos de demostración y la economía se desmarque, creo que veremos que la altura de los edificios de madera sigue aumentando" (Think Wood, s.f.).

En definitiva, Ascent demuestra que construir en altura con madera no solo es posible, sino que puede suponer una ventaja a muchos niveles: técnica, económica, medioambiental y perceptiva. La clave está, como casi siempre, en la voluntad de atreverse a cambiar el paradigma.



Fig. 34. *QR vídeo estructura Ascent.*
(Fuente: Elaboración propia).

3.2.

MJØSTÅRNET (Brumunddal, Noruega)

Situado en la localidad de Brummunddal, a orillas del lago Mjøsa, el edificio Mjøstårnet (ver Figura 35) se alzó como el rascacielos de madera más alto del mundo tras su finalización en 2019, alcanzando los 85,4 metros de altura (Henkel Adhesives, s.f.).

El proyecto fue desarrollado por el estudio noruego Voll Arkitekter con el objetivo de demostrar la viabilidad técnica, ambiental y económica de la construcción en altura con madera estructural. La iniciativa tiene en cuenta una estrategia local de sostenibilidad, ya que aprovecha la proximidad a centros de procesamiento forestal y aserraderos, lo que permitió que casi la totalidad de los materiales fueran producidos localmente por Moelven Limtre, cuya planta se encuentra a pocos kilómetros del lugar (Dezeen, 2023).



Fig. 35. *Vista del edificio Mjøstårnet en Brumunddal, Noruega.* (Fuente: Dezeen, 2023).

El edificio combina varios usos: de oficina, apartamentos residenciales, un hotel, restaurante y una piscina cubierta (ver Figura 36). La estructura principal está compuesta por cerchas de madera laminada encolada – glulam – de gran canto, mientras que el núcleo de comunicaciones vertical está construido con paneles de CLT. Para la cimentación, la planta baja y los forjados de las plantas superiores – del piso 12 al 18 – se utilizó hormigón, no solo por razones estructurales, sino también para mejorar el comportamiento del edificio frente a acciones de viento. De hecho, se diseñó un sistema híbrido con forjados de hormigón prefabricado y capa in situ para aumentar la masa en coronación, disminuyendo las aceleraciones y mejorando el confort de los ocupantes (Nathaniel, 2025).



Fig. 36. *Usos del edificio Mjøstårnet en Brumunddal, Noruega.* (Fuente: La Redazione, 2020).

Además de su interés arquitectónico y ambiental, el edificio supuso también un reto técnico en términos de normativa y cálculo estructural. En Noruega, los edificios superiores a 8 plantas requieren cumplir exigencias estrictas en cuanto a comportamiento ante el fuego, ventilación y evacuación (Abrahamsen, 2023; Danielsen, 2022).

Para que Mjøstårnet obtuviera el permiso de construcción, el equipo tuvo que demostrar mediante simulaciones específicas de incendio (ver Figura 37) y ensayos de materiales que la estructura de madera cumplía con los requisitos normativos, especialmente en términos de estabilidad durante al menos 120 minutos en los elementos principales, y 90 minutos en los secundarios, todo esto sin recurrir a soluciones tradicionales como el recubrimiento con materiales ignífugos (FirstPlanit, 2023).



Fig. 37. *Sellado de ranuras y huecos con bandas intumescentes.*
(Fuente: Proceedings of the World Conference on Timber Engineering, 2023).

Esto fue posible gracias a la sección sobredimensionada de los elementos estructurales (ver Figura 39), que permite la formación de una capa carbonizada protectora que aísla el núcleo resistente (Moelven, 2018). El diseño evitó el uso de elementos metálicos visibles que pudieran debilitarse ante el calor, y se optimizaron los detalles de encuentro entre piezas para limitar la propagación del fuego (Madera y Construcción, 2019). El consultor de incendios Even Andersen aseguró que, gracias a estas medidas, "Mjøstårnet es uno de los edificios más seguros a lo largo del lago Mjøsa, y puede resistir incluso un incendio de gran magnitud" (Moelven, 2018).

Fig. 38. *QR vídeo resistencia al fuego del edificio.*
(Fuente: Elaboración propia).

Además, el edificio está equipado con un sistema avanzado de rociadores con doble suministro de agua, un sistema de alarma conectada directamente a los bomberos, y celdas de incendio independientes por planta y habitación. Se implementaron tiras cortafuegos intumescentes en las uniones de acero, y se trató la fachada con materiales ignífugos para prevenir la propagación de fuego entre plantas (Firstplanit, 2023).

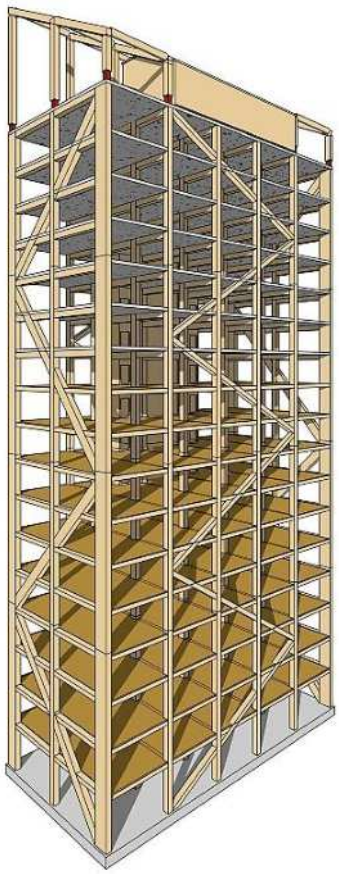


Fig. 39. *Vista de la estructura del edificio Mjøstårnet.*
(Fuente: Metalocus, 2019).

Este enfoque contrasta con la legislación histórica noruega, que hasta 1997 prohibía construir edificios de madera de más de tres plantas, debido a la "ley del ladrillo" adoptada tras el incendio de Ålesund en 1904. Desde entonces, el cambio normativo y el avance en el conocimiento técnico han permitido un resurgimiento de la arquitectura en madera. Rune Abrahamsen, CEO de Moelven Limtre, empresa responsable de los elementos estructurales, destacó: "Mucho ha cambiado desde que se incendió Ålesund, y en Moelven tenemos una larga experiencia en la construcción de edificios de madera altos e ignífugos. La clave está en la estructura y en el uso de vigas laminadas" (Moelven, 2018).



Fig. 40. *Vista interior habitación del edificio Mjøstårnet.*
(Fuente: Fortune, 2022).



Fig. 41. *Vista interior del edificio Mjøstårnet.*
(Fuente: Dezeen, 2023).

Desde una perspectiva ambiental, el Mjøstårnet (ver Figura 40 y 41) se diseñó para minimizar las emisiones incorporadas. Gracias al uso de materiales locales, la fabricación con adhesivos de bajo impacto y la madera procedente de bosques gestionados sosteniblemente con regeneración obligatoria en un plazo de tres años según la ley noruega, hacen que el proyecto sea un referente en construcción ecológica. Voll Arkitekter destacó que el objetivo no era realizar un prototipo, sino "demostrar que es posible construir edificios de madera grandes y complejos, e inspirar a otros a hacer lo mismo" (Dezeen, 2023).

3.3.

HOHO (Viena, Austria)

El HoHo Wien (ver Figura 42), se ubica en el distrito de Seestadt Aspern en Viena, Austria, se trata de un rascacielos híbrido de 84 metros de altura y 24 plantas que combina la madera y el hormigón. Tiene una superficie de 25.000 m² y 19.500 m² de espacio arrendable, con espacios de oficinas, apartamentos, hotel, gimnasio, restaurantes y zonas de bienestar (ver Figura 43) (BIG SEE, 2022).



Fig. 42. *Vista exterior del edificio HoHo Wien.*
(Fuente: BIG SEE, 2022).

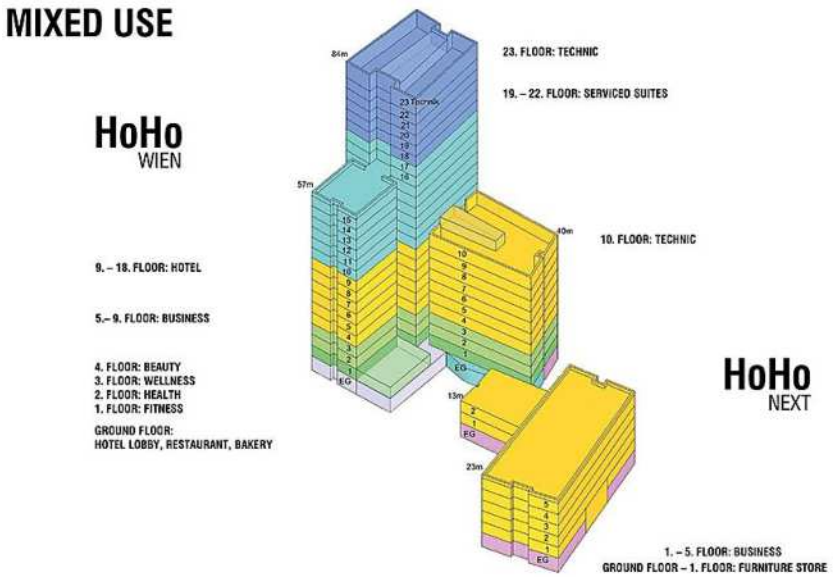


Fig. 43. *Usos del edificio HoHo Wien.*
(Fuente: BIG SEE, 2022).

El diseño del edificio fue realizado por el estudio RLP Rüdiger + Partner, mientras que a cargo de la construcción estuvo Handler Bau GmbH. La estructura (ver Figura 44) combina un núcleo de hormigón con elementos prefabricados de madera contralaminada (CLT). Aproximadamente el 75% del edificio se compone de madera, principalmente de abeto local, lo que contribuye a la sostenibilidad del proyecto (BIG SEE, 2022).



Fig. 44. *Estructura del edificio HoHo Wien.*
(Fuente: Madera y Construcción, 2020).

La cantidad de madera utilizada en su construcción – aproximadamente 4.350 m^3 – supone un ahorro de CO_2 equivalente a 2.800 toneladas en comparación con una estructura de hormigón armado, esto demuestra el compromiso del proyecto con la reducción de la huella ambiental (Infobuildenergia, 2020).

Fig. 45. *QR vídeo montaje en obra del HoHo.*
(Fuente: Elaboración propia).

En Austria, los bosques producen unos 30 millones de metros cúbicos de madera al año, de los cuales se utilizan 26 millones, por lo que los 4 millones restantes permanecen en el bosque. Según Caroline Palfy, esto quiere decir que "un metro cúbico

de madera vuelve a crecer cada segundo y, por lo tanto, la madera utilizada para todo el proyecto HoHo Viena volverá a crecer en los bosques de nuestro país en solo 1 hora y 17 minutos" (Infobuildenergia, 2020).

Por último, el proyecto empleó un mortero especial SikaGrout-334®, que contribuye a la sostenibilidad al reducir más de 50 toneladas de CO_2 lo que equivaldría a recorrer 350.000 kilómetros en coche. Este mortero genera un 17% menos de emisiones de CO_2 que los morteros tradicionales (Infobuildenergia, 2020).



Fig. 46. *Vista interior del edificio HoHo Wien.*
(Fuente: Madera21, 2019).

Históricamente, la normativa de Viena limitaba la construcción en madera a edificios de máximo cuatro plantas desde una enmienda en el Código de Construcción en 2008. En 2015, esta restricción se amplió para permitir edificios de hasta seis pisos en madera, pero no se contemplaban más alturas (HoHo Wien, 2025).

Sin embargo, para el HoHo Wien, los promotores fueron más allá. Para lograr esto, el equipo trabajó desde el inicio en coordinación con las autoridades municipales y especialistas en seguridad. Gracias a esto, se pudieron ajustar y adaptar los requisitos normativos de manera continua, asegurando una ejecución eficiente y evitando retrasos derivados de cambios a posteriori. La primera prueba contra incendios superó las expectativas y confirmó la viabilidad de la propuesta (HoHo Wien, 2025).



Fig. 47. *Vista interior del edificio HoHo Wien.*
(Fuente: Madera21, 2019).

El HoHo incorporó rigurosas medidas de seguridad contra incendios, adaptándose a las normativas locales y superando desafíos de la construcción con madera. Entre estas medidas se incluyen: sistema de alarma temprana contra incendios, rociadores, cálculo de la resistencia al fuego de la estructura para garantizar la estabilidad durante al menos 90 minutos en caso de incendio, pequeños compartimentos cortafuegos, pozos fabricados con materiales incombustibles, ejecución de juntas de construcción para evitar un quemado en la estructura combustible y prueba de protección contra incendios MA39 (HoHo Wien, 2025).

3.4.

HAUT (Ámsterdam, Países Bajos)

Ubicado junto al río Amstel, en Ámsterdam, el edificio Haut (ver Figura 48) es un ejemplo de construcción residencial sostenible con madera. Con 73 metros de altura y 21 plantas con 55 apartamentos, es el edificio más alto de los Países Bajos y uno de los más altos de Europa (Arup, s.f.). fue diseñado por Team V Architecture en colaboración con Arup, Lingotto y J.P. van Eesteren, el proyecto combina una estructura híbrida de CLT con un núcleo y una cimentación de hormigón. Este sistema se apoya en elementos prefabricados que facilitaron el montaje (Promat, s.f.).



Fig. 48. *Torre HAUT en Ámsterdam.*
(Fuente: Team V Architecture, 2016).

El uso de más de 2.800 m^3 de madera certificada PEFC permite el almacenamiento de unas 1.800 toneladas de CO_2, reforzando su compromiso ambiental. Además, la fachada de triple acristalamiento, los paneles fotovoltaicos en cubierta y el uso de materiales reciclables contribuyen a la obtención de la calificación BREEAM Outstanding, que es la más alta en sostenibilidad (Team V Architecture, 2022).

Respecto a la seguridad contra incendios, Haut cumple con las estrictas normativas europeas y neerlandesas, mediante una estrategia que incluye la encapsulación de los elementos estructurales con materiales resistentes al fuego, además de sistemas automáticos de detección y extinción. Esta combinación garantiza la protección de los ocupantes y la estabilidad del edificio, demostrando de nuevo que se puede construir en altura con madera cumpliendo las normativas de seguridad (Brandveilig.com, 2023; HAUT Amsterdam, s.f.).

3.5.

ROOTS (Hamburgo, Alemania)

Ubicado en el barrio portuario de HafenCity, en Hamburgo, Roots (ver Figura 49) es el edificio residencial de madera más alto de Alemania, tiene 65 metros de altura repartidos en 19 plantas. Fue diseñado por el estudio Störmer Murphy and Partners y finalizado en 2023, el proyecto representa un nuevo referente en construcción sostenible en altura, por su escala y por su integración urbana (Il Giornale dell´Architettura, 2023).



Fig. 49. *Vista exterior del edificio Roots en HafenCity.* (Fuente: Lumon, 2024).

La torre contiene 181 viviendas – 128 libres y 53 de protección oficial –, oficinas, locales comerciales y un centro de visitantes de la Fundación Alemana de Bosques (Hilti, 2024). En total, se construyen 20.600 m² de los cuales 5.500 m² están construidos con madera (ver Figura 50), la mayoría con paneles de CLT de 240-280 mm de espesor y entramado ligero, y en las plantas inferiores y núcleos se llevan a cabo con hormigón armado. Se instala una segunda fachada de vidrio instalada in situ que proporciona protección contra incendios, radiación UV y humedad (Il Giornale dell´Architettura, 2023).

A diferencia de los edificios tradicionales de hormigón, no tenían normas claras para la seguridad contra incendios en grandes estructuras de madera. Cada sello y junta del edificio - alrededor de 1.500 en total -, requirió una planificación y pruebas cuidadosas para cumplir con el estándar de protección contra incendios de 90 minutos (Hilti, 2024).

Los sistemas de rociadores, que atraviesan techos de madera, necesitaron pruebas adicionales para garantizar su protección. La protección contra incendios se licitó como una tarea separada, lo que permitió planificar y ejecutar el edificio de forma detallada (Hilti, 2024).



Fig. 50. *Esquema estructural del Roots en HafenCity.*
(Fuente: Störmer Murphy and Partners, 2024).

Esta planificación involucró a todos, desde ingenieros hasta expertos en seguridad contra incendios, a diferencia de otras estructuras, ésta debía estar planificada detalladamente con antelación. "Cada penetración de tuberías, paredes y suelos tuvo que planificarse con antelación", explica Nils Eichentopf-Janssen, ingeniero de protección contra incendios de Hilti Deutschland AG. "Cualquier desviación en la construcción en madera afecta a la seguridad de toda la estructura" (Hilti, 2024).

