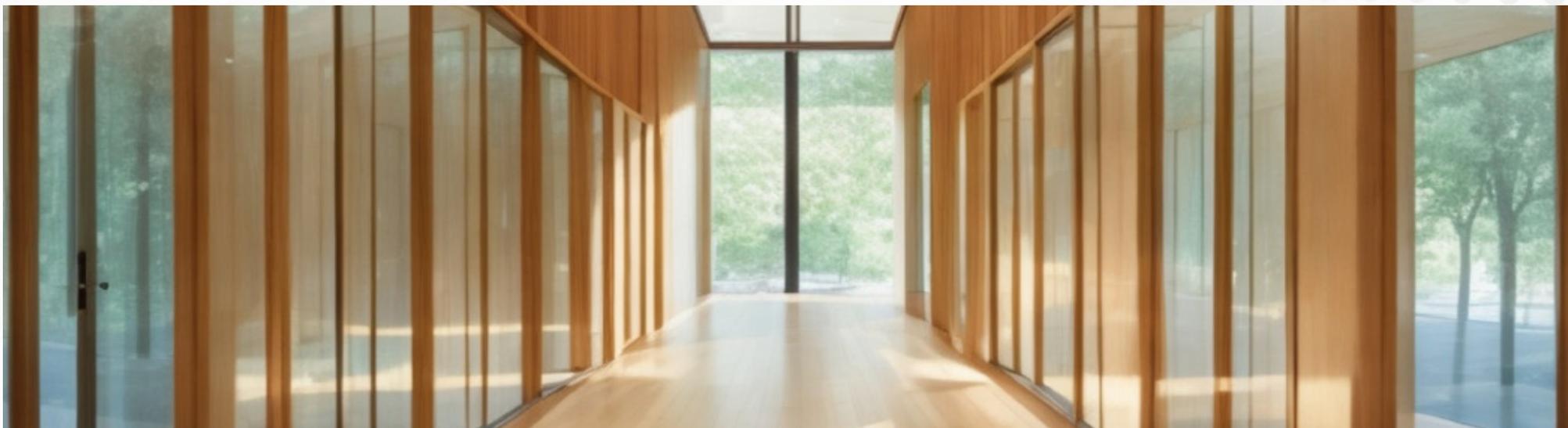


# LA MADERA COMO MATERIAL: UNA RESPUESTA EN MEJORA CONTINUA



**La madera ha sido utilizada a lo largo de la historia, en distintos climas y eras, como material constructivo gracias a sus cualidades, propias de su naturaleza. Hoy, esta continúa mejorando sus posibilidades y capacidades de la mano de la tecnología, ofreciendo una respuesta sólida y de calidad a una industria que podría regresar a ella.**

Los primeros registros del uso de madera como material masivo de construcción datan del año 9000 A.C., en zonas cercanas a la frontera entre Turquía e Irán. Las cabañas registradas ahí muestran estructuras redondas u ovaladas, las que con el tiempo evolucionaron hacia nuevas formas, como conos, cilindros y rectángulos. Posteriormente, entre el año 6500 y 6000 A.C., se identifican las

primeras edificaciones creciendo en altura, entre la península de Anatolia y la isla de Chipre, alcanzando los 2 pisos.

Para el 4000 A.C ya se habían establecido las primeras construcciones con madera en la antigua Grecia, y desde ese momento, también comienzan a identificarse estructuras en madera entre tribus nómadas de Nortea-

mérica, África, Asia Central e Indonesia, por lo general para erigir viviendas. De ahí en adelante, la madera se hallaría en múltiples estructuras alrededor del mundo, fuera de la mano de la arquitectura egipcia, japonesa, romana o china.

Esta predominancia se mantuvo estable y en constante evolución a lo largo de Euro-



Casa tradicional Karo (Indonesia), 1914.  
Fuente: [Wikipedia](#)

pa, teniendo como principal referente a la región alpina.

Esta tendencia se sostuvo hasta entrado el siglo XIX, cuando la irrupción de la albañilería y las vigas de materiales como el acero y el hormigón reorientaron el paradigma de la construcción, e incluso en ese momento, el uso y la investigación aplicada para desarrollar nuevas tecnologías y sistemas continuó a lo largo del siglo XX

Incluso cuando esto estaba ocurriendo al otro lado del atlántico, en esa misma época, en Estados Unidos ocurría el boom del uso de madera en la construcción, dando pie al desarrollo de diversas herramientas, investigaciones, y tecnologías. Esto continuó en el siglo XX, donde este impulso tecnológico dio el pie para la ola de edificios en altura en madera que han estado construyendo a lo largo del mundo.

Esta cronología, proveniente del libro [“Fundamentos del diseño y la construcción con madera”](#), del investigador CENAMAD Pablo Guindos, presenta que la madera ha sido utilizada como material de construcción para erigir sus viviendas y comunidades durante siglos, siendo capaz de responder a los diver-

sos climas y necesidades, y ser mejorada de la mano del desarrollo tecnológico.

