



Madera21 | Eje Educación y Capacitación

El Ciclo de la Madera en la Construcción

Andrés Sierra | Arquitecto

Texto preparado como respaldo para ciclo de charlas que forman parte del eje Educación y Capacitación, de Madera 21.

Santiago, 4 de abril 2018.

Madera21 de Corma

Madera21 es una asociación fundada por la Corporación Chilena de la Madera (Corma) en 2001 con el objetivo de liderar los procesos de generación y transferencia de conocimiento, contribuyendo a formar capacidades para el desarrollo del uso de la madera en los ámbitos de la arquitectura, diseño, ingeniería, construcción e innovación en Chile.

Los ejes de trabajo de Madera21 son cuatro:

1. Educación y Capacitación: Uno de los objetivos de Madera21 es desarrollar un programa educativo que contribuya a disminuir las brechas existentes en el sector, acortando la brecha de la escasez de técnicos y profesionales capacitados en el buen uso de la madera.

2. Investigación y Desarrollo: El Centro de Innovación en madera UC-CORMA nace de una alianza estratégica entre la Universidad Católica y la Corporación Chilena de la madera, y tiene como objetivo investigar e innovar sobre construcción en madera, transfiriendo este nuevo conocimiento a través de las publicaciones, desarrollo de productos, docencia y extensión.

3. Comunicación y Difusión: La introducción y desarrollo de la madera en la construcción

dependen, en gran medida, de un cambio cultural. Para que esto ocurra, resulta fundamental dar a conocer las ventajas y posibilidades de este material, tanto entre los profesionales y técnicos, como entre el público general. Para abordar este objetivo, Madera21 cuenta con tres instancias de promoción y difusión de la madera: la plataforma web www.madera21.cl, la Semana de la Madera y la Feria Comad.

4. Relación con stakeholders: Madera21 se encuentra en constante relación con actores relevantes del medio, participando en diversas actividades y gestando proyectos relevantes para avanzar en temas de posicionamiento de la madera y buenas prácticas de uso.

Ciclo de charlas Arquitectura 2018: En el marco del eje de Educación y Capacitación y de los concursos que se realizan durante la Semana de la Madera, Madera21 ha preparado una charla dirigida a estudiantes de arquitectura y que tiene como objetivo constituir una herramienta de apoyo técnico para los anteproyectos desarrollados por las escuelas de arquitectura y un elemento de apoyo para quienes quieran profundizar más en el diseño de proyectos de arquitectura en madera.

Andrés Sierra

Licenciado en Arquitectura (2005) y Magíster en Arquitectura (2010) de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en la actualidad ejerce su actividad profesional y académica como consultor independiente y profesor asistente adjunto en diferentes Universidades, con especial interés en las técnicas y procesos de construcción con recursos renovables y el diseño de proyectos de arquitectura.

En sus más de 12 años de experiencia académica y profesional ha sido Subdirector de Transferencia del Centro UC de Innovación en Madera CIM UC (2014-2016) y Director Intº del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera UC-CORMA (2012-2014), creando obteniendo financiamiento y gestionando proyectos, de vinculación interfacultad, interuniversitaria y extrauniversitaria, así como con el sector privado y organismos gubernamentales.

Entre sus logros como profesional están el haber participado de la creación y del nuevo CIM UC (2014-2019), la formación de spin-offs del rubro de la industria de la prefabricación y construcción en madera, la adjudicación de diferentes fondos gubernamentales para I+D+i+TT y la venta de diferentes proyectos del mismo rubro tanto a entidades públicas como privadas.

Entre sus logros como académico están el haber sido parte de la delegación que se adjudicó la organización del World Conference on Timber Engineering (WCTE 2020) a realizarse en Chile, la obtención de la patente de invención nº49971 en Chile (2014) por el Sistema Constructivo en madera: “Cubiertas Modulares” y la obtención del Premio AVONNI (2012), Categoría Ciudad Nueva, además de diversas cátedras, talleres, proyectos editoriales y exposición en diferentes conferencias nacionales e internacionales.

Madera (Por Qué)

Si hacemos la comparación entre el contexto de una charla en torno a este tema el año 2004 y este año 2018, podemos apreciar cuánto ha cambiado la percepción y aumentado el interés en torno a la madera.

Es posible notar también que estamos frente a un momento que nunca ha sido más auspicioso tanto a nivel nacional e internacional. Es difícil sorprenderse ante obras construidas en Chile como el Pabellón de Chile en Milán y su posterior traslado y montaje en Temuco, o el Paso Los Libertadores (proyecto de madera laminada de mayor tamaño en Chile); ante noticias como que se construirá una torre experimental de 5 pisos en Peñuelas, un barrio de vivienda continua de 3 pisos en Chañaral, Constitución, Osorno o Talcahuano, o incluso al constatar que ya está inaugurado en Vancouver un edificio de 18 pisos en madera, o incluso que Japón planea tener un edificio en madera de 350 metros de altura en los próximos años.

Otros Materiales y la Madera

En primer lugar, habría que mencionar que prácticamente no existe la construcción realizada exclusivamente en un material, por ejemplo, en el caso de la madera, las fundaciones suelen ser de hormigón armado, las conexiones entre las partes suelen ser de metales como acero galvanizado o aluminio y los revestimientos tanto interiores como exteriores pueden ser de yeso, fibrocemento, vidrio u otros compuestos sintéticos -sin aún mencionar el mundo de las membranas y otras protecciones químicos o físicas-, los cuales hacen posible y aseguran el buen desempeño de lo que hoy conocemos como “arquitectura en madera”.

Es dentro de esa lógica que en la actualidad se explica este especial interés de incorporar más materiales provenientes de fuentes renovables, como por ejemplo la madera, en nuestras construcciones.

Podemos encontrar hoy publicidad de empresas como Adera -dedicada al negocio inmobiliario en

Canadá desde hace más de 45 años, desarrollando más de 10.000 viviendas y 350.000m² de espacio comercial- que describe este año (2018), una construcción en otros materiales, como:

- *“Construcción lenta (...) otros materiales necesitan tiempo para solidificarse antes que pueda soportar el peso de los pisos superiores.*
- *Altos niveles de ruido (...) otros materiales transmiten los sonidos, lo que se traduce en más ruido de los vecinos que te rodean.*
- *Falla impredeciblemente: Las estructuras en otros materiales pueden fallar de modo impredecible, especialmente ante un incendio o un terremoto.”*

Sin necesidad de juzgar específicamente cada uno de los “atributos” mencionados, con los que uno podría estar o no de acuerdo, especialmente considerando nuestra realidad en Chile con un excelente comportamiento sísmico de la construcción en hormigón armado o albañilería, entre otros, es importante detenerse en otro punto que cita la mencionada empresa: *“Recursos no-renovables: La extracción de otros materiales hace uso de importantes recursos y cambia el paisaje natural de la Tierra de modo permanente”*.

La madera es el único material para estructuras que puede certificar, por entidades externas a su producción, que proviene de una fuente renovable gestionada de forma sostenible. Durante todo su ciclo de vida, tiene un mejor desempeño que otros materiales, en términos de: energía capturada, emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del aire, desechos sólidos e impacto de su uso en el medio ambiente (CEI-Bois).

Específicamente, podemos ver que la madera es el único material que tiene una huella de carbono positiva al final de su ciclo de vida, o que reemplazando 1m³ de otros materiales de construcción, con 1m³ de madera, significa capturar 1 tonelada de CO₂.

Entonces, tras describir un edificio como el mostrado anteriormente, compuesto exclusivamente de “recursos no renovables” es que podríamos parafrasear una conocida charla del también arquitecto William McDonough, autor del libro “Cradle to Cradle” preguntándonos: ¿qué les parece este legado para nuestros hijos?

Desafío Global

Según datos de Naciones Unidas, está previsto que la población mundial aumente en más de 1.000 millones de personas en los próximos 15 años, por lo que alcanzaríamos los 8.500 millones el 2030, los 9.700 millones el 2050 y los 11.200 millones de habitantes el 2100.

Además, como explica el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la misma institución: la población urbana pasará del 54% que representa hoy, al 66% el año 2050.

Si bien la referencia podría no ser tan relevante para la región de Latinoamérica, donde nos desempeñamos, pues hay una mayoría de población urbana desde la década del 60, por ejemplo en Asia se está alcanzando el 50% en este momento y en África se proyecta que lo haga cerca del 2030, ambos con grandes cantidades de población y a un ritmo acelerado. Lo mismo podemos verificar al comparar la aglomeración en grandes ciudades entre el año 2014 y el año 2030.

¿Qué significan los datos mencionados, para este sector? Que, entre muchas otras consecuencias, habrá que dotar de una vivienda nueva a los aproximadamente dos mil quinientos millones de nuevos habitantes que irán llegando desde hoy, hasta el 2050, a asentamientos urbanos.

Esto último, es sólo considerando la vivienda urbana nueva, pues podríamos incluir el también necesario reemplazo de algunas de las viviendas de quienes viven actualmente en las ciudades, -en especial de quienes lo hacen en condiciones precarias-.

Es así como estos datos se convierten en relevantes para el sector de la construcción y lo son aún más para el mundo de la madera tras cruzarlos con las metas de desarrollo sustentable a nivel global, las que se traducen en un compromiso donde las nuevas construcciones deberán tener en cuenta aspectos como su ciclo de vida -desde la materia prima hasta el reciclaje-, así como ser eficientes en cuanto al manejo de residuos y uso de la energía durante su construcción y uso.

Desafío Local

Chile ha asumido desafíos muy importantes respecto a eficiencia energética y sustentabilidad ambiental, como el compromiso de reducir en una década (2010-20) el 20% de la trayectoria esperada del consumo energético y emisiones de gases efecto invernadero.

Por otro lado, la principal fuente de energía de Chile entre el 2008 y el 2015 fue “Derivados del Petróleo” (GOBIERNO DE CHILE), esto, en un país que además al año 2008 tenía una alta dependencia energética de otros países, lo que se traduce en costos en transporte, tanto económicos, como desde el punto de vista de la huella de carbono.