Fig. 51. *QR vídeo montaje en obra del Roots.*
(Fuente: Elaboración propia).

En cuanto a los acabados interiores (ver Figura 52), se seleccionaron productos que reflejaban el compromiso del proyecto con la sostenibilidad, por ejemplo, las 126 bañeras instaladas se fabricaron con acero vitrificado reciclable, que combinaban un diseño elegante con durabilidad y funcionalidad ergonómica (Bathroom Review, 2024).

Además, el sistema de acristalamiento de las terrazas fue desarrollado por Lumon, una empresa finlandesa con planta en Málaga. Las soluciones de acristalamiento inteligente mejoran la eficiencia energética, protegen las estructuras de madera de las

inclemencias del tiempo y aseguran un alto confort habitacional. La elección de este sistema también tuvo que ver con las cargas de viento de la zona, especialmente en los pisos de la zona alta del edificio (Lumon, 2024).



Fig. 52. *Vista interior terraza Roots.*
(Fuente: Störmer Murphy and Partners, 2024).

Por tanto, el Roots es otro ejemplo que demuestra que es posible construir vivienda colectiva de gran escala con criterios sostenibles, usando la madera como material estructural sin renunciar a las exigencias técnicas y normativas alemanas. Demuestra la viabilidad de una arquitectura en altura que combina: eficiencia energética, bajo impacto ambiental y calidad espacial.

3.6.

BROCK COMMONS (Vancouver, Canadá)

El Brock Commons Tallwood House (ver Figura 53), se ubica en el campus de la Universidad de Columbia Británica – UBC – en Vancouver, Canadá, es una residencia de estudiantes con 18 plantas y una altura de 58 metros, se finalizó en 2017, fue considerado el edificio de madera maciza más alto del mundo (ArchDaily, 2017).

Fue diseñado por Acton Ostry Architects, en colaboración con Fast + Epp como ingenieros estructurales y con la asesoría del arquitecto Hermann Kaufmann, el edificio combina una estructura híbrida de madera y hormigón (ver Figura 54). Los dos núcleos de hormigón armado proporcionan estabilidad lateral y la estructura se levanta sobre un podio de hormigón, mientras que los 17 pisos superiores están construidos con paneles de madera contralaminada de 5 capas y pilares de madera laminada encolada (Think Wood, s.f.).



Fig. 53. *Vista exterior Brock Commons Tallwood House, Canadá.*
(Fuente: JATP, 2024).

Uno de los aspectos más llamativos del edificio, es su proceso de construcción altamente eficiente. Esto se consigue gracias al uso de elementos prefabricados, la

estructura de madera y la fachada se completaron en solo 66 días, con un ritmo de montaje (ver Figura 55) de un piso por semana (Archello, s.f.). Esto no solo redujo significativamente el tiempo de construcción en comparación con otros métodos de construcción más tradicionales, sino que también minimizó los residuos y mejoró la seguridad en el sitio (Naturally Wood, s.f.).



Fig. 54. *Estructura Brock Commons Tallwood House, Canadá.*
(Fuente: inca_unul en r/StructuralEngineering, 2015).

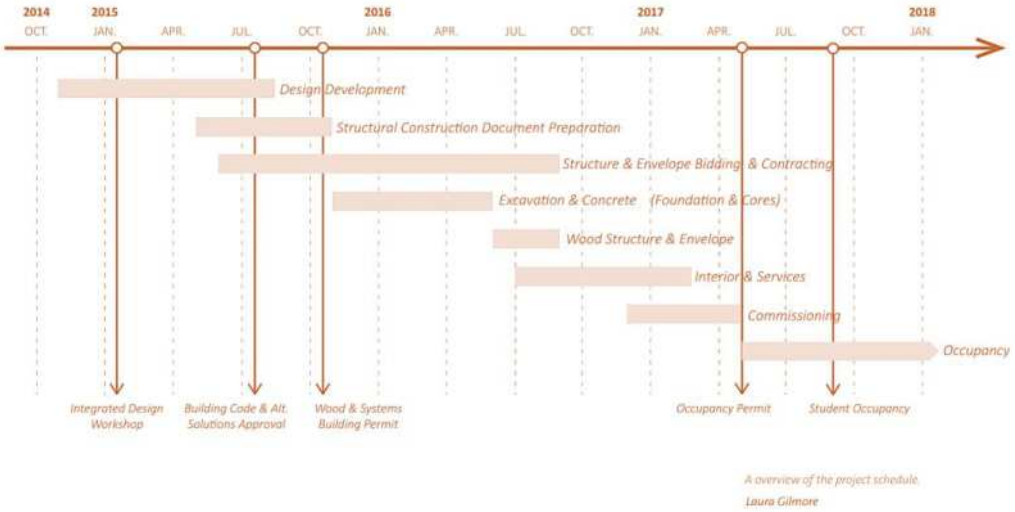


Fig. 55. *Visión general calendario del proyecto.*
(Fuente: Gilmore, L. 2017. Editada por autora).

El uso de la madera en la construcción del edificio proporcionó beneficios estructurales y estéticos, pero, además, contribuyó a la sostenibilidad del edificio. Se estima que la madera utilizada en la estructura almacena aproximadamente 1.753 toneladas métricas de dióxido de carbono, lo que equivaldría a evitar la emisión de 679 toneladas métricas de gases de efecto invernadero (Archello, s.f.).

La seguridad contra incendios fue una consideración clave en el diseño. Para cumplir con los códigos de construcción y garantizar la seguridad de los ocupantes, la estructura de madera está encapsulada con paneles de yeso (ver Figura 56), proporcionando una resistencia al fuego de 2 horas. Además, se realizaron pruebas exhaustivas y se construyó un prototipo de dos pisos para evaluar las conexiones y el comportamiento estructural antes de la construcción completa (University of British Columbia, 2022).



Fig. 56. *Vistas interiores Brock Commons Tallwood House, Canadá.*
(Fuente: Acton Ostry Architects & University of British Columbia, 2017).

El éxito del edificio influyó en cambios en los códigos de construcción en Canadá, permitiendo edificaciones de madera de hasta 12 pisos, e inspiró a ingenieros y arquitectos a explorar soluciones sostenibles en la construcción urbana (Meissner, 2019).

Fig. 57. *QR tour por el Brock Commons.*
(Fuente: Elaboración propia).

3.7.

TREET (Bergen, Noruega)

El edificio Treet (ver Figura 58), ubicado en Bergen, Noruega, es un referente mundial en la construcción de madera de gran altura. Se terminó en 2015, tiene 14 plantas y una altura de 49 metros. Es uno de los edificios residenciales más altos construidos en madera (Abrahamsen, 2015).



Fig. 58. *Vistas exteriores Treet, Noruega.*
(Fuente: Diagnosis de la Madera, 2017).

Tiene 62 apartamentos repartidos en sus 14 plantas, esto le permite realizar viviendas de diferentes tamaños para adaptarse a diferentes necesidades (CTBUH, 2024). La superficie total construida es de 10.600 metros cuadrados, lo que incluye áreas comunes y viviendas (Abrahamsen, 2015).

La estructura se basa en un sistema modular que combina madera contralaminada y madera laminada encolada. Los módulos prefabricados (ver Figura 59) fueron colocados verticalmente, apoyados sobre plataformas de glulam, lo que permitió una construcción rápida y eficiente (Abrahamsen, 2015; Lignum, s.f.).

Este método modular permitió reducir tiempos de construcción y disminuyó significativamente los residuos y el impacto ambiental en la obra. La combinación de estos materiales aporta gran resistencia y rigidez frente a cargas verticales y laterales.

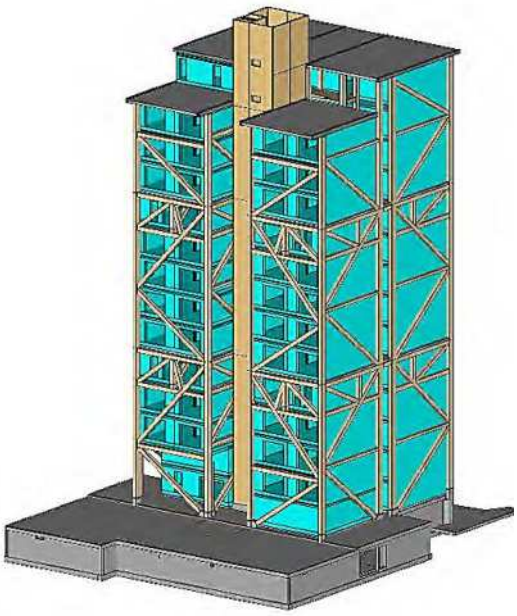


Fig. 59. *Estructura Treet, Noruega.*
(Fuente: Abrahamsen R.B., 2014).

Dado que el Treet tiene gran altura, la seguridad contra incendios fue una prioridad clara. El diseño cumple con la normativa noruega, la cual exige medidas integrales para este tipo de construcciones. Esto incluye la encapsulación (ver Figura 60) de elementos estructurales con paneles resistentes al fuego, el uso de materiales ignífugos y sistemas de rociadores automáticos que aseguran una respuesta rápida en caso de emergencia. Las vigas y columnas de GLT y los paneles de CLT están diseñados para garantizar una resistencia al fuego de entre 60 y 90 minutos, según el grosor y protección aplicada, cumpliendo con los requisitos de la normativa (Abrahamsen, 2015).



Fig. 60. *Vistas interiores Treet, Noruega.*
(Fuente: Diagnosis de la Madera, 2017).

Estos sistemas permiten proteger la estructura y asegurar la evacuación segura de los ocupantes en caso de incendio, lo que demuestra que los edificios de madera pueden cumplir las normativas de seguridad sin renunciar a beneficios medioambientales.

3.8.

PROYECTOS FUTUROS

Estos antecedentes de torres residenciales de madera han supuesto un cambio radical en la forma de construir y ver la arquitectura, han demostrado las capacidades que tienen estos sistemas, por lo que más adelante tal vez se podrán ver construidos proyectos como los siguientes:

3.8.1. Atlassian Central (Sídney, Australia)

Atlassian Central (ver Figura 61) será un rascacielos de 39 plantas y 183 metros de altura, proyectado para ser el edificio híbrido de madera más alto del mundo a finales de 2026. Se situará junto a la estación central de Sídney, combinando madera maciza, acero y hormigón, con un diseño innovador que incluye un exoesqueleto de acero y vidrio, terrazas con vegetación y sistemas de ventilación natural para una mejor eficiencia energética. El edificio funcionará con energía 100% renovable desde su inauguración, reduciendo la huella de carbono urbana de forma significativa (Built, 2024).



Fig. 61. *Vista exterior Atlassian Central, Sídney, Australia.* (Fuente: Built, 2023).

3.8.2. Rocket&Tigerli (Winterthur, Suiza)

Rocket&Tigerli (ver Figura 62) es un proyecto residencial diseñado por Schmidt Lassen Architecture será el edificio de madera más alto del mundo para viviendas, con 100 metros y 32 pisos. Se construirá en un antiguo área industrial de Winterthur y contará con una estructura portante de madera con un núcleo de madera, lo que ayudará a reducir el peso de la estructura y minimizar el carbono incorporado en la construcción. El diseño también destaca por sus espacios interiores luminosos y la integración con la naturaleza mediante jardines y terrazas (Dezeen, 2022).



Fig. 62. *Vista del proyecto Rocket&Tigerli, Suiza.* (Fuente: Dezeen, 2022).

3.8.3. W350 (Tokio, Japón)

El proyecto W350 (ver Figura 63), impulsado por Sumitomo Forestry y Nikken Sekkei, plantea la construcción en Tokio de un rascacielos híbrido de madera y acero de 350 metros de altura y 70 plantas, entre las que se incluyen apartamentos, oficinas y espacios comerciales. La estructura combinará un 90% de madera con un 10% de acero, diseñada para resistir el fuego durante 3 horas y garantizar la estabilidad sísmica mediante soportes diagonales de acero. Tendrá una superficie útil de 455.000 m², se espera que el edificio promueva la sostenibilidad urbana y reduzca la huella de carbono. Su finalización está prevista para 2041, lo que coincidirá con el 350º aniversario de Sumitomo Forestry (ArchDaily, 2023).



Fig. 63. *Rascacielos W350, Tokio.*
(Fuente: Sumitomo Forestry Co., 2018).

4.

CASOS DE ESTUDIO NACIONALES

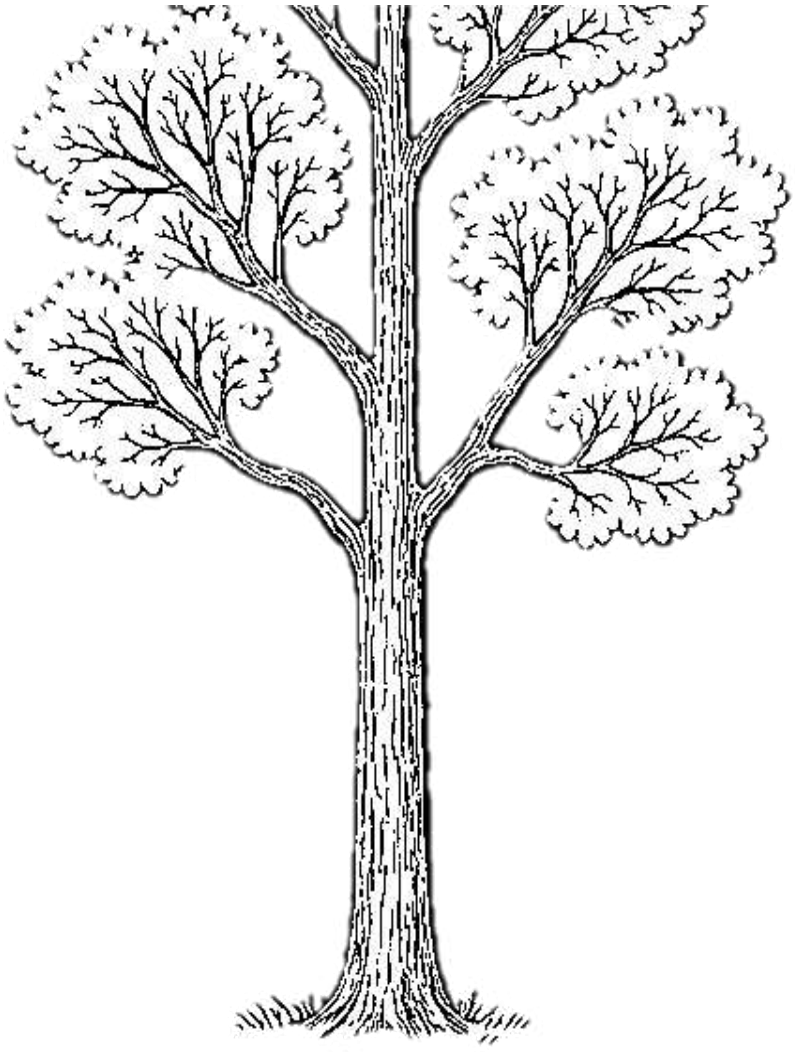




Fig. 64. *Bloque de viviendas 6x6.* (Fuente: Bosch Capdeferro, 2023.Editada por autora).

4.1.

EDIFICIO AZPILAGAÑA (Pamplona, España)

El Edificio Azpilagaña (ver Figura 65) es un proyecto innovador que se ubica en Pamplona, es un gran ejemplo de apuesta por la construcción en madera en España, destaca por ser el edificio residencial en madera más alto de la comunidad. Su construcción se basa en el uso de la madera contralaminada como material sostenible que contribuye a reducir la huella de carbono del edificio. Es un edificio de alquiler social destinado a personas mayores de 60 años o con discapacidad promovido por el Gobierno de Navarra y el Ayuntamiento de Pamplona (Gobierno de Navarra, 2024).



Fig. 65. *Vistas exterior Edificio Azpilagaña.*
(Fuente: Madergia, s.f.).

Este edificio de alquiler social cuenta con una estructura de aproximadamente 34 metros de altura repartidos en 10 plantas (ver Figura 66) y emplea 508 toneladas de madera. La elección de la madera como material principal se basa en criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y rapidez en el montaje, gracias a que es un sistema prefabricado. Además, incluye el empleo de energías renovables para cubrir el suministro de los inquilinos mediante el uso de la aerotermia y paneles fotovoltaicos e híbridos (Munárriz, 2024).



Fig. 66. *Construcción del edificio Azpilagaña.*
(Fuente: Madergia, s.f.).

