

Estudio sobre los efectos de la densificación de ciudades, a través de la construcción de edificaciones sustentables de madera en altura, para la toma de decisiones de políticas públicas en Chile.



**SOBRE LOS EFECTOS DE LA DENSIFICACIÓN DE CIUDADES, A TRAVÉS DE LA
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES DE MADERA EN ALTURA,
PARA LA TOMA DE DECISIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN CHILE.**

para Ministerio de Vivienda y Urbanismo.



Convenio 2020

ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE LA DENSIFICACIÓN DE CIUDADES, A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES DE MADERA EN ALTURA, PARA LA TOMA DE DECISIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN CHILE.

Primera versión web: octubre 2023

Esta edición ha sido creada por el equipo del Centro UC de innovación en Madera. Todos los derechos reservados. Esta publicación o cualquier parte de la misma no debe ser reproducida en ninguna forma sin el permiso escrito del Centro UC de innovación en Madera.

Autoría

Amanda Apurahal
Florencia Rodríguez
Felipe Victorero

Colaboradores:

Eduardo Wiegand
María Inés Aguilera
Felipe Bascuñán

Contraparte Técnica

DITEC MINVU - Susana Jara

Edición

Amanda Apurahal
Florencia Rodríguez

Ilustración

Vanessa Naranjo

Los autores, colaboradores y editores no asumen ninguna responsabilidad por cualquier daño directo o indirecto, lesión, perjuicio o pérdida que pueda producirse o sufrirse como resultado del uso, la confianza, la aplicación y/o la referencia a la información incluida en esta publicación. Consulte a su jurisdicción local o a un profesional del diseño para asegurarse de que se cumplen las disposiciones legales y ordenanzas locales de construcción.

Información de contacto:

Centro UC de Innovación en Madera

Edificio Centro de Innovación Anacleto Angelini,
piso 7Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul,
Santiago, Chile Teléfono: +56 2 2354 5549
contactocim@uc.cl
<https://madera.uc.cl>

1. Agradecimientos

El presente informe ha sido desarrollado por el Centro de Innovación en Madera CIM UC a solicitud del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, como parte del convenio firmado entre ambas partes. Este documento expone los resultados finales del “Estudio sobre los efectos de la densificación de ciudades, a través de la construcción de edificaciones sustentables de madera en altura, para la toma de decisiones de políticas públicas en Chile” desarrollado durante el período enero a agosto 2022, y fue preparado por un equipo de expertos liderado por MINVU en colaboración con CIM UC.

Agradecemos a MINVU y al equipo del Centro de Innovación CIM UC liderado por Felipe Victorero, compuesto de Florencia Rodríguez y Amanda Apurahal. También agradecemos la contribución de los especialistas internacionales Eduardo Wiegand y María Inés Aguilera, sin los cuales no habría sido posible el desarrollo y levantamiento de la información necesaria para la elaboración de este documento.

2. Resumen Ejecutivo

El presente documento se enmarca dentro del convenio de colaboración y transferencia Centro de Innovación en Madera CIM UC y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, y busca aportar desde la base técnica a la discusión para la eventual creación de una política pública que incentive la construcción en madera en altura en el país.

En primer lugar, se define un diagnóstico actual sobre los desafíos que enfrenta la actualidad global frente a dos de las problemáticas más importantes de las últimas décadas. El crecimiento exponencial de la población mundial y el cambio climático. Dentro de este contexto se define estrategias de como mitigar los efectos negativos de estas problemáticas y avanzar hacia un desarrollo sostenible de la sociedad. Así es como se estudian los beneficios medioambientales de la densificación de ciudades en madera, una alternativa que podría tener un impacto considerable en la reducción de emisiones de CO₂ de la industria de la construcción y a su vez convertir nuestras ciudades en sumideros de carbono junto a nuestros bosques. Esto podría ser extrapolable al contexto chileno siguiendo la línea de la más reciente actualización de la Contribución Nacional Determinada del año 2020 y el compromiso nacional del carbono neutralidad para el año 2050.

A modo de entender de mejor manera como se ha avanzado en la construcción en madera en altura como alternativa en el mundo, se realiza un levantamiento de casos internacionales, el que es analizado para concluir en la definición de arquetipos o tipologías de proyectos en madera en altura que puedan dar luces de cuáles son las alternativas más comunes para densificar en madera.

Para realizar un análisis más detallado y definir posibles acciones a tomar, se presenta un total de ocho casos internacionales, los cuales han sido seleccionados dentro de un universo limitado de opciones, debido a la falta de información (acceso o disponibilidad). Cada caso ha sido estudiado presenta interesantes aportes en cuanto a las herramientas utilizadas y el foco que se ha escogido para abordar.

Cuando se revisa el escenario internacional de países que cuentan con importante desarrollo de construcción en madera, se destaca la incidencia de ciertas políticas (públicas, privadas o mixtas) que utilizando determinadas herramientas han logrado incentivar la utilización de este material a nivel local y/o nacional. A modo general, se destaca de manera transversal una aproximación enfocada en acciones voluntarias, donde el estado incentiva el desarrollo de proyectos prestando recursos humanos y económicos enfocados en el desarrollo de investigación y nuevas soluciones, para de esta manera salvar la brecha de conocimientos técnicos y el eventual aumento de costo asociado a demostrar la viabilidad del edificio. Por otra parte, resulta fundamental contar con un código de construcción que tenga un enfoque menos prescriptivo y más demostrativo ya que abre las posibilidades a nuevas soluciones, así como también enfocar la utilización no en el material en sí mismo, si no en el cumplimiento de la edificación con los acuerdos nacionales e internacionales vinculados a sustentabilidad y cambio climático (ejemplo, ciclo de vida del material y de la edificación, LCA).

Para facilitar la lectura de este documento, se ha dividido la información en resúmenes de cada caso, siendo complementado por una tabla comparativa que contempla los puntos más relevantes una serie de fichas que contienen toda la información recopilada.

Finalmente, en el último capítulo se utiliza el análisis por fases para definir el estado actual de desarrollo de la política pública en nuestro país, cerrando con comentarios y/o recomendaciones respecto al desarrollo de cada fase, cerrando con una serie de puntos relevantes a ser discutidos en una eventual (y necesaria) mesa intersectorial de expertos.

Índice

1.	Agradecimientos	3
2.	Resumen Ejecutivo	4
3.	Urbanización y Densificación Sustentable	7
3.1.	Densificación Urbana, Déficit Habitacional y Cambio Climático - Diagnóstico	7
3.1.1.	Chile - compromisos y oportunidades	9
3.2.	Densificación en altura en madera como alternativa	13
4.	Edificación en altura en madera	17
4.1.	Definición, limitaciones y categorización	17
4.2.	Levantamiento internacional de edificaciones en altura en madera	19
4.2.1.	Definición de arquetipos	23
4.3.	Levantamiento internacional de edificaciones/urbanizaciones en madera	27
4.4.	Lecciones / conclusiones	29
5.	Políticas públicas asociadas al fomento de la edificación en madera en altura	30
5.1.	¿Por qué políticas públicas?	30
5.1.1.	Fases para el desarrollo de una política pública	30
5.1.2.	Tipos de políticas según su foco de acción	31
5.1.3.	Instrumentos que utilizan las políticas	32
5.2.	Experiencia Internacional	33
5.2.1.	Ficha resumen casos	34
A.	Europa	35
5.2.2.	Caso 1: Les plans bois-construction 2009-2030, Francia	35
5.2.3.	Caso 2: RE2020, Francia 2022 (Actualización de la RT2012)	36
5.2.4.	Caso 3: Mer trä i byggandet (More Timber in Construction, Växjö, Suecia, 2005)	37
5.2.5.	Caso 4: Timber First, Hackney, Londres, Reino Unido (2012)	38
5.2.6.	Caso 5: Maßnahme 9 (Austria, 2021), Bonificación de C02	39
B.	Norteamérica	40
5.2.7.	Caso 6: Green Construction Wood Program (GCWood, Canadá, 2017-2022)	40
5.2.8.	Caso 7: Tall Wood Building Demonstration Initiative (TWBDI, Canada, 2013)	41
C.	Oceanía	42
5.2.9.	Caso 8: CEFC Timber Building Program, Australia 2022	42
5.2.10.	Fichas Casos Completos	44
6.	Densificación en madera en Chile	63
6.1.	Diagnóstico Nacional	63
6.1.1.	Fase 1. Introducción: Evaluación de la relevancia del programa	63
6.1.2.	Fase 2. Participación de la comunidad	64

6.1.3.	Fase 3. Desarrollo e implementación del plan de acción	65
6.1.4.	Fase 4. Investigación técnica: Cuantificación y definición de beneficios	66
6.1.5.	Fase 5. Programa y desarrollo de la política: Implementación de instrumentos	69
7.	Conclusiones y recomendaciones finales	70

3. Urbanización y Densificación Sustentable

3.1. Densificación Urbana, Déficit Habitacional y Cambio Climático - Diagnóstico

En 2015 la ONU aprobó la ‘Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible’, en donde se definieron 17 ‘Objetivos de Desarrollo Sostenible’ (ODS) los que constituyen un plan de acción que debe ser implementado por todos los países para asegurar el desarrollo sostenible del planeta. El ODS número once ‘Ciudades y Comunidades Sostenibles’, define como objetivo que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resiliente y sostenibles. Dentro del contexto actual, donde alrededor de 55% de la población mundial vive en ciudades y se proyecta que al 2050 este porcentaje aumente a 68%¹, esta meta toma real importancia.

Este crecimiento exponencial de las ciudades es más drástico en países en vías de desarrollo, donde se espera que entre un 50-59% de la población viva en asentamientos urbanos para el 2050². Esta tendencia de expansión acelerada de los sectores urbanos amplificara los desafíos que se concentran en las ciudades de dichas naciones, como la vivienda inadecuada, niveles de consumo de energía, contaminación y vulnerabilidad a desastres naturales, pero a su vez es en las ciudades donde se presentan las oportunidades para enfrentar dichas problemáticas.³

Debido a la aglomeración de habitantes y la actividad económica, la densidad urbana puede presentar beneficios para mejorar la prosperidad y la calidad de vida de sus habitantes. Cuando la urbanización es bien gestionada se convierte en una fuerza positiva para el crecimiento económico, reducción de la pobreza y el desarrollo sustentable de la sociedad. Es aquí donde las políticas gubernamentales pueden asegurar que estos beneficios sean repartidos equitativamente promoviendo el desarrollo sostenible de ciudades⁴, con políticas públicas que aseguren una planificación participativa y manejo de una urbanización sostenible, inclusiva, segura y sustentable, a través de un cambio de paradigma en cómo se definen las ciudades en un futuro.

Según el Banco Mundial, basado en datos de ONU, se estima que la población mundial llegará a los 8.5 billones de habitantes en 2030, donde más de la mitad vivirá en asentamientos urbanos. Dentro de la próxima década, un estimado de 3 billones de personas en el mundo necesitará acceso a una vivienda y a una infraestructura urbana básica, esto sumando al déficit habitacional ya existente tendrá un impacto considerable en las nuevas de urbanización. Por tanto, la forma en que se conciben las futuras viviendas y como se maneja el crecimiento de las ciudades tendrá un impacto directo en la gestión de la urbanización como una fuerza positiva de crecimiento económico y desarrollo sostenible de la sociedad.⁵

¹ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, and Population Division, *World Urbanization Prospects*.

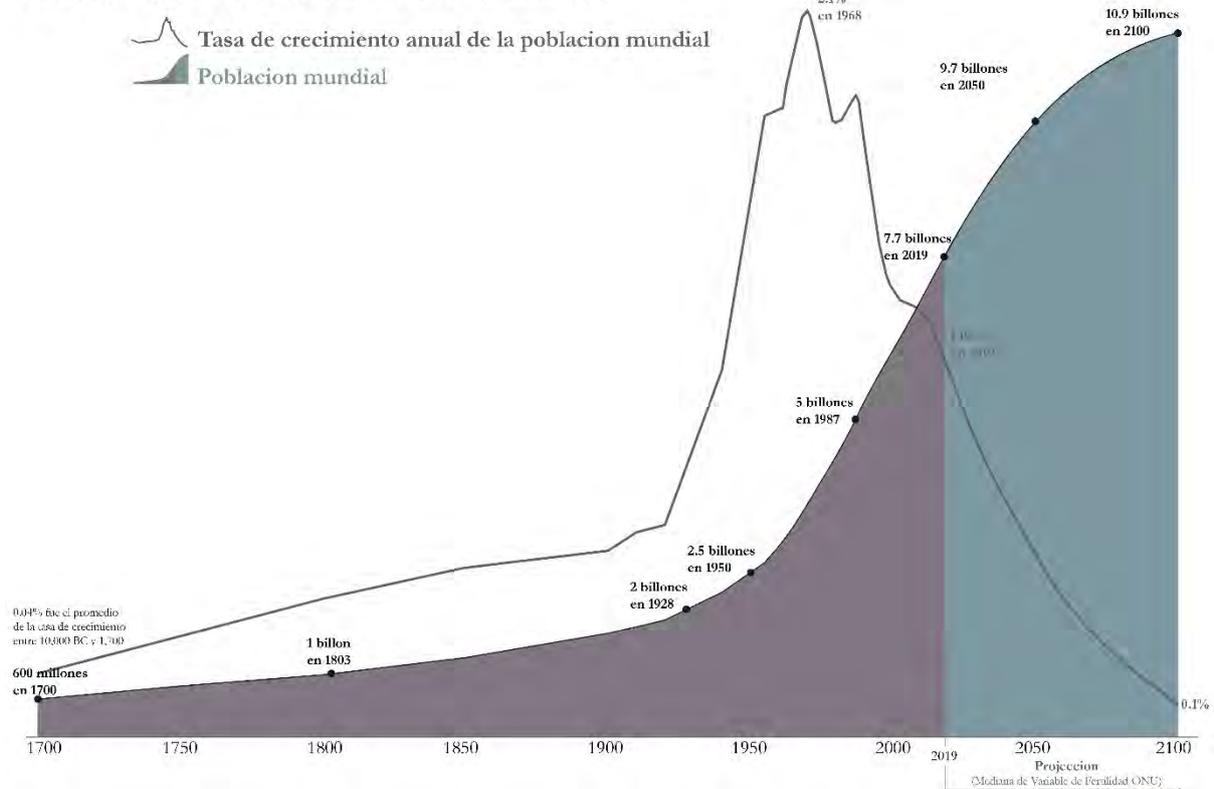
² United Nations, Department of Economic and Social Affairs, and Population Division.

³ María et al., “6C Estudio de la urbanización en Centroamérica: oportunidades de una Centroamérica urbana.”

⁴ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, and Population Division, *World Urbanization Prospects*.

⁵ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, and Population Division.