Además, un análisis del material particulado en el aire de muchas de las ciudades de Chile muestra que están muy por sobre la normativa vigente. Específicamente, la mayoría de las comunas más importantes entre Viña del Mar y Coyhaique tienen un promedio Anual de Concentraciones de MP2.5 en el Aire por sobre 20ug/m³, es decir son ciudades saturadas en cuanto a contaminación del aire.

Entre los motivos de este daño al ambiente y a la calidad de vida de las personas, están las construcciones que se han hecho hasta la fecha que, por un lado concentran el 26% del uso final de la energía y producen el 33% de las emisiones de gases efecto invernadero y por otro, al momento de ser usadas, son en algunos casos de las regiones del Sur de Chile, calefaccionadas con leña por un tiempo largo o permanente debido a que también su diseño

es ineficiente desde el punto de vista de la aislación térmica.

Los datos mencionados, conversan también con que hoy en Chile hay otra brecha, ahora respecto al porcentaje de construcción en madera como material predominante donde, según datos del INE (2009), se construyen entre 90 y 120 mil viviendas nuevas al año, siendo apenas un 14% con estructura en este material, cifra que además contrasta con lo que presentan otros países líderes en materia forestal, como Canadá, EE.UU, Australia o Nueva Zelanda

Metodología

Como puede inferir, *“el sector de construcción que incluye a la edificación es clave en lo referente al consumo de energía en todos los países. Chile no es una excepción”* (BUSTAMANTE, W.).

Entre los métodos que existen para evaluar el consumo de energía de un edificio está el llamado ciclo de vida de éste, el cual puede separarse en 5 fases: (i) extracción y fabricación de materiales y componentes (energía incorporada o “embodied energy”); (ii) transporte de materiales y componentes al sitio de construcción; (iii) el proceso de construcción propiamente tal; (iv) la fase de operación; y (v) la demolición y reciclaje al fin del ciclo de vida del edificio.

Entendiendo a toda obra de construcción nueva desde la perspectiva del ciclo de vida, la madera al ser un recurso renovable tendría ventajas comparativas en el futuro, ya que -como es posible ver en la información disponible de varios de sus grandes productores a nivel mundial- tiene trazado completamente el ciclo de vida de la producción de sus elementos derivados, desde la naturaleza, hasta su reciclaje o conversión en energía.

Pero, por otro lado, nuevamente en palabras de Waldo Bustamante, *“todas estas fases tienen importancia en el consumo de energía, siendo una de las más intensas la de operación del edificio, lo que no invalida la necesidad de incluir en el análisis*

todas las restantes fases del ciclo de vida del edificio, en especial para la toma de decisiones respecto del diseño y construcción”.

Por este motivo, el presente documento se estructura según los diferentes pasos de producción, desde *“la cuna a la cuna”* (MC DONOUGH), adaptando su denominación según lo hace Juan Baixas en su libro dirigido a arquitectos *“Forma Resistente”*, es decir: seis pasos que comienzan por la naturaleza y el proceso de extracción o refinación del que obtenemos una materia prima, la cual pasa por un proceso de conformación para convertirse en un elemento que a su vez será transformado en una parte que al ser unida con otras se convierte en un conjunto, el cual tras su uso o consumo se convierte en desechos o residuos a la espera de su eliminación o idealmente reciclaje antes de volver a la naturaleza.

De los pasos mencionados, el presente texto pondrá especial atención en los relacionados de modo más directo con las técnicas y procesos de la construcción en madera, por lo que tendrá foco en la siguiente estructura:

Elementos (Transformación): donde tras una breve mención a los bosques, sólo para entender las propiedades de la madera para la construcción, se revisarán los productos existentes, desde las trozas, pasando por la madera aserrada y los tableros estructurales y no estructurales en sus diferentes denominaciones, terminando con elementos de madera laminada y masiva.

Partes (Unión): donde se visitarán diferentes casos de re-manufactura, es decir partes que -tras un proceso adicional sobre la madera aserrada o los tableros- son útiles para terminaciones o revestimiento; también se considerarán las diferentes tipologías estructurales y sistemas constructivos, terminando con experiencias nacionales e internacionales de industrialización como respuesta a las actuales brechas de productividad, al disminuir tiempos de ejecución, según las diferentes categorías de prefabricación existentes. Esto último, no sólo por las ventajas de la



construcción en una industria -con un ambiente controlado, maquinaria acorde y menores errores y pérdidas- sino que también porque se deja la menor cantidad de decisiones en la obra.

Conjunto (Uso | Consumo): donde se mostrarán el estado del arte de la arquitectura y construcción en madera, desde una mirada que comienza con las llamadas “tradiciones constructivas”, es decir mostrando que el contexto que se está viviendo hoy es una “nueva era de oro de la madera” (WCTE2018), donde se está viviendo un renacimiento en la construcción de edificios con este material, para llegar a los casos de estudio internacionales más relevantes.

Elementos (Transformación)

Si bien, como se mencionó anteriormente, el presente documento pondrá especial atención en los relacionados de modo más directo con las técnicas y procesos de la construcción en madera, es necesario entender brevemente las propiedades de este material y para eso, en el caso de la madera de uso industrial, hay que acercarse a su fuente, es decir las plantaciones forestales.

Se hace especial mención a estas últimas, pues para que la madera sea capaz de entregar todas las ventajas que posee, en especial desde el punto de vista de la huella de carbono, debe venir de fuentes renovables.

En ese sentido, si se revisan las superficies con plantaciones forestales en el mundo, en el caso de Chile se puede ver que es uno de los países que está logrando una ganancia neta de superficie forestal (FAO) y que está directamente relacionado con la captura de CO₂, que está siendo favorable en esta región (RAUTIAINEN, A.).

En el caso de Chile, alrededor de un 50% de las emisiones totales del país, son absorbidas por este sector, donde las plantaciones forestales aportan aproximadamente con un 20%.

Trozos

Un árbol, en cierta medida, es una estructura creada para competir con los demás árboles por la captura de sol para hacer fotosíntesis.

Es por eso que, además de ser un material vivo, es decir biodegradable, pero además, “higroscópico” (que intercambia humedad con el medio ambiente, contrayéndose y dilatándose) y “anisotrópico” (es decir sus fibras tienen una orientación que hace que, tras ser cosechado, se comporte de diferente manera según la forma en que esté ubicado).

Además, por su condición, será diferente su comportamiento y uso si es utilizada la sección total del tronco o, en caso de ser aserrado, si se utilizan piezas escogidas de la albura o el duramen.

Finalmente, es recomendable para elementos estructurales la madera proveniente de un corte lateral o tangencial, desde la albura, siendo utilizada la madera de duramen para elementos como basas o piezas para la fabricación de pallets.

Madera Aserrada y Tableros

El proceso de aserrado de la madera, desde su cosecha hasta su transporte a distribuidores o industrias, es interesante para conocer de las dimensiones, clasificación y protección de la madera.

En cuando a las dimensiones, en el caso de Chile, existen las dimensiones “comerciales” -por ejemplo, piezas 2x4- que provienen de los tiempos en que se especificaba la madera en pulgadas, acompañadas de dimensiones en milímetros. Esto se encuentra especificado en la norma chilena NCh 174: Uniones, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

Por ejemplo, en el caso de la madera estructural, las dimensiones pueden ser:

- 2x6 = 41x138mm. (en 4 o 4.88m largo).
- 2x8 = 41x185mm. (en 4 o 4.88m largo).

Es sabido que una pulgada mide 2,54cm, por lo que los 41mm obedecen a dos pulgadas que han pasado por procesos de aserrado, secado y cepillado.

Además, es importante considerar que hoy en Chile, están disponibles piezas de 41 y 35mm de ancho.

Por otro lado, la clasificación estructural de la madera aserrada se realiza mediante dos metodologías: visual o mecánica. Teniendo la primera las categorías de GS, G1 o G2, así como la segunda, categorías como C16, C24 o MGP10 y MGP12, definidas en la norma

Finalmente, en el caso de Chile, se exige que todos los elementos de madera estén impregnados para la

protección contra agentes bióticos como hongos y termitas.

Para eso, existen diferentes productos, tanto en base a agua como en base a solvente orgánico, como:

- Base Agua
 - CCA (Cobre, Cromo, Arsénico)
 - Cobre Micronizado
 - Boro o sales de Borax, Oxido de Boro
- Base Solvente
 - LOSP (Light Organic Solvent Preservative).

Los profesionales de la construcción deben exigir los respectivos certificados de impregnación, de acuerdo con las normas chilenas vigentes: NCh 790 y 819.

Por otro lado, hay tratamientos para proteger a la madera de los daños por la humedad y los rayos UV (intemperie) y así darle estabilidad dimensional por más tiempo que el que tendría de modo natural. Algunos productos o tratamientos, son:

- Thermowood: una patente propiedad de la Asociación Finlandesa de Thermowood, la cual puede ser utilizada comercialmente por otras compañías europeas. En Chile, conocida como Madera Modificada Térmicamente o TMT por sus siglas en inglés, mejora la estabilidad y durabilidad biológica de la madera, a través de un rápido aumento del calor y del secado, más un tratamiento intensivo con una temperatura de hasta 245°C, y un enfriamiento y acondicionamiento de la humedad.
- Accoya: madera aserrada que tras un proceso de “acetilación” (Acetic Anhydride) en cámara es capaz de garantizar estabilidad dimensional por 50 años a la intemperie.

Por otro lado, los tableros, son un material de construcción derivado de la madera. Se fabrica en base a chapas, trozos, partículas o fibras que se adhieren químicamente entre sí. Luego son prensadas y dimensionadas de acuerdo al

requerimiento. Según la industria y el país se comercializan con tamaños relacionados a módulos constructivos y podemos separarlos en dos categorías:

- Estructurales: Como los terciados o contrachapados y los OSB (tableros de viruta orientada) de más de 9mm de espesor. Una de sus funciones es reemplazar las diagonales en tabiquerías, pisos y techumbre. Así se puede prescindir de cualquier otro tipo de arriostramiento, en este caso los esfuerzos de corte a los que es sometido el edificio en un sismo se distribuyen por toda la placa, en vez vectorialmente, lo que es muy sano para la estructura.
- No Estructurales: como los aglomerados de partículas (MDP) y los aglomerados de fibras (MDF) -pudiendo ser tableros de densidad media o HB “Hardboard”. Son utilizados para la elaboración de muebles especialmente muebles prefabricados. Generalmente se protegen con una película de algún polímero como la melamina o se le hacen postformados para proteger los cantos ya que no tienen mucha resistencia a la humedad.