Esta obra ha generado un gran interés gracias a su integración en el entorno urbano y por demostrar las posibilidades tanto técnicas como constructivas que la madera ofrece para edificios de altura media. Además, este proyecto cumple con estrictas normas de seguridad y calidad, incluyendo aspectos de resistencia al fuego y aislamiento acústico, aunque aún se esté avanzando en el desarrollo de estas normativas específicas para estas edificaciones.



Fig. 67. *Vistas interior Edificio Azpilagaña.*
(Fuente: Madergia, s.f.).

4.2.

TERRAZAS PARA LA VIDA

(Barcelona, España)

El proyecto Terrazas para la Vida (ver Figura 68) es una iniciativa pionera de vivienda pública ubicada en el barrio de Verneda i la Pau, en el distrito de Sant Martí de Barcelona (Premios de Arquitectura, 2025). Desarrollado por el estudio Urbintree, el edificio consta de nueve plantas y contiene 40 viviendas sociales. Fue el ganador de un concurso que valoró especialmente criterios de sostenibilidad y rapidez constructiva como respuesta a la crisis habitacional y climática (Arquitek, 2025).



Fig. 68. *Vistas exterior Terrazas para la vida.* (Fuente: Madergia, s.f.).

El uso de CLT en el edificio representa una solución ideal para proyectos residenciales, según Ibáñez, que destaca varias ventajas clave del material. En primer lugar, su uso ha facilitado la compartimentación de las estancias, ya que gracias a los grosores de los muros también pueden funcionar como muros estructurales en ambas direcciones de la modulación interior. Además, permite un alto grado de prefabricación, lo que ayuda a reducir considerablemente los plazos de ejecución (Madera21, 2023).

La estructura principal (ver Figura 69) se compone por una cimentación con pilotes, un podio de hormigón armado en planta baja, y madera para paredes y forjados de CLT y vigas laminadas, lo que generó una emisión de 294 toneladas de CO_2 (Mass Madera, 2023).

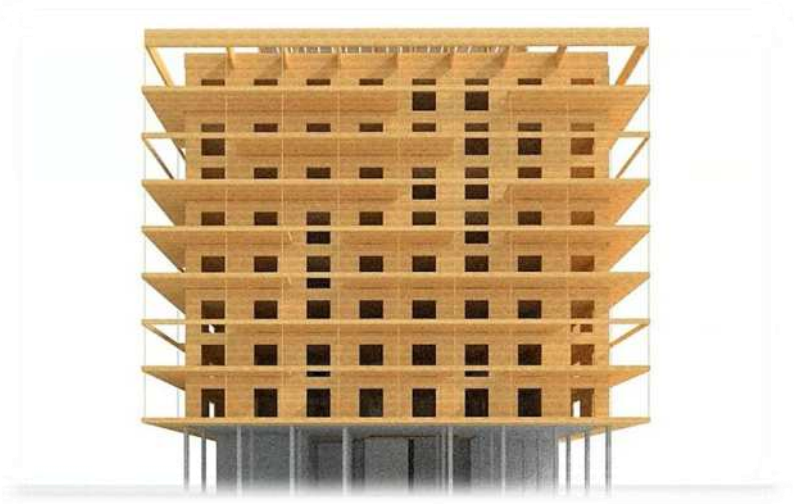


Fig. 69. *Estructura de Terrazas para la vida.* (Fuente: Madera21, 2023).

Al compararlo con edificios equivalentes con hormigón o acero, la estructura demuestra un aumento del 149% y 180% de emisiones respectivamente (ver Figura 70). Al considerar el carbono biogénico almacenado en la madera, se compensan 700 toneladas de CO_2 que se almacenan durante toda la vida útil del edificio (Mass Madera, 2023).

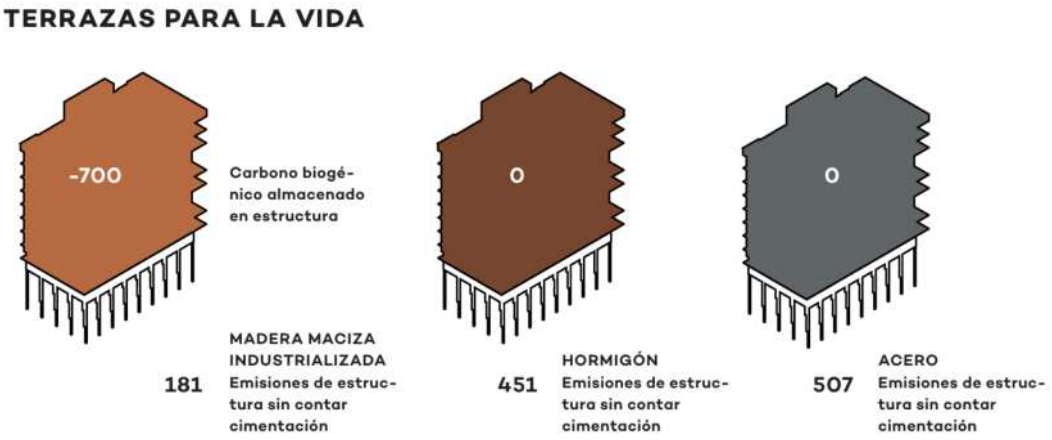


Fig. 70. *Comparativa de estructuras de Terrazas para la vida.* (Fuente: Mass Madera, 2023).

La capacidad del CLT para actuar como depósito de carbono a largo plazo, ayuda a disminuir los efectos del cambio climático, un aspecto imprescindible en la arquitectura sostenible. Sin embargo, Ibáñez señala que, debido a la normativa vigente sobre protección contra incendios, no se pudo dejar la madera expuesta en el interior del edificio por cuestiones económicas derivadas de las exigencias normativas. No obstante, el proyecto tiene espacios donde poder disfrutar del material al descubierto como en terrazas, pasarelas interiores, escaleras y accesos, que aportan calidez y conexión visual con el material (Madera21, 2023).

4.3.

CIRERERS (Barcelona, España)

El proyecto Cirerers (ver Figura 71) se ubica en el barrio de Roquetes, en el distrito de Nou Barris de Barcelona, se construyó sobre un solar municipal cedido por el Ayuntamiento en 2017, es una iniciativa de vivienda cooperativa en cesión de uso. Promovido por Sostre Cívic y diseñado por el equipo de Celobert Cooperativa y representa uno de los mayores ejemplos de edificación en madera del país hasta la fecha (Sostre Cívic, s.f.).



Fig. 71. *Vista exterior Cirerers, Barcelona.*
(Fuente: Celobert Cooperativa, s.f.).

El edificio tiene ocho plantas - incluyendo la planta baja - y un total de 32 viviendas diseñadas para adaptarse a diferentes tipologías y necesidades familiares (Sostre Cívic, s.f.). Estas viviendas varían en tamaño, con superficies que van desde los 40 hasta los 65 metros cuadrados (Inarquia, 2022).

La estructura principal se basa en paneles de CLT, lo que reduce significativamente la huella de carbono del edificio y el impacto ambiental de la construcción. Esta estrategia se combina con medidas bioclimáticas como una buena orientación, ventilación cruzada y protecciones solares (Celobert, s.f.).

Desde el punto de vista medioambiental, destaca que, al usar madera como sistema estructural, se reduce el 55% de emisiones de carbono en comparación con una estructura convencional de hormigón armado. Y se estima que la estructura almacena 274 toneladas de CO_2 equivalente (Mass Madera, 2023).



Fig. 72. *Vista interior Cirerers, Barcelona.* (Fuente: Celobert Cooperativa, s.f.).

El proyecto no solo pretende llevar a cabo una arquitectura sostenible, sino también realizar una alternativa modelo de propiedad tradicional. El sistema de cesión de uso permite que las personas socias vivan indefinidamente en el edificio sin ser propietarias ni inquilinas, lo que genera una vivienda más justa y colaborativa (Sostre Cívic, s.f.).



Fig. 73. *Vista interior Cirerers, Barcelona.* (Fuente: Celobert Cooperativa, s.f.).

4.4.

LA BORDA (Barcelona, España)

La Borda (ver Figura 74) es un proyecto pionero de vivienda cooperativa en el barrio de Sants, Barcelona. Nació como alternativa al modelo tradicional de acceso a la vivienda, proponiendo un enfoque colectivo, accesible y sostenible. La cooperativa impulsora, junto al estudio de arquitectura Lacol, desarrolló un edificio que responde a criterios medioambientales y sociales. Uno de sus logros principales, fue obtener una cesión de suelo por 75 años por parte del Ayuntamiento de Barcelona, evitando así la especulación inmobiliaria (Lacol, s.f.).



Fig. 74. *Vista edificio La Borda, Barcelona.*
(Fuente: ArchDaily, 2019).

Con siete plantas sobre rasante y un total de 28 viviendas, se convirtió en uno de los edificios más altos que existen hoy en día en España. A nivel estructural, el edificio utiliza tecnologías de CLT y GLT de pino radiata de origen local. En total fueron utilizados 660 metros cúbicos de CLT y 40 de GLT, provenientes de bosques gestionados de forma sostenible en el País Vasco. Sus características sostenibles y de eficiencia energética hicieron que le otorgasen el Premio de Arquitectura 2019 en la Barcelona Building Construmat (Madera Sostenible, 2020; Mass Madera 2023).

Este proyecto ha sido un ejemplo de participación ciudadana en el proceso arquitectónico. Desde su fase inicial, los futuros usuarios colaboraron con el equipo de diseño para definir las necesidades programáticas y los espacios comunes. Esto mejoraba la adaptación del edificio a sus usuarios y, además, mejoraba el vínculo comunitario que favorece estilos de vida más cooperativas y sostenibles (Madera Sostenible, 2020).

4.5.

21 VPO EN EL CARRER DE ZURBANO (Barcelona, España)

Uno de los ejemplos más representativos en la construcción residencial sostenible en altura con madera en España es este edificio de 21 viviendas de protección oficial en Sabadell (ver Figura 75). Fue promovido por el Ayuntamiento de Sabadell y gestionado por la empresa municipal VIMUSA, fue desarrollado por el estudio Peris + Toral Arquitectes, que apostaron por la industrialización y el uso de la madera como estrategia de sostenibilidad. Ha sido premiado con un accésit en la categoría de Mejor Edificación Sostenible en Obra Nueva en los Premios AVS 2023 (Premios AVS, 2023).



Fig. 75. *QR vídeo montaje en obra 21 viviendas VPO, Barcelona.*
(Fuente: Elaboración propia).

La estructura (ver Figura 76) emplea paneles de CLT, por lo que se reduce la huella de carbono y el tiempo de ejecución en obra. Además, se dejan vistas las superficies interiores de madera, mejorando la calidad ambiental interior y aportando calidez a los espacios habitables (Mass Madera, 2023).

Fig. 76. *QR vídeo montaje en obra 21 viviendas VPO, Barcelona.*
(Fuente: Elaboración propia).

Desde el punto de vista energético, el edificio tiene una envolvente térmica altamente eficiente. En las fachadas más expuestas se emplea una solución ventilada, mientras que, en el resto, se usa un sistema de SATE adherido sobre el CLT. Las carpinterías son de PVC con doble acristalamiento bajo emisivo, y se han colocan protecciones solares fijas adaptadas a la orientación de cada fachada (Premios AVS, 2023).

En cuanto a las instalaciones, cada vivienda cuenta con un sistema individual de aerotermia para la producción de calefacción, refrigeración y ACS, lo que facilita su gestión en régimen de alquiler. Los 30 paneles fotovoltaicos ubicados en la cubierta tienen una potencia de 12,75 kWp, que equivale a una producción anual de 17.000 kWh de energía renovable (Premios AVS, 2023).

4.6.

85 VPO EN CORNELLÀ (Barcelona, España)

El proyecto de 85 viviendas sociales en Cornellà de Llobregat (ver Figura 77), desarrollado por Peris + Toral Architectes, se sitúa en el antiguo solar del Cine Pisa. El edifico tiene 5 plantas sobre rasante con estructura de madera, apoyadas sobre una planta baja de hormigón armado para uso comercial y equipamientos públicos (Arquitectura Viva, s.f.).



Fig. 77. *Vista exterior 85 viviendas VPO, Barcelona.*
(Fuente: Peris + Toral arquitectes, 2020).

La organización del edificio gira en torno a un amplio patio central (ver Figura 78) que funciona como una pequeña plaza comunitaria. Este espacio genera una transición gradual entre el exterior urbano y el interior. En lugar de contar con accesos desde la fachada, los núcleos se colocan en las esquinas del patio, mejorando la interacción vecinal al compartir recorrido hasta cada vivienda (Arquitectura Viva, s.f.).



Fig. 78. *Vista exterior patio 85 viviendas VPO, Barcelona.*
(Fuente: Peris + Toral arquitectes, 2020).

Las viviendas se agrupan en torno a cuatro núcleos de 18 unidades por planta. Cada una de ellas cuenta con ventilación cruzada y doble orientación, con una distribución modular que permite eliminar los pasillos. La cocina se ubica en el módulo central, haciendo de distribuidor, lo que permite cierta flexibilidad en la organización de los espacios. Las viviendas de 2 dormitorios se componen de 5 módulos, mientras que las de 3 tiene 6 (Arquitectura Viva, s.f.).



Fig. 79. *Vista terraza 85 viviendas VPO, Barcelona.*
(Fuente: Peris + Toral arquitectes, 2020).

Desde el punto de vista constructivo, se emplearon 8.300 m^2 de madera procedente del País Vasco para una superficie de 10.000 m^2. El diseño optimiza el uso del material con un consumo de 0,24 m^3 de madera por cada m^2 construido. La madera como material principal permite reducir los tiempos en obra de forma significativa y las emisiones de CO_2 en comparación con sistemas convencionales (CaLab, s.f.).

El edificio ha sido reconocido a nivel internacional. En 2024 fue premiado con el Premio Internacional del Royal Institute of British Architects (RIBA), destacando por su planteamiento innovador en términos sociales, ambientales y de diseño, y por mejorar la calidad de vida de sus residentes (El País, 2024).

4.7.

BLOQUE 6x6 (Girona, España)

El proyecto Bloque 6x6 (ver Figura 80) ubicado en Girona, fue diseñado por el estudio Bosch.Capdeferro Arquitectura, es un edificio plurifamiliar que apuesta por la sostenibilidad, eficiencia energética y uso innovador de la madera como material estructural principal.

Se trata de un volumen compacto con una geometría basada en una malla estructural de 6 x 6 metros que permite una distribución eficiente y flexible de las viviendas (Bosch.Capdeferro Arquitectura, s.f.). La construcción se inició en 2017 y finalizó en 2020, siendo un edificio de 6 plantas sobre rasante y 1 bajo rasante, que contiene 35 viviendas en total (Egoin, s.f.).



Fig. 80. *Vista exterior Bloque 6x6, Girona.*
(Fuente: Arquitectura Viva, 2020).



Fig. 81. *Vista pasarela Bloque 6x6, Girona.*
(Fuente: Arquitectura Viva, 2020).

Desde el punto de vista constructivo, el edificio utiliza una estructura híbrida compuesta por CLT para muros y forjados, y vigas y pilares de GLT. Esto les permitió aprovechar las ventajas de la prefabricación, la ligereza de la madera y la reducción del impacto ambiental del proceso constructivo. En total, se usaron 1.000 m^3 de madera, que actúa de sumidero de carbono a lo largo de la vida útil del edificio (Egoin, s.f.).