Crecimiento de la Población Mundial, 1700-2100



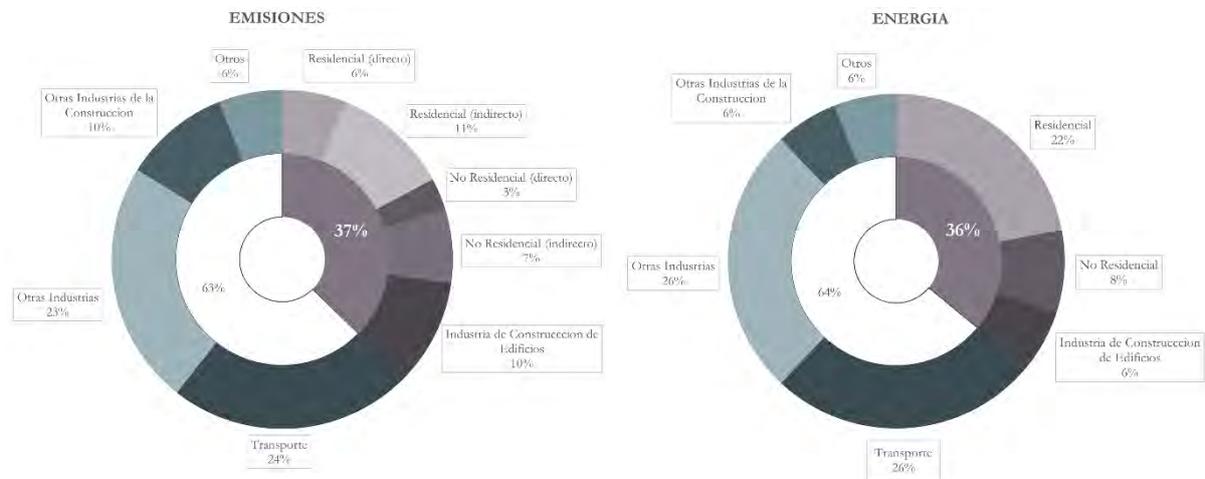
Fuente: 'Our World in Data' basado en datos de 'HYDE'; UN y 'Population Division', UN (Revisión 2019)

Paralelamente, el manejo del crecimiento demográfico tiene un impacto directo y será de vital importancia frente a las metas de mitigación del cambio climático. En el mundo, las ciudades consumen al menos un 75% de la energía mundial ⁶, mayoritariamente en construir y gastos operacionales de los edificios, generando un porcentaje similar de emisiones de GEI. La industria de la construcción aporta de manera importante a la crisis del cambio climático, pero a su vez presenta una oportunidad para reducir las emisiones de carbono de manera considerable si estas se logran eliminar del entorno construido.

Según la ONU, para lograr el objetivo del Acuerdo de París de limitar el aumento de temperatura global promedio a 1.5 grados, el sector de la construcción debe apuntar a llegar a un punto cercano a la carbono neutralidad para el 2050. En 2020, a nivel mundial, se declaró por parte del sector un 36% de uso final de energía global y un 37% de emisiones de CO₂eq, mostrando un avance con respecto a las cifras de 2019. Lamentablemente este progreso se debió mayoritariamente a la crisis económica causada por la pandemia COVID-19, ya que, en el año 2020, la tasa de crecimiento promedio del sector de la construcción mundial cayó aproximadamente un 4% con respecto a los niveles de 2019. Si se excluyen los efectos de la crisis sanitaria, los niveles de descarbonización del sector fue solo 40% de la meta anual.⁷

⁶ King, *The New Carbon Architecture*.

⁷ United Nations Environment Programme, "2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector."



Participación de los edificios y la industria de la construcción en el consumo de energía final mundial y las emisiones de CO₂eq, 2020.
Fuente: United Nations Environment Programme. "2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector." Nairobi: United Nations Environment Programme, 2021.

De acuerdo a recomendaciones de la ONU, las emisiones del sector deben ser reducidas a través de una estrategia combinada de 3 puntos: reducir la demanda de energía (cambio de comportamiento y eficiencia energética), descarbonizar el suministro de energía (por ejemplo, electricidad a través de fuentes renovables y mayor uso de otras tecnologías de calefacción sin carbono) y abordar el carbono incorporado almacenado en los materiales para la construcción (como el uso de materiales orgánicos y más sustentables, en vez de opciones basadas en minerales o combustibles fósiles).⁸

Actualmente el sector de la construcción es esencial para la recuperación económica después de la crisis sanitaria y presenta una oportunidad para avanzar en una ruta más alineada con los objetivos de desarrollo sustentables del Acuerdo de París. Es un ventajoso momento para la industria para poder fomentar estrategias que permitan la transformación para descarbonización al 2050, donde en los próximas décadas el sector deberá satisfacer simultáneamente una demanda global proyectada de casi el doble de servicios de energía en edificios y al menos una duplicación de la demanda de la superficie construida a medida que las economías en desarrollo continúan creciendo.⁹ Según el reporte de la Agencia Internacional de Energía, *Sustainable Recovery de la International Energy Agency*, se señala que aquellos programas que incentiven la industria de la construcción tienen un efecto positivo en la recuperación después de una crisis económica. Es por esto que el contexto mundial de hoy se considera una evidente oportunidad para que se construya más y mejor.¹⁰

Es por esto que es necesario repensar como construimos nuestras edificaciones y garantizar que los edificios se construyan optimizados para reducir sus emisiones de carbono. Es aquí donde el uso de materiales como la madera para la construcción de nuevas y mejores ciudades puede transformar el impacto de estas en el cambio climático y convertir las en una herramienta para la lucha en contra del calentamiento global.

3.1.1. Chile - compromisos y oportunidades

Chile, al estar suscrito al Acuerdo de París, se ha comprometido a transitar hacia un desarrollo inclusivo y sostenible. En 2015, tras la firma del Acuerdo, el país presentó su primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) definiendo los primeros compromisos voluntarios con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. En 2020 la NDC chilena se actualizó aumentando la ambición de varios de sus componentes y en paralelo se elaboró la Ley Marco de Cambio Climático, donde se establecen

⁸ United Nations Environment Programme.

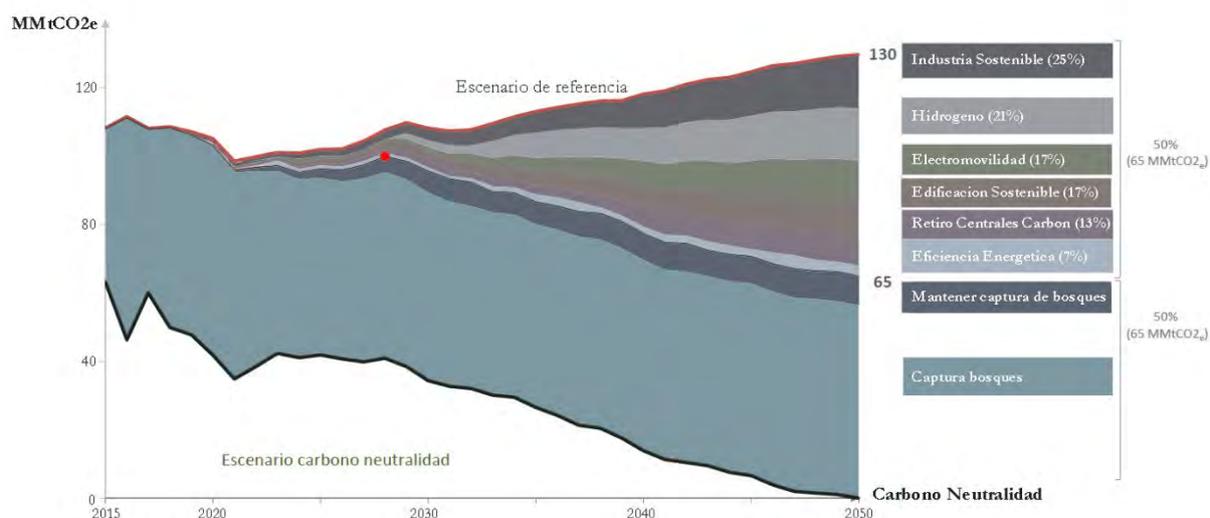
⁹ United Nations Environment Programme.

¹⁰ United Nations Environment Programme.

los objetivos climáticos del país en el largo plazo, los principios que guiarán la acción climática, y al mismo tiempo, las estructuras que permitirán avanzar hacia una economía baja en emisiones y resiliente.¹¹

En este contexto Chile enfrenta desafíos significativos en cuanto a su desarrollo sostenible, uno de los principales es la definición de estrategias para enfrentar el cambio climático. Es por esto que la nueva actualización de la NDC 2020 hace un énfasis en fortalecer los compromisos de mitigación, los que permitan detener el aumento de la temperatura del planeta por debajo de los 2°C, guiando los esfuerzos a 1,5°C, en línea con lo que indica la evidencia científica¹², específicamente el Informe Especial del IPCC sobre Calentamiento Global de 1,5°C.¹³ Este documento apunta a la necesidad de avanzar a una economía baja en carbono y resiliente al clima, lo que significa que tiene que suceder una reducción acelerada de las emisiones de GEI durante la próxima década. Esto último, se hace aún más urgente, debido a que nuevos informes han señalado que los esfuerzos de la NDC 2020 serían insuficientes y es imperativo redoblarlos para alcanzar las metas ahí definidas.

Así, los objetivos definidos en la NDC chilena son parte de una visión más amplia, la cual está establecida en la nueva Ley Marco de Cambio Climático, publicada en el Diario Oficial en junio 2022, que establece como meta principal que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar el 2050. Esto implica que la NDC y sus futuras actualizaciones serán hitos intermedios para el cumplimiento de este objetivo.¹⁴



Carbono neutralidad 2050

Fuente: Gobierno de Chile, "Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) De Chile, Actualización 2020."

Este enfoque a largo plazo, según la NDC 2020, debe abarcarse siguiendo dos líneas de trabajo simultáneamente; la primera es conseguir una disminución sostenida de emisiones de GEI y la segunda es aumentar y mantener los depósitos naturales de carbono. Con respecto a la primera, Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO₂eq, entre el 2020 y 2030 (con un máximo de emisiones de GEI al 2025), y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO₂eq al 2030. Requiriendo para esto un esfuerzo multisectorial en la aplicación de medidas y políticas públicas.¹⁵ En cuanto

¹¹ Gobierno de Chile, "Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) De Chile, Actualización 2020."

¹² Banco Mundial, *La construcción de viviendas en madera. Un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación.*

¹³ IPCC, "Calentamiento Global de 1,5 °C."

¹⁴ Gobierno de Chile, "Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) De Chile, Actualización 2020."

¹⁵ Gobierno de Chile.

a las capturas de GEI, Chile tendrá que trabajar en el desarrollo de instrumentos de gestión que permitan proteger, mantener e incrementar los depósitos naturales de carbono en el territorio nacionales.

Es así como se hace igual de relevante reducir las emisiones liberadas como retirar las que ya fueron emitidas. Lo segundo es posible a través de la capacidad de captura de carbono de nuestros ecosistemas terrestres, principalmente nuestros bosques. Estos cumplen un rol fundamental en la contención del aumento de la temperatura media del planeta y en Chile han permitido reducir un importante porcentaje de las emisiones de CO₂eq. Según el último registro disponible, en el año 2016 los bosques nacionales hicieron posible una reducción del 59% de las emisiones totales gracias a su capacidad de captura, demostrando su importancia para lograr el objetivo de carbono neutralidad en 2050, en donde se espera estos sean capaces de contrarrestar un 50% de las emisiones de CO₂eq del país.¹⁶

Según estadísticas de la FAO, en 2020 Chile se posiciono dentro de los 20 mayores productores de madera en el mundo y en cuarto lugar dentro de América, generando un sector industrial forestal exitoso, que aprovecha de manera sustentable los recursos naturales asociados a los bosques nacionales. En 2017 la industria forestal represento el 1.9 % del Producto Interno Bruto (PIB)¹⁷, siendo una de la actividades económicas más relevantes del país y destacándose en su capacidad de obtener resultados positivos a través de políticas públicas orientadas al manejo sustentable de bosques y al resguardo de nuestras reservas forestales.¹⁸ Así, hoy alrededor de un 70% de la superficie plantada cuenta con certificación de manejo sostenible¹⁹, fomentando una economía viable con beneficios sociales bajo una mirada enfocada en el cuidado del medio ambiente.

Sumado a esto Chile ha logrado sostener un crecimiento en las tasas de forestación y reforestación para revertir los efectos de la agricultura intensiva y la tala sin control que hasta la mitad del siglo XX degradaron las tierras productivas del país, aumentando su superficie forestal. Es así como en 2013 las superficies forestadas (nuevos bosques en superficies descubiertas) y las reforestadas (plantaciones en tierras de bosques existentes) superaron en promedio las 100 hectáreas anuales.²⁰

Sobre esta base, Chile establece el compromiso al manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosques nativos, representando capturas de GEI en alrededor de 0,9 a 1,2 MtCO₂eq anuales al año 2030.²¹ Como también a forestar 200.000 hectáreas, las cuales representarán capturas de entre 3,0 a 3,4 MtCO₂eq anuales al 2030. Ambos compromisos deben ser ejecutados bajo altos estándares de sustentabilidad ya que son la reforestación y el manejo de los nuevos bosques herramientas fundamentales para hacerle frente al cambio climático.

En este contexto, el manejo sustentable del recurso forestal chileno estará directamente relacionado con el compromiso del país de avanzar en su agenda de desarrollo sostenible, implicando no solo el aumento de la superficie plantada, sino también el desarrollo de distintas políticas públicas enfocadas en promover el uso de productos forestales con mayor valor agregado, particularmente aquellos destinados al sector de la construcción chileno. Es por esto y en línea con lo anterior que el Ministerio de Agricultura junto a CONAF elaboro la Política Forestal Chilena 2015-2035 donde el objetivo principal es explotar el potencial forestal nacional en su completitud, integrando los recursos naturales, la industria y el desarrollo de conocimiento técnico y científico para el año 2035. Particularmente esta política apunta a transformar la madera en una de los principales materiales de construcción en el país, aumentado su uso de un 18% en 2015 a 36% en 2035.²²

¹⁶ Banco Mundial, *La construcción de viviendas en madera. Un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación.*

¹⁷ Soto Aguirre et al., "Anuario Forestal 2020."

¹⁸ Banco Mundial, *La construcción de viviendas en madera. Un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación.*

¹⁹ Papageorgiou and Massai, "Los Bosques de Chile, Pilar para un desarrollo inclusivo y sostenible."

²⁰ Papageorgiou and Massai.

²¹ Gobierno de Chile, "Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) De Chile, Actualización 2020."

²² Leszczyszyn et al., "The Future of Wood Construction."

Como se explicita en la nueva NDC, la neutralidad al 2050 requerirá esfuerzos multisectoriales para lograr disminuir los impactos del cambio climático. No solo la industria forestal jugará un rol fundamental en alcanzar esta meta, sino también el sector de la construcción podría influir de manera significativa en la reducción de emisiones a nivel país. Según el Ministerio de Energía en el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026, anualmente el sector es responsable por un 22% de las emisiones de CO₂eq generadas a nivel nacional y la operación de las edificaciones consume un 22% del consumo final de energía del país. Al 2050 se proyecta una duplicación del número de edificaciones a nivel nacional, por lo que, si se considera que actualmente el consumo de energía y las emisiones de CO₂eq aumentan un 1% y 2% respectivamente cada año, el compromiso nacional al 2050 no se cumplirá, lo que se hace necesario buscar estrategias para revertir esta tendencia.