Esto se explica en la naturaleza misma de la madera, que permite un equilibrio entre calidad estructural, habitabilidad, versatilidad y sostenibilidad. Hoy, tras un siglo XX que se volcó hacia materiales como el hormigón y el acero por motivos de resistencia y capacidad de aplicación en altura, la madera está recuperando su sitio en el abanico de materiales disponibles de construcción.

Todo lo que requiere el poder ejecutar un diseño con ella es entender sus particularidades.

## **Anisotropía e higriscopía: características únicas**

Las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de la madera a la hora de construir están asociadas a características intrínsecas del material. Entre las más importantes se encuentran su condición de material anisotrópico, higroscópico, de densidad variable, combustible y dieléctrico, entre otros. De este listado, las más importantes



Ensayo de resistencia de carga lateral en madera CLT. Fuente: elaboración propia

son las dos primeras, dado su rol en las propiedades mecánicas, elásticas y de durabilidad del material.

Cuando decimos que la madera es anisotrópica, nos referimos a que sus propiedades varían en función de la dirección del crecimiento del árbol desde la base hacia la copa, orientación conocida como crecimiento en la longitud de la fibra. Debido a esto, se pueden diferenciar tres principales direcciones: tangencial, radial o longitudinal, las que afectan diversas propiedades mecánicas y elásticas, haciendo clave su consideración.

Por otro lado, la condición higroscópica del material significa que este tiene la capacidad de absorber o entregar agua a su medio circundante. Esto lleva a que la madera pueda perder sus dimensiones debido a la contracción o expansión que esta agua genera en la estructura, principalmente en la zona radial y tangencial, y a que se vuelva vulnerable a ataques de agentes biológicos, tales como insectos.

Esta característica depende principalmente de la humedad disponible en el ambiente donde se encuentra la madera y su temperatura,

y puede vincularse de gran manera con los procesos químicos que se utilizan posteriormente para que la madera pueda ser utilizada en construcción, tales como el encolado y la preservación. En ambos procesos resulta importante considerar el uso que tendrá la madera, cosa de poder identificar qué tanto podría variar una pieza en su operatividad, y cuánto se puede permitir esta capacidad.

Al respecto, la norma nacional NCh1198 toma en consideración estos factores con el fin de entregar una guía sobre la humedad de equilibrio con las condiciones ambientales que debe tener la madera en su uso constructivo; según la zona del país, su temperatura media anual y su humedad media. Esto, a su vez, se cerciora gracias a la medición de la diferencia de masa, según lo normado por la NCh174, o con instrumentación como electrodos de resistencia.

Al día de hoy, la reglamentación pide que la madera para construcción (en especial estructural) no tenga más de 20% de humedad.

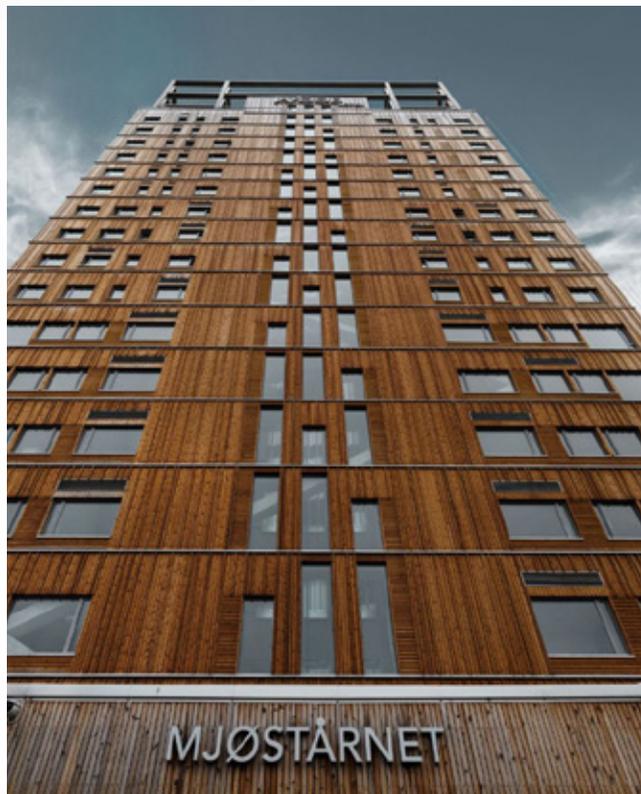
Estas dos características de origen afectan a las propiedades mecánicas y elásticas del material principalmente. La primera refiere a su capacidad de resistir fuerzas extremas como vientos y movimientos sísmicos, entre otros. Para medir esto, es necesario conocer

el límite elástico del material, el que corresponde a la máxima carga de fuerza al que este puede ser sometido sin producir deformaciones permanentes.

Para la madera, dada su calidad anisotópica, esta medición debe considerar todas sus direcciones, por lo que, a la hora de medir elementos como su tracción y compresión, esto se aplica tanto de manera paralela como perpendicular a la fibra.

Contrario a lo que podría pensarse, esta multiplicidad de posibilidades no hace a la madera menos capacitada para la construcción, sino que, por el contrario, es una de las bases del buen desempeño que tiene el material a la hora de enfrentar fuerzas como un sismo, dada una más amplia capacidad de manejarlo.