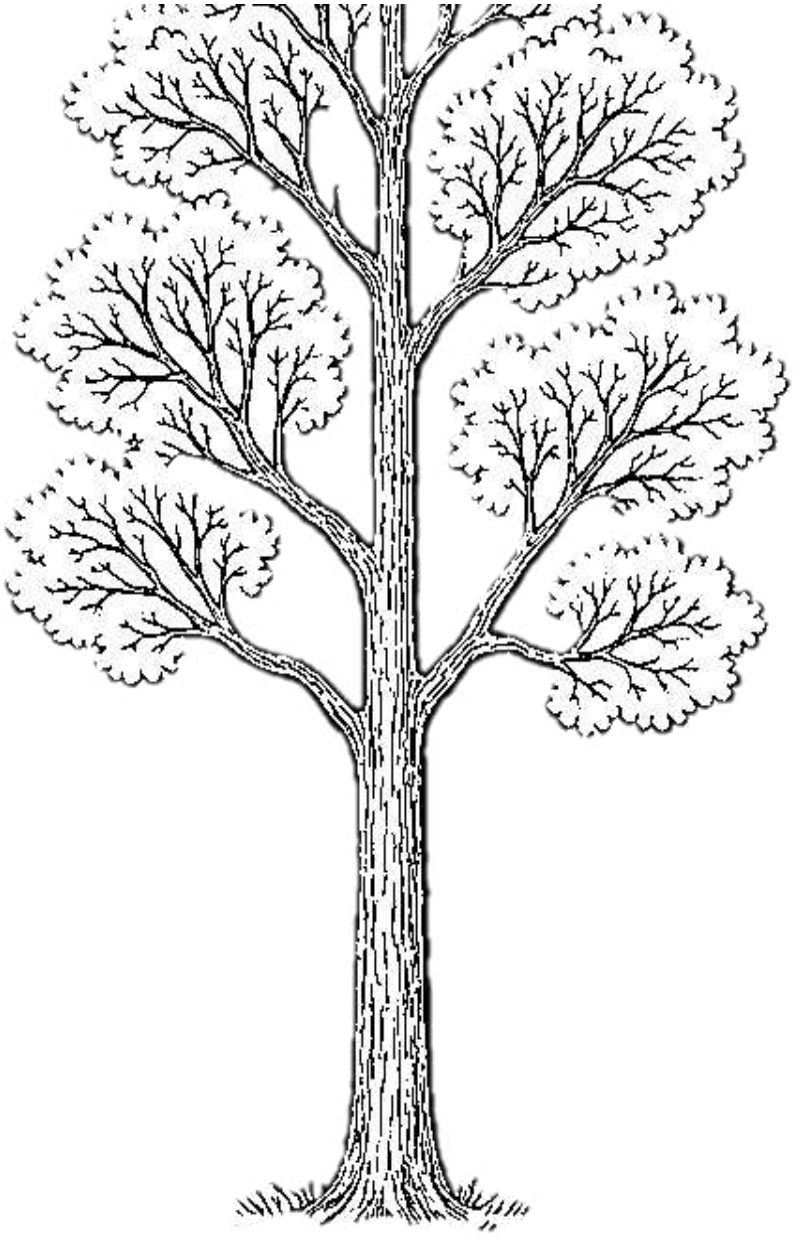
Fig. 82. *Vista interior Bloque 6x6, Girona.*
(Fuente: Arquitectura Viva, 2020).

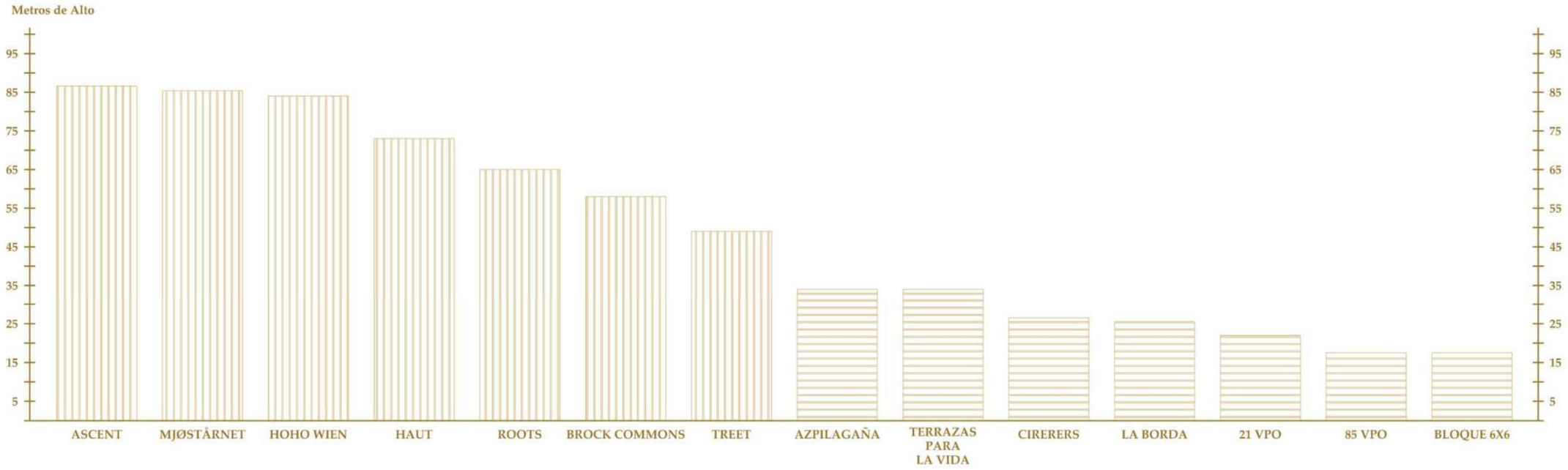
La planta sótano tiene uso de aparcamiento, hecho con hormigón armado, que también se usó como base para la cimentación del edificio. El núcleo de comunicaciones verticales también se construyó con madera, demostrando la viabilidad técnica y normativa de este tipo de edificios (IAAC Blog, 2022).

El diseño del edificio también se centra en la relación entre lo privado y lo colectivo, integrando espacios comunes amplios – galerías, y pasarelas (ver Figura 81) – que fomentan la vida comunitaria y la ventilación cruzada de las viviendas. Además, su envolvente térmica y estrategias pasivas aplicadas permiten que alcance altas prestaciones energéticas (Bosch.Capdeferro Arquitectura, 2021).

5.

COMPARATIVA DE CASOS DE ESTUDIO




Metros de Alto
95
85
75
65
55
45
35
25
15
5
ASCENT
MJØSTÅRNET
HOHO WIEN
HAUT
ROOTS
BROCK COMMONS
TREET
AZPILAGAÑA
TERRAZAS PARA LA VIDA
CIRERERS
LA BORDA
21 VPO
85 VPO
BLOQUE 6X6

							
Nombre	**ASCENT**	**MJØSTÅRNET**	**HOHO WIEN**	**HAUT**	**ROOTS**	**BROCK COMMONS**	**TREET**
Ubicación	Milwaukee, Wisconsin, EE.UU.	Brumunddal, Noruega	Seestadt Aspern, Viena, Austria	Ámsterdam, Países Bajos	HafenCity, Hamburgo, Alemania	Vancouver, Canadá	Bergen, Noruega
Uso	Residencial de lujo y espacios comerciales	Mixto: hotel, apartamentos, oficinas, centro deportivo, restaurantes	Mixto: hotel, oficinas, apartamentos, servicios	Residencial	Mixto: residencial, oficinas, exposición, gastronomía	Residencial estudiantes	Residencial
Estado	Completado: 2022	Completado: 2019	Completado: 2019	Completado: 2022	Completado: 2024	Completado: 2017	Completado: 2015
Inicio construcción	Agosto de 2020	Abril de 2017	Octubre de 2016	Noviembre de 2018	Noviembre de 2020	Noviembre de 2015	Abril de 2014
Fin construcción	Julio de 2022	Marzo de 2019	Junio de 2019	Noviembre de 2022	Enero de 2024	Mayo de 2017	Diciembre de 2015
Periodo construcción	23 meses	23 meses	32 meses	48 meses	38 meses	19 meses	21 meses
Altura total (m)	86,6	85,4	84	73	65	58	49
Altura hasta suelo ocupado (m)	79,4	68,2	79,2	NE	NE	54	44,3
Plantas sobre rasante	25	18	24	21	19	18	14
Plantas bajo rasante	0	1	2	1	2	0	1
Área construida (m2)	47.909	11.480	25.000	~ 14.000	36.000	15.120	8.080
Área en planta (m2)	2.484	3.752	1.372	~ 700	3.200	840	490
Nº de apartamentos	259	33	24	55	181	305	62
Nº habitaciones hotel	0	72	143	0	0	0	0
Número de ascensores	3	3	6	2	NE	2	1
Ocupación (personas)	2.623	913	818	~ 130	NE	404	NE
Sist. Estructural	Híbrido madera-hormigón	Madera maciza	Híbrido madera-hormigón	Híbrido madera-hormigón	Híbrido madera-hormigón	Híbrido madera-hormigón	Híbrido madera-hormigón
Nº plantas madera	19	18	24	20	16 + 6	17	12
Volumen de madera (m3)	~ 5.000	NE	4.350	~ 2.800	5.500	NE	~ 1.600
Nº plantas hormigón	6	7	2	1	2	1	2
Núcleo comunicaciones	Hormigón armado	CLT	Hormigón armado	Hormigón armado	Hormigón armado	Hormigón armado	CLT
Cimentación	Pilotes de hormigón	Pilotes de hormigón	Pilotes de hormigón	Pilotes de hormigón	Losa de cimentación de hormigón	Losa de cimentación de hormigón	Losa de cimentación de hormigón
Resistencia al fuego	Diseñado para mantener la integridad estructural durante al menos 3 horas en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural 120 minutos los elementos ppales y 90 los secundarios en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural durante al menos 90 minutos en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural 120 minutos los elementos ppales y 90 los secundarios en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural durante al menos 90 minutos en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural durante al menos 2 horas en caso de incendio	Diseñado para mantener la integridad estructural durante al menos 60-90 minutos en caso de incendio

							
Nombre	**AZPILAGAÑA 32**	**TERRAZAS PARA LA VIDA**	**CIRERERS**	**LA BORDA**	**21 VPO SABADELL**	**85 VPO EN CORNELLÀ**	**BLOQUE 6x6**
Ubicación	Pamplona, Navarra, España	Verneda i La Pau, Sant Martí, Barcelona, España	Roquetes, Barcelona, España	Sants, Barcelona, España	Sabadell, Barcelona, España	Cornellà del Llobregat, Barcelona, España	Girona, España
Uso	Residencial alquiler público	Residencial colectivo	Residencial cooperativa	Residencial cooperativa	Residencial VPO	Residencial VPO	Residencial
Estado	Completado: 2024	Completado	Completado: 2021	Completado: 2018	Completado: 2023	Completado: 2020	Completado: 2020
Inicio construcción	Abril de 2023	~ 2022	Marzo de 2020	Febrero de 2017	Marzo de 2021	Enero de 2018	2017
Fin construcción	Diciembre de 2024	~ 2024	Octubre de 2021	Octubre de 2018	Enereo de 2023	Julio de 2020	2020
Periodo construcción	20 meses	NE	19 meses	12 meses	22 meses	31 meses	NE
Altura total (m)	34	~ 34	~ 26,5	~ 25,5	~ 22	~ 17,5	~ 17,5
Altura hasta suelo ocupado (m)	NE	~ 26	NE	NE	NE	NE	NE
Plantas sobre rasante	10	9	8	7	7	6	6
Plantas bajo rasante	0	0	1	0	2	1	1
Área construida (m2)	5.000	3.759	2.700	3.071	1.948	10.000	4.376
Área en planta (m2)	NE	423	430	NE	~ 158	~ 1.400	~ 730
Nº de apartamentos	32	40	32	28	21	85	35
Nº habitaciones hotel	0	0	0	0	0	0	0
Número de ascensores	NE	1	2	1	NE	4	
Ocupación (personas)	~ 40	NE	~ 45	60-70	NE	~ 320	~ 105
Sist. Estructural	Madera, acero y hormigón	Madera y p.baja de hormigón	Madera y p.baja de hormigón	Madera y p.baja de hormigón	Madera y p.baja acero y sótano con hormigón	Madera y p.baja de hormigón	Madera
Nº plantas madera	8	8	8	6	6	5	6
Volumen de madera (m3)	1.363	NE	730	700	720,13	2.400	1.000
Nº plantas hormigón	2	1	1	1	2	1	1
Núcleo comunicaciones	NE	CLT	CLT	CLT	NE	CLT	NE
Cimentación	Losa de hormigón	Pilotes de hormigón	Losa de cimentación	Losa de hormigón	Hormigón	Losa de cimentación	Losa de cimentación
Resistencia al fuego	NE, sin embargo, seguramente cumpla 90 minutos mínimo por normativa	NE, sin embargo, seguramente cumpla 60-90 minutos mínimo por normativa	NE, sin embargo, seguramente cumpla 90 minutos mínimo por normativa	NE, sin embargo, seguramente cumpla 60-90 minutos mínimo por normativa	NE, sin embargo, seguramente cumpla 90 minutos mínimo por normativa	NE, sin embargo, seguramente cumpla 60-90 minutos mínimo por normativa	NE

NE- No especificado

Como conclusiones de la comparativa entre países destacan los siguientes puntos:

1. **Diferencia de implantación.**
   Mientras que países como Noruega, EE.UU. o Austria llevan años desarrollando proyectos pioneros y tienen una industria maderera consolidada para edificios con madera, en España esta tecnología aún está desarrollándose y se enfrenta a barreras técnicas, culturales y normativas, aunque poco a poco se van disipando.

2. **Normativa y regulación.**
   Los países con mayor experiencia cuentan con códigos de construcción y regulaciones específicas que facilitan el uso de la madera estructural en altura, mientras que en nuestro país la normativa en comparación está menos desarrollada o es más restrictiva en algunos aspectos dada la falta de conocimiento y puesta en práctica, lo que ralentiza la adopción masiva del sistema.

3. **Conciencia y demanda del mercado.**
   En el resto del mundo existe una mayor conciencia ambiental y demanda por edificios sostenibles, lo que les permite impulsar la innovación en madera. En España, aunque el interés va en aumento, todavía queda mucho por hacer debido probablemente al desconocimiento entre profesionales del sector de la construcción y usuarios.

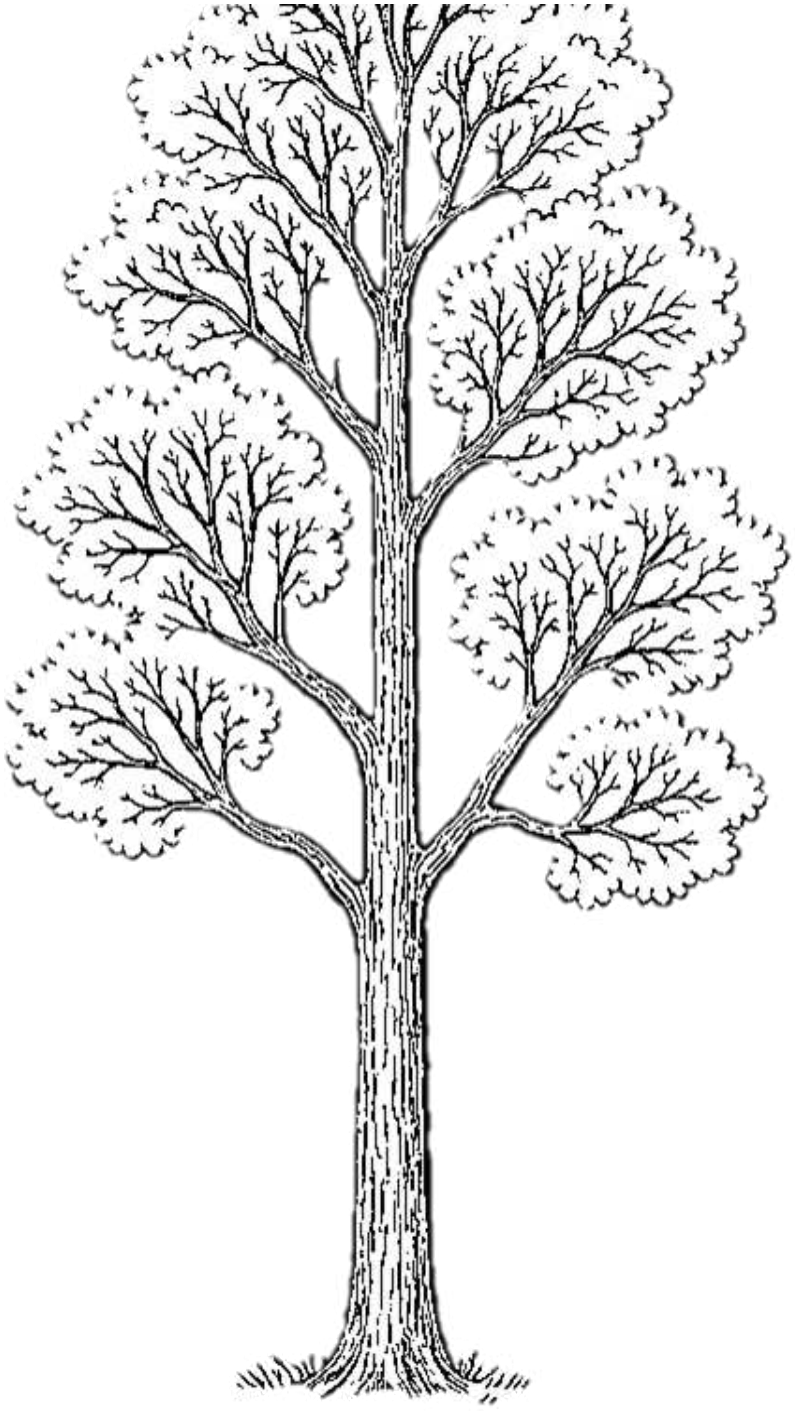
4. **Infraestructura y cadena de suministro.**
   Las economías que ya contaban con tradición maderera tienen una cadena de suministro desarrollada, desde la gestión forestal hasta la fabricación de productos industrializados. En España, esta infraestructura, aunque ya se está comenzando a desarrollar, aún no está a esos niveles, lo que encarece y ralentiza los proyectos.