También en el caso de estos últimos, se ha avanzado en tratamientos para cuidarlos de los daños por la humedad y los rayos UV (intemperie).

Todos los elementos mencionados, deben cumplir con las Normas Chilenas de Construcción en Madera NCh1198.

Madera de Ingeniería

Además, están los elementos de “madera de ingeniería” que, al garantizar una mayor estabilidad dimensional, así como permitir generar grandes secciones o superficies y por lo tanto ser útiles para obras de gran envergadura:

Madera Laminada: en español conocido como madera laminada o MLE (Madera laminada

encolada), consigue por ejemplo elaborar vigas de largo indefinido (por razones de transporte, por lo general de hasta 12 metros y alrededor de 30 metros, a través de la presión de diferentes láminas de madera unidas mediante uniones finger joint y adhesivo.

Vigas Doble T: piezas con alma de OSB y cabezas de madera aserrada, logran de un modo muy eficiente, vigas de 24 o 30 cm de alto, para luces de hasta 6m de largo.

LSL: siendo útil inicialmente para vigas de luces intermedias, a diferencia de OSB, sus hojuelas están dispuestas paralelas al eje longitudinal. Al igual que otros productos de ingeniería ofrece gran resistencia estructural y estabilidad dimensional que minimiza la torsión y la contracción. Sus dimensiones van desde los 39 a los 90mm de espesor y de los 90 a 600mm de altura (LP SOLIDSTART).

LVL: Fabricados en un proceso similar al de los terciados, no tiene una laminación cruzada, sino que paralela, siendo más resistente cuando recibe las cargas a la flexión propias de una viga. En este último caso, está disponible en un largo máximo estándar de 12 metros, de 39 a 90mm de espesor y de 200 a 400mm de altura (METSAWOOD).

CLT: Originalmente inventado en la década de 1970, son paneles de madera de ingeniería de gran tamaño fabricados con madera laminada cruzada o contralaminada que -de tres a siete capas- se pegan juntas en una prensa hidráulica o al vacío sobre toda su superficie. Debido a sus propiedades estructurales y estabilidad dimensional de CLT, el producto es muy adecuado para pisos, paredes y techos utilizados en construcciones de mediana altura. Sus dimensiones llegan aproximadamente hasta los 18 metros de largo (60 pies), por 3 metros de ancho (10 pies). En cuanto al espesor, en el caso de los paneles para muros, por lo general tienen hasta 0.15 metros y en el caso de los pisos, hasta 0.5 metros (FP INNOVATIONS [Et Al]).

Conectores

Para el trabajo con todos los ejemplos mencionados anteriormente, un aspecto crítico son sus uniones. Los productos de madera son materiales de construcción que se taladran fácilmente para facilitar la conexión y hay diversos métodos y una amplia gama de productos disponibles para eso.

Estos van desde los clavos, hasta los pernos, placas laterales y otros utilizados para conexiones pesadas. Cada tipo está diseñado para ser utilizado en una clase particular de construcción. Cuando se usan adecuadamente, los sujetadores de metal proporcionan medios de conexión que son fáciles de instalar y que ofrecen un rendimiento sin problemas.

Si bien el clavado es un medio básico de conexión con el que todos tienen cierto grado de familiaridad, dando como resultado sistemas estructurales que en algún tipo de obras de pequeña escala han funcionado bien, en otras oportunidades se requieren uniones atornilladas, o incluso otros sólo se pueden solucionar estructuralmente con conectores.

Con conectores se asegura una unión que:

- Otorga mayor ductilidad a la estructura.
- Genera una transmisión de carga efectiva entre un elemento y otro.

Se reducen los grandes errores que se podrían cometer al realizar una conexión con clavos, por su ubicación y posición.

Protección de la Madera

La madera, debe protegerse tanto de la intemperie (rayos UV, humedad) como de los agentes bióticos que puedan afectarla (hongos, termitas). Para ello, existen criterios de protección por diseño y protecciones superficiales:

- Entre los criterios de protección por diseño, están, por ejemplo: separar la madera del suelo (al menos 30 centímetros); utilizar envolventes ventiladas, para que la madera respire y evacúe la humedad; no dejar superficies horizontales al exterior (siempre

con inclinaciones) y la generación de aleros o cortagoteras y botaguas para proteger a la madera del impacto directo de la humedad y el escurrimiento.

- Entre las protecciones superficiales, están distintos productos, , además de pinturas al temple, es decir pinturas orgánicas que, con elementos de la madera, la protegen de los rayos UV. Si se busca menor mantención, se recomienda la utilización de productos que no formen una película. Esto, siempre como proceso adicional al tratamiento de preservación establecido según la norma NCh819.

Comportamiento al Fuego

Comúnmente se piensa que la madera es más vulnerable al fuego que otros materiales. Lo cierto, sin embargo, es que una construcción de madera de ingeniería puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad frente a un incendio y suficiente resistencia al fuego como para evitar que este se propague y ocurra una falla estructural. Al comportarse de manera más predecible, sus ocupantes pueden contar con un margen de reacción más amplio que en construcciones de otros materiales que tienden a colapsar más rápida y repentinamente.

En el caso de los conectores metálicos, la resistencia está relacionada con la masividad (por ejemplo, la madera estructural o las vigas doble T, no son tan resistentes como la madera laminada o el CLT. Además, en las conexiones, normalmente metálicas: debe haber un criterio de protección, de lo contrario la estructura fallará en el punto más débil.

Todos los materiales sufren algún grado de daño cuando son expuestos a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). Si acaso llega a inflamarse, su baja conductividad térmica hace que se queme muy

lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que protege la parte interna y conserva sus propiedades estructurales por más tiempo.

Por último, el mercado ofrece actualmente una serie de productos retardantes que mejoran significativamente el comportamiento de la madera ante el fuego. El tratamiento de preservación también mejora las capacidades de resistencia al fuego de la madera.

Comportamiento al Sismo

Las soluciones constructivas basadas en madera pueden presentar un desempeño similar o incluso superior al de otros materiales frente a un movimiento telúrico. Considerando que las fuerzas en un sismo son proporcionales al peso de las estructuras que las reciben, las construcciones basadas en madera –entre seis y nueve veces más livianas que las de albañilería u hormigón– están expuestas a impactos menores que otras de materiales más pesados.

A esta característica se suma el que, gracias a sus numerosas conexiones por medio de clavos y demás fijaciones, los sistemas constructivos basados en madera correctamente diseñados logran disipar mejor las energías que sobrevienen repentinamente durante un sismo. Esto las hace más flexibles y menos susceptibles a colapsar si alguna de las partes de la estructura falla.

Desempeño Térmico

Debido a su porosidad, la madera posee una baja conductividad térmica, lo que la convierte en un excelente aislante. Combinada con otros materiales –como fibra de vidrio o lana mineral–, una construcción de madera puede satisfacer los requerimientos de aislación térmica de una vivienda incluso en climas extremos.

Las cavidades presentes en su estructura celular permiten a la madera aislar el calor hasta seis veces más que el ladrillo, quince veces más que el hormigón y 400 veces más que el acero.

Por otro lado, para todos es más agradable estar en un interior de madera (Fuente: concepto de “emisividad”, llamada antiguamente “emitancia” (proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debida a su temperatura (MOE, Kiel).

Varios investigadores han propuesto que los seres humanos experimentan una atracción instintiva hacia todo aquello que los conecte con la naturaleza, la que se conoce como “biofilia”. Estudios recientes han demostrado que, tal como la percepción de entornos naturales despierta respuestas fisiológicas positivas en las personas, también la presencia de materiales naturales en los edificios tiende a generar sensaciones de bienestar entre quienes los ocupan, asociándose incluso a menores niveles de estrés y mayor productividad. BAIXAS [Et. Al].

Certificaciones y Rotulado

Los certificados FSC y PEFC garantizan que la materia prima utilizada proviene de una explotación forestal ecológica, económica y socialmente responsable, y en su proceso de producción se reutilizan los productos derivados para evitar la generación de residuos.

Finalmente, hoy ya existe un reglamento de rotulado para madera y su uso para la construcción, cuyo objetivo es contar con elementos cuya trazabilidad sea conocida al momento de su selección para la construcción. (Más información en : <http://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/Rotulado-Madera-Ciudadan%C3%ADa.pdf>)

Partes (Unión)

Así como en el caso de Chile existe una gran industria asociada a los recursos forestales y materiales derivados de éstos, liderando dicha industria a nivel mundial. Como se mencionó al inicio del presente documento, se construye poco en madera, lo que se traduce en un bajo volumen de industrias de prefabricación y montaje de soluciones constructivas que aprovechen las ventajas de la madera y los avances tecnológicos en productos como los mencionados.

Remanufactura

Una de las áreas de la industria forestal donde más se aprecia el avance y desarrollo tecnológico son las plantas de remanufactura, que fabrican productos secundarios y terciarios de madera con un alto grado de elaboración y valor agregado, como maderas cepilladas y pintadas, molduras y paneles encolados de canto, sólidos y finger joint. (LIGNUM)

En Chile, es una industria altamente desarrollada, capaz de exportar diferentes productos en grandes volúmenes y a excelentes estándares, por ejemplo: Molduras en madera finger joint o mdf (pintados o foliados), placas fingerjoint, “trims” para revestimientos de aleros, entre otros.

El tinglado y machihembrado son listones tecnologizados para revestir más herméticamente una superficie. Pueden ser utilizados para pisos, cielos, fachadas tanto interiores como exteriores. Tienen un canto hembra y un canto macho, que se se van trabando secuencialmente para aumentar la hermeticidad de la superficie. En muchos casos se deja el canto macho con mayor largo que el canto hembra para generar la cantería deseada, esto es una decisión de diseño

También se exportan elementos útiles para la fabricación de pallets (ver madera de duramen, mencionada anteriormente) en el mercado asiático.