A su vez, actualmente en Chile existe una crisis de acceso a la vivienda importante, la ha ido empeorando en los últimos años.²³ Este déficit habitacional, que es una problemática extrapolable a otros países en vías de desarrollo que se enfrentan a la misma realidad, en parte, tiene su origen en que las ciudades de dichas regiones se han extendido para acomodar cambios demográficos drásticos de la población durante los últimos años, pero sin la correspondiente calidad de las viviendas o su acceso a infraestructura que siga el ritmo de la demanda. Lo anterior se traduce en un crecimiento urbano descontrolado y un desarrollo imprevisto de la urbanización periférica, que contribuyen a la formación de barrios marginados y asentamientos informales.²⁴

Debido a lo anterior, el Gobierno desarrolló el Plan de Emergencia Habitacional 2022-2025, el que propone una estrategia para apoyar a las casi 650.000 familias que no tienen vivienda en la actualidad y donde se estableció la meta de construir 260.000 viviendas de calidad durante los próximos 4 años.²⁵ Donde el objetivo general del plan es avanzar en el derecho a la vivienda digna y adecuada, disminuyendo así las desigualdades urbano-territoriales a través de la planificación de acciones integrales marcando una hoja de ruta hacia un estándar de 'Buen Vivir'. Sumado a esto, anteriormente se desarrolló el plan de acción para la reactivación económica post-COVID-19 declara la intención de avanzar en programas de infraestructura y vivienda "verde" con énfasis en la mitigación del cambio climático, donde nuevamente la madera se presenta como una opción factible y como una oportunidad para cambiar el modelo de construcción actual.

En este contexto, el país presenta una oportunidad única para avanzar hacia un modelo basado en la bioeconomía que potencia el desarrollo sustentable en las próximas décadas. Considerando la importancia de los bosques como depósitos de carbono, y la demanda de nuevas viviendas que Chile tendrá que suplir los próximos años, se hace evidente que la madera como material de construcción podría ser una pieza clave en el combate de los efectos del cambio climático.²⁶ No solo por sus atributos medioambientales sino también por la capacidad del material de ser altamente industrializable. La industrialización permite generar construcciones de mejor calidad y genera un incremento en la productividad, por lo que es una respuesta efectiva para realizar la construcción masiva de viviendas que se propone en el Plan de Emergencia Habitacional. Dentro del marco del proyecto --- El Centro de Innovación en Madera UC realizó un catastro de prefabricadoras en madera a nivel nacional, el que dio como resultado más de 100 empresas que trabajan esta metodología, donde si bien aún existen importantes brechas para la producción de viviendas de calidad, si se plantea como un potencial considerando los avances en la mejora de tecnologías y estándares asociados.

Es así como la madera y su uso en la industria de la construcción, considerando sus aspectos positivos en términos ambientales y constructivos, se vuelve una alternativa viable para densificar nuestras ciudades y avanzar en la mitigación efectiva del importante déficit habitacional actual. Sumando al potencial chileno de recursos naturales renovables, podría Chile convertirse en el líder mundial en el sector de la construcción sustentable en madera.

²³ Centro UC Políticas Públicas and Deficit Cero, "DÉFICIT HABITACIONAL: ¿CUÁNTAS FAMILIAS NECESITAN UNA VIVIENDA Y EN QUÉ TERRITORIOS? - BOLETÍN 1: ESTIMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL DÉFICIT HABITACIONAL EN CHILE."

²⁴ ONU-HABITAT, "INFORME MUNDIAL SOBRE ASENTAMIENTOS HUMANOS, 2009."

²⁵ Gobierno de Chile, "Plan de Emergencia Habitacional 2022-2025."

²⁶ Banco Mundial, *La construcción de viviendas en madera. Un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación.*

Debido a lo anterior es que Chile debe avanzar en el desarrollo de políticas públicas que fomente el uso de recursos forestales de manera sostenible y a su vez la construcción de edificaciones con bajas emisiones de carbono, considerando tanto la materialidad como también las demandas energéticas por uso. Así también se hace necesario avanzar desarrollando productos en base a madera de mayor valor agregado, posicionando a la industrialización en madera como un método eficiente y sustentable que se traduzca en edificaciones de mayor estándar y económicamente viables.

3.2. Densificación en altura en madera como alternativa

El cambio climático es el desafío más importante de la sociedad actual. Para reducir la temperatura global, es imperativo reducir las emisiones de GEI en un 50% para el 2030 y eliminar su emisión por completo para el final del 2050.²⁷ Las principales fuentes de emisión de GEI son el uso de combustibles fósiles, el cambio de uso de suelo y otras actividades como la producción de cemento y la eliminación de gases no deseados que se producen durante la extracción de carbón y petróleo crudo. El plan de acción adoptado por las autoridades alrededor del mundo, no solo abarca estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático, sino también se incluyen acciones directas para el futuro desarrollo sostenible y resiliente de la sociedad.²⁸

Por otro lado, estamos viviendo un crecimiento exponencial de las áreas urbanas, donde se espera 68% de la población viva en ciudades para las próximas décadas, es más, según la ONU, será necesario construir 300 millones de nuevas viviendas durante esta década²⁹, especialmente considerando que en 2021 la población mundial alcanzó los 8 billones de personas. cómo se construyan las futuras ciudades será fundamental en la lucha en contra los efectos del cambio climático. En 2020 el sector de construcción fue responsable por 36% de la demanda mundial de energía 37% de emisiones GEI, específicamente la construcción de edificios es responsable por el 6% y el 10% respectivamente.³⁰ Es por esto que el impacto de las nuevas urbanizaciones afectará directamente las emisiones de GEI mundiales, al ser las ciudades uno de las principales fuentes emisoras antes mencionadas.

El hormigón y el acero son los materiales más usados actualmente en la industria de la construcción, especialmente cuando se trata de densificar. La producción de estos es responsable de alrededor un 5% del total de las emisiones del sector y según estudios, esta cifra solo se podría reducir entre un 13% y un 24% si se optimizan los procesos para reducir sus emisiones.³¹ Entonces, una estrategia para reducir el aporte en las emisiones mundiales de GEI del sector de la construcción sería usar materiales que requieran menos energía y por lo tanto emitan menos gases invernaderos o idealmente alternativas que potencialmente puedan llegar a ser carbono neutral como la madera.

Es así como, en combinación con una industria forestal sostenible, la construcción de madera podría aumentar los sumideros de carbono de ciudades junto a los bosques.³² A través del ciclo de vida de la madera, el árbol captura CO₂eq durante su periodo de crecimiento. Al alcanzar su madurez, este proceso se ve reducido, momento en que puede llegar a liberar más CO₂eq del que absorbe. Es por esto que utilizar la madera como material de construcción, mantiene capturado ese CO₂eq en la edificación durante su vida útil y a su vez incentiva la plantación de nuevos bosques los que durante su crecimiento seguirán capturando CO₂eq de la atmósfera.³³

²⁷ IPCC, “Calentamiento Global de 1,5 °C.”

²⁸ Victorero, Pavez Gallegos, and Méndez López, “THE OPPORTUNITIES OF TIMBER FRAME CONSTRUCTION, UNDER BUILDING ENERGY EFFICIENCY CODES AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PUBLIC POLICIES, IN DEVELOPING COUNTRIES.”

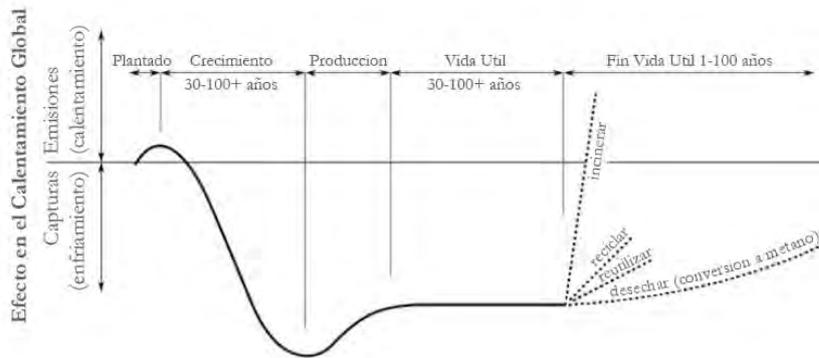
²⁹ Victorero, Pavez Gallegos, and Méndez López.

³⁰ United Nations Environment Programme, “2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.”

³¹ Churkina et al., “Buildings a Global Carbon Sink.”

³² Churkina et al.

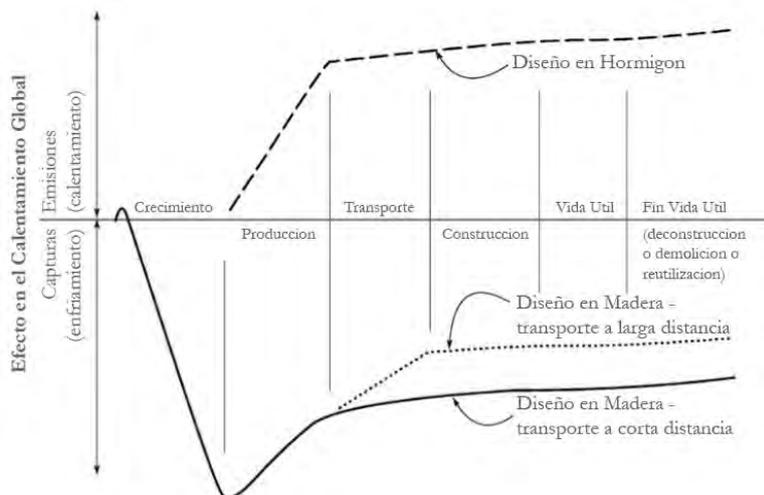
³³ Banco Mundial, *La construcción de viviendas en madera. Un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación.*



Representación de las emisiones de carbono durante la vida útil de un producto de madera.
Fuente: King, *The New Carbon Architecture*.

Como se menciona anteriormente los materiales constructivos a base de minerales tienen una cantidad sustancial de emisiones de carbono incorporadas con un mínimo de capacidad de captura de CO₂eq, mientras que la madera captura una cantidad considerable de carbono con una proporción relativamente pequeña de emisiones de carbono a volumen de material.³⁴

Vale la pena mencionar los esfuerzos de la industria de materiales como el acero y el hormigón por reducir sus emisiones de CO₂eq. Procesos como la carbonatación en el caso de hormigón, que permite, en cierta medida, que el hormigón absorba CO₂ actuando como sumidero de carbono o como el reciclaje de material en el caso de acero han ayudado a reducir las emisiones producidas por dichas industrias. A su vez estas han invertido en el uso de combustibles alternativos y energías de procedencia renovable, captura de CO₂eq en planta, valorización de residuos, entre otros. Pero su uso sigue significando un impacto importante en el medio ambiente, esto, en parte, debido a los sistemas de producción y requerimientos de energía que conllevan la creación de materiales basados en minerales. Adicionalmente existen otras externalidades negativas de construir con estos materiales, como exceso de desechos y una vida útil corta debido a la poca adaptabilidad de los materiales frente a cambios de uso y/o nuevas exigencias medio ambientales.

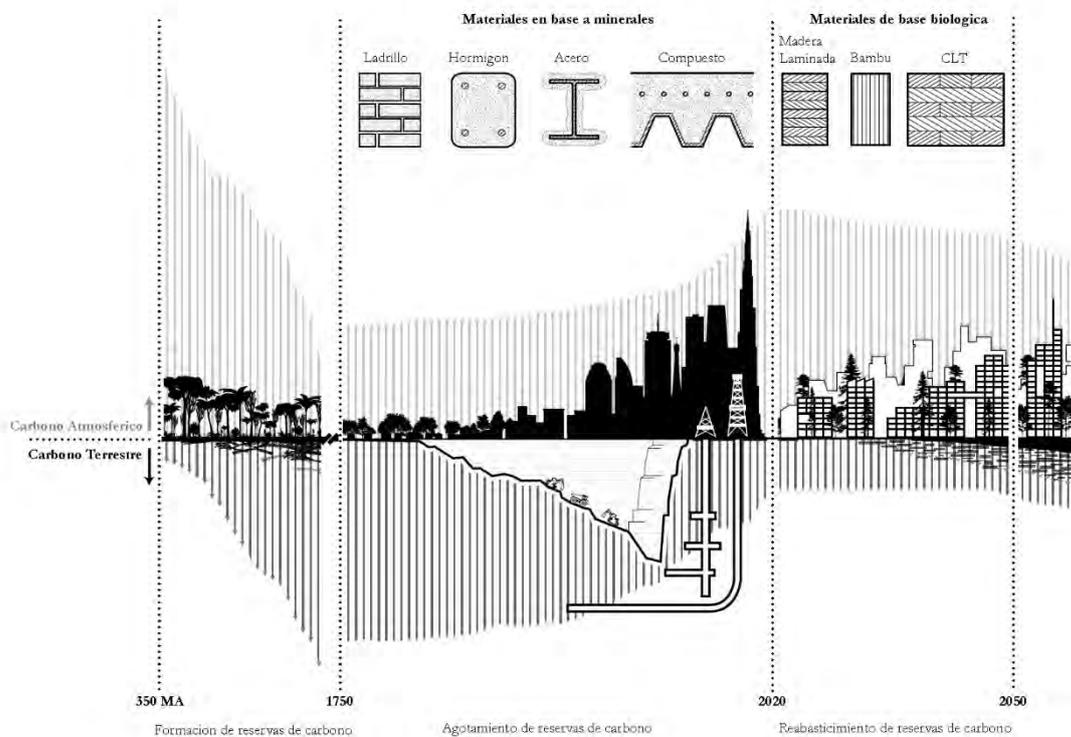


Comparación de las emisiones de carbono entre el diseño de madera y el diseño de hormigón durante el ciclo de vida de los materiales estructurales en una torre de 12 pisos, cuando la madera no proviene de bosques gestionados de forma sostenible.
Fuente: King.

³⁴ Churkina et al., "Buildings a Global Carbon Sink."

Es por esta razón que las edificaciones en madera son una gran oportunidad para mitigar en corto y largo plazo los efectos de la industria de la construcción en el cambio climático. Paralelamente, tendencias en el sector constructivo muestran un giro hacia la prefabricación e industrialización como métodos constructivos. Esto tiene varias ventajas e incluso es una estrategia exitosa en mejorar la productividad en la industria. En este contexto la madera es un material que cumple con las características adecuadas para ser utilizados en estos procesos, al ser liviana y fácil de manipular.

Una transición a gran escala hacia la construcción de ciudades con madera podría conducir a cambios sistémicos en la gestión forestal, la fabricación de materiales y los efectos de la huella de carbono de los asentamientos urbanos. La sustitución de materiales de construcción de base mineral por madera tiene un potencial para extraer carbono atmosférico y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector de la construcción de manera considerable.



Procesos responsables de la formación, el agotamiento y la reposición potencial de la reserva de carbono terrestre y los cambios en las concentraciones atmosféricas de CO₂ a lo largo del tiempo.

Fuente: Churkina et al., "Buildings a Global Carbon Sink."