5. **Oportunidades para España.**
   España tiene un gran potencial por explotar, gracias a su biodiversidad forestal y clima favorable, para impulsar la construcción sostenible en madera, pero necesita reforzar formación, investigación, regulación y colaboración público-privada para cerrar la brecha existente con otros países.

Cabe destacar que España ya ha comenzado a adoptar un enfoque algo más estratégico a través del PERTE – Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica –, que aporta recursos y políticas enfocadas en la innovación y sostenibilidad a la construcción (Presidencia del Gobierno de España, 2025).

6.

ENCUESTAS A PROFESIONALES



Llegados a este punto del trabajo se han tratado la mayoría de las cuestiones sobre las torres de vivienda en madera, sin embargo, es interesante conocer las opiniones de los expertos en el sector para tener una visión más profesional y poder contrastar opiniones:



Manuel Lobo Parra. *Arquitecto Técnico. Especialista en construcción con madera de Finsa.*



Irene Jimeno Guadalix. *Arquitecta, especialista en construcción con madera. Consultora técnica Responsable de la plataforma digital de divulgación, formación y asesoramiento técnico TOCA MADERA·SOUNDS WOOD. Docente en cursos y másteres en universidades y centros técnicos nacionales e internacionales. Autora de la Guía de Rehabilitación de Estructuras de Madera. Ponente y moderadora en congresos y eventos. Corresponsal técnico en revistas del sector de la madera.*



Pablo Medina di Fiori, *Arquitecto MBA Industrial, Lean Manufcturing ¬ Supply Chai, COO y Cofundador de Woodea**

*De quien me he permitido hacer un breve resumen de sus respuestas, dada la extensión de estas.

ENCUESTA:

1. ¿Cómo describiríais la situación actual del mercado de la madera en la construcción en España?

(M.L.P): El interés por construir con madera sigue con tendencia creciente, hecho que ha provocado inversiones de nuevas empresas productoras de productos y de sistemas.
(I.J.G): El mercado de la madera en la construcción en España está experimentando un crecimiento significativo, impulsado por la sostenibilidad y la industrialización. Hace 10 años era impensable ver la cantidad de obras de madera e industrias que hay hoy en día... ni hace 10 años nadie escribiría su TFG sobre esta temática.
(P.M.D.F): El mercado de la construcción en madera en España se encuentra en expansión, aunque parte de una base aún pequeña (entre el 0,5% y el 1,5% del total de la edificación). Sin embargo, hay un crecimiento claro y acelerado. En los últimos años, el sector ha empezado a organizarse y profesionalizarse, con más de 500 proyectos en madera identificados en territorio nacional y un aumento notable del interés institucional y privado. Comunidades como Cataluña, el País Vasco o Galicia lideran este proceso, y Madrid comienza a destacar también.
La madera industrializada, como el CLT, se perfila como una herramienta clave para descarbonizar el sector y resolver problemas estructurales de la construcción convencional, como el uso intensivo de recursos, la falta de mano de obra cualificada y los altos niveles de emisiones del hormigón y el acero.

2. En varias visitas a obras de CLT en Madrid, me han comentado que la madera estructural utilizada proviene de Austria o simplemente de fuera, ya que en España todavía no hay una capacidad de producción con plazos competitivos. ¿Es esto cierto? Y en tal caso, ¿existen planes para desarrollar una producción más ágil a nivel nacional?

(M.L.P): Los fabricantes austriacos fueron pioneros con el CLT y aún cuentan con amplia implantación nacional a través de las empresas especializadas que introdujeron el CLT. En España ya hay capacidad productiva instalada para poder atender la demanda actual, además de los proyectos industriales en curso y que verán la luz en próximos meses. Si en un proyecto la madera procede de Centroeuropa es por cuestiones comerciales, más que por falta de capacidad productiva.

(I.J.G): Cada vez menos, vamos yo que soy de Madrid en los últimos años he visto más proyectos de CLT en Madrid con madera nacional que con la europea. Que la madera venga de Europa a veces depende directamente de cuestiones internas de la ingeniería/industria encargada de realizar la obra. Es verdad que como en España estamos aun rodando turnos de fabricación nuevos o no con mucho tiempo (+15 años) pues los márgenes tanto económicos como productivos a veces no son lo suficientemente competitivos en términos de volumen y plazos. Pero no es una norma generaliza, depende cuándo pidas el encargo en España, la geometría y volumen de tu proyecto, etc. Actualmente en España tenemos 3 plantas "bien, en buen uso" de CLT, espero que a finales de año seamos 5 (están con puesta en marcha y pruebas) esto dará mayor oferta a la demanda que hay. Pero no existen planes nacionales, estatales, del gobierno (aún) sobre esta producción, son más bien desarrollos privados.
(P.M.D.F): Hasta hace poco, España dependía mayoritariamente de la importación de CLT y otros productos estructurales, principalmente desde Austria, Alemania o Francia. Sin embargo, esta situación está cambiando rápidamente. En la actualidad, la producción nacional de CLT ronda los 73.800 m^3 anuales, y se espera duplicar esa cifra en los próximos tres años.

Ejemplos significativos de esta transformación incluyen la planta de Egoin en Legutio (Álava), que ha aumentado su capacidad a 50.000 m^3/año, y una planta en construcción en Andorra (Teruel), con previsión de producir hasta 75.000 m^3/año. Estos avances muestran una clara apuesta por sustituir la dependencia exterior mediante industria nacional y aprovechar los recursos forestales autóctonos.

3. ¿Creéis que el mercado de la madera para la construcción se va a impulsar en los próximos años? Si es así, ¿cuáles serían los principales factores que lo favorecerán? Y si no, ¿cuáles son las principales barreras?

(M.L.P): La nueva normativa sobre ahorro energético y de emisiones que llegará vía trasposición de la directiva europea ya en vigor, hará que se tenga que medir el consumo energético y huella de carbono embebida en los materiales de construcción. Esto hará que la madera sea una opción para valorar de forma más intensa en los proyectos que impulsarán su demanda. En cuanto a barreras, la más importante es la cultural, alimentada por sectores del cemento y ladrillo. Otras son la carencia del dominio de la técnica y tecnología del uso de madera en construcción.
(I.J.G): Ya está pasando, como te comentaba hace 5 años no había tanto interés por este material constructivo, ni habría un TFG del tema, ni tantos eventos, ni tantas formaciones, ni construcciones, etc. Factores que favorecen el crecimiento: Sostenibilidad y descarbonización: La madera es un material renovable que absorbe CO_2 y genera menos emisiones que el hormigón y el acero | Normativa y apoyo institucional: La evolución de la normativa técnica y los incentivos gubernamentales están promoviendo su uso en la construcción | Industrialización y prefabricación: La construcción modular con madera permite reducir plazos y costos, mejorando la eficiencia del sector | Innovación en materiales: Productos como CLT, GLT y LVL han permitido la construcción de edificios de hasta 12 y 15 plantas con estructuras de madera. // Barreras y desafíos: falta de profesionales especializados, percepción del mercado y una mayor implicación de las administraciones (están en ello y muy positivamente).
(P.M.D.F): Sí, se prevé un fuerte impulso del mercado. Entre los factores que lo favorecen destacan:

- El contexto climático y normativo europeo, que exige edificios con baja huella de carbono desde 2026.
- La demanda de vivienda asequible y rápida de construir, especialmente en entornos urbanos.
- La necesidad de industrialización en el sector, con métodos más limpios, precisos y eficientes.
- La mejora tecnológica y logística, que permite optimizar costes y procesos.

En cuanto a las barreras, aún existen ciertos prejuicios sobre la madera (durabilidad, fuego, etc.), dificultades normativas puntuales y necesidad de aumentar la capacidad industrial y forestal nacional. No obstante, se están abordando activamente.

4. Desde vuestra experiencia, ¿qué ventajas destacaríais a la hora de construir en madera frente a otros sistemas?

(M.L.P): La simplificación de los flujos de trabajo. Construir con sistemas constructivos con madera llevan implícita la digitalización e industrialización del proceso constructivo. Otros sistemas también pueden ser digitales e industriales, pero hay que optar por ello. Con la madera va implícito. Otro factor es la posibilidad de hacer completamente en seco la construcción, que conlleva menos ruidos, suciedad y plazos de ejecución. Todo ello además de las ventajas medioambientales que el uso de madera tiene implícito.
(I.J.G): Es el único material constructivo que permite las 3 direcciones que está tomando ahora la construcción: digitalización, industrialización y sostenibilidad. Además, es una construcción rápida, limpia, genera menos residuos, procesos más limpios. con baja huella de carbono, garantizada por la normativa nacional CTE, es un material ligero, con una baja transformación. La madera se adapta perfectamente a la construcción industrializada y modular, lo que reduce tiempos de ejecución y minimiza desperdicios. Un edificio de madera se puede montar en semanas en lugar de meses. Tiene excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico, lo que mejora la eficiencia energética del edificio y el confort interior.
(P.M.D.F):

- Reducción de emisiones: Un edificio en madera puede reducir hasta un 50% las emisiones frente a uno en hormigón.
- Rapidez y precisión: Gracias a la prefabricación, se puede montar una planta completa por semana.
- Menor necesidad de mano de obra: Esto alivia el problema actual de escasez en el sector.
- Obras más limpias y silenciosas: Sin ruido ni residuos de obra húmeda.
- Confort interior y salud: Mejora la calidad del aire y el bienestar psicológico.
- Eficiencia estructural: La madera tiene una gran relación resistencia/peso, útil también en zonas sísmicas.

5. ¿Es viable la construcción de edificios residenciales en altura con madera en España?

(M.L.P): Ya hay edificios de hasta 8 alturas con madera, lejos de los edificios más altos construidos en Europa, EEUU o Australia que llegan hasta las 18 alturas. Los sistemas masivos de madera (CLT y vigas laminadas), son óptimos para edificios de entre 4 y 8 alturas.
(I.J.G): ¿Qué llamas en altura? ¿4 plantas, 12, 20? ¿Es viable? Sí, ¿nos interesa? pues ahí está la pregunta que sería "depende".
(P.M.D.F): Sí, es completamente viable y ya está ocurriendo. Ejemplos como el edificio Tomás Bretón en Madrid (5 plantas) o el proyecto Woodie1 de Woodea lo demuestran. Estos edificios cumplen con todas las exigencias normativas, incluidas las de resistencia al fuego (por ejemplo, REI 60 o REI 90), y han validado en la práctica su viabilidad estructural, económica y ambiental.

La madera permite soluciones puras o híbridas (por ejemplo, sótanos en hormigón y plantas superiores en madera), lo que amplía su aplicabilidad. España sigue el camino de países como Noruega, Canadá o Japón, donde ya se construyen torres enteramente en madera.

6. Un tema que genera preocupación en la opinión pública es la tala de árboles. ¿Cómo se puede abordar esta cuestión para que no suponga un obstáculo en el desarrollo del sector? España cuenta con una gran superficie forestal, ¿creéis que esto podría jugar a favor de la industria nacional de la madera?

(M.L.P): La percepción de la sociedad respecto a este tema está cambiando poco a poco. Las propias organizaciones ecologistas han pasado de una visión puramente conservacionista a otra donde lo importante es la gestión forestal sostenible que impulse una economía entorno a los ecosistemas forestales. Las zonas forestales son en general, zonas donde el problema de despoblación es importante y la gestión forestal y su industria asociada puede ser el motor para revitalizar estas zonas.
(I.J.G): No diciendo tala y si corta y con MUUUUUUUUUUUUCHA FORMACIÓN. El primer problema de la madera en general es su desconocimiento. Te dejo este post que hice https://tocamaderablog.com/mundo-

personas-gestionan-bosques-sostenible/ Tenemos la materia prima, esto es super importante siempre y cuando se gestione sosteniblemente.
(P.M.D.F): El uso responsable de madera no implica deforestación. Al contrario: una gestión forestal activa y certificada (FSC, PEFC) mejora la salud de los montes, reduce riesgos de incendio y garantiza la regeneración continua. En montes gestionados, la tasa de reposición es del 100% o superior.

España ha triplicado su superficie forestal en el último siglo y hoy muchos bosques están abandonados. Activar su aprovechamiento sostenible generaría empleo, economía rural y protección ambiental. Consumir madera responsablemente es una forma de cuidar el monte, no de destruirlo.

7. Otro aspecto que se menciona con frecuencia es el coste de la madera en comparación con otros materiales como el hormigón o el acero. ¿Hasta qué punto este factor supone una barrera? ¿En el futuro podría haber una reducción de costes o estrategias que equilibren la viabilidad económica de este tipo de construcción?

(M.L.P): Si bien esto era así hasta hace poco, cuando se hacen estudios de coste del proyecto en su conjunto, a lo largo de vida útil del mismo, las diferencias no son tales y si además se tienen en cuenta otro tipo de costes como el CO_2 (los sectores difusos como construcción ya están contemplados que puedan entrar en los mercados de compensación de CO_2), la madera saca mejores notas también a nivel económico.
(I.J.G): Cuando tengamos una industria, no solo del CLT, hay otros productos estructurales maravillosos, sólidos, ágil etc. todos los costes se mantendrán o reducirán en comparación con otros sistemas constructivos. Y luego no se puede comparar el jamón de pata negra (construcción con madera) con la mortadela (ladrillos y ostros sistemas constructivos) las prestaciones de confort etc. que ya te da la madera con ostros sistemas constructivos implica meter mucho más dinero a la obra.
(P.M.D.F): Actualmente, puede haber un sobrecoste inicial de hasta un 7%, pero esta diferencia se está reduciendo rápidamente. Al acortar los plazos de obra, reducir imprevistos y mejorar la eficiencia energética del edificio, el coste global del proyecto puede ser incluso menor que el de uno tradicional.

Además, con la industrialización, el incremento de la oferta nacional y posibles incentivos verdes, se espera que la madera alcance plena competitividad económica. Empresas como Woodea ya afirman construir "a coste tradicional, con baja huella de carbono".

8. ¿Cuál es la tasa de reposición de las especies de árboles utilizadas en la construcción con madera y qué impacto tiene en su sostenibilidad? ¿Cuáles son las especies más empleadas?

(M.L.P): No hay estadísticas oficiales desglosando por usos madereros tan concretos. Al final de un árbol, cada parte del tronco puede tener aplicaciones diferentes. Para que tengas una idea estimada del volumen de producción nacional de productos de madera estructural, esta cifra ronda los 80.000 m3. Yendo a los números globales de crecimiento de bosques y cortas, quiero indicarte que según el Anuario Estadística Forestal 2022 que publica el MITECO, las cortas de madera en España rondan los 20 millones de m^3, el volumen maderable está sobre los 1175 millones de m^3 y el crecimiento orgánico de los propios bosques es de 46 millones de m^3.
Las especies más utilizadas para construcción son madera de coníferas, principalmente Pino Pinaster y Pino Radiata. En menos medida Pino Laricio, Pino Silvestre y Pino Negro.
(I.J.G): Habría que preguntar a los sellos de certificación forestal... y ahora no tengo datos de este año. Especies más empleadas, pino silvestre, radiata, laricio, roble, castaño...
(P.M.D.F): La tasa de reposición es igual o superior al 100%, y se garantiza por ley y certificaciones. Se utilizan principalmente coníferas locales como pino radiata, pino marítimo, pino silvestre y pícea abies, todas con ciclos de crecimiento adecuados y buen rendimiento estructural.

Estas especies se cultivan y gestionan con rotaciones planificadas, lo que permite una producción sostenible y continua. Además, su empleo fomenta la regeneración y salud de los montes.

9. ¿Afecta el clima de alguna manera tanto a la fabricación de estos sistemas como a la construcción de los edificios?