Por otro lado, se ha intentado renovar la propuesta de valor en elementos que exigen una mejor

performance y resistencia, como son las ventanas. En Chile, existe el caso de TAETT, que ganó el concurso de innovación de la Semana de la Madera de la CORMA el año 2017 con sus Ventanas de Madera de Pino Radiata “P78”. Además, a nivel internacional, instituciones como THE WOOD WINDOW ALLIANCE han publicado diversos hechos respecto a las Ventanas de Madera, comparándolas con otros materiales.

En caso que se quiera usar ventanas de madera se debe tener en cuenta que la especie maderera sea resistente a la humedad y los rayos UV. De deben evitar los cantos horizontales así como todo punto donde pudiera haber acumulación de agua y cautelar la hermeticidad, que corresponde a la manera como se trata el control del paso del aire y de la humedad tanto al interior de los propios elementos constructivos como a través de sus uniones.

Finalmente, en cuanto a soluciones entre elementos flexibles (madera) y Rígidos (por ejemplo, vidrio), existen ejemplos como Therm+, de Raico, para muros cortina con elementos portantes de madera.

Tipologías Estructurales

Si bien, como todo ordenamiento es algo arbitrario, además que las estructuras de los edificios (en especial los que mostrará este documento al final) tienden a ser combinaciones e hibridaciones de diferentes tipos, es posible ordenar las tipologías estructurales en madera de la siguiente forma.

Entramados: comúnmente asociados a la madera aserrada, con origen en una construcción tradicional en madera, con elementos de mayor escuadría que los que estamos acostumbrados hoy, además del uso de diagonales y ensambles, tras los avances tecnológicos de la revolución industrial llegaron los sistemas “Platform Frame” y “Balloon Frame” (este último, tan liviano que su nombre hace alusión a un globo).

Específicamente, un ejemplo sencillo de una estructura de entramado se compone de lo siguiente (dibujos):

Entramados de Piso: Se trata de todo elemento horizontal que transmite cargas a puntos de descarga estructural. Se intenta lograr la mayor superficie plana posible con la menor cantidad de elementos, por ejemplo:

- Sobre rollizos: entramado de pino radiata seco al 18% con listones como vigas maestras, vigas secundarias y cadenetas. Se posa sobre pilotes o rollizos impregnados.
- Sobre poyos prefabricados de hormigón, combinados con vigas principales de acero: entramado simple en base a vigas y cadenetas sobre perfil costanera a modo de viga maestra.
- Combinados sobre fundación corrida de hormigón armado: Entramado tradicional sobre fundación corrida de hormigón armado. Este tipo de fundación constituye la amarra estructural continua a nivel de suelo. Sobre esta se puede instalar cualquier complejo de suelo muro y techumbre ya sea prefabricado o construido en obra

Entramados de Muro, por ejemplo:

- En base a pies derechos cada 60cm, soleras para anclaje inferior y superior, todas de pino radiata de 2x4 (41x90mm), consta de placas estructurales. En cuanto a su unión, el clavo debe quedar a ras. Evitar que el clavo quede muy enterrado ya que esto producirá acumulación de humedad. Si el clavo queda muy salido posiblemente se oxidará con la humedad. En la actualidad, es posible prescindir de las llamadas cadenetas, cubriendo la superficie total de los paneles con placas arriostrantes y de protección al fuego.
- Paneles Arriostrantes: Contrachapado u OSB cumple la función de reemplazar las diagonales arriostrando el muro o tabique, Esto, evita deformaciones mecánicas, que corresponden al resultado de deformaciones de origen térmico, por

cambio de humedad o movimiento provocados por sismos en parte de la forma global, sus partes y uniones.

- Distanciadores: Sobre una membrana de humedad (Tyvek) , se utilizan distanciadores verticales -en caso que se requiera tinglado exterior horizontal. Así el aire sube ventilando el muro y haciendo que disminuya la temperatura interior del edificio u horizontales cuando el tinglado o entablado es vertical. En este caso se dejan unas separaciones entre éstos, para permitir que el aire suba libremente por el muro.
- Revestimiento Exterior: Se trata del elemento con mayores demandas desde el punto de vista arquitectónico y técnico porque asume la responsabilidad de entregar la imagen del edificio.
- Aislación térmica: otorga propiedades a una envolvente siempre y cuando sea aplicada de manera tal que se asegure la inexistencia de puentes térmicos entre interior y exterior. Su uso determina en gran medida la eficiencia energética de una forma construida, por lo tanto, es necesario dimensionarla y también establecer sus condiciones constructivas de aplicación. La mala instalación del aislante produce puentes térmicos. Estos impedirán que se logre el confort deseado, por lo que el aislante debe ser exactamente del mismo tamaño del casetón en el cual se instala. Ejemplos: lana mineral^[SEP] lana de vidrio^[SEP] poliestireno expandido^[SEP] celulosa proyectada^[SEP] inyectada, entre otros.

Entramados de Techo: La estructura de techo, al tener que salvar una luz entre dos puntos, es la que está sometida a mayores requerimientos estructurales. Recibe la mayor radiación, sobrecargas y humedad. Por otra parte hay que tener en consideración el cálculo de sus pendientes y tipos de revestimiento para lograr la mejor hermeticidad y evacuación de las aguas lluvia. Esto varía ampliamente según la zona climática donde se encuentra el edificio. Por ejemplo a través de:

- Cercha W: una estructura reticulada simple

que mediante la triangulación. Permite salvar grandes luces respecto a la dimensión de sus elementos componentes, funcionando como un conjunto de vectores o elementos discretos.

- Cercha de Doble Pendolón: una de las tipologías que permiten hacer un techo habitable manteniendo las ventajas de una estructura triangulada

Estructuras de Poste y Viga: Comúnmente asociados a la madera laminada, son propios de una arquitectura de planta libre o de edificios que no requieran muchos muros portantes, las estructuras llamadas de poste y viga, de marcos rígidos o pórticos, son posibles de construir de diferentes formas, con detalles como: “Viga sobre Poste”, “Poste Sobre viga”, “Conectores empotrados”, entre otros.

Es la arquitectura de las grandes obras en madera laminada, como viñas, barricas, teatros y pabellones. Dando como resultado excelentes obras de arquitectura desde la década de 1990 en el caso de Chile.

Estructuras de Madera Maciza o Masiva: si bien es la tipología que hoy está asociada a alta tecnología, como el CLT y la edificación en altura, también tiene un origen tradicional en la cabaña de troncos.

Esta “cabaña”, fue evolucionando para avanzar hacia piezas más elaboradas, primero con un corte, luego con un tarugo y finalmente con ensambles, llegando a existir hoy verdaderas piezas de albañilería en madera.

En la actualidad, es esta tipología estructural, muchas veces combinada con otras, así como con otros materiales, la que principalmente ha sostenido el actual desarrollo de la edificación en altura en madera de más de 7 pisos.

Industrialización

Con respecto a la industrialización, por la ligereza del material y la realización en seco de las faenas, el

montaje de sistemas constructivos basados en madera es más rápido que la edificación con otros materiales.

Además, el mercado ofrece estructuras prefabricadas de alta precisión que disminuyen aún más los tiempos de ejecución. Si bien no existen todavía estudios al respecto, se estima que construir con madera puede llegar a hasta 50% más rápido que con otros materiales, dependiendo de si se trata de una vivienda in situ o una industrializada.

Existe la prefabricación en “2D” o en base a paneles que son montados en obra y la prefabricación 3D o en base a módulos tridimensionales. Por lo general, en el caso de la primera hablamos de “prefabricación abierta” y en el caso de la segunda, de “prefabricación cerrada”. De todos modos, ambos casos pueden desarrollarse en las tres tipologías estructurales antes mencionadas.

En Chile, en la actualidad, empresas como Timber, Cortelima, Tecnopanel, entre otras, son capaces de proveer estructuras en 2D prefabricadas para el montaje de proyectos en madera.

Además, empresas como Tecnofast, Sabinco, Promet entre otras, proveen de soluciones tridimensionales o modulares

Por otro lado, a nivel mundial, empresas como Hundegger o Homag Weinmann, entre otras, proveen de la maquinaria necesaria para la elaboración de paneles de entramados. Por otro lado, empresas como Ledinek, Hoisko o Kaufmann Bausysteme, entre otras, lo hacen para estructuras de madera maciza en paneles o módulos tridimensionales.

Cuando se habla de construcción en madera, se está hablando de prefabricación, no sólo por las ventajas de la construcción en una industria -con un ambiente controlado, maquinaria acorde, menores errores y pérdidas- sino que también porque se deja la menor cantidad de decisiones en la obra. Una de ellas, son las tuberías o conductos, que si no se respetan las normas de construcción, pueden

producir daño e incluso el colapso de la estructura portante.

En Chile, diversos proyectos de I+D+i han desarrollado y están desarrollando soluciones constructivas industrializadas y eficientes económicamente, como: [“Envolvente Ventilada”](#), [“Catálogo 3D de Soluciones Constructivas para Edificación en Madera”](#), [“Soluciones Constructivas Acreditadas para Edificación en Madera”](#), Sistema Constructivo en Madera Contralaminada para Edificios”, [“Proyecto Estructuras en CLT”](#) entre otros.

A nivel internacional, por otro lado, un ejemplo muy reciente es el caso de DFAB HOUSE primer proyecto arquitectónico a gran escala que utiliza los robots de

construcción desarrollados por el nuevo Laboratorio de Fabricación Robótica del ETH.

Bajo los auspicios del National Centre of Competence in Research (NCCR) Digital Fabrication, investigadores de la Cátedra de Arquitectura y Fabricación Digital de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (ETH) han desarrollado un nuevo método de construcción en madera que amplía el rango de posibilidades para la construcción tradicional de marcos, al permitir la fabricación y ensamblaje eficiente de módulos geométricamente complejos.

Es tras el término de este tipo de proyectos, que hoy podemos ver en Chile, por ejemplo, estructuras modulares de 6 pisos de altura en madera para la minería, o bien hoteles desarrollados completamente en módulos de CLT en Suiza.