Más allá de estas dos cualidades que caracterizan a la madera, otras que pueden nombrarse son aquellas que entran en acción a la hora de utilizarla en una construcción, tales como su buena aislación térmica y acústica. La madera cuenta con una baja capacidad de transmitir calor (conductividad térmica), y el necesario para que esta suba de temperatura en un gramo (calor específico) es muy alta, haciendo que el material actúe como una barrera casi impenetrable e invariable en térmi-



Edificio Mjøstårnet, Finlandia (18 pisos de altura)  
nos de temperatura, manteniendo las habitaciones sin gran variación.

Estos mecanismos se relacionan directamente con la capacidad de aislación acústica, dado que la onda de sonido que vibra en el aire se convierte en energía calórica al penetrar en las fibras porosas de la madera, la cual tiene muy pocas capacidades de afectar a la madera. Esto hace que el material

absorba gran parte de las ondas y bloquee el paso de muchos de los ruidos a través de su estructura.

Conocer estas y las demás características intrínsecas del material es la clave para poder desenvolverse con este y aprovechar sus cualidades en una construcción, además de poder identificar las diversas estrategias y métodos que se utilizan para sacar el máximo provecho a cada una de estas. Mientras en el siglo XX muchos países se volcaban a construir en acero y hormigón, la tecnología continuó avanzando en la madera para sortear sus debilidades, haciendo de la mejora continua la mejor herramienta para retomar esta forma de construir.

Hoy, gracias a esto, existen materiales de ingeniería en madera que permiten aumentar la altura de las estructuras en madera hasta más allá de los 20 pisos, metodologías de construcción híbrida que permiten una transformación paulatina pero efectiva para la industria en materia de sostenibilidad, y herramientas para industrializar los distintos componentes, acelerando exponencialmente una obra.

Aún con estos avances, científicos y académicos continúan buscando refinar aún más

las cualidades y capacidades de este noble material, como mostraron los investigadores asociados CENAMAD Víctor Rosales y Gonzalo Rodríguez en el séptimo Webinar de la [campaña Enlaces](#).

## Madera nativa encolada en verde: resignificando las especies nacionales

En el año 2021, un equipo mixto de la Universidad Católica y la Universidad del Bío Bío postularon en conjunto al concurso IDeA I+D de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) con una premisa en mente: revalorizar la madera nativa. Hoy en día, los productos de madera nativa no suelen tener el tamaño para ser utilizadas en construcción y, por lo tanto, se convierten en leña, desperdiciando enormes cualidades mecánicas y de durabilidad debido a estas piedras de tope.

Viendo esto, los investigadores asociados de CENAMAD Víctor Rosales (UBB) y Gonzalo Rodríguez (UC), plantearon un proyecto de investigación con el fin de analizar y conocer esta madera, cosa de ver su factibilidad de aumentar su valor al hacerla apta para cons-

trucción a través de un sistema no convencional de encolado: el encolado en verde.

Encolar “en verde” refiere a la realización de este proceso (que por lo general se aplica en maderas secas para asegurar su correcta absorción) en maderas con mayores contenidos de humedad, basados en experiencia internacional exitosa.

Este proceso de encolado permitiría que las piezas pudieran aumentar su dimensión, haciendo posible su uso constructivo y dando pie a la creación de una oferta a futuro.

Para esto, testearon este sistema en 4 especies nacionales: lengas, coigües, raulíes y robles, a través de madera bilaminada.



Casa construida por el profesor Rodríguez y su equipo para el Solar Decathlon 2010 con la técnica del encolado en verde en la Université Bordeaux, Francia. Fuente: [Construcción Civil UC](#)

Diversas pruebas de laminación, cizalle, y estabilidad dimensional se realizaron para identificar si este encolador era capaz de generar piezas de madera estables y con menores defectos, dados los riesgos que involucra el proceso de secado. La estabilidad dimensional de las piezas testeadas dio una respuesta positiva, abriendo la puerta a la factibilidad de este producto.

Los resultados que entregaron estas pruebas fueron positivos en materias como de resistencia, alcanzando ya indicadores muy

cercanos a los de otros materiales. En base a ellos, el equipo señaló en el artículo científico “Native wood revaluation through green glueing” que sería posible dar el siguiente paso en el camino de este proyecto, procediendo a desarrollar una metodología de encolado en verde para ciertas especies.

Al respecto, el artículo señala que la técnica no estaría limitada a maderas blandas, dado que las especies testeadas caían todas en la categoría de maderas duras; y que el amplio rango de humedad trabajado durante el estu-

dio (desde 15% a 150%) entregaría flexibilidad en términos de manufactura y condiciones circundantes de fabricación.

La investigación continuará para poder determinar nuevos aspectos necesarios para la implementación de esta madera en construcción, pero desde ya es otro gran y sólido ejemplo de la capacidad y versatilidad que ofrece la madera como materialidad, la que sólo avanza y mejora al estar de la mano de la investigación y tecnología.