(M.L.P): Por las propias características de la madera, toda la fabricación de sistemas y productos estructurales se tienen que hacer en instalaciones a cubierto, con condiciones ambientales controladas. Para la construcción de edificios no tiene más repercusión que la que puede tener la construcción en general antes condiciones meteorológicas adversas.
(I.J.G): Afecta a la fabricación del material...si tienen estrés hídrico, plagas, incendios...etc...
(P.M.D.F): El clima influye, pero no es un impedimento. En la fabricación, se controla totalmente la humedad y temperatura en planta. En obra, se planifican protecciones temporales y un montaje rápido para evitar que la estructura quede expuesto demasiado tiempo.

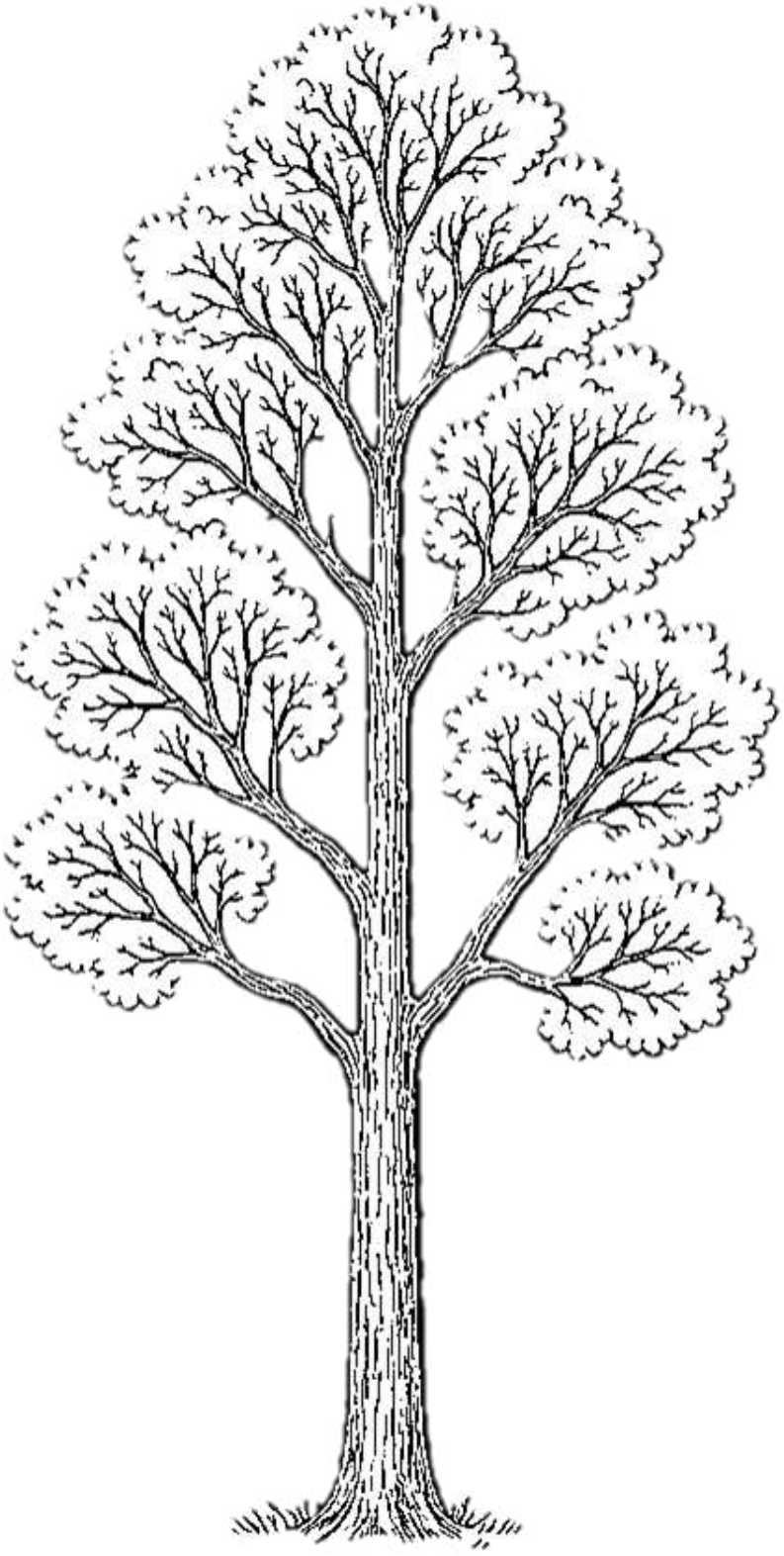
La normativa clasifica los usos según el riesgo ambiental, y existen soluciones constructivas y especies adaptadas a cada clima. Con buenas prácticas, la madera puede emplearse con éxito incluso en entornos húmedos o costeros.

10. ¿Cuál es la huella de carbono de las resinas y adhesivos utilizados en la fabricación de este tipo de sistemas? ¿Cómo se compara con el impacto de un metro cúbico de hormigón?

(M.L.P): La cantidad de resinas que se usan en la fabricación de este tipo de productos es en porcentaje respecto al total inferior al 1% en peso, teniendo una afección mínima en el global. Esta información la puedes encontrar en las EPD de los diferentes fabricantes. Aquí puedes consultar la de CLT que fabricamos en XIlonor, nuestra empresa fabricante de CLT https://www.environdec.com/library/epd10735 . La huella de carbono de un forjado de madera respecto a uno de hormigón puede ser hasta un 75% más ligero y emplear menos de 300 kg.CO_2. por m^2 respecto a uno de hormigón.
(I.J.G): Depende qué resina y adhesivo, pero es una de las grandes líneas de investigación del sector. No solo la huella de carbono sino su reutilización, porque la madera es fácil, pero si viene con colas etc. ya no tanto.
(P.M.D.F): Aunque los adhesivos tienen origen petroquímico, su proporción en el producto final es mínima (1-2% del peso del panel). Su impacto queda ampliamente compensado por el almacenamiento de carbono de la madera y la reducción de emisiones respecto al hormigón. Por tanto, la construcción en madera sigue siendo netamente más sostenible.

7.

CONCLUSIONES



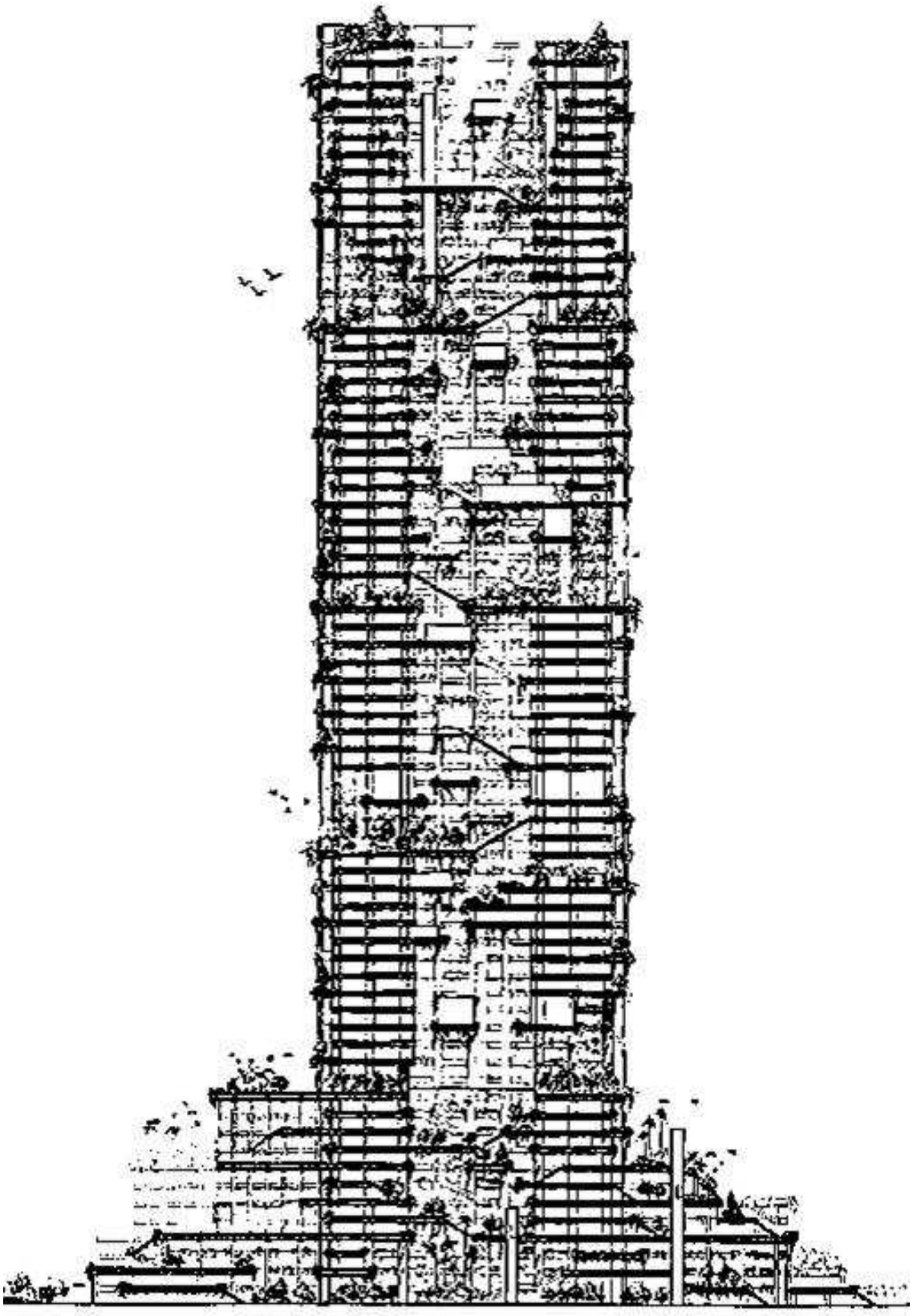


Fig. 83. *Rascacielos W350, Tokio.* (Fuente: Sumitomo Forestry Co., 2018.Editada por autora).

A nivel global, la construcción de edificios en altura con madera se está extendiendo, principalmente en países como Noruega, Canadá y Austria ya que las normativas, la concepción cultural y la conciencia ambiental se adaptan al contexto actual y han impulsado proyectos innovadores que demuestran que la madera es un material seguro, sostenible y eficiente para la construcción de edificios en altura.

Además de demostrar que es perfectamente combinable y eficiente con otros sistemas constructivos tradicionales, es decir, no hace falta que los edificios sean solo y exclusivamente de madera, es más, funcionan mejor las estructuras mixtas ya que unos compensan las limitaciones de los otros.

Mientras tanto, en España, la situación es muy distinta ya que existen una serie de barreras que limitan el desarrollo de estas tipologías edificatorias:

- La normativa, especialmente en cuanto a la resistencia al fuego y seguridad estructural no están realmente adaptadas a las características específicas de la madera en altura.
- Hay mucho desconocimiento y falta de experiencia técnica en el sector de la construcción, lo que no ayuda demasiado a los promotores, arquitectos y constructores a apostar por ello.
- Los costes iniciales aun son muy elevados, lo que hace que no sea demasiado competitivo en este aspecto.
- La promoción y el apoyo por parte de instituciones es aun escasa para este tipo de proyectos, esto sumado a la baja tradición maderera del país, supone otro gran obstáculo.
- Faltan productores, fabricantes y distribuidores de suministro especializados y eficientes que puedan aportar el suministro necesario, aunque esto esté empezando a cambiar y mejorar.
- La mayoría de la superficie forestal es de propiedad privada y esto complica su gestión sostenible y la posibilidad de su explotación con fines constructivos, por lo que se limita la capacidad de producción necesaria para llevar a cabo estas construcciones.

Para ayudar a fomentar la idea de la construcción de torres residenciales de madera como una posible solución a los problemas actuales, se podría:

- Actualizar y adaptar la normativa para que incluya criterios específicos que permitan una buena evaluación técnica y segura de esta tipología edificatoria sin que esta se vea penalizada por el desconocimiento.
- Mejorar la formación y aumentar la difusión técnica dirigida a profesionales del sector de la construcción con el fin de mejorar sus conocimientos y confianza en esta tecnología.
- Proponer incentivos económicos y subvenciones que reduzcan el obstáculo económico mencionado anteriormente.
- Fomentar la colaboración público-privada para poder desarrollar una buena cadena de suministro que cubra la demanda.

- Replantear la forma en que se organiza la vida urbana.

En resumen, tal vez se debería replantear la forma en la que se construye desde hace años ya que tradicionalmente se utilizan materiales altamente emisores como el hormigón o el acero, algo que no responde a las retos medioambientales, sociales y económicos actuales.

La edificación es responsable de un altísimo porcentaje de las emisiones globales de CO_2 y hoy en día, son necesarias las viviendas accesibles y sostenibles.

Hay varias posibilidades para hacer edificios residenciales más sostenibles:

- Usar materiales de bajo impacto.
- Apostar por diseños pasivos y bioclimáticos.
- Incorporar energías renovables.
- Pensar en el ciclo de vida completo del edificio.
- Fomentar el confort, la salud y bienestar de los usuarios.
- Pensar en la sostenibilidad social.

Construir en altura permite reducir la ocupación del territorio, concentrar infraestructuras y mejorar la eficiencia energética de los edificios apostando por la centralización. Esto no es una solución literal, debe ir acompañada de criterios de densidad planificada, calidad del espacio público, mezcla de usos y mejora de la conectividad. Sin embargo, este tipo de edificaciones tiene una serie de particularidades:

- **Desafíos estructurales y técnicos**
  Se enfrentan a grandes retos respecto a su diseño estructural, ya que requieren sistemas constructivos avanzados para garantizar su estabilidad frente a cargas tanto horizontales como verticales. El uso de la madera prefabricada en altura permite nuevas posibilidades frente a estas limitaciones.
- **Impacto urbano y social**
  Al permitir una alta densidad en espacios urbanos limitados, ayuda a mejorar la gestión del suelo y a fomentar la sostenibilidad urbana. No obstante, esto también genera desafíos sociales relacionados con la habitabilidad, la privacidad y la calidad de vida de los usuarios, cuestiones que debe tener en cuenta el diseño arquitectónico y urbanístico.
- **Sostenibilidad y eficiencia energética**
  Estos edificios pueden ser muy eficientes en términos energéticos. Si además utilizan la madera prefabricada como sistema estructural, disminuirá su huella de carbono y contribuirá a la lucha contra el cambio climático.
- **Normativa y regulación específica**
  La construcción de edificios en altura debe cumplir una normativa compleja y específica para garantizar la seguridad de los usuarios. Esto condiciona el diseño y la viabilidad de los proyectos en altura.

Aunque todavía está en fases iniciales comparado con el desarrollo que ya tienen otros países, el PERTE puede acelerar de forma significativa la modernización del sector, ayudando a cerrar la brecha normativa, tecnológica y de mercado. Esto sitúa a nuestro país en una posición optimista para adaptarse a la situación internacional, aprovechando sus recursos forestales y capacidad industrial.

Sin embargo, para llevarlo a cabo, es imprescindible tener como sociedad un cambio de mentalidad sobre el uso de la madera en la construcción como se mencionaba al principio del trabajo, es importante informar a la gente de la realidad y no permitir que estas creencias culturales – que seguramente todos hayamos tenido alguna vez… – frenen este proceso y el impulso hacia una arquitectura más sostenible y con múltiples beneficios en la sociedad.

"La mente es como un paracaídas, sólo funciona si se abre."
- Albert Einstein.

8.

AGRADECIMIENTOS

Por último, pero no por ello menos importante, me gustaría agradecer a mis padres y a mi hermano todo el apoyo incondicional y la paciencia infinita que he recibido por su parte a lo largo de estos años. Sé que no siempre ha sido fácil, pero nunca han permitido que me rinda, siempre han estado ahí para levantarme cuando caía. Sin ellos, nada de esto hubiera sido posible.

A mi tutor Óscar, por la interminable paciencia y apoyo constante desde el primer momento tanto con la temática del trabajo como a lo largo del curso. Gracias también por darme la oportunidad de acudir a Rebuild 2025, donde tuve la oportunidad de conocer a profesionales relacionados con la industria de la madera que me ayudaron a resolver muchas de las dudas que me surgieron en el trabajo: Jorge Blasco, Susana Peñalver y Carlos Palacios de Finsa; Íñigo Blanco y Unai Zabala de Egoin; Manuel Gómez de FSC.