Conjunto (Uso o Consumo)

Como se mencionó al comienzo de este documento, hoy no sorprende constatar que ya está inaugurado en Vancouver un edificio de 18 pisos en madera, o incluso que Japón planea tener un edificio en madera de 350 metros de altura en los próximos años. De hecho, existen mapas que muestran donde estarán los próximos rascacielos en madera.

Renacimiento de los Edificios en Madera

Es por eso, que parece interesante ver que se está hablando de un “renacimiento de los edificios de madera”, en lugar de describir este fenómeno como algo completamente nuevo.

Esto hace, por ejemplo la organización del World Conference on Timber Engineering 2018, que habla de “una nueva era de oro de la madera”.

Además es posible respaldarlo con una reciente mención en Nature: “The Wooden Renaissance”, donde se muestra que, si bien los edificios en altura en madera actuales son grandes logros, recién este año se lograría superar la Sakyamuni Pagoda, de 67 metros de altura, construida en China el año 1056.

Tradiciones de la Construcción en Madera en Chile

Por lo ya señalado es que en el caso de Chile, para este documento, se seleccionaron ejemplos de “tradiciones de 150 años de construcción en madera en Chile”, extracto de 12 casos notables.

Los casos, ubicados en todo Chile y pertenecientes a diferentes épocas y “tradiciones” durante dos siglos, se agrupan en categorías como:

- Obras notables de arquitectura y diseño realizadas por reconocidos profesionales (Capilla Pajaritos, del Instituto de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casas y Sillas por el arquitecto Cristián Valdés y Muebles y Viviendas por Jaime Garretón).
- Estructuras de grandes luces (Galpón Champagne Subercaseux, un ejemplo del

sistema Zollinger en Chile, Capilla de Santa Adela, un ejemplo del uso de madera estereométrica; Capilla de la Candelaria, como un ejemplo del uso de dobles curvaturas, el “Puente Lagarto” una estructura de madera de mediados del siglo XIX, de la cual no hay vestigios. y la Oficina Salitrera Santa Laura.

- Ejemplos de prefabricación (Casas "A", Sistema Modular de Mena y Blockhaus System.
- Edificios de Mediana Altura, como el campamento Sewel
- Otras construcciones tradicionales, como embarcaciones de madera.

Casos de Estudio Internacionales

Gracias a los nuevos materiales y soluciones estructurales desarrollados por la industria, hoy construir en altura con madera es una opción segura y eficiente que gana terreno en Norteamérica, Europa, Australia y Nueva Zelanda. Solo en los últimos cinco años se han levantado en el mundo diversos edificios de siete pisos o más.

Son ejemplos de “Woodscrapers”, ordenados por pisos y sistemas constructivos involucrados, entre ellos, que son posibles de ordenar en una Tabla y un gráfico según su Altura.

Wood Innovation and Design Centre. Prince George, Canada 2014.

De ocho pisos y 96 pies de altura, diseñado por Michael Green Architecture (MGA). El espacio de oficinas alquilable ocupa los tres primeros pisos, mientras que los niveles inferiores están dedicados al programa de Magíster de Ingeniería en Diseño Integrado en Madera.

A nivel del suelo, un muro de triple acristalamiento con paneles de madera laminada (LVL) conecta el interior cubierto completamente de madera hacia el exterior.

La construcción en seco, libre de materiales húmedos y de hormigón, permite desmontar y reutilizar los componentes de madera. Las vigas laminadas, que varían en tamaño en función de su ubicación, transfieren las cargas estructurales a las columnas laminadas.

Los paneles CLT de cuatro, 6½ y 9½ pulgadas de espesor comprenden las paredes, la escalera y el núcleo del elevador. Los paneles CLT de tres, cinco y siete paneles conforman el diseño personalizado y escalonado en el piso y el techo que oculta y protege todos los servicios de construcción y está fortificado por dos capas de contrachapado de madera de 13 milímetros y tablero de fibra de vidrio semirrígido.

La alfombra y la capa de fibra de polipropileno perforada con aguja de ¼ de pulgada proporcionan un aislamiento acústico adicional en los planos del piso, mientras que los listones de madera, el aislamiento de fibra de vidrio y las perchas de techo acústico ayudan a aislar los techos.

Construir fuera de los códigos existentes se convirtió en una oportunidad para educar y colaborar. Green se asoció temprano con el contratista PCL Constructors Westcoast y trabajó estrechamente con los proveedores de madera de MGA. Dado que el núcleo del edificio —incluyendo las escaleras de salida— está construido en CLT, la ingeniería de separación de fuego y humo fue probada físicamente y demostrada para los funcionarios de la ciudad.

El diseño modular de MGA para el WIDC se puede utilizar en edificios de hasta 30 pisos. La firma está trabajando actualmente con un desarrollador estadounidense para futuras torres de madera.

Stadthaus, 24 Murray Grove. Londres, Reino Unido, 2009.

Diseñado en colaboración entre los arquitectos Waugh Thistleton, los ingenieros estructurales Techniker, y KLH el fabricante de paneles estructural de madera, Stadthaus es el primer edificio de vivienda de alta densidad construido con paneles prefabricados de madera laminada.

Es el primer edificio de esta altura construido, no sólo muros y losas sino también escaleras y núcleos de ascensores, enteramente en madera.

Fue montado con una estructura que utiliza el sistema de paneles de madera laminada. Los paneles de madera son producidos en Austria por KLH, utilizando tablas de Abeto pegadas con un adhesivo no tóxico.

Los desperdicios al fabricar los paneles fueron convertidos en combustible para suministrar energía a la fábrica y al pueblo local. Cada panel es prefabricado incluyendo los vanos para ventanas y puertas y con vías internas para el paso de instalaciones.

Cuatro carpinteros montaron las ocho plantas de la estructura en veintisiete días.

En todo el edificio 901 m³ de madera. La madera absorbe carbono durante toda su vida natural y continúa guardando ese carbono una vez cortada. Es decir: La construcción del Stadthaus guardará más de 186.000 kg de carbono.

El dióxido de carbono estimado producido en la generación de energía necesaria para la construcción del edificio, incluyendo el transporte de los paneles de madera desde Austria, es aproximadamente de 10.000 kg de carbón por año. Esto ha sido totalmente compensado por el ahorro de carbono del edificio por unos 21 años.

Treet. Bergen, Noruega, 2015.

El bloque de apartamentos de lujo de 14 pisos en el centro de Bergen, Noruega, fue en su momento el proyecto multifamiliar con entramado de madera más alto del mundo (49 metros).

La idea de construir un edificio de gran altura junto al puente de Puddefjord fue sugerida originalmente por el arquitecto Geir Brekke de Lund & Partnere en 2005, cuando se estaba zonificando el sitio. El proyecto fue desarrollado posteriormente por BOB con aportes significativos de Rune B. Abrahamsen de SwecoAS, quien diseñó la estructura de soporte de carga y el uso de módulos en colaboración con Artec Prosjekt Team. Además, Trefokus AS, el Instituto

Noruega de Tecnología de la Madera y NTNU dieron asesoramiento experto sobre el desarrollo del proyecto con apoyo adicional proveniente también de Innovation Norway.

Durante la planificación del proyecto, BOB consideró varios sistemas para edificios de madera de gran altura, incluido el uso de madera sólida laminada cruzada. Este modelo de sistema se ha utilizado tanto en Suecia (Växjö), Londres (Murray Grove) y una variedad de lugares en Austria. Sin embargo, los desarrolladores llegaron a la conclusión de que la combinación de módulos de construcción prefabricados con una estructura glulam era la mejor manera de lograr su visión con éxito.

Diseñado por los arquitectos Artec y diseñado por Sweco Norway, la estructura comprende una mezcla de madera laminada cruzada y madera laminada, construida en la planta baja de concreto.

La torre consiste en una estructura de carga de madera laminada y pisos modulares prefabricados, hechos de madera de ingeniería fabricada por Moelven Limtre utilizando únicamente madera noruega.

El concepto involucra que los módulos se apilen en cuatro pisos de altura, con dos plataformas (arriba en los pisos 4 y 9) que se anclan al bastidor glulam. Estas plataformas son soportadas y reforzadas por vigas de celosía glulam de 3m de altura. Luego se apilan otros cuatro pisos de módulos en la parte superior de cada plataforma, lo que permite a los desarrolladores construir 14 plantas en total.

Brock Commons. Vancouver, Canada, 2017.

El edificio en madera más alto del mundo a la fecha, es un edificio híbrido de 18 pisos, 17 de los cuales fueron construidos en madera sólida sobre un primer nivel de concreto, mismo material que se utilizó para el núcleo. La estructura de pisos y muros será realizada en paneles de CLT de cinco capas, soportados por columnas de madera laminada encolada (*glulam*) y conectores de acero.

La torre –diseñada por la oficina Acton Ostra Architects– tiene capacidad para alojar a 404 estudiantes. En el piso superior, donde se concentran los espacios comunes, la estructura de madera se deja a la vista, con fines demostrativos y educacionales.

Una de las particularidades de esta construcción ha sido la rapidez con la que avanzaron las obras. Luego de completar el primer nivel en solo una semana, la ejecución de los siguientes progresó a una velocidad de dos pisos semanales. En total, levantar la estructura de madera tomó apenas 66 días, bastante menos de lo planificado.

“Cuando puedes panelizar los materiales y ensamblarlos con precisión, como un kit de bloques Lego, el proceso se vuelve extremadamente eficiente”, comentó a la prensa un representante de la empresa Structurlam, fabricante de la madera de ingeniería utilizada en la construcción.

Epílogo

“De las semillas a los Rascacielos: Estas Torres de Madera están Comiendo CO2” decía una portada de la revista Wired y “El futuro de los rascacielos”, se puede ver en esta imagen realizada por el New Jersey Institute of Technologies.

Volviendo al inicio: ¿qué ventajas tiene la construcción en madera, en este caso madera masiva?: es rápida de construir (con materiales prefabricados y entregados en terreno listos para ensamblar); tiene mejor comportamiento acústico (el CLT en este caso es bueno disipando el ruido-impacto).

Pero, para “Virtuoso Building”, en palabras de sus creadores: “el primer desarrollo inmobiliario multifamiliar de CLT en Norteamérica”, así como otros proyectos, la madera proviene de plantaciones renovables, donde cada árbol que es cosechado, es plantado nuevamente. Árboles que crecen absorbiendo CO2 naturalmente, almacenándolo en la huella de carbono de los edificios de los que formen parte en el futuro.