Dicho esto, es importante considerar la altura de las edificaciones en madera si se quiere ser competitivo y costo-eficiente en comparación a materiales como el hormigón o el acero. Tomando en cuenta requerimientos en términos de resistencia a vientos, al fuego y capacidad estructural, se puede concluir que edificios construidos en su totalidad en madera y dentro de un rango de 6-12 pisos sería lo óptimo para lograr una estructura liviana y con conexiones simples, y en consecuencia logrando el objetivo de convertirse en depósito de carbono efectivos dentro de la ciudad. Sobre 12 pisos los requerimientos estructurales se vuelven más complejos, por tanto, las conexiones requieren el uso del acero y/o se requieren núcleos de hormigón o acero aumentando su huella de carbono.³⁵

Es por esto que desarrollar edificios de madera en altura, particularmente en baja y mediana altura podría llegar a reducir de manera considerable las emisiones de CO₂eq producidas por el sector de la construcción,

³⁵ King, *The New Carbon Architecture*.

Centro UC de Innovación en Madera

manteniendo la capacidad y manejo sustentables de los bosques. Convirtiendo a la industria en una herramienta para combatir el cambio climático en vez de acrecentarlo.

4. Edificación en altura en madera

4.1. Definición, limitaciones y categorización

La creciente demanda por viviendas urbanas en el mundo actualmente, está directamente relacionada con los esfuerzos mundiales por la mitigación del cambio climático. En consecuencia, se hace pertinente una reconsideración en como construimos nuestras ciudades las que en un contexto donde el espacio urbano es limitado, construir en altura es la principal alternativa viable.

Acero y hormigón han sido los principales materiales en los que se han construido nuestras ciudades durante los dos últimos siglos. Pero su uso ha significado un impacto importante en el medio ambiente, traducándose en un 36% del total de emisiones de carbono global por parte de la industria de la construcción. Esto, en parte, debido a los sistemas de producción y requerimientos de energía que conllevan la creación de materiales basados en minerales. Adicionalmente existen otras externalidades negativas de construir con estos materiales, como exceso de desechos y una vida útil corta debido a la poca adaptabilidad de los materiales frente a cambios de uso y/o nuevas exigencias medio ambientales.

Al contrario, la madera como material constructivo es casi carbono neutral en su producción. Es el único material que puede reducir las emisiones de CO₂eq en su proceso productivo y convertir las edificaciones que se construyan con ella en depósitos de carbono. Mas aun el desarrollo de productos de ingeniería en madera (EWP por si sigla en inglés) ha significado que la madera puede ser considerada para la construcción de edificación de mediana y gran altura, tipologías utilizadas para densificar en la mayoría de las ciudades del mundo. Soluciones de madera masiva desarrolladas en la década de los 90 y que en la última década han penetrado de manera considerable en el mundo de la construcción, como madera laminada, CLT o LVL se presentan como reales alternativas para la edificación en altura. Actualmente ya existen un gran número de ejemplos internacionales que han logrado exitosamente densificar usando estas tecnologías.

Mientras que existen factores sociales, económicos y sobre todo medio ambientales que han acelerado el uso de la madera en los últimos años, la industria de la construcción es usualmente percibida como una industria reticente al cambio con demandas que impiden de cierta manera el cambio de materiales como el hormigón o el acero a sistema de ingeniería en madera. Por esta razón es imperativo que países interesados en una transición hacia la edificación sustentable implementen políticas que fomente el uso de bio materiales para romper la dependencia de sector de la construcción con materiales en base a minerales.

Dentro de este contexto, varios gobiernos en Europa y Norte América han implementado políticas públicas exitosas para promover la madera en nuevas edificaciones, esto sumado a campana del sector industrial para generar incentivos del mismo tipo. Así el sector público y privado ha logrado desarrollar soluciones innovadoras para la construcción en madera en baja, mediana y gran altura, llegando a construir en madera hasta 25 pisos (edificio *Ascent* en USA) y 18 pisos (*Mojstarnet* en Noruega).

Así la combinación de tecnologías de EWP en conjunto con actualizaciones de normativas de fuego, constructivas y estructurales han permitido que la construcción en madera alcance nuevas dimensiones en la realidad internacional. A su vez estos nuevos avances han sacado a la luz nuevas problemáticas con respecto a la construcción en madera, tales como sistema estructural, fuerzas laterales, conexiones, fuego, longevidad y proceso constructivo, siendo estos de suma importancia a considerar en el diseño de un edificio en madera en altura.

Es importante mencionar que construir más alto no necesariamente significa una mejor ciudad. Los edificios de gran altura pueden significar una disminución en las emisiones de carbono ya que incentivan el uso del transporte masivo en comparación a una densificación en expansión donde el auto individual sería el transporte a elección, pero esto solo es efectivo si es transporte público y su infraestructura crece en conjunto a la población que tiene que servir. En la mayoría de las ciudades esta no es la realidad y las emisiones por transporte siguen aumentando, por tanto, construir en gran altura solo significa un gran

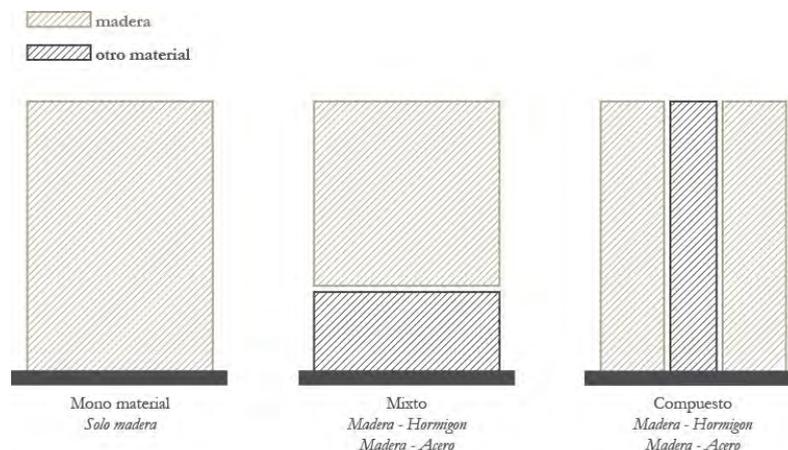
gasto de energía, acompañado por altas emisiones de GEI, tanto por los materiales necesarios para construir con dichas características (10 pisos o más) que en general sería el hormigón y el acero y también por sus gastos energéticos operacionales.³⁶

Sumado a esto, un edificio de gran altura está sometido a requerimientos estructurales, de fuego y de esfuerzos por viento que su construcción en totalidad en madera es casi imposible, conexión de acero y/o núcleos de hormigón sería necesarios para cumplir con dichos requerimientos, por tanto, aumentando el carbono incorporado de dichas edificaciones. Es así como estudios concluyen que para que los edificios sean efectivamente bajos en carbono tendría que estar construidos en su mayoría en madera, y esto solo sería posible densificando en baja y mediana altura.³⁷

También, existen beneficios de confort cuando se decide construir en median altura, acceso de luz natural, orientación, control de ventilación natural y distribución del programa en planta son algunos de los beneficios que se pierden en un proyecto de gran altura, donde la prioridad son los requerimientos estructurales para alcanzar la altura deseada.

A modo de ejemplificar lo anterior mencionado el presente informe presenta un levantamiento del estado del arte mundial con respecto a la densificación en madera. Para esto en primer lugar es necesario definir qué se entiende por edificio de madera. Según el *Council for Tall Buildings and Urban Habitats* (CBTUH) los edificios se pueden clasificar en tres sistemas constructivos según su materialidad:

- Mono material: cuando un edificio está construido en su totalidad por un solo tipo de material constructivo (acero, hormigón, madera, etc.).
- Mixto: cuando dos o más materiales se superponen en el sistema estructural.
- Compuesto: cuando dos o más materiales se combinan en el sistema estructural.



Sistemas constructivos según combinación de materiales. Fuente: *Elaboración propia en base a Wiengand, "Towards a Tall Wooden Built Environment: The Impact of Policy Instruments on the First Generation of Pioneer Projects."*

Por otro lado, para el levantamiento realizado, se definieron dos categorías de clasificación considerando la altura de los edificios:

- Mediana altura: entre 5 y 9 pisos.
- Gran Altura: 10 pisos o más.

En último lugar, se consideraron 3 sistemas estructurales para clasificar los casos de estudio:

³⁶ King.

³⁷ King.

- Poste y Viga: definidos por elementos sólidos o laminados horizontales y verticales conectados entre sí, generalmente este sistema permite plantas libres y grandes luces.
- Madera Sólida: estructuras constituidas por muros y losas de paneles de madera sólida (CLT, madera laminada, etc.)
- Entramado: definidos por estar contruidos mayoritariamente con entramado ligero de madera, en un sistema interconectado de pies derechos y vigas.

Estas tres categorías se combinan para definir arquetipos según casos de estudios internacionales descritos y analizados en profundidad a continuación.

4.2. Levantamiento internacional de edificaciones en altura en madera

Como fue mencionado anteriormente, debido a avances tecnológicos en los productos de madera de ingeniería y la actualización de políticas públicas en diferentes países del mundo, la construcción en madera en el mundo ha ido en aumento. El objetivo de este levantamiento es tener una muestra considerable y homogénea de ejemplos de edificaciones en madera en altura para entender en completitud la evolución de esta nueva manera de construir y poder definir patrones o arquetipos de edificios que podrían ser útiles para definir qué modelo podría funcionar mejor en nuestro país.

Existen variados levantamientos relacionados con los edificios de madera en altura, pero para este caso se han incluido tres fuentes principales más antecedentes recopilados de forma directa para este informe.^{38 39}
⁴⁰ El listado generado se clasificó según las variables mencionadas anteriormente: Altura, Sistema Constructivo, Sistema Estructural y Materialidad, como también se geolocalizó cada proyecto. A continuación, se muestra el resultado del análisis del levantamiento internacional de edificación en altura en madera.

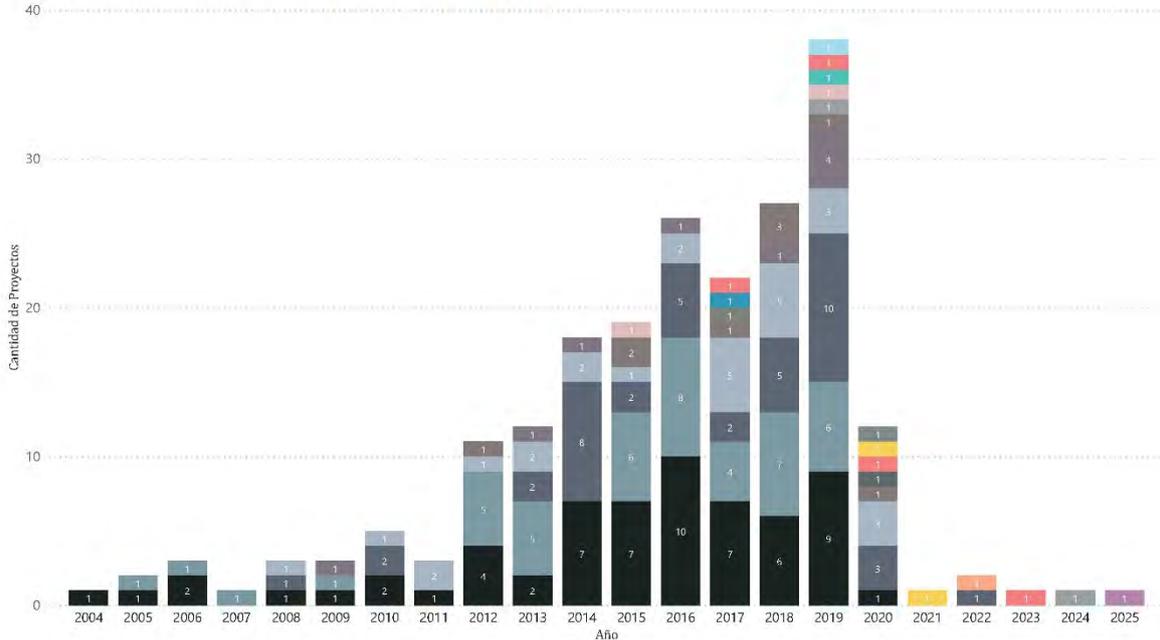
³⁸ Wiegand and Ramage, “The Impact of Policy Instruments on the First Generation of Tall Wood Buildings.”

³⁹ Salvadori, “Multi-Storey Timber-Based Buildings: An International Survey of Case-Studies with Five or More Storeys Over the Last Twenty Years.”

⁴⁰ Svatoš-Ražnjević, Orozco, and Menges, “Advanced Timber Construction Industry.”

Cantidad de Proyectos por Año

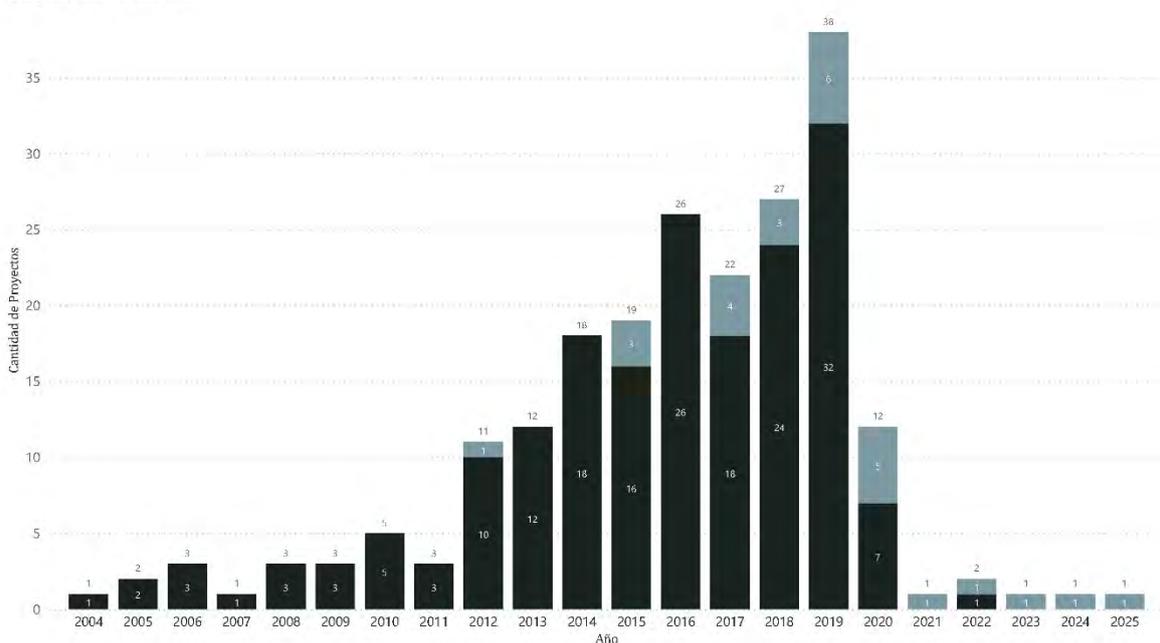
Pisos ● 5 ● 6 ● 7 ● 8 ● 9 ● 10 ● 11 ● 12 ● 13 ● 14 ● 16 ● 17 ● 18 ● 19 ● 21 ● 24 ● 25 ● 40



Cantidad de proyectos por año según cantidad de pisos. Fuente: Elaboración propia