A todos los que me habéis ayudado durante el desarrollo del trabajo, ya sea respondiendo la encuesta, resolviendo dudas, haciendo videollamadas para aclarar ciertas cuestiones y compartiéndome información clave para llevar a cabo el trabajo de la forma más objetiva posible: Rodrigo Tome de Egoin, María Mora de MGA, Irene Jimeno de Toca Madera, Manuel Lobo de Finsa y Pablo Medina di Fiori de Woodea.

También a mis antiguos profesores, Javier Tejera y Gloria Gómez, por facilitarme visitas de obra fundamentales para el inicio del trabajo y por supuesto, a aquellos que me recibieron y guiaron en las visitas como Mª del Mar de ACR.

Y no me olvido de mis profesores Beatriz Arranz y Miguel Gómez Navarro por su ayuda en todo momento a lo largo del curso.

Gracias de corazón a todos los que, de una forma u otra, habéis estado a mi lado apoyándome durante estos duros años de carrera sin perder la fe en que lo lograría.

Familia, amigos…

9. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA ESCRITA:

Abrahamsen, R. B. (2023). *Mjøstårnet – The world's tallest timber building*. Moelven Limtre AS. https://www.moelven.com/contentassets/45063567b84944dab52c6d890dceb38f/wcte2023-mjostarnet.-the-worlds-tallest-timber-building.pdf
Abrahamsen, A. (2015). *Treet – high-rise timber building in Norway*. Consultado el 26/05/25. https://www.lignum.ch/files/images/Downloads_deutsch/Treet_Abrahamsen.pdf
AEDAS Homes. (2023, 28 de marzo). *350 metros de madera en mitad de Tokio: así será la torre W350* Consultado el 26/05/25. ▷ 350 metros de madera en mitad de Tokio: así será la torre W350 | AEDAS Homes Blog
Aistec. (2023, 2 de junio). *¿Qué es la biofilia?* Consultado 26/05/2025 https://aistec.com/que-es-la-biofilia/
Archello. (s.f.). *Brock Commons Tallwood House*. Consultado el 26/05/25. https://archello.com/es/project/brock-commons-tallwood-house
Arquitectura Viva. (s.f.). *85 viviendas sociales en Cornellà de Llobregat*. Consultado el 26/05/25. https://arquitecturaviva.com/obras/85-viviendas-sociales-en-cornella-de-llobregat-barcelona
Arquitek. (2025, 18 de mayo). *Arquitectura en madera: 40 viviendas sociales en Barcelona*. Consultado el 26/05/25. https://arquitek.pe/arquitectura-en-madera-40-viviendas-sociales-en-barcelona/
Arup. (s.f.). *HAUT*. Consultado el 26/05/25. https://www.arup.com/projects/haut
Ayuntamiento de Barcelona. (2022, 12 de mayo). *El edificio de viviendas cooperativas La Borda, ganador del Premio Mies van der Rohe 2022.* Consultado el 26/05/25. https://www.habitatge.barcelona/es/noticia/el-edificio-de-viviendas-cooperativas-la-borda-ganador-del-premio-mies-van-der-rohe-2022_1174310

Bathroom Review. (2024, 15 de abril). *Kaldewei selected for Roots wooden skyscraper in Hamburg's HafenCity*. Consultado el 26/05/25. https://bathroom-review.co.uk/kaldewei-selected-for-roots-wooden-skyscraper-in-hamburgs-hafencity/
BIG SEE. (2022). *HoHo Wien*. Consultado el 26/05/25. https://bigsee.eu/hoho-wien/
Binderholz. (2023). *EPD – Binderholz CLT BBS*. Institut Bauen und Umwelt e.V. https://ibu-epd.com/
Bosch.Capdeferro Arquitectura. (2021). *Bloque 6x6, Gerona*. Arquitectura Viva. Consultado el 26/05/25. https://arquitecturaviva.com/obras/bloque-6x6-en-gerona
Bosch.Capdeferro Arquitectura. (s.f.). *Bloque 6x6 - 35 viviendas en Girona*. Consultado el 26/05/25. https://www.boschcapdeferro.com/es/obra/bloque-6x6.html
Brandveilig.com. (2023). *Brandveilig in HAUT*. Consultado el 26/05/25. https://www.brandveilig.com/artikel/brandveilig-in-haut-69725
BuildOffsite. (s.f.). *¿Qué es la construcción industrializada?* Fundación Laboral de la Construcción. Consultado 26/05/2025 https://buildoffsite.fundacionlaboral.org/es/el-proyecto/
Built. (2024). *Atlassian Central*. Consultado el 26/05/25. https://www.built.com.au/projects/atlassian-central/

CaLab. (s.f.). *85 viviendas sociales en Cornellà*. Consultado el 26/05/25. https://calab.es/project/85-viviendas-sociales-en-cornella/
Celobert. (s.f.). *Cirerers*. Consultado el 26/05/25. https://celobert.coop/projectes/cirerers/
CTBUH. (2024). *Treet*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Consultado el 26/05/25. https://www.skyscrapercenter.com/building/treet/16540

Danielsen, B. (2022). *Mjøstårnet – Fire safety in tall timber buildings*. Sweco Norge AS. Consultado el 26/05/25. https://www.sweco.no/vare-tjenester/bygninger/konstruksjoner/timber/fire-safety-and-acoustics/mjostarnet/
Dezeen. (2022, abril 14). *Schmidt Hammer Lassen designs world's tallest residential timber building in Winterthur*. Consultado el 26/05/25. https://www.dezeen.com/2022/04/14/tallest-timber-building-schmidt-hammer-lassen-winterthur/
Dezeen. (2023, 28 de marzo). *Mjøstårnet by Voll Arkitekter is a pioneering timber tower in Norway*. Consultado el 26/05/25. https://www.dezeen.com/2023/03/28/mjostarnet-voll-arkitekter-timber-revolution/

Egoin. (s.f.). *GIRONA BLOC 6x6*. Consultado el 26/05/25. https://egoin.com/proyectos/bloc-6x6/

Egoin Wood Group. (2022). *Environmental Product Declaration – Cross Laminated Timber (CLT)*. Environdec. https://www.environdec.com/
Egoin Wood Group. (s.f.). *Madera contralaminada (CLT)*. Consultado 26/05/2025 https://egoin.com/tecnologias/madera-contralaminada-clt/
El País. (2024, 14 de diciembre). *Madera, sostenibilidad y un patio para la vida vecinal: así son las viviendas sociales de Cornellà que ganan premios de arquitectura*. Consultado el 26/05/25. https://elpais.com/cultura/2024-12-14/madera-sostenibilidad-y-un-patio-para-la-vida-vecinal-asi-son-las-viviendas-sociales-de-cornella-que-ganan-premios-de-arquitectura.html
Enkel Group. (s.f.). *Sistema de construcción: Mass Timber, CLT y GLT*. Consultado el 26/05/25. https://enkelgroup.com/sistema-de-construccion/#:~:text=GLT%20(Glue%2DLaminated%20Timber%20o,Van%20der%20Lugt%20&%20Atto%20Harsta.
Esler, B. (2021, 21 de junio). *World's Tallest Timber Tower Rises in Milwaukee*. IWF Atlanta. Consultado el 26/05/25.https://www.iwfatlanta.com/industry-trends/worlds-tallest-timber-tower-rises-in-milwaukee/

Fernández, Á. A. (2020). *Edificación en altura con CLT. Soluciones constructivas* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid].
Firstplanit. (2023, 28 de julio). *The Mjøstårnet building 4 years on, a symbol of a green shift in the construction industry?* Consultado el 26/05/25. https://resources.firstplanit.com/mjostarnet-green-symbol-for-construction/
Forest Stewardship Council. (2023). *En madera, otra forma de construir: El material constructivo sostenible del siglo XXI* (p. 34). Consultado 26/05/2025 https://es.fsc.org/es-es/ventajas-de-construir-con-madera#documentos%3A-madera%2C-otra-forma-de-vivir-y-construir
FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI*. Ventajas de construir con madera | FSC España

Gintoff, V. (2016, 4 de julio). *La construcción del edificio de madera más alto del mundo se está llevando a cabo en Vancouver*. ArchDaily. Consultado el 26/05/25. https://www.archdaily.cl/cl/790749/la-construccion-del-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo-se-esta-llevando-a-cabo-en-vancouver
Gobierno de Navarra. (2024, 20 de febrero). *El Gobierno de Navarra avanza en la construcción en Azpilagaña del edificio en madera más alto de Navarra, que empleará 508 toneladas de este material sostenible*. Consultado el 26/05/25.https://www.navarra.es/es/-/nota-prensa/el-gobierno-de-navarra-avanza-en-la-construccion-en-azpilagana-del-edificio-en-madera-mas-alto-de-navarra-que-empleara-508-toneladas-de-este-material-sostenible

HAUT Amsterdam. (s.f.). *Sustainability and safety*. Consultado el 26/05/25. https://hautamsterdam.nl/en/
Henkel Adhesives. (s.f.). *Mjøstårnet*. Consultado el 26/05/25. https://www.henkel-adhesives.com/co/en/applications/all-applications/case-studies/mjostarnet.html
Hilti. (2024). *Building Roots with Wood*. Consultado el 26/05/25. https://reports.hilti.group/2024/our-stories/building-roots-with-wood
HoHo Wien. (2025). *Brandschutz im HoHo Wien*. Consultado el 26/05/25. https://www.hoho-wien.at/brandschutz-im-hoho-wien/

IAAC Blog. (2022, abril 6). *CASE STUDY – BOLC 6X6*. Consultado el 26/05/25. https://www.iaacblog.com/programs/case-study-bolc-6x6/
Il Giornale dell'Architettura. (2023, 21 de junio). *Roots, 72 metri per l'edificio residenziale in legno più alto della Germania*. Consultado el 26/05/25. https://ilgiornaledellarchitettura.com/2023/06/21/roots-72-metri-per-ledificio-residenziale-in-legno-piu-alto-della-germania/
Inarquia. (2022). *Descubre Cirerers, el edificio de madera más alto de España*. https://inarquia.es/edificio/descubre-cirerers-edificio-madera-alto-espana/
Infobuildenergia. (2020, 5 de marzo). *HoHo, il grattacielo in legno alto ben 84 metri*. Consultado el 26/05/25.https://www.infobuildenergia.it/progetti/hoho-il-grattacielo-in-legno-alto-ben-84-metri/
InfoConstrucción. (2025). *España afronta un desajuste estructural entre creación de hogares y ritmo de construcción residencial*. Consultado el 26/05/25. https://www.infoconstruccion.es/noticias/20250506/desajuste-creacion-vivienda

Innovando en la Construcción. (2025a). *La oferta de viviendas en venta y alquiler debería aumentar cada año un 41% y un 56% hasta 2027 para satisfacer la demanda*. Consultado el 26/05/25. https://innovandoenlaconstruccion.com/oferta-vivienda-venta-alquiler-espana/
Innovando en la Construcción. (2025b). *Los cinco desafíos principales de la construcción en 2025*. Consultado el 26/05/25. https://innovandoenlaconstruccion.com/desafios-principales-de-la-construccion-en-2025/
Instituto Forestal (INFOR). (2020). *Productos de ingeniería en madera* (Documento de Divulgación N° 51). Consultado el 26/05/25.https://madera.uc.cl/images/recursos/productos-de-ingenieria-en-madera-de-infor-2020.pdf

Kaufmann, H. (2018). *Building with timber: Paths into the future*. Detail Verlag.

Lacol. (s.f.). *Cooperativa d'habitatges La Borda*. Recuperado de https://lacol.coop/projectes/laborda/
Lignum. (s.f.). *Treet*. https://www.lignum.ch/files/images/Downloads_deutsch/Treet_Abrahamsen.pdf
Lumon. (2024). *Germany's tallest timber build Roots achieves completion incorporating Lumon's smart glazing technology*. Consultado el 26/05/25. https://lumon.com/ca/company/news/germanys-tallest-timber-build-roots-achieves-completion-incorporating-lumons-smart-glazing-technology/

Madera21. (2022, 23 de agosto). *El rascacielos Ascent en Milwaukee se convierte en el edificio de madera más alto del mundo*. Consultado el 26/05/25. https://www.madera21.cl/el-rascacielos-ascent-en-milwaukee-se-convierte-en-el-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo/
Madera21. (s.f.). *DLT: el producto de madera maciza especial para pisos y techos*. Consultado el 26/05/25.https://www.madera21.cl/dlt-el-nuevo-producto-de-madera-maciza-especial-para-pisos-y-techos/
Madera21. (2023). *Edificio de viviendas sociales será la construcción en madera más alta de Cataluña*. Consultado el 26/05/25. https://www.madera21.cl/edificio-de-viviendas-sociales-sera-la-construccion-en-madera-mas-alta-de-cataluna/
Madera21. (s.f.). *LVL: un producto de madera estructural y decorativo con gran potencial de crecimiento*. Consultado el 26/05/25. https://www.madera21.cl/lvl-un-producto-de-madera-estructural-y-decorativo-con-gran-potencial-de-crecimiento/
Madera Sostenible. (2020, 21 de octubre). *LA BORDA, el edificio construido con estructura de madera laminada más alto de España*. Consultado el 26/05/25. https://madera-sostenible.com/arquitectura/la-borda-el-edificio-construido-con-estructura-de-madera-laminada-mas-alto-de-espana/
Madera y Construcción. (2019, 1 de marzo). *Torre Mjøstårnet, Noruega #ArquitecturaDeMadera*. Consultado el 26/05/25. https://maderayconstruccion.com/torre-mjostarnet-noruega-arquitecturademadera/
Mass Madera. (2023). *Built by Nature: Por una arquitectura baja en carbono con madera maciza industrializada*. Informe 2023-24 Mass Madera – MassMadera
Meissner, D. (2019, 14 de marzo). *B.C. building code adjusted upwards to allow 12-storey wood buildings*. On-Site Magazine. Consultado el 26/05/25. https://www.on-sitemag.com/construction-materials/b-c-building-code-adjusted-upwards-to-allow-12-storey-wood-buildings/1003962737/
Meloni, E. (2022, 8 de marzo). *Ascent MKE: l'edificio in legno più alto al mondo*. Infobuildenergia.it. Consultado el 26/05/25. https://www.infobuildenergia.it/progetti/ascent-mke-edificio-legno-piu-alto-mondo-milwaukee/
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020). *Documento Básico SI: Seguridad en caso de incendio*. Gobierno de España. https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DccSI.pdf
Moelven. (2018). *How the world's tallest timber building withstands fire*. Consultado el 26/05/25. https://www.moelven.com/news/news-archive2/2018/how-the-worlds-tallest-timber-building-withstands-fire/
Munárriz, M. (2024, 21 de febrero). *Azpilagaña, el barrio de Pamplona con el edificio más alto de madera de Navarra*. Diario de Navarra. Consultado el 26/05/25. https://www.diariodenavarra.es/noticias/navarra/pamplona-comarca/2024/02/21/azpilagana-el-barrio-pamplona-el-edificio-alto-madera-navarra-599556-1002.html

Naciones Unidas. (s.f.). *Sostenibilidad*. Consultado 26/05/2025 https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad
Nathaniel, J. (2025, 24 de marzo). *Mjøstårnet: The World's Tallest Timber Building Revolutionizing Construction*. Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil. Consultado el 26/05/25. https://student-activity.binus.ac.id/himtes/2025/03/24/mjostarnet-the-worlds-tallest-timber-building-revolutionizing-construction/

Naturally: Wood. (s.f.). *Brock Commons Tallwood House Construction Overview*. https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/brock-commons-construction-overview_case-study_naturallywood.pdf

Premios AVS. (2023). *Bloque plurifamiliar de 21 viviendas VPO en Sabadell*. Consultado el 26/05/25. https://www.premiosdearquitectura.es/es/premios/43-premios-avs-2023/obras-presentadas/1246-bloque-plurifamiliar-de-21-viviendas-vpo-en-sabadell
Premios de Arquitectura. (2025). *Terrazas para la vida – vivienda pública de alquiler*. Consultado el 26/05/25. https://www.premiosdearquitectura.es/es/premios/46-premios-avs-2025/obras-presentadas/1537-terrazas-para-la-vida-vivienda-publica-de-alquiler
Presidencia del Gobierno de España. (2025). *PERTE: Resumen ejecutivo* [PDF]. https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2025/060525-PERTE-%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf
Promat. (s.f.). *HAUT on the Amstel, Amsterdam, Netherlands*. Recuperado de https://www.promat.com/en/construction/your-project/reference-cases/HAUT-on-the-Amstel-Amsterdam-Netherlands/108544/