Bibliografía (en orden de aparición, por capítulo)

Madera (Por Qué)

- FEARSON, Ami: “Architects embrace the beginning of the timber age”. Disponible en: <https://www.dezeen.com/2015/11/09/cross-laminated-timber-construction-architecture-timber-age>
- ACTON OSTRY Architects: “Brock Commons Tallwood House”. Disponible en: <http://www.actonostroy.ca/project/brock-commons-tallwood-house/>
- LINCH, Patrick: “Japón construirá rascacielos de madera de 350 metros de alto para 2041”. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889289/japan-construira-rascacielos-de-madera-de-350-metros-de-alto-para-2041>
- ADERA: “Virtuoso: Westbrook Village Homes | New Townhomes Westbrook Village”. Disponible en: <https://adera.com/properties/virtuoso/>
- DALHEIM, Robert: “How Cross Laminated Buildings are Built”. Disponible en: <https://www.woodworkingnetwork.com/wood/panel-supply/how-cross-laminated-timber-buildings-are-built>
- ADERA: Live West Coast. Disponible en: <https://adera.com/our-story/>
- MCDONOUGH, William: Cradle to Cradle Design. TED Talk 2005. Disponible en: https://www.ted.com/talks/william_mcdonough_on_cradle_to_cradle_design?language=es
- BC FORESTRY INNOVATION INVESTMENT: “Wood is a Responsible Choice”. Disponible en: <https://www.naturallywood.com/wood-design/responsible-choice>
- CEI Bois: “La reducción de la huella de carbono y el impacto ambiental de edificios nuevos”, Tasmania Timber, CSAW / RTS, Reportes ambientales para materiales constructivos, 1998 – 2001
- MADERA21: “Por Qué Madera”. Disponible en: http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c
- SHARI, Salina. 7 Reasons Why Wood is a Better Environmental Choice than Other Building Materials. Disponible en: <http://zalinashari.blogspot.cl/2017/12/7-reasons-why-wood-is-better.html>
- REID, H. [et. al]: (2004) “Report on Using Wood Products to Mitigate Climate Change: A Review of Evidence and Key Issues for Sustainable Development”. International Institute for Environment and Development, London, 2004. Disponible en:
- CHADWICK DEARING, Oliver [et. Al]: (2004) “Carbon, Fossil Fuel, and Biodiversity Mitigation”.
- WOOD BUILDING THE FUTURE: “Wood and Climate: Carbon footprint”. Disponible en: <http://www.wooddays.eu/en/woodclimate/>
- MCDONOUGH, William: Cradle to Cradle Design. TED Talk 2005. Disponible en: https://www.ted.com/talks/william_mcdonough_on_cradle_to_cradle_design?language=es
- UNITED NATIONS | Global Issues: “Population”. Disponible en: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>
- UNITED NATIONS | Fund for Population Activities: “World Population Dashboard”. Disponible en: <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>
- UNITED NATIONS | Department Of Economic and Social Affairs: “World Urbanization Prospects | The 2014 Revision”. Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>
- UNITED NATIONS | Department Of Economic and Social Affairs: “Percentage urban and urban agglomerations by size class”. Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wup/Maps/CityDistribution/CityPopulation/CityPop.aspx>
- FAO: Sustainable Wood for a Sustainable World SW4SW. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/sustainable->

wood/en/?utm_content=bufferdeea2&utm_medium=social&utm_source=linkedin.com&utm_campaign=buffer

- UNITED NATIONS | Sustainable Development
- FAO: Sustainable Wood for a Sustainable World SW4SW
- BUSTAMANTE, Waldo: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2009.
- GOBIERNO DE CHILE | Ministerio del Medio Ambiente. Tercer Reporte del Estado del Medio Ambiente Disponible en: <http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/REMA-2017.pdf>
- INE: Anuario Construcción 2009.
- METSAWOOD: "Wood construction battles climate change through carbon storage". Disponible en: < <https://www.metsawood.com/global/news-media/articles/Pages/carbon-storage.aspx>>
- MCDONOUGH, W., & BRAUNGART, M. (2009). Cradle to cradle: remaking the way we make things. London, Vintage.
- BAIXAS, Juan Ignacio: Forma Resistente, Santiago, Chile, Ediciones ARQ, 2005.

Elementos (Transformación)

- FAO: Mapa Densidad de Bosques en el Mundo
- FAO: Ganancia o Pérdida Neta de Superficie Forestal a Nivel Mundial
- RAUTIAINEN, A [Et. Al]: A National and International Analysis of Changing Forest Density. *PLoS ONE*, 2011; 6 (5): e19577. Disponible en: [10.1371/journal.pone.0019577](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019577)
- HEIKKINEN, Pekka: Conferencia en Semana de la Madera 2014
- FORESTRY FORUM: Cómo se Corta un Tronco para Madera Aserrada. Disponible en: https://www.reddit.com/r/pics/comments/6vyw2z/how_a_log_is_cut_into_lumber
- CMPC: Proceso de la Madera Aserrada. Catálogo Qualimad
- ARAUCO: Catálogo MSD Estructural
- ARAUCO: Catálogo MSD Impregnado
- OSMOSE: Catálogo Productos para Impregnación de Madera
- LONZA QUIMETAL: Catálogo Productos para Impregnación de Madera
- CMPC: Thermowood
- THERMOARENA: Catálogo Thermowood. Disponible en: <http://thermoarena.com>
- LIGNUM: "Thermowood: Modificación Térmica de la Madera". Disponible en: <http://www.lignum.cl/reportajes/thermowood-modificacion-termica-de-la-madera/>
- ACCSYS: Catálogo Accoya
- CMPC Selex: Proceso Tableros Contrachapado. Catálogo Selex.
- ARAUCOPLY: Catálogo Tableros de Contrachapado Estructural
- LP: Catálogo Tableros OSB
- MASISA: Catálogo Tableros MDP
- MASISA: Catálogo Tableros MDF
- ACCSYS: Catálogo Tricoya: Tableros MDF Acetilados
- ARAUCO: Catálogo Vigas Laminadas Dimensionadas HILAM
- SIERRA, A. Cátedra Técnicas y Procesos de Construcción en Madera. Gentileza Visita: INGELAM
- LP: Catálogo LVL
- LP: Catálogo LSL
- METSAWOOD: Catálogo Kerto LVL
- FP INNOVATIONS [Et. Al]. CLT Handbook Cross Laminated Timber
- KLH. Company and Products

- SIMPSON STRONG TIE: Catálogos Conectores
- ROTHOBLAAS: Catálogos Conectores
- WOODARCH: Catálogo Cutek
- NUPROTEC: Catálogo Osmo
- ECOPINTURAS: Catálogo Pinturas al Temple
- WOODSRL.: Resistencia al Fuego de la Madera Maciza
- SIMPSON STRONG TIE: Ensayo Sísmico de Edificio de Madera de 7 pisos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=kmJMVcOIMYQ>
- MADERA21: Comparación Espesor Requerido para Igual Transmitancia Térmica
- MOE, Kiel: Energy/Emergy: expanded boundaries for sustainability and energy paradigms in architecture and design
- INN: Resumen Normas Chilenas en Torno a la Madera. Disponible en: <http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2017/03/Normas-Chilenas-de-construcción-en-madera.pdf>
- BAIXAS, J [Et. Al]: Salas Cuna JUNJI - Fundación Integra, 2006.
- FSC: Resumen Certificaciones
- PEFC: Resumen Certificaciones

Partes (Unión)

- EL MERCURIO: Mapa Ubicación de Producción de ARAUCO
- HOMAG WEINMANN: Mapa Ubicación de Producción y ventas de Maquinaria Prefabricadora. Catálogo Maquinaria para fabricación de Entremados en Madera.
- CMPC: Proceso de Remanufactura. Catálogo Molduras y Tableros Fingerjoint
- SIERRA, A. Cátedra Técnicas y Procesos de Construcción en Madera. Gentileza Visita: ARAUCO
- MASISA: Catálogo de Molduras
- TAETT: Ventanas de Madera Radiata P78
- THE WOOD WINDOW ALLIANCE: Hechos respecto a las Ventanas de Madera
- UBILLA, M., SIERRA, A.: Seúl, Techniques of Wood Construction for Architecture Students: Learning by Drawing WCTE, 2018
- PASHA, Khaled: Recent Trends in German Timber Construction. Simposio Internacional de la Madera, UC, Santiago, Chile, 2004.
- HERZOG, Thomas [et al]: Timber Construction Manual. Basel, Birkhäuser, 2004.
- CHAPMAN, John: Round Timber in Building – Recent Technologies and Possible Future Systems. Simposio Internacional de la Madera, UC, Santiago, Chile, 2004.
- FP INNOVATIONS [Et. Al]. CLT Handbook Cross Laminated Timber
- SBICA: Industrialización: Comparación entre Entramado en Obra y Prefabricado por Componentes
- TIMBER: Catálogo de Soluciones
- SIERRA, A. Cátedra Técnicas y Procesos de Construcción en Madera. Gentileza Visita: TIMBER.
- DFAB HOUSE: Fabricación Digital de Estructuras de Entramados.
- DREAM HOME LLC: Tuberías o Conductos en Entramados.
- SIERRA, A. Cátedra Técnicas y Procesos de Construcción en Madera. Gentileza Visita: CORTELIMA.
- LEDINEK: Catálogo Maquinaria para fabricación de CLT.
- HOISKO: Mecanización y Montaje de Estructuras de CLT.
- FRITZ, A y UBILLA, M. Editores: Manual de Diseño, Construcción, Montaje y Aplicación del Muro Envoltente. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2012.
- POLOMADERA: Catálogo 3D de Soluciones Constructivas para Edificación en Madera.
- MINVU - CIM UC: Soluciones Constructivas para Edificación en Madera.

- GONZÁLEZ, P [Et. Al]: Sistema Constructivo en Madera Contralaminada para Edificios
- PASHA, K: Estudio de Estrado del Arte en Construcción Modular en Madera.
- TECNOFAST: Edificación Modular en Madera en Altura en Los Bronces.
- KAUFMANN BAUSYSTEME: Construcción Modular en CLT.