Cantidad de Proyectos por Año

Categoría Pisos ● Medio ● Alto



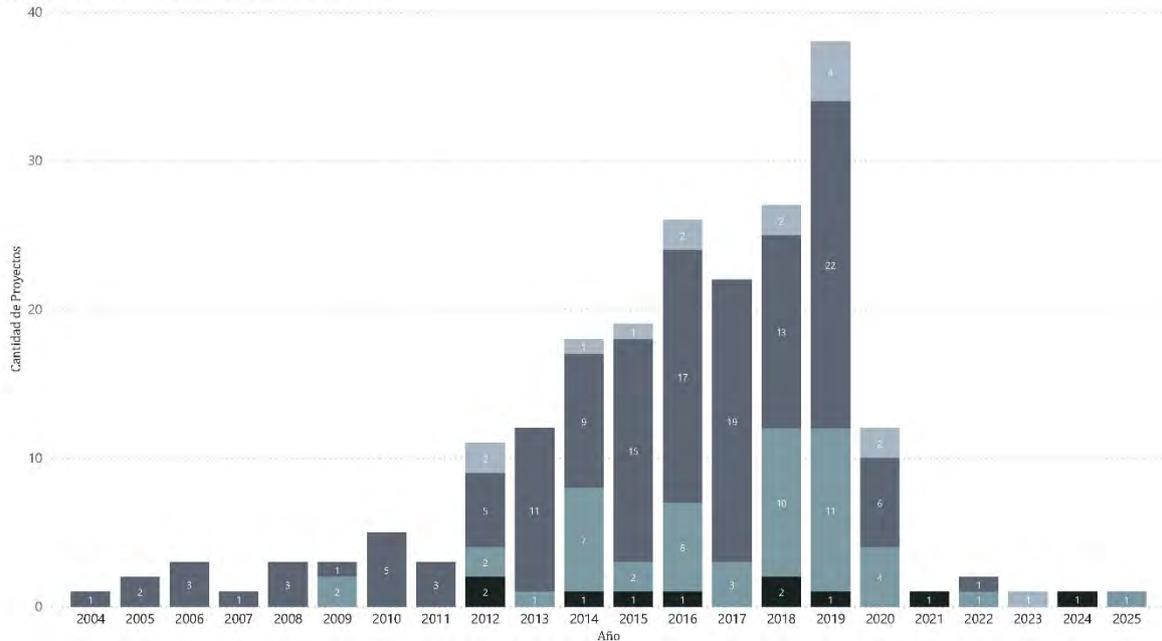
Cantidad de proyectos por año según categoría de pisos. Fuente: Elaboración propia

Partiendo por lo general, se consideraron proyectos desde el año 2000 hasta la fecha, entendiendo que la tecnología para construir en madera en mediana y gran altura se desarrolló durante la década de los 90 (sistemas de madera masiva). Como se puede observar en el grafico la altura alcanzada en edificaciones en madera ha ido aumentando, llegando a su máximo de 40 pisos el 2025 cuando el edificio 'Atlasian Headquarters' termine su construcción en dicho año. En otros términos, considerando las dos categorías de altura de pisos (mediana y gran altura), la mayoría de los casos pertenecen a la categoría de mediana altura

(5-9 pisos) representado un 88% del total. También la cantidad de proyectos construidos ha ido en aumento desde el año 2000 llegando a un total de 32 casos en 2019.

Cantidad de Proyectos por Año según Destino

Destino ● Cívico-Público ● Comercial ● Residencial ● Uso mixto

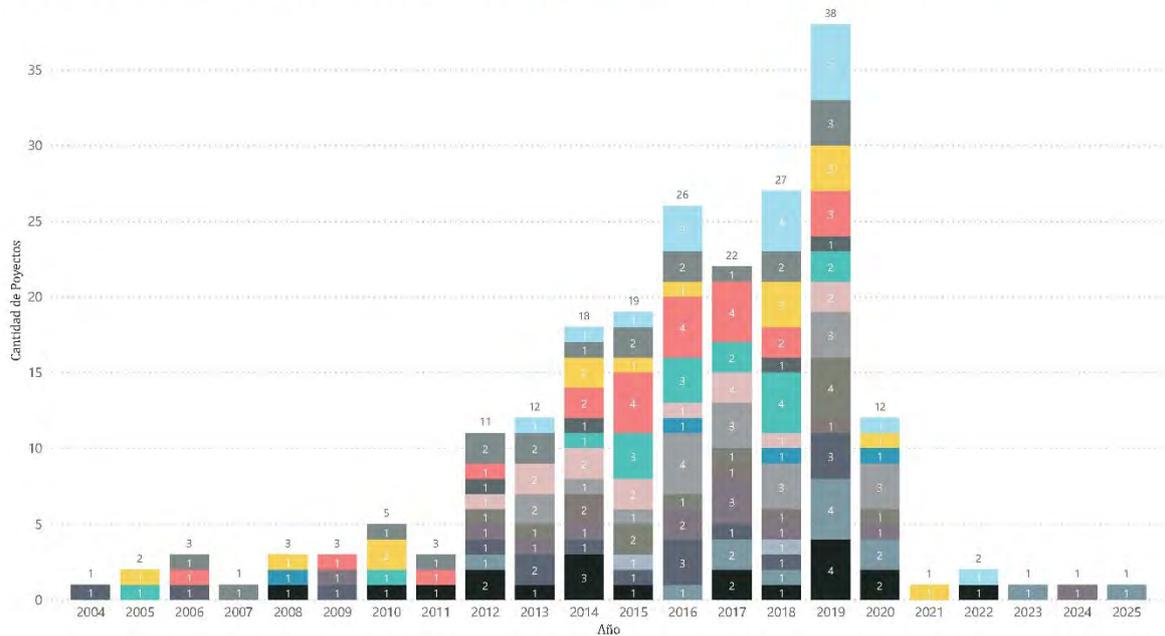


Cantidad de proyectos por año según destino. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, según el destino de uso de los edificios podemos inferir una tendencia en los proyectos residenciales, como también un aumento en edificios comerciales. Durante la década del 2000 se construyeron edificios residenciales principalmente y solo es en la década del 2010 que se empieza a construir edificios en madera en altura con usos comerciales, cívico-público y uso mixto. Esto debido probablemente a cambios en las normativas y/o políticas públicas que fomentaron la construcción en madera en distintas alturas y con distintos programas, sumando al avance tecnológico de productos de madera de valor agregado, como la madera laminada o el CLT.

Cantidad de Proyectos según Año y País

País ● Alemania ● Australia ● Austria ● Bélgica ● Canadá ● España ● Finlandia ● Francia ● Holanda ● Italia ● Noruega ● Otros ● Reino Unido ● Suecia ● Suiza ● USA

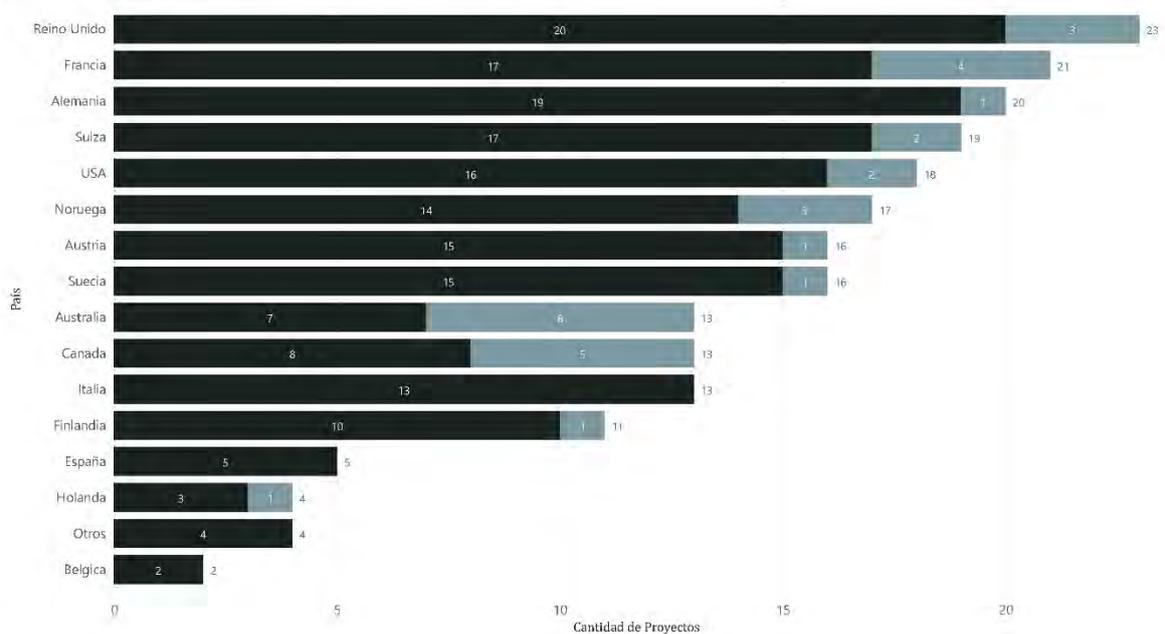


Cantidad de proyectos por año según país. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la localización de los proyectos, en general Europa ha tenido un interés por construir en madera en altura desde la década del 2000, en países como Austria, Noruega y Suecia, luego Norte América comienza a construir en madera al comienzo de la década del 2010 llegando a terminar en 5 proyectos en Estados Unidos en el año 2019 solamente. Analizando el total de casos, es en Alemania y el Reino Unido donde se encuentran la mayor cantidad de ejemplos (20 y 23 respectivamente), siendo en su mayoría de mediana altura, como se muestra en el siguiente gráfico. Un 78% del total de los casos se encuentran en Europa, un 14% en Norte América y un 6% en Oceanía.

Cantidad de Proyectos según País y Categoría Pisos

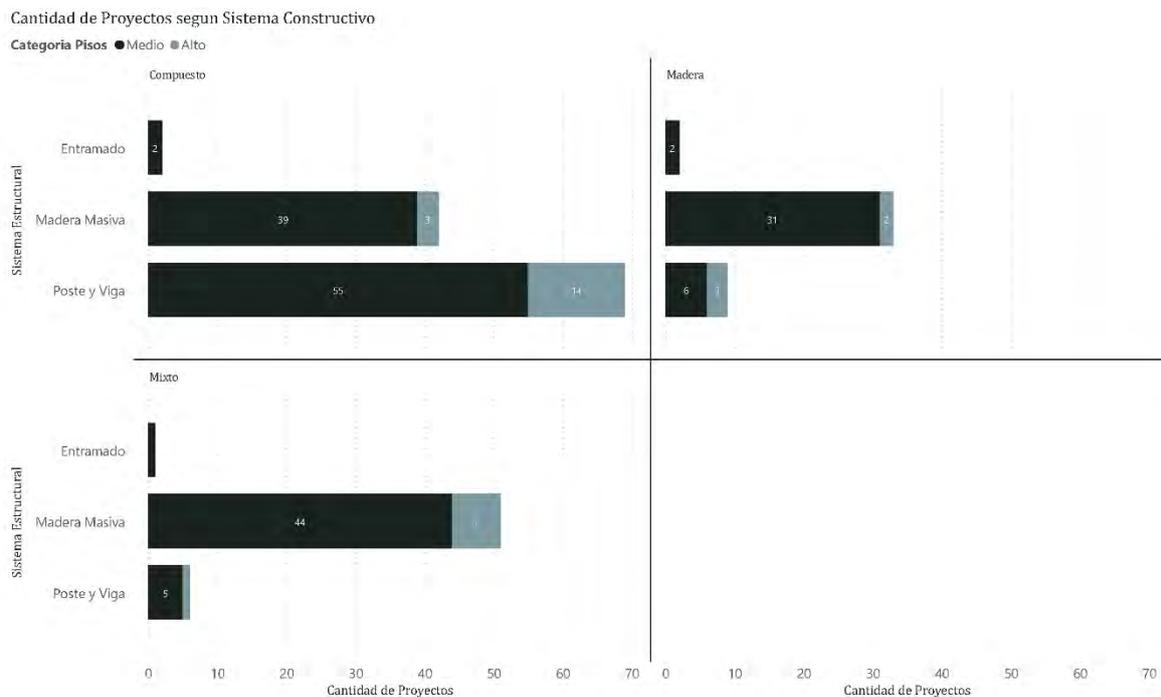
Categoría Pisos ● Medio ● Alto



Cantidad de proyectos por año según país y categoría de pisos. Fuente: *Elaboración propia*

4.2.1. Definición de arquetipos

En búsqueda de tipologías de construcción en madera en altura que puedan ser aplicables a Chile, se analizaron en primer lugar los casos en términos de su sistema constructivo (madera, mixto y compuesto), sistema estructural (entramado, madera sólida y poste y viga) y categoría de pisos (medio, bajo), para después incluir la variable programática (residencia, cívico-público, comercial y uso mixto).



Cantidad de proyectos por año según sistema constructivo y categoría de pisos. Fuente: *Elaboración propia*

En primer lugar, para la categoría de altura media (5-9 pisos) podemos observar que un 52% son construidos con un sistema constructivo compuesto, donde el sistema estructural más común para este caso sería el de poste y viga, seguido por el de madera masiva. En el caso del sistema constructivo mixto este representa 27% del total construido en su mayoría en madera masiva. Por último el sistema constructivo mono material de madera (21%) con la madera masiva como sistema estructural más común. Para los tres sistemas constructivos, el sistema estructural de entramado representa el menor porcentaje, llegando al 3% de total aproximadamente.

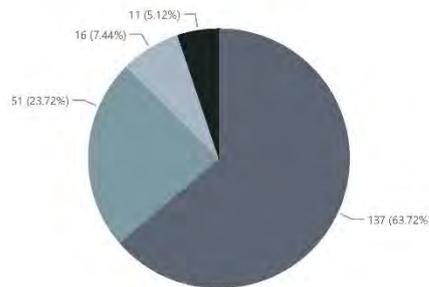
Para edificaciones de gran altura, el sistema estructural de entramado no es utilizado en ninguno de los casos. En cuanto al sistema constructivo más común es el compuesto (57%) y utiliza en su mayoría el sistema poste y viga. En gran altura el sistema constructivo mixto es utilizado en un 27% y en su mayoría construido con madera masiva y ya en menor porcentaje (17%) el sistema constructivo de madera es construido casi en igual porcentaje en madera masiva y poste y viga.

A modo resumen, el sistema estructura menos utilizado es el entramado de madera, el cual dada sus limitaciones estructurales no es apto para edificaciones de mediana y gran altura. El rango de altura media, es en su mayoría construida con un sistema estructural de madera masiva y un sistema constructivo mixto (44 casos) y mono material (31 casos), pero también existen gran cantidad de casos construidos en poste y viga con un sistema constructivo compuesto (55). En último lugar el mayor número de edificaciones de gran altura son construidas con un sistema estructura de poste y viga y un sistema constructivo compuesto (14) seguido por la madera masiva en un sistema mixto (7).