Sostre Cívic. (s.f.). *Cirerers*. Consultado el 26/05/25. https://sostrecivic.coop/es/projectes/cirerers/
Stora Enso. (2023). *Environmental Product Declaration – CLT*. Environdec. https://www.environdec.com/
Sumitomo Forestry Co. (2018). *Japan construirá rascacielos de madera de 350 metros de alto para 2041*. ArchDaily. Consultado el 26/05/25. https://www.archdaily.cl/cl/889289/japan-construira-rascacielos-de-madera-de-350-metros-de-alto-para-2041

Team V Architecture. (2022). *HAUT Amsterdam Residential Building / Team V Architecture*. ArchDaily. Consultado el 26/05/25. https://www.archdaily.com/989552/haut-amsterdam-residential-building-team-v-architecture
Think Wood. (s.f.). *Ascent*. Consultado el 26/05/25. https://www.thinkwood.com/construction-projects/ascent
Think Wood. (s.f.). *Brock Commons Tallwood House*. Consultado el 26/05/25. https://www.thinkwood.com/construction-projects/brock-commons-tallwood-house
Toca Madera. (2025). *¿La madera arde?* Consultado el 26/05/25. https://tocamaderablog.com/category/fuego/

University of British Columbia. (2022). *Factsheet: Brock Commons Tallwood House*. https://livinglabs.ubc.ca/sites/default/files/2022-08/Naturally%20Wood%20Building%20Factsheet.pdf

BIBLIOGRAFÍA GRÁFICA:

Figura 1. Dezeen. (2023, 28 de marzo). *Mjøstårnet by Voll Arkitekter leads Dezeen's Timber Revolution series.* Editada por autora. https://www.dezeen.com/2023/03/28/mjostarnet-voll-arkitekter-timber-revolution/
Figura 2. Elaboración propia. Línea temporal del uso de la madera en la construcción.
Figura 3. Elaboración propia. Esquema metodología de investigación.
Figura 4. Elaboración propia. Foto del exterior e interiores visita de obra ACR.
Figura 5. Elaboración propia. Foto del exterior e interiores visita de obra residencia UPM, Campus Sur.
Figura 6. BISMAN Arquitectos. (2022). *Centro Deportivo Municipal Cuatro Caminos en Madrid*. https://bis211.com/centro-deportivo-municipal-cuatro-caminos-en-madrid/
Figura 7. Egoin Wood Group. (s.f.). *Madera contralaminada CLT*. https://egoin.com/tecnologias/madera-contralaminada-clt/
Figura 8. Forestal Maderero. (s.f.). *¿Qué es CLT y Glulam? Madera Laminada*. https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/que-es-madera-de-ingenieria-masiva-met.html/que-es-clt-y-glulam-madera-laminada
Figura 9. Madera21. (s.f.). *LVL: un producto de madera estructural y decorativo con gran potencial de crecimiento.*

https://www.madera21.cl/lvl-un-producto-de-madera-estructural-y-decorativo-con-gran-potencial-de-crecimiento/

Figura 10. Madera Estructural. (2016, 1 de diciembre). *NLT y brettstapel – los elementos estructurales en madera más ecológicos.*

https://maderaestructural.wordpress.com/2016/12/01/nlt-y-brettstapel-los-elementos-estructurales-en-madera-mas-ecologicos/

Figura 11. Madera21. (s.f.). *DLT: el producto de madera maciza especial para pisos y techos*.

https://www.madera21.cl/dlt-el-nuevo-producto-de-madera-maciza-especial-para-pisos-y-techos/

Figura 12. Elaboración propia. Tabla comparativa madera estructural.

Figura 13. Arquitectura Viva. (2023). *Torre residencial de madera Le Berlier en París.* Editada por autora.

https://arquitecturaviva.com/obras/torre-residencial-de-madera-en-paris

Figura 14. CaixaBank Research. (2024, noviembre 12). *Mercado inmobiliario español 2024-2025: En modo expansivo*.

https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/inmobiliario/mercado-inmobiliario-espanol-2024-2025-modo-expansivo

Figura 15. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 16. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 17. Egoin Wood Group. *PDF Comparativa entre la construcción con hormigón, acero y madera.* Editada por autora.

Figura 18. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 19. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España. Editada por autora.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 20. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 21. Ciudad Sostenible. (2021). *Edificio Impulso Verde*.

https://www.ciudadsostenible.eu/edificio-impulso-verde-lugo/

Figura 22. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España. Editada por autora.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 23. FSC España. (2021). *En madera, otra forma de construir*. FSC España. Editada por autora.

Ventajas de construir con madera | FSC España

Figura 24. ArchDaily. (2018, 15 de febrero). *Japan Plans for Supertall Wooden Skyscraper in Tokyo by 2041.*

https://www.archdaily.com/889142/japan-plans-for-supertall-wooden-skyscraper-in-tokyo-by-2041

Figura 25. Japan Experience. (2024, 12 de febrero). *Templo Hōryū-ji: Las estructuras budistas de madera más antiguas del mundo.*

https://www.japan-experience.com/es/todo-sobre-japon/nara/temples-and-shrines-in-japan/templo-horyuji-las-estructuras-budistas-de-madera-mas-antiguas-del-mundo

Figura 26. Elaboración propia. Comparativa de emisiones de CO_2.

Figura 27. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2019). *Estructura forestal en España 2018* [Informe PDF].

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/aef2018_estructuraforestal_tcm30-521674.pdf

Figura 28. Summit Series Matter Group. (2023). *Caso Brock Commons.* Editada por autora. https://summitseries.matter.group/woodmatters/prefabricacion/caso-brock-commons

Figura 29. AscentMKE. (s.f.). *Galería de imágenes*. https://www.ascentmke.com/

Figura 30. Komp, J. (2024). *Ascent Tower: The evolution of mass timber construction – Pushing the mass timber envelope* [Presentación en PDF]. Thornton Tomasetti.

Figura 31. Meloni, E. (2023, marzo 13). *Ascent MKE: l'edificio in legno più alto al mondo*. Infobuildenergia. https://www.infobuildenergia.it/progetti/ascent-mke-edificio-legno-piu-alto-mondo-milwaukee/

Figura 32. Balones de madera. (2022, 1 de septiembre). *El rascacielos Ascent en Milwaukee (Wisconsin, EE.UU.) hoy es el edificio de madera más alto del mundo: 86,6 metros*. https://balonesdemadera.wordpress.com/2022/09/01/el-rascacielos-ascent-en-milwaukee-wisconsin-ee-uu-hoy-es-el-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo-866-metros/

Figura 33. Think Wood. (s.f.). *Ascent*. ThinkWood.com. https://www.thinkwood.com/construction-projects/ascent

Figura 34. Elaboración propia. QR vídeo estructura Ascent.

Figura 35. Dezeen. (2023, 28 de marzo). *Mjøstårnet by Voll Arkitekter is a pioneering timber tower in Norway*. https://www.dezeen.com/2023/03/28/mjostarnet-voll-arkitekter-timber-revolution/

Figura 36. La Redazione. (2020, 2 de marzo). *L'edificio in legno più alto al Mondo è il Mjøstårnet in Norvegia.* Infobuildenergia. https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/ledificio-in-legno-piu-alto-al-mondo-e-il-mjostarnet-in-norvegia/

Figura 37. Proceedings of the World Conference on Timber Engineering. (2023). *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering*. https://www.proceedings.com/content/069/069179-0547open.pdf

Figura 38. Elaboración propia. QR vídeo resistencia al fuego del edificio.

Figura 39. Metalocus. (2019, 10 diciembre). *El edificio en madera más alto del mundo, la torre Mjøsa por Voll Arkitekter*. https://www.metalocus.es/es/noticias/el-edificio-en-madera-mas-alto-del-mundo-la-torre-mjosa-por-voll-arkitekter

Figura 40. Fortune. (2022, 10 de mayo). *El rascacielos de madera más alto del mundo se construirá en Noruega*. https://fortune.com/europe/2022/05/10/world-tallest-wooden-building-skyscraper-norway-milwaukee/

Figura 41. Dezeen. (2023, 28 de marzo). *Mjøstårnet by Voll Arkitekter is a pioneering timber tower in Norway*. https://www.dezeen.com/2023/03/28/mjostarnet-voll-arkitekter-timber-revolution/

Figura 42. BIG SEE. (2022). *HoHo Wien*. https://bigsee.eu/hoho-wien/

Figura 43. BIG SEE. (2022). *HoHo Wien*. https://bigsee.eu/hoho-wien/

Figura 44. Madera y Construcción. (2020, 20 de mayo). *HoHo Viena: construcción híbrida a la vista*. https://maderayconstruccion.com/hoho-viena-construccion-hibrida-a-la-vista/

Figura 45. Elaboración propia. QR vídeo montaje en obra HoHo.

Figura 46. Madera21. (2019). *HoHo Wien*. https://www.madera21.cl/project-view/hoho-wien/

Figura 47. Madera21. (2019). *HoHo Wien*.

https://www.madera21.cl/project-view/hoho-wien/
Figura 48. Team V Architecture. (2016). *The Netherlands' Tallest Timber Tower to Be Built in Amsterdam*. ArchDaily.
https://www.archdaily.cl/cl/791918/conoce-haut-el-futuro-edificio-en-madera-mas-alto-de-holanda/578e78a0e58eceee4e000004-the-netherlands-tallest-timber-tower-to-be-built-in-amsterdam-image
Figura 49. Lumon. (2024, 25 de septiembre). *Germany's tallest timber build "Roots" achieves completion, incorporating Lumon's smart glazing technology*.
https://lumon.com/ca/company/news/germanys-tallest-timber-build-roots-achieves-completion-incorporating-lumons-smart-glazing-technology/
Figura 50. Störmer Murphy and Partners. (2024). *Timber tower "Roots", Hamburg*.
https://www.stoermer-partner.de/en/portfolio-item/timber-tower-roots-hamburg/
Figura 51. Elaboración propia. QR vídeo montaje en obra del Roots.
Figura 52. Lumon. (2024, 25 de septiembre). *Germany's tallest timber build "Roots" achieves completion, incorporating Lumon's smart glazing technology*.
https://lumon.com/ca/company/news/germanys-tallest-timber-build-roots-achieves-completion-incorporating-lumons-smart-glazing-technology/
Figura 53. JATP. (2024, 20 de marzo). *Los edificios de madera más altos del mundo*. Valor U.
https://www.valor-u.com/el-imparable-ascenso-de-los-edificios-de-madera/
Figura 54. inca_unul. (2015, 19 de noviembre). *UBC Tallwood Hoüse en Brock Commons, Vancouver, Canadá*. r/StructuralEngineering.
https://www.reddit.com/r/StructuralEngineering/comments/1ev9thw/ubc_tallwood_ho%C3%BCse_at_brock_commons_vancouver/?tl=es-es
Figura 55. Gilmore. L (2017). Captura editada por la autora.
Figura 56. Acton Ostry Architects & University of British Columbia. (2017). *Brock Commons Tallwood House*. Archello.
https://archello.com/es/story/33893/attachments/photos-videos
Figura 57. Elaboración propia. QR tour por el Brock Commons.
Figura 58. Diagnosis de la Madera. (2017, 23 de febrero). *Arquitectura y madera: Treet*.
https://diagnosisdelamadera.com/arquitectura-y-madera-treet/
Figura 59. Abrahamsen, R. B. (2014). *Structural design and assembly of "Treet" – A 14-storey timber residential building in Norway*. Lignum.
https://www.lignum.ch/files/images/Downloads_deutsch/Treet_Abrahamsen.pdf
Figura 60. Diagnosis de la Madera. (2017, 23 de febrero). *Arquitectura y madera: Treet*.
https://diagnosisdelamadera.com/arquitectura-y-madera-treet/
Figura 61. Built. (2023). *Atlassian Central*.
https://www.built.com.au/projects/atlassian-central/
Figura 62. Dezeen. (2022, 14 de abril). Schmidt Hammer Lassen designs world's tallest timber residential building.
https://www.dezeen.com/2022/04/14/tallest-timber-building-schmidt-hammer-lassen-winterthur/
Figura 63. Sumitomo Forestry Co. (2018). *Japan plans for supertall wooden skyscraper in Tokyo by 2041*. ArchDaily.
https://www.archdaily.cl/cl/889289/japan-construira-rascacielos-de-madera-de-350-metros-de-alto-para-2041
Figura 64. Bosch Capdeferro Arquitectures. (2023). *Bloc 6×6* [Catálogo en PDF].
https://www.boschcapdeferro.com/_data/pdf_es/20230321-png-bloc-6x6-cast-201-es.pdf
Figura 65. Madergia. (s.f.). *Edificio Azpilagaña. Construcción en CLT* [Fotografía].
https://www.madergia.com/proyectos/edificio-azpilagana-construccion-en-clt/
Figura 66. Diario de Navarra. (2024, 21 de febrero). *Fotos: construcción en Azpilagaña del edificio de madera más alto de Navarra* [Galería de imágenes].

https://www.diariodenavarra.es/multimedia/galerias-imagenes/navarra/pamplona-comarca/2024/02/21/fotos-construccion-azpilagana-edificio-madera-alto-navarra.html

Figura 67. Madergia. (s.f.). *Edificio Azpilagaña. Construcción en CLT* [Fotografía]. https://www.madergia.com/proyectos/edificio-azpilagana-construccion-en-clt/

Figura 68. Arquitek. (2024, marzo 27). *Arquitectura en madera: 40 viviendas sociales en Barcelona* [Fotografía]. Arquitek. https://arquitek.pe/arquitectura-en-madera-40-viviendas-sociales-en-barcelona/

Figura 69. Madera21. (2023, junio 8). *Edificio de viviendas sociales será la construcción en madera más alta de Cataluña* [Fotografía]. Madera21. https://www.madera21.cl/edificio-de-viviendas-sociales-sera-la-construccion-en-madera-mas-alta-de-cataluna/

Figura 70. Mass Madera. (2023). *Informe Mass Madera 2023: El futuro de la construcción con madera en España* [Captura de informe]. Madera estructural. Informe 2023-24 Mass Madera – MassMadera

Figura 71. Celobert Cooperativa. (s.f.). *Cirerers, cohabitatge cooperatiu a Roquetes* [Imagen]. https://celobert.coop/projectes/cirerers/

Figura 72. Celobert Cooperativa. (s.f.). *Cirerers, cohabitatge cooperatiu a Roquetes* [Imagen]. https://celobert.coop/projectes/cirerers/

Figura 73. Celobert Cooperativa. (s.f.). *Cirerers, cohabitatge cooperatiu a Roquetes* [Imagen]. https://celobert.coop/projectes/cirerers/

Figura 74. ArchDaily. (2019). Edificio La Borda / Lacol. https://www.archdaily.cl/cl/922182/edificio-la-borda-lacol

Figura 75. Premios de Arquitectura. (2023). *Bloque plurifamiliar de 21 viviendas VPO en Sabadell*. https://www.premiosdearquitectura.es/es/premios/43-premios-avs-2023/obras-presentadas/1246-bloque-plurifamiliar-de-21-viviendas-vpo-en-sabadell

Figura 76. Elaboración propia. QR vídeo montaje en obra 21 viviendas VPO, Barcelona.

Figura 77. Peris + Toral arquitectes. (2020). 85 viviendas sociales en Cornellá de Llobregat. https://arquitecturaviva.com/obras/85-viviendas-sociales-en-cornella-de-llobregat-barcelona

Figura 78. Peris + Toral arquitectes. (2020). 85 viviendas sociales en Cornellá de Llobregat. https://arquitecturaviva.com/obras/85-viviendas-sociales-en-cornella-de-llobregat-barcelona

Figura 79. Peris + Toral arquitectes. (2020). 85 viviendas sociales en Cornellá de Llobregat. https://arquitecturaviva.com/obras/85-viviendas-sociales-en-cornella-de-llobregat-barcelona

Figura 80. Arquitectura Viva. (2020, septiembre 25). *Bloque 6x6, Gerona*. https://arquitecturaviva.com/obras/bloque-6x6-en-gerona

Figura 81. Arquitectura Viva. (2020, septiembre 25). *Bloque 6x6, Gerona*. https://arquitecturaviva.com/obras/bloque-6x6-en-gerona

Figura 82. Arquitectura Viva. (2020, septiembre 25). *Bloque 6x6, Gerona*. https://arquitecturaviva.com/obras/bloque-6x6-en-gerona

Figura 83. Sumitomo Forestry Co. (2018). *Japan plans for supertall wooden skyscraper in Tokyo by 2041*. ArchDaily. https://www.archdaily.cl/cl/889289/japan-construira-rascacielos-de-madera-de-350-metros-de-alto-para-2041