Conjunto (Uso o Consumo)

- CTBUH: Tall Timber Buildings List
- WCTE2018: Una Nueva Era de Oro de la Madera
- NATURE: El Renacimiento de la Madera
- CHATEAU, F, SIERRA, A: Anatomy of Wood Construction in Chile: 12 Remarkable Works Studied in an Architectural Research Workshop. Seúl, WCTE, 2018
- ELEMENTAL: Barrio Elemental Constitución
- UGARTE, J y SIERRA, A: Eco-Sustainable Neighborhoods: Prefabricated Economic Housing in Timber. WCTE: World Conference on Timber Engineering. Viena, Austria, 2016.
- UBB: Barrio Ecosustentable Talcahuano
- CTI: Gráfico Edificios en Madera, según Altura.
- GREEN, Michael: Why we should build wooden skyscrapers. Disponible en: https://www.ted.com/talks/michael_green_why_we_should_build_wooden_skyscrapers/up-next
- FP INNOVATIONS [Et. Al]. CLT Handbook Cross Laminated Timber
- DALHEIM, Robert: "How Cross Laminated Buildings are Built". Disponible en: <https://www.woodworkingnetwork.com/wood/panel-supply/how-cross-laminated-timber-buildings-are-built>
- MGA: Wood Innovation and Design Centre
- WAUGH THISLETON: Stadthaus, 24 Murray Grove
- ABRAHAMSEN, R y KJELL, M.: Structural Design and Assembly of "Treet" ^{CLT}~~SEA~~ 14-Storey Timber Residential Building in Norway. Quebec, WCTE 2014.
- TREETSAMAIE: Catálogo Edificio Treet
- ACTON OSTRY ARCHITECTS: Brock Commons
- WIRED: "De las semillas a los Rascacielos: Estas Torres de Madera están Comiendo CO2"
- NJIT: El Futuro de los Rascacielos

Anexos

Datos y Hechos del Sector Forestal

- CORMA: Beneficios Medioambientales de los Bosques. Disponible en: <http://www.corma.cl/medioambiente/beneficios-ambientales-de-los-bosques/recuperacion-de-suelos>
- FAO 1992 "Erosión y pérdida de fertilidad del suelo". Disponible en: http://www.memoriachilena.cl/temas/index.asp?id_ut=laerosiondesuelosylasupervivenciadechile
- INFOR: Anuario forestal, 2013 p. 21.
- CALDER, HOFER, VERMONT Y WARREN, 2007: "Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua", en Unasylva nº 229, Vol. 58. P. 3
- ARANA, María Teresa: Sector Forestal: Datos y Hechos



- MADERA21: “Semana de la Madera”. Disponible en: <<http://www.semanadelamadera.cl>>
- MADERA21: “Casi 70 proyectos y 200 estudiantes participarán en los concursos de la semana de la madera 2017”. Disponible en: <<http://www.madera21.cl/?p=9227>>
- MADERA21: “Por Qué Madera”. Disponible en: <http://www.madera21.cl/?page_id=2757#1480605418063-212f1493-810c>

Anexos

Datos y Hechos del Sector Forestal

Reducción de CO₂

Por medio de la fotosíntesis, los árboles absorben a lo largo de su vida grandes cantidades de dióxido de carbono. Este queda fijado en sus paredes celulares y puede llegar a representar la mitad del peso seco de un árbol. Así, por ejemplo, en una tonelada de pino silvestre –de donde se obtienen 500 kilos de madera seca–, el carbono acumulado alcanza los 250 kilos. Esto equivale a decir que dicho árbol secuestró de la atmósfera 915 kilos de dióxido de carbono.

Las plantaciones forestales contribuyen significativamente a la reducción de los gases de efecto invernadero, puesto que los árboles en etapa de crecimiento tienen mayor capacidad para capturar carbono que los ejemplares maduros.

En ese sentido, los bosques naturales y plantados no sólo ofrecen bienes, empleo y divisas, sino que también capturan CO₂, ayudando a mitigar el cambio climático. Alrededor de un 50% de las emisiones totales del país, son absorbidas por este sector, donde las plantaciones forestales aportan aproximadamente con un 20%.

Teniendo en consideración la eco-eficiencia de las plantaciones forestales en la captura de carbono, y por otro lado el compromiso nacional de reducir en 30% las emisiones de CO₂ para el año 2030, es relevante fomentar la forestación en el país, con énfasis en el rol que cumple la creación de bosques en la captura de carbono.

Recursos Renovables

El sector forestal es la industria basada en recursos renovables más importante del país y el tercer rubro exportador de importancia en Chile -tras la minería y la industria de alimentos industriales- y el primero basado en recursos naturales renovables.

Hoy la industria forestal se abastece en un 99% de plantaciones forestales sustentables y produce anualmente del orden de 50 millones de m³ y genera cerca de 300.000 empleos. La industria forestal basa

su actividad en un ciclo renovable de plantación y cosecha.

Estimaciones de CORMA en base a datos del Instituto Forestal –INFOR–, indican que entre los años 1994 y 2002, la tasa de plantación era de 94 mil hectáreas al año, mientras que la cosecha era de 46 mil. Esto significa que, por cada árbol cortado, se plantaron dos. Actualmente todo árbol cosechado se vuelve a plantar

Ciclo de Vida

La materia orgánica renovable vegetal o animal, transformada natural o artificialmente, es denominada biomasa. El sector forestal produce biomasa proveniente de bosques manejados sustentablemente, que constituye un combustible carbono-neutral

La industria forestal chilena está estrechamente relacionada con las energías renovables no convencionales, a través de la utilización de biomasa forestal para la generación de energía. Esta biomasa se obtiene aprovechando las ramas de árboles remanentes tras la cosecha de la madera, los árboles de baja calidad, que se cortan durante las operaciones de raleo, los desechos madereros procedentes de zonas urbanas y los residuos madereros de los aserraderos.

Dado que esta biomasa proviene de bosques manejados sustentablemente, el carbono liberado durante su combustión es el mismo que fue capturado por los árboles durante su crecimiento, constituyendo así un combustible carbono-neutral. Este subproducto forestal representa en la actualidad un 2% de la matriz energética de Chile y cerca del 15% de las Energías Renovables No Convencionales –ERNC–. CORMA estima que la capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal llega en el país a aproximadamente 975 MW, y un 43% se entrega al SIC (Sistema Interconectado Central).

Producción Limpia

La extracción y manufactura de madera consume menos energía que la elaboración de otros materiales, y la mayor parte de ella se obtiene de fuentes renovables.

La producción de cemento, vidrio y acero, por ejemplo, requiere de altísimas temperaturas que se alcanzan utilizando grandes cantidades de energía proveniente de combustibles fósiles. De hecho, la energía utilizada para producir una tonelada de cada uno de estos materiales, puede multiplicar cinco, catorce y veinticuatro veces, respectivamente, la necesaria para producir una tonelada de madera. Por lo mismo, el volumen de CO₂ que se emite a la atmósfera durante estos procesos es mucho menor en el caso de la madera (0,28 t, frente a 4 t que genera la fabricación de acero, 7,5 t el PVC y hasta 15 t el aluminio).

Además, la optimización de los procesos en la industria forestal ha logrado reducir sustancialmente los residuos sólidos de su producción. Hoy prácticamente toda la materia prima se aprovecha en productos útiles, entre los que se cuenta una amplia variedad de paneles reconstituidos, fibras y combustibles derivados de la madera.

Certificaciones

El 70% de las plantaciones forestales de Chile cuenta con certificaciones de manejo forestal sustentable reconocidas internacionalmente: Certfor (PEFC) o FSC.

La certificación de Manejo Forestal Sustentable es un proceso mediante el cual un organismo verificador independiente asegura que los productos y servicios forestales generados por una empresa, provienen de bosques manejados de manera sustentable cumpliendo con estándares económicos, sociales y ambientales definidos por cada uno de los sistemas de certificación.

Los principios de manejo de bosques sustentables a certificar son:

- Impacto ambiental: se debe mantener o restaurar el ecosistema y su biodiversidad.
- Monitoreo y evaluación.
- Mantenimiento de biodiversidad y bosques con alto valor de conservación.
- Cumplimiento de leyes, acuerdos y otros, junto con los principios de cada sello.
- Relaciones comunales y laborales, manteniendo el bienestar social y económico.
- Derechos de los pueblos indígenas.
- Relaciones comunales y laborales, manteniendo el bienestar social y económico.
- Mantención de la productividad.
- Mantener o mejorar los beneficios económicos, sociales y ambientales del bosque.

Pino Radiata, Eucaliptus y los Suelos

Las plantaciones forestales y los bosques nativos hacen una gran contribución a la protección y recuperación de suelos erosionados

Los bosques cubren alrededor de un 23% de la superficie del territorio nacional, lo que equivale a un total de 17,5 millones de hectáreas. Las plantaciones alcanzan los 2,4 millones de hectáreas, se han ubicado mayoritariamente en suelos erosionados y sin uso alternativo:

- Actúan como una barrera contra la acción del viento y las lluvias, pues su copa y follaje interceptan gran parte de las gotas de lluvia, que se deslizan, infiltran y acumulan en napas subterráneas, sin impactar directamente con el suelo.
- Las hojas de los árboles filtran el paso de los rayos solares, evitando que el suelo se seque.
- Los árboles proveen de materia orgánica a los terrenos, enriqueciéndolos para su propio sustento y para el resto de la vida vegetal y animal.
- Estabilizan los terrenos cercanos a cursos y fuentes de agua, impidiendo que éstas erosionen los suelos

Pino Radiata, Eucaliptus y el Agua

Los bosques naturales y plantados regulan las cuencas hidrográficas, porque ayudan a conservar la calidad de las aguas y mitigar las inundaciones. Además, pueden proteger tanto los suministros como la calidad del agua:

- Son filtros naturales: interceptan el agua de lluvia y la liberan lentamente en los cursos de agua.
- Conservan la calidad del agua, ya que contribuyen a una mayor infiltración de agua y por ende menor escurrimiento superficial, minimizando la erosión del suelo y la sedimentación de los cuerpos de agua.
- Bajo empleo de agroquímicos de uso habitual en cultivos tradicionales, tales como herbicidas y fertilizantes. Se aplican solo 1-2 veces cada 12 años en Eucalipto y 1-2 veces cada 24 años en Pino.
- Mejor régimen de temperatura del agua (sombra).
- Mayor retención de humedad en el suelo (materia orgánica) y menor contaminación microbiana

Desde el año 2003 a la fecha, Chile ha sufrido una larga sequía que unida a una isoterma cero más alta, han afectado el almacenamiento natural de agua, disminuido los caudales en el verano y la recarga de acuíferos. Esto ha generado un cuadro de escasez hídrica con oferta variable en el país.

Los bosques se abastecen de agua lluvia, no precisan riego y más del 90% de ellas se ubica en regiones del país con una alta pluviometría donde el 85% del agua lluvia no se aprovecha ni almacena y desemboca en el mar.

El pino y el eucalipto absorben en su gran mayoría 'Agua Verde', que es la fracción de agua de precipitación que se almacena en el suelo y que luego se evapora o se incorpora a plantas y animales:

- En Chile no falta agua. Falta gestión sobre el agua
- Las plantaciones aportan favorablemente en la calidad del agua.
- Las plantaciones utilizan agua en rangos similares o levemente superiores a las cubiertas agrícolas con riego.
- Las plantaciones no afectan grandes cuencas. Hay casos de escasez en pequeñas cuencas con alta proporción de plantaciones.
- Las plantaciones llevan más de un siglo en Chile. Solo hace unos años se han presentado problemas de escasez de agua.
- No debe existir conflicto entre agua para consumo y agua para producción.
- Existen problemas de escasez de agua en zonas donde no hay plantaciones.
- La principal causa en la disminución en la disponibilidad de agua es el cambio climático y la falta de infraestructura.
- Si se extraen las plantaciones existirá mayor disponibilidad de agua en invierno, pero en el largo plazo no existirá suelo.
- Se debe gestionar el porcentaje de plantación en la cuenca, evitar plantaciones extensas de una sola clase de edad.
- Controlar la densidad de la plantación (árboles por hectárea) a través de raleos.
- Elegir especies más eficientes uso agua y producción biomasa.
- Concentrar las plantaciones en las partes elevadas de las cuencas.
- Mejorar la eficiencia en el uso del agua de todos los actores.

Pino Radiata, Eucaliptus y el Bosque Nativo

El 23,2% del territorio nacional (17.520.869 ha) corresponde a bosques, de los cuales el 86% es nativo. De estos, un 30% (4.103.072 ha), está protegido por el SNASPE. Adicionalmente, alrededor de 800 mil hectáreas de bosques nativos se encuentran en áreas protegidas privadas. Las empresas forestales aproximadamente poseen 200 mil hectáreas que constituyen áreas de alto valor de conservación

Interés de la Industria de la Madera en la Construcción:

- La leña es un combustible de primera necesidad en el país, dado su amplio uso y fácil acceso. Entre las Regiones de O'Higgins y Los Lagos (centro sur) el 81% de la calefacción se realiza en base a combustión de leña.
- La leña utilizada proviene principalmente del bosque nativo y anualmente se consumen 15 millones de m³. Esto ha provocado en muchos casos la degradación de estos bosques.
- Lamentablemente, la mayor parte de las viviendas existentes en estas regiones tienen bajas condiciones de aislación térmica, tecnologías de calefacción ineficientes y usan leña con alto contenido de humedad. Esto ha provocado importantes problemas de contaminación atmosférica y de salud en la población, llevando a numerosas ciudades de la zona centro-sur del país a ser declaradas como zonas saturadas por material particulado (MP10 y/o MP2,5).
- CORMA estima que es fundamental asegurar la sustentabilidad de la leña y transformarla en una fuente energética sustentable, para lo cual es necesario promover el desarrollo de edificaciones más eficientes, producción de leña sustentable y seca, mejoras en tecnologías de calefacción y educar a la población en torno al uso eficiente y sustentable de los recursos boscosos.

Educación Técnica y Profesional

Tenemos abundantes recursos Forestales y la construcción en madera tiene un amplio margen para desarrollarse en nuestro país, ya que contamos con abundantes recursos forestales y con una industria moderna, competitiva y sustentable. Manejadas responsablemente, las plantaciones forestales chilenas pueden abastecer la industria por

un tiempo indefinido, generando de paso una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales:

- Chile es uno de los diez mayores productores de madera en el mundo.
- Es líder mundial en plantación de Pino Radiata junto con Nueva Zelanda.
- La industria forestal constituye el segundo sector exportador de la economía chilena.
- Chile cosecha cinco veces el volumen de madera que consume.
- La producción forestal chilena proviene de una superficie inferior al 3,5% del territorio nacional.
- Alrededor de un 90% de las plantaciones forestales se ha establecido en suelos degradados.
- El potencial de expansión de la industria en terrenos de estas características supera el millón de hectáreas

En Chile, Construimos Poco en Madera

En Chile se construyen entre 90 y 120 mil viviendas nuevas al año. Apenas un 14% de las viviendas en el país usa madera como material predominante, Concentrándose en la zona sur del país y contrastando con la que presentan otros países líderes en materia forestal, como Canadá, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda. Esto puede estar debido a:

- Percepción: Según un estudio realizado entre actores del sector Construcción, la principal razón por la cual no se construye más en madera es la poca valoración que el cliente final atribuye a las viviendas de este material. Esto sería consecuencia del desprestigio que arrastra la madera debido a su comercialización con procesos de secado deficientes, práctica que durante mucho tiempo fue habitual. Además, la arraigada asociación de la madera con la construcción de viviendas básicas o de emergencia ha contribuido a desvirtuar su imagen:
- Desconocimiento: A los prejuicios mencionados, se suma el desconocimiento generalizado de las ventajas y potencialidades que ofrece la madera como

material de construcción, tanto entre el público general como entre los propios profesionales y técnicos del rubro. A esto se debe que se le atribuyan desventajas que no se corresponden con el desarrollo tecnológico y la innovación que ha experimentado en las últimas décadas.

- Falta de especialistas: Nuestro país cuenta con muy pocos técnicos y profesionales capacitados para construir viviendas de calidad en madera, aprovechando las soluciones de alto desempeño que ofrece el mercado. Si bien en los últimos años han surgido centros de investigación y transferencia tecnológica dedicados al tema, los programas de formación, la generación de conocimiento y la inversión en I+D aplicada siguen siendo escasos.
- Norma inadecuada: Pese a los cambios que ha impulsado Madera21, la normativa que regula el uso de madera sigue imponiendo restricciones inconsistentes con el desarrollo que presentan actualmente los sistemas constructivos basados en este material. Según los profesionales del rubro, las normas tienden a inhibir su utilización, especialmente para construcción en altura.
- Baja tasa de certificación para la construcción: De acuerdo con Corfo, “la madera en Chile no cuenta con certificaciones de calidad que permitan a sus demandantes tener certeza de la estabilidad dimensional y estructural de ésta”. Frente a la dificultad para proveerse de madera que cumpla con los estándares exigidos por la norma, la mayoría de las empresas opta por construir con otros materiales.

Iniciativas para la Construcción en Madera

Actualmente están en curso distintas iniciativas públicas y privadas que apuntan a impulsar el desarrollo de la industria de la madera en Chile, dar a conocer sus ventajas y promover un cambio de paradigma respecto de su uso en construcción. A continuación algunos ejemplos:

Semana de la Madera

Organizada anualmente por Madera21, es un espacio de difusión, reflexión y debate en torno a las posibilidades constructivas de la madera, que busca fomentar la investigación, la innovación y la transferencia de conocimientos en estas materias entre profesionales, estudiantes y empresas del medio local.

Feria COMAD

La Feria de Construcción Sustentable en Madera – COMAD- es organizada por CORMA en alianza con la Corporación de Desarrollo Tecnológico –CDT- en Coronel, Región del Biobío, Chile Su propósito es apoyar el desarrollo de la construcción industrializada en madera en Chile y Latinoamérica.

CIM UC-Corma

Centro interdisciplinario dedicado a la investigación y transferencia tecnológica en materia de construcción en madera. Entre sus actividades se cuenta la realización de publicaciones, desarrollo de productos, docencia, extensión y servicios profesionales.

MINVU: cinco líneas de acción

Fortalecimiento del marco normativo técnico; diversificación de la gama de soluciones constructivas disponibles que cumplen con la reglamentación vigente asociadas a la materialidad de la madera; generación de alianzas colaborativas para mejorar la competencia de los profesionales y trabajadores del rubro; mejora de los procesos de control de calidad de los materiales; e impulso a proyectos piloto detonantes que permitan demostrar las cualidades de la madera.

Polo Madera

Programa de la Universidad de Concepción que busca fortalecer el crecimiento económico de la región mediante la creación de valor agregado en el procesamiento de la madera. Para esto, el programa consolida las acciones internas de la Universidad de Concepción y se conecta con otras instituciones académicas, gubernamentales y privadas.

Con Madera Usach

Equipo que, a través de proyectos como: “Estudios de ingeniería para introducir en Chile un sistema constructivo de rápida ejecución para edificios de mediana altura, utilizando elementos de madera contralaminada” (o proyecto CLT) e “Ingeniería Sismorresistente para Diseño Estructural de Edificios de Mediana Altura en Madera Contralaminada de Pino Radiata Crecido en Chile”, busca introducir en Chile el sistema constructivo de madera contralaminada.

Programa Estratégico Mesorregional “Industria de la madera de alto valor”

Iniciativa multiinstitucional liderada por Corfo que tiene como objetivo desarrollar la industria secundaria de la madera en el subsector pyme de las regiones del Maule, Biobío, Araucanía y Los Ríos, con foco en la elaboración de productos de calidad para el mercado de la construcción. Una de las metas del programa es aumentar un 30% la superficie construida en madera al 2025, lo cual supone un incremento del abastecimiento maderero en torno a 150 mil m³.

Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable Construye 2025

Busca transformar la manera de construir en Chile, mejorando la productividad de esta industria en toda su cadena de valor y generando un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad