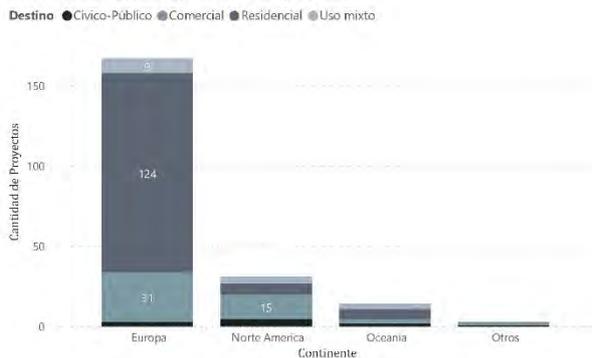
Por otro lado, se categorizaron los casos según su destino de uso, definiendo 4 categorías:

- Cívico-Público: incluye programas educacionales, universitarios, gubernamentales, culturales, entre otros.
- Comercial: incluye programas de comercio, oficinas, hoteles, entre otros.
- Residencial: incluye programas de vivienda social, vivienda colectiva, residencia universitaria, entre otros.
- Uso mixto: incluye casos donde existe dos o más de las categorías mencionadas anteriormente.

Porcentaje de Proyectos según Destino

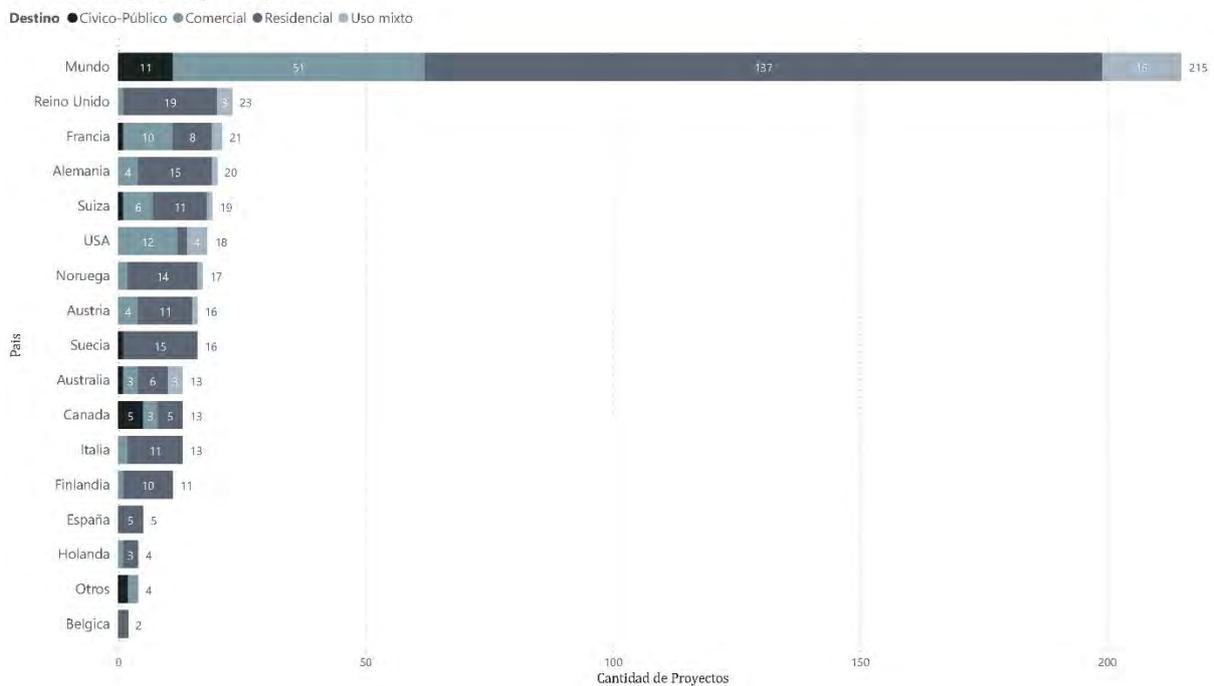


Cantidad de Proyectos según Continente y Destino



Porcentaje de proyectos por año según destino – Cantidad de proyectos según continente y destino. Fuente: *Elaboración propia*

Cantidad de Proyectos según País y Destino



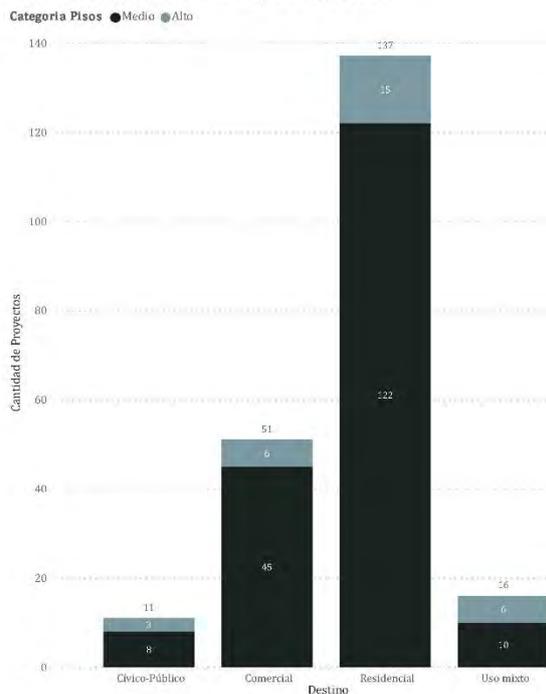
Cantidad de proyectos por año según país y destino. Fuente: *Elaboración propia*

Se observa que alrededor de un 64% de los casos son residenciales, seguido por un 24% de proyectos comerciales. Si analizamos la distribución por continente y país, existe una tendencia en Europa por construir edificios en madera residenciales, seguido por un número bastante menor de casos de programa comercial y usos mixto. En Norteamérica, específicamente en Canadá es donde se han construido la

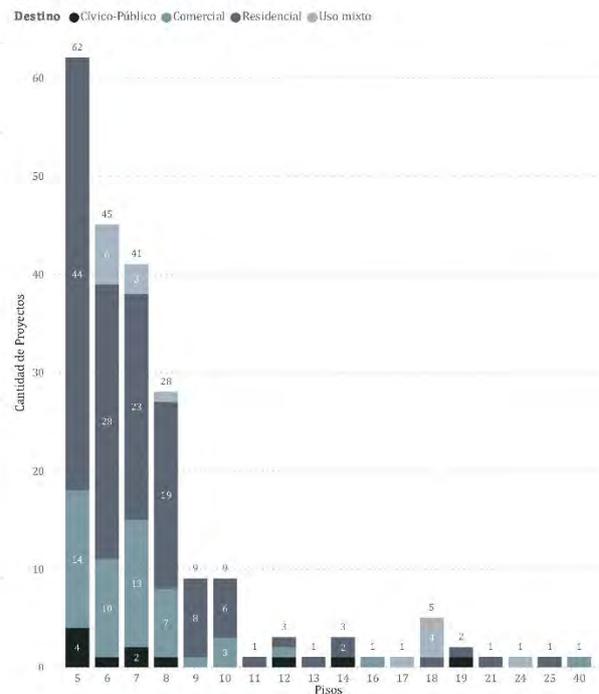
mayor cantidad de edificios con carácter cívico-público. Por último, vale la pena destacar que Europa presenta casi 4 veces la cantidad de proyectos construidos en comparación con el resto del mundo.

Finalmente se realizó un análisis considerando categorías de pisos, categorías de programa, sistemas constructivos y sistemas estructurales, para así definir arquetipos según los siguientes resultados:

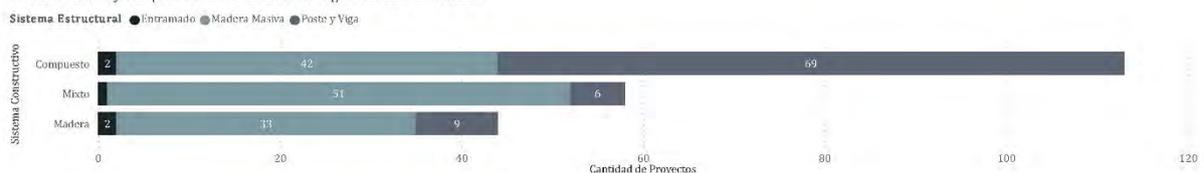
Cantidad de Proyectos por Destino según Rango de Pisos



Cantidad de Proyectos por Piso según Destino



Cantidad de Proyecto por Sistema Constructivo según Sistema Estructural



Fuente: Elaboración propia

En la categoría de proyectos cívico-público, encontramos proyectos en su mayoría de mediana altura. Los sistemas constructivos más comunes son el compuesto y madera con sistemas estructurales de poste y viga, madera masiva y entramado.

Los proyectos con programa comercial son en su mayoría de mediana altura, construidos según los 3 sistemas constructivos, pero en su mayoría con un sistema compuesto y con una clara tendencia a clasificarse dentro de la categoría de poste y viga en su sistema estructural.

Para edificios residenciales, podemos observar una clara tendencia hacia la mediana altura. Es importante mencionar que los números de proyectos de gran altura residencial, representan más del 50% de los casos bajo este rango de pisos. Existe un uso importante de la madera masiva como sistema estructural, observado en los tres sistemas constructivos y un menor uso del sistema poste y viga en comparación con los programas anteriores.

En último lugar, para los casos con destino mixto, se observa una inclinación hacia sistemas constructivos compuestos y sistema estructural de poste y viga. La tendencia muestra que el tipo de edificio que alberga

Centro UC de Innovación en Madera

un programa mixto es de mediana altura (específicamente entre 6 pisos) con un sistema constructivo compuesto y un sistema estructural de poste y viga. Cabe mencionar que el 37% del total de proyectos de uso mixto caen en la categoría de gran altura (específicamente 18 pisos) con un sistema constructivo compuesto y sistema estructural poste y viga.

En conclusión, se pueden definir 4 arquetipos según las tendencias mostradas por los 265 casos levantados:

- Edificios de destino cívico-público, de mediana altura (5 pisos) con un sistema constructivo compuesto y sistema estructural de poste y viga. Ejemplo de esto serían edificios como 'UBC Earth Sciences' en Canadá, 'Wilson School of Design' en Estados Unidos o el 'Te Ara Hibiako' en Nueva Zelanda.



UBC Earth Sciences



Wilson School of Design



Te Ara Hibiako

- Edificios de destino comercial, de mediana altura (5-7 pisos) con un sistema constructivo compuesto y sistema estructural de poste y viga. Ejemplo de esto serían edificios como 'Framework' en Estados Unidos, 'Pulse' en Francia y 'Synergia' en Canadá.



Framework



Pulse



Synergia

- Edificios de destino residencial, de mediana altura (5-9 pisos) con un sistema constructivo compuesto, mixto o mono material madera y sistema estructural de madera masiva. Ejemplo de esto serían edificios como 'sue & till' en Suiza, 'E3' en Alemania y 'Adobi Hall' en Estados Unidos.



- Edificios de destino mixto, de mediana altura (6 pisos) con un sistema constructivo compuesto y sistema estructural de poste y viga. Ejemplo de esto son edificios como ‘55 Pitfield Street’ en Reino Unido, ‘Mühlebachstrasse’ en Suiza y ‘38 Davis’ en Estados Unidos.



55 Pitfield Street

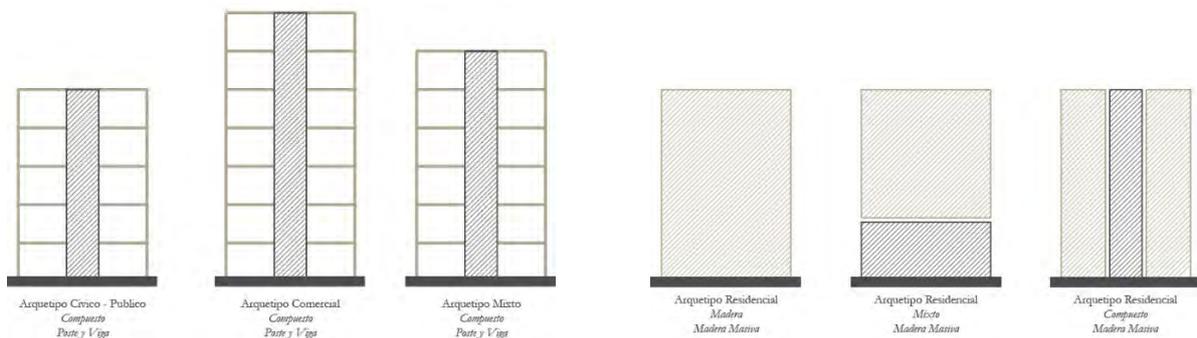


Mühlebachstrasse



38 Davis

Esquema arquetipos



4.3. Levantamiento internacional de urbanizaciones en madera

Así como la construcción en madera en altura ha ido en aumento los últimos años, existen iniciativas internacionales de barrios o urbanizaciones diseñadas para ser construidas en madera. Especialmente en Europa existe un interés en generar densificaciones a mayor escala que se conviertan en ejemplos de arquitectura contemporánea sustentable. Algunos de estos ejemplos están descritos en la siguiente tabla:

Año	Proyecto	Tamaño	Continente	País	Ciudad	Arquitectos
2005 - 2030	Vaxjo	Sin Información	Europa	Suecia	Vaxjo, Suecia	Múltiples
2011	Isokuusi Wooden Town	1000000 m2	Europa	Finlandia	Vuores, Tampere,	B&M Architects
2016	Ellener Hof	100000 m2	Europa	Alemania	Bremen	De Zwarte Hond
2017-2020	Quayside Neighbourhood	48000 m2	Norte America	Canada	Toronto	Sidewalks Labs
2021	Fælledby i Vejlands Kvarter	180000 m2	Europa	Dinamarca	Copenhagen	Henning Larsen
2021	Toyota Woven City	708200 m2	Asia	Japón	Susono, Shizuoka	BIG
2022	Schumacher Quartier	5000 viviendas - 10000 personas	Europa	Alemania	Berlin	Tegel Projekt GmbH
2022	Wood City	34000 m2	Europa	Finlandia	Jatkasaari, Helsinki	Anttinen Oiva Architects
2025	The Mandelabuurt	2100 residentes + 700 departamentos	Europa	Holanda	Amsterdam	Varios

Centro UC de Innovación en Madera

Se destaca planes como *'Toyota Woven City'* en Japón, ya en construcción, el cual se propone como un laboratorio vivo, con el objetivo de lograr una sociedad carbono neutral. Bajo este argumento es que el entorno construido se propone construir en madera masiva para convertirse en un gran depósito de carbono.



Otro ejemplo es el plan maestro *'Quayside Neighbourhood'* en Canadá propone avanzar hacia un nuevo urbanismo inclusivo, con altos niveles de sustentabilidad, economía y nuevas formas de transporte. El plan se basa en 5 prioridades, generación de empleos, sustentabilidad, accesibilidad económica, nuevos tipos de transporte público e innovación digital. Se propone como el primer master plan completamente eléctrico y carbono neutral en Canadá, lo que incluye 5 torres residenciales de gran altura construidas en madera masiva interconectadas por grandes espacios verdes. El proyecto logro llegar a la etapa de planificación, pero a causa de la crisis económica causas por la pandemia COVID-19 tuvo que ser cancelado.



Por último, vale la pena mencionar el ejemplo Finlandés *'Fælledby i Vejlands Kvarter'* que propone el primer distrito en Copenhagen construido en madera como principal material para las edificaciones, combinando arquitectura sustentable y métodos de conservación del contexto natural circundante. Se construirá en fases para una mejor integración con el contexto y maximizar el contacto de los residentes con la naturaleza.



4.4. Conclusiones

Concluyendo el análisis del levantamiento realizado se pueden determinar las siguientes lecciones con respecto a los ejemplos internacional de construcción en altura en madera:

- Existe una tendencia en el crecimiento del número de proyectos de madera en altura en el mundo, lo que demuestra que la madera como material de construcción en edificaciones de más de 4 pisos, puede ser una opción viable para reducir emisiones y gastos energético que significa construir en materiales como el acero u hormigón.
- El rango de altura más común es el de mediana altura (5-9 pisos), lo que llevaría a concluir que es el modelo más eficiente de densificación y donde la madera puede actuar como mono material sin necesitar complementos estructurales de acero u hormigón. Así, la densificación en mediana altura tiene menos huella de carbono que una edificación de gran altura al utilizar en su construcción menos materiales basados en minerales y siendo sus costos operaciones de menor valor energético.
- Para la mayoría de los países donde se ha logrado construir en altura en madera han existido actualización en las normativas de construcción y avances tecnológicos que han permitido que la madera sea una alternativa a otros materiales para densificar. La existencia de variados ejemplos exitosos de la madera como material constructivo en la ciudad, y la innegable evidencia de que esta es la alternativa para poder reducir los importantes gasto energéticos y emisiones de CO₂eq de la industria de la construcción ha llevado a arquitectos, urbanistas y desarrolladores inmobiliarios a pensar las ciudades de nuevas maneras, proponiendo planes maestro que serán construidos en su totalidad en madera y que serán un verdadero aporte para el diseño de las áreas urbanas del futuro.

5. Políticas públicas asociadas al fomento de la edificación en madera en altura

5.1. ¿Por qué políticas públicas?

Una política pública puede ser definida como una serie de ideas, principios o planes propuestos o adoptados por organizaciones e individuos. A nivel gubernamental, los mecanismos para su implementación se denominan Instrumentos (Pis por sus siglas en inglés). Según Howlett y Rayner (2007), estas son “técnicas de gobernanza las cuales, de una u otra manera, involucran la utilización de recursos estatales, o su consciente limitación, para lograr objetivos políticos”⁴¹.

La relación entre políticas y el entorno construido fue cambiando con los años al incorporarse cada vez más el foco medioambiental y de sustentabilidad en el sector de la construcción. Desde la década de los 90s, hubo un cambio de paradigma respecto a la forma de abordar las políticas públicas: de un discurso enfocado en regulación, requerimientos prescriptivos y de iniciativas privadas, se dio paso a los acuerdos voluntarios, la validación de los requerimientos a través de pruebas de rendimiento, y la creación de estrategias de subsidio para la investigación y desarrollo (alianzas público-privadas).

Las políticas pueden dividirse en categorías según distintos enfoques. En este informe utilizamos tres tipologías:

- Fases para el desarrollo de una política pública
- Tipos de políticas según su foco de acción
- Instrumentos que utilizan las políticas

5.1.1. Fases para el desarrollo de una política pública

Basados en estudios previos similares sobre la creación de políticas para otros sistemas constructivos⁴², se plantea un total de seis fases aplicadas a la realidad de la construcción en madera.

Fase 1: Introducción: Evaluación de la relevancia del programa

Se concentra en los beneficios y méritos de la construcción en madera, con el fin de crear conciencia. La entidad responsable buscará participar de conferencias, workshops o entrar en contacto con otras entidades que ya tengan desarrollado el tema.

Fase 2: Participación de la comunidad

Una persona y/o entidad se convierte en el impulsor de diferentes instancias donde crear conciencia en la comunidad, como reuniones, grupos de trabajo, así como levantar fondos para futuros desarrollos e investigación. Lo que se destacará es la información recopilada en la fase anterior: beneficios, fortalezas y oportunidades en el desarrollo de la construcción en madera en altura.

Fase 3: Desarrollo e implementación del plan de acción

La entidad o institución establece un comité de trabajo, donde se incluyan los principales líderes de la comunidad. Además de reuniones periódicas, se considera realizar visitas técnicas a edificios de madera en altura para generar una base de datos de referencia, así como también las diferentes políticas públicas y herramientas disponibles. También se considera la construcción de un proyecto de estudio / demostrativo, el cual puede o no contar con equipo de monitoreo para el levantamiento de información.

Fase 4: Investigación técnica: Cuantificación y definición de beneficios

41 Howlett, M., & Rayner, J. (2007). Design principles for policy mixes: Cohesion and coherence in 'new governance arrangements'. *Policy and Society*, 26(4), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S1449-4035\(07\)70118-2](https://doi.org/10.1016/S1449-4035(07)70118-2)

42 G. Lawlor et al. A Resource Manual for Municipal Policy Makers May 2006. Pág 11-12

El comité de trabajo, en conjunto con alianzas público-privadas, desarrolla procesos de investigación para la obtención de información relevante que sustente la importancia de impulsar la construcción en madera en altura. Esto puede ser a través de estudios técnicos, ensayos, o la construcción de un proyecto icónico, ya sea por su apariencia, tecnología o ubicación. La información levantada será la base para la elaboración de una futura política pública.

Fase 5: Programa y desarrollo de la política: Implementación de instrumentos

El comité se expande para incluir nuevos actores que aporten nuevas aristas a la discusión. En base a la información levantada en la Fase 4, se propone una o varias políticas y herramientas para fomentar la construcción en altura en madera. Algunas de estas son incentivos económicos, apoyo técnico, limitantes normativas, entre otros.

Fase 6: Mejora continua: Evaluación y posibles cambios para incrementar costo-efectividad

En este punto, existe un entendimiento de los alcances y detalles de lo que implica la construcción en altura en madera. Se continúa levantando información que retroalimenta todo el sistema, como opiniones de usuarios, otros profesionales y la industria. De esta manera, se puede avanzar en seguir afinando la política pública o herramienta escogida, o explorar nuevas posibilidades.

5.1.2. Tipos de políticas según su foco de acción

En las últimas décadas ha habido un aumento en la concientización respecto a los efectos que tiene la construcción sobre el medio ambiente, con el consiguiente esfuerzo por avanzar hacia una industria más amigable ambientalmente. Si bien las principales consideraciones han sido de tipo operativo, promoción de ciertas tecnologías o materiales “verdes” y “eco”, o la limitación de materiales tóxicos y nocivos, en la actualidad cada vez más políticas se enfocan en cubrir un espectro más amplio en la cadena de producción, incluyendo por ejemplo la elaboración del material. Esto resulta particularmente relevante para el caso de la madera, donde un enfoque que considere el ciclo vital completo puede hacer evidente los beneficios de este material sobre otros. Sumado a lo anterior, hoy en día cada vez más políticas ponen énfasis en los efectos que tienen la producción y consumo en el medioambiente, con focos tales como reducción de emisión de gases o asociadas al cambio climático, reducción del impacto en el ambiente (agua utilizada, residuos producidos, entre otros), incentivo de utilización de materiales locales (tales como la madera).

Con la incorporación del concepto LCA, donde tanto materiales como el edificio que constituyen se revisan como un todo, existe también un fuerte impulso a políticas que afectan más de una etapa del ciclo productivo, conjugando por tanto un esfuerzo multisectorial.

En base a lo anterior, un estudio para la FAO⁴³ propone seis tipologías de políticas según su foco de acción:

- Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria
- Políticas que avanzan en normas ambientales
- Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios
- Políticas que avanzan sobre las especificaciones técnicas y normas estructurales
- Políticas de contratación pública
- Políticas que “cierran el ciclo” al final de la vida útil

43 Goodland, H. (2016). Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings: A review of leading public policies in Europe and North America. UNECE/FAO.

5.1.3. Instrumentos que utilizan las políticas

A nivel gubernamental, los mecanismos para la implementación de una política se denominan Instrumentos (Pis por sus siglas en inglés). Según Howlett y Rayner (2007), estas son “técnicas de gobernación las cuales, de una u otra manera, involucran la utilización de recursos estatales, o su consciente limitación, para lograr objetivos políticos”⁴⁴.

En un comienzo, se postuló que los Instrumentos podían ser clasificados según su nivel de coerción, lo cual definía tres tipos de categorías: regulatorios (obligatorio), económicos (incentivo/desincentivo) y de información (libres). Tomando como base lo anterior y junto con un cambio en el paradigma de la construcción, posteriormente se comenzó a destacar más el foco de acción de cada categoría, definiendo finalmente cinco tipos: Instrumentos Regulatorios, Instrumentos Económicos, Instrumentos Informativos, Instrumentos Voluntarios e Instrumentos de Investigación y Desarrollo, los cuales son detallados a continuación⁴⁵:

- Los Instrumentos Regulatorios (IR) se enfocan en los estándares que deben cumplirse de manera obligatoria tanto en el caso de la tecnología aplicada en un proceso industrial particular, como también las obligaciones y objetivos que debe alcanzar una entidad (con foco en los resultados).
- Los Instrumentos Económicos (IE) son elementos tributarios, los cuales se enfocan en regular el impacto medioambiental de una actividad industrial. Pueden buscar incentivar (subsidios), desincentivar (impuestos) como también compensar a terceros por externalidades negativas asociadas a las actividades de dicha empresa.
- Los Instrumentos Informativos (II) se concentran en el desarrollo de campañas públicas de información (con foco en crear conciencia ambiental), programas de difusión tecnológica (con foco en los productores), o estrategias de etiquetado (certificación por parte de terceros que determina desempeño ambiental del producto).
- Los Instrumentos Voluntarios (IV) son programas creados o adoptados por empresas. Pueden ser unilaterales (creado por empresa sin participación pública), negociados (acuerdo entre una organización pública y una empresa o grupo de empresas), o de regulación selectiva (el gobierno provee el marco de la política, pero la participación por parte de las empresas es voluntaria).
- Los Instrumentos de Investigación y Desarrollo (II+D) consisten en apoyo público a actividades I+D del sector privado, o establecer alianzas público-privadas.

Algunos ejemplos de este tipo de instrumentos son los siguientes:

WoodWorks: programa compuesto por las principales instituciones vinculadas a la construcción en madera en Estados Unidos, que provee apoyo técnico en el desarrollo de proyectos de vivienda de 1 a 18 pisos, en las áreas de diseño, ingeniería y construcción.

Wood Solutions: iniciativa de la industria que busca proveer conocimiento técnico y recursos vinculados a la construcción con madera a profesionales y compañías vinculadas al desarrollo de proyecto de diseño y construcción.

Sustainable Wood for Sustainable World, FAO: iniciativa de la FAO creada el 2018, cuyo foco es fortalecer la cadena de valor de los productos de madera obtenida de manera sustentable, para aumentar los beneficios

⁴⁴ Howlett, M., & Rayner, J. (2007). Design principles for policy mixes: Cohesion and coherence in 'new governance arrangements'. *Policy and Society*, 26(4), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S1449-4035\(07\)70118-2](https://doi.org/10.1016/S1449-4035(07)70118-2)

⁴⁵ Kibert, C. J. (2001). Policy instruments for sustainable built environment. *J. Land Use & Envtl. L.*, 17(2), 379–394.

sociales, económicos y medioambientales de su producción y uso. De esta manera, busca generar instancias de manera colaborativa con organizaciones de distintos países y apoya en el proceso de la formulación del marco general de políticas públicas y/o su enfoque.

5.2. Experiencia Internacional

Incentivar la construcción en madera en altura es un problema multifactorial, y por lo mismo las diversas políticas y proyectos que han emergido en los últimos 30 años son resultado de sus contextos específicos. Sin embargo, al realizar un análisis comparativo de casos destacados, se puede evidenciar ciertas prácticas que se repiten, y de esta manera entender la vinculación entre una o varias políticas y un proyecto construido o cambio en el paradigma de la construcción y aceptación de la construcción en madera en ese país. A modo general, aquellos países que poseen un mayor desarrollo asociado a la industria forestal presentan de manera complementaria un mayor desarrollo de políticas públicas o programas que incentivan de manera directa o indirecta la utilización de la madera como material de construcción. En el presente estudio, se revisaron en detalle un total de ocho casos, seleccionados a partir del contexto mundial.

Los casos detallados a continuación han sido seleccionados para un mayor desarrollo y estudio, debido a que cumplen con los siguientes criterios de selección: incluyen disponibilidad de la información, disponibilidad de resultados concretos, utilización de herramientas de medición para la evaluación del impacto, así como también la representación de todos los instrumentos para la implementación de políticas públicas, detallados más arriba.

Debido a la cantidad de información y con el fin de facilitar la lectura, la información se presenta en dos partes: una primera parte con un breve resumen de cada caso, y a continuación una segunda parte que incluye todo el material recopilado, a modo de material de consulta.

Los criterios bajo los que se analiza cada caso son los siguientes:

- **Nivel administrativo:** Nacional, federal, provincial, etc.
- **Fase de implementación:** Fases definidas en punto 5.1.1. Una política puede estar en más de una fase a la fecha.
- **Tipo de política según su foco de acción** 5.1.2.
- **Clasificación de acuerdo a Instrumentos:** Categorías definidas según punto 5.1.3.
- **Resumen:** Objetivo principal, proceso de implementación, información relevante.
- **Efectividad e impacto:** Principales resultados documentados a la fecha.
- **Aprendizajes y Predicciones:** Lecciones documentadas a lo largo del proceso completo (en caso de estar disponible la evaluación del programa a la fecha) y resultados esperados definidos previo a la implementación del programa.

A. Europa

5.2.2. Caso 1: Les plans bois-construction 2009-2030, Francia

Nivel Administrativo: Nacional

Fase de Implementación: Fase 6

Foco de acción: Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Informativo: Es una política cuyo principal objetivo se centra en la difusión y capacitación de los actores involucrados en la industria.
- Instrumento Voluntario: Es un instrumento voluntario que es promovido a través de la coordinación de instituciones estatales y privadas.
- Instrumentos de Investigación y Desarrollo: Establece mecanismos de incentivo I+D

Resumen: En el año 2009, se comenzó a levantar información para determinar las dificultades y promover la utilización de la madera en la construcción. Partiendo por un análisis sobre las principales dificultades que aparecían, el Estado, la Codifab (Comité Profesional para el Desarrollo de las industrias francesas del Mubele y la Madera) y la Asociación Nacional interprofesional del sector forestal y de la madera (National Interprofessional Association France Bois Forêt) desarrollaron y financiaron un plan dividido en cuatro etapas multianuales, cada una con sus respectivos objetivos que se detallan a continuación.

- Bois I (2009-2015): foco en determinar obstáculos regulatorios, normativos y técnicos, a través de pruebas de laboratorio para estudiar nuevas soluciones constructivas.⁴⁶
- Bois II ((2014-2017): aumento en capacidades técnicas, programas de capacitación a profesionales.
- Bois III (2017-2019): promoción del uso de la madera en etapas tempranas del proceso constructivo, e introducción de un nuevo catálogo de soluciones técnicas.⁴⁷
- Bois IV (2019-2024): introducción del análisis de ciclo de vida como factor determinante para la promoción del uso de la madera (apoyando nueva normativa RE2020). Se establecen 10 objetivos, y compromisos multisectoriales estratégicos con una visión más global.⁴⁸

Efectividad e Impacto: cada etapa presenta diferentes resultados, los que se detallan a continuación:

Bois I: se identifica la homologación de productos como la principal barrera para la industria de la madera, por lo que se enfocan los esfuerzos en el desarrollo de demostraciones de desempeño, junto con el lanzamiento de “Bibliobois”, una biblioteca de soluciones técnicas.

Bois II: se concentra en difusión y capacitación a profesionales de la industria, con el relanzamiento de la página “ambition Bois”⁴⁹.

⁴⁶ M. de la T. écologique et de la C. des Territoires and M. de la T. Énergétique, “Filière bois construction.” <https://www.ecologie.gouv.fr/filiere-bois-construction> (accessed May 23, 2022).

⁴⁷ Interprofession Nationale, “Plan Bois 3 : accompagner la maîtrise d’ouvrage,” Interprofession Nationale, 2019. [Online]. Available: <https://franceboisforet.fr/2019/07/10/plan-bois-3-accompagner-la-maitrise-douvrage/>

⁴⁸ Interprofession Nationale, “Plan Bois 3 : accompagner la maîtrise d’ouvrage,” Interprofession Nationale, 2019. [Online]. Available: <https://franceboisforet.fr/2019/07/10/plan-bois-3-accompagner-la-maitrise-douvrage/>

⁴⁹ FCBA ; MTE ; CNDB, “BILAN PLANS BOIS 1, 2 ET 3,” Dec. 2021. Accessed: May 20, 2022. [Online]. Available: <https://www.fcba.fr/wpcontent/uploads/2022/03/SyntheseBilanPB1-2-3.pdf>

Bois III: creación de Bois Construction Catalog/ BoisREF, una herramienta para la ingeniería de los proyectos⁵⁰.

Bois IV: dado lo reciente de su implementación, aún no hay resultados medibles.

Aprendizajes y Predicciones: A pesar de que la utilización de la madera en programas residenciales ha caído un 50% entre 2012 y 2020, se destaca la contribución para remover obstáculos técnicos y legales, la retroalimentación entre los actores involucrados, y el foco en la incorporación del contexto país (geografía, industria nacional). Se espera fomentar el desarrollo de I+D a través de eco-diseño de productos de madera, reutilización de productos constructivos. Además, de la última etapa de implementación se espera prestar apoyo a la RE2020, norma obligatoria, la cual a través de la incorporación del análisis del ciclo vida, favorecerá a un aumento en la demanda por el material.

5.2.3. Caso 2: RE2020, Francia 2022 (Actualización de la RT2012)

Nivel Administrativo: Nacional

Fase de Implementación: Fase 6

Foco de acción: Políticas que mejoran las normas medioambientales, Políticas que cierran el ciclo de vida

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Regulatorio: obligatoriedad de la aplicación del ACV en todas las nuevas construcciones del país de manera progresiva.
- Instrumento Informativo: se consideran procesos de información para la implementación de la norma.

Resumen: Como parte de los lineamientos políticos y compromisos medioambientales a nivel nacional (Acuerdo de París 2015 y Pacto Verde Europeo 2020), Francia ha buscado avanzar en la reducción de los efectos de la construcción en el medio ambiente. Es por esto que el año 2012 da inicio la norma térmica RT2012 que tenía por objetivo impulsar la reducción del consumo energético en viviendas para alcanzar la carbono neutralidad al 2050.

En el año 2016, el consejo Superior de la Construcción (CSCEE) inicia una primera etapa de investigación denominada “Energía Positiva, Reducción de Carbono” (E+C) [3], donde a través de reuniones con actores principales, se busca definir el método de cálculo para la actualización de la norma, reflexionando sobre la producción de datos, indicadores y requisitos, y las herramientas que se brindarían para apoyar a los profesionales en la implementación. El 2019 se da por finalizada esta etapa, abriendo el debate a retroalimentación de otros actores de la industria y definir puntos clave a la hora de generar acuerdos y beneficios para todos los involucrados, siendo oficialmente lanzada la RT2020 el presente año (2022) ⁵¹. Esta versión actualizada destaca por la inclusión como eje principal del análisis del ciclo de vida (LCA) y el impacto de la edificación a lo largo de 50 años de funcionamiento. Sumado a lo anterior, la reducción del impacto de carbono en la construcción de edificios, sobriedad energética y descarbonización de la energía y garantizar confort térmico en temperaturas extremas⁵².

⁵⁰ Helen Goodland RIBA MBA, “Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings,” Geneva, 2016.

⁵¹ M. de la T. Écologique, “Éco-construire pour le confort de tous R É G L E M E N T A T I O N E N V I R O N N E M E N T A L E.” Accessed: May 28, 2022 [Online]. Disponible: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2021.02.18_DP_RE2020_EcoConstruire_0.pdf

⁵² N. Cabassud, “Guide RE 2020.” Accessed: May 26, 2022. [Online].

Disponible: http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/guide_re2020_dhupcerema.pdf

Efectividad e Impacto: Normativa vigente desde Enero de 2022. Impacto por medir

Aprendizajes y Predicciones: Si bien debido a lo reciente de su implementación aún no se cuenta con resultados medibles, se destaca el hecho de incorporar el análisis de ciclo de vida de forma obligatoria⁵³, así como un proceso previo donde para desarrollar el plan se incluyó a todos los actores involucrados en mesas de trabajo. Se espera un aumento en la demanda de madera, así como un aumento en la creación de empleo, disminución en cuentas de servicios y reducción del impacto al medioambiente.

Queda por revisar a futuro la efectividad de la implementación de LCA en el efecto de los materiales en ciertas áreas⁵⁴, y si se logra la reducción de impacto de carbono en un 30% al 2050.

5.2.4. Caso 3: Mer trä i byggandet (More Timber in Construction, Växjö, Suecia, 2005)

Nivel administrativo: Comunal

Fase de Implementación: 6

Foco de acción: Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Regulatorio: Obligatoriedad de utilizar madera en zonas específicas.
- Instrumento Voluntario: Se implementaron instrumentos que en principio podían ser cumplidos de manera voluntaria.
- Instrumento I+D: Desarrollo de actividades I+D vinculadas al desarrollo de proyectos. Evaluación y seguimiento de proyectos construidos.
- Instrumento Económico: Se financiaron parcialmente actividades en el marco de desarrollo de proyectos en madera.
- Instrumento Informativo: Se considera la diseminación de información resultante del desarrollo de proyectos.

Resumen: En el marco de la agenda política que buscaba incrementar estrategias de sustentabilidad en la planificación urbana⁵⁵, en el año 2005 se implementó un plan nacional estratégico, que tenía como objetivo el aumento de la utilización de la madera en la construcción (30% de los edificios nuevos en un plazo de 15 a 20 años, y 30% utilizando sistema marco plataforma en un plazo de 5 años).

En esta línea y tomando en consideración el contexto geográfico (dentro de una región con gran dependencia económica de la industria forestal), la municipalidad de Växjö se alineó con estos objetivos, buscando en específico la reducción de las emisiones de carbono al mínimo posible⁵⁶. Por la anterior, la municipalidad en su rol de desarrollador de proyectos, vio en la madera el material ideal para cumplir con las metas impuestas, señalando la obligatoriedad de la utilización de este material en el distrito de Boar, y su consideración en todo proyecto nuevo en el resto de la ciudad. De esta manera, se proyectó la construcción de 1 a 2 edificios nuevos en madera anualmente, por un período de 10 a 15 años⁵⁷, así como

53 Helen Goodland RIBA MBA, "Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings," Geneva, 2016.

Accessed: Jun. 30, 2022. [Online]. Available: <https://unecc.org/fileadmin/DAM/timber/publications/SP-38.pdf>

54 G. Richards, "Good for wood: new embodied carbon regulations," Storaenso, Jan. 27, 2022.

<https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2022/1/good-for-wood-new-embodied-carbon-regulations> (accessed May 28, 2022).

55 F. Lindblad, Växjö municipality's planning strategy to increase the construction of wooden multi-family buildings, Sustainability (Switzerland), 12 (2020). <https://doi.org/10.3390/su12124915>.

56 FAO, Status of public policies encouraging wood use in construction-an overview, Rome, 2020.

57 Cita. Växjö kommun, Mer trä i byggandet, 2005.

la incorporación de nuevos actores al mercado local, proyectos abiertos a investigación y evaluación técnica, y difusión.

Efectividad e Impacto: Para el año 2015, se alcanzó el objetivo de 25% de los edificios directamente controlados por la municipalidad fueron desarrolladas en base a madera, además de otros proyectos externos, incluidos edificios en altura.

Se detaca también la creación de un centro de investigación, el cual participó en el desarrollo de edificio Limnologen (2008, 8 pisos), y la creación de nuevas políticas públicas para continuar con la línea de trabajo: “Växjö—The modern wood city 2013” (50% de las construcciones municipales en madera para 2020, incremento en colaboración público-privada, así como también con la academia); Wood Building Strategy 2018 (Implementación de la neutralidad de materiales constructivos, con 50% de nuevas edificaciones construidas en madera para 2020, y un reporte de impacto mediambiental que considera progresivamente todo el edificio para el año 2025); la creación de la alianza Växjö Municipal Group (sector académico e industria), que define agenda conjunta con foco en seguimiento, colaboración, promoción e investigación.

Aprendizajes y Predicciones: en la actualidad y dado el éxito en las políticas aplicadas al distrito de “Välle Broar”, se ha decidido expandir el área de acción, con una proyección para 2030-2035 donde todos los edificios nuevos sean construidos en madera.⁵⁸

5.2.5. Caso 4: Timber First, Hackney, Londres, Reino Unido (2012)

Nivel administrativo: Municipal

Fase de Implementación: 5

Foco de acción: Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria.

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Informativo: Desarrollo de eventos de difusión, como seminarios, con el fin de transmitir los beneficios del uso de la madera en la construcción.

Resumen: Esta política pública, impulsada por el London Borough de Hackney⁵⁹ (municipio londinense) en el 2012, busca difundir los beneficios de la utilización de la madera bajo criterios medioambientales y sustentabilidad, con el objetivo de incentivar su uso en la construcción. Se basó en la campaña “Wood First”, impulsada por Wood for Good y la Timber Trade Federation, que, como parte de la industria de la construcción, buscó incidir a nivel local en futuros proyectos financiados con recursos públicos, con foco en reemplazo de otros productos por madera.

Debido a la imposibilidad legal de privilegiar un material por sobre otros ni impedir el uso de estos, esta iniciativa se enfoca solo en la difusión explícita de los beneficios estéticos y medioambientales de la madera⁶⁰. El público objetivo fueron líderes de la industria de la construcción como arquitectos, desarrolladores inmobiliarios y funcionarios públicos de otras municipalidades. De manera complementaria y alineándose con los criterios nacionales de sustentabilidad, el municipio decidió considerar la toma de huella de carbono en futuros proyectos⁶¹.

⁵⁸ A. Tenje Mayor, Växjö-The Modern Wooden City, n.d.

⁵⁹ R. Oliver, D. Venables, Efforts to promote use of wood in the EU region A study for the Japan Lumber Inspection and Research Association, 2012

⁶⁰ FAO, Status of public policies encouraging wood use in construction-an overview, Rome, 2020.

⁶¹ Hackney clarifies: wood first equal - Construction Manager, (n.d.). <https://constructionmanagermagazine.com/hackney-clarifies-wood-first-equal/> (accessed August 24, 2021).

Efectividad e Impacto: Posterior a la implementación de esta política pública, se destaca un aumento en la construcción de proyectos públicos y privados de mediana altura en madera, así como de diversos usos (residencial, educacional, religioso, mixto, entre otros). Destacan dos proyectos construidos en colaboración con la municipalidad: Bridport House (8 pisos, concurso público), y Dalston Lane (10 pisos, 2017).⁶²

Aprendizajes y Predicciones: Es posible generar un gran impacto en la industria de la construcción a través de campañas de difusión o actividades informativas, siempre que los instrumentos implementados apelen de manera efectiva a aquellos (personas o entidades) encargados de la toma de decisiones.

5.2.6. Caso 5: Maßnahme 9 (Austria, 2021), Bonificación de CO₂

Nivel Administrativo: Nacional

Fase de Implementación: 5

Foco de acción: Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria, Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Voluntario: Considera la adjudicación de fondos públicos a través de postulaciones voluntarias de los potenciales beneficiarios.
- Instrumento I+D: Considera financiamiento para actividades I+D asociadas al desarrollo de la construcción en madera.
- Instrumento Económico: Considera subsidios monetarios para cada uno de los llamados que forman parte de este programa.
- Instrumento Informativo: Considera la transferencia de información y conocimiento a través de actividades educativas.

Resumen: Esta política pública pertenece a un conjunto de medidas asociadas al Fondo Forestal creado en 2020, el cual tiene como foco la sustentabilidad en diversas líneas de acción (bosques, bioeconomía, construcción sustentable, entre otros). La medida 9 se enfoca en la creación de incentivos para la promoción de la construcción en madera, desde el manejo sostenible de bosques a la creación de proyectos de carácter público o privado, sumado a el reemplazo de otros materiales de alta emisión de CO₂eq ⁶³a través de actividades de transferencia de conocimiento, I+D-i.

Considera un total de cuatro llamados, que incluyen la creación de una red de bioeconomía, desarrollo de proyectos de investigación, cátedras, y la creación de un incentivo económico de bonificación de CO₂eq asociado al uso de la madera en la construcción de proyectos nuevos o ampliaciones. Este último cuenta con un presupuesto de 20 millones de euros, y considera una subvención de 1 Euro por cada kilogramo de madera utilizada en el proyecto de construcción, el cual puede aumentar a 1,1 Euros si se considera el uso de otras materias primas renovables, y todo producto debe contar con certificación PEFC o FSC, y no haber estado mas lejos de 500 m en línea recta del sitio de construcción⁶⁴. La postulación es evaluada por una comisión de expertos que define la priorización para la adjudicación de fondos, tomando en consideración cuatro criterios⁶⁵: Criterio 1, Calidad del contenido de la solicitud/proyecto (innovación,

⁶² E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, Building Research & Information. 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.

⁶³ Maßnahme 9: Verstärkte Verwendung des Rohstoffes Holz, (n.d.). https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/waldfonds/massnahme_9.html (accessed August 24, 2021)

⁶⁴ Kommunal Kredit Public Consulting, Neue Gebäude in Holzbauweise, (n.d.). https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:c82948bb-644c-4c2e-ad6f-0835611e00e2/CO2-Bonus_Infoblatt.pdf (accessed November 20, 2021).

⁶⁵ S. der Bundesministerin, Sonderrichtlinie Waldfonds, (2021).

alcance); Criterio 2, Referencias y experiencia; Criterio 3, Calidad técnica (capacidad financiera, socios, apoyos y plausibilidad); Criterio 4, Objetivos y estrategias de desarrollo.

Efectividad e Impacto: Adjudicación de la primera fase correspondiente al año 2021.

Aprendizajes y Predicciones: A la fecha de este estudio, la convocatoria se encuentra abierta (Nov 2021). Se espera adjudicar un total de 20 millones de euros en el período 2021-2022, a ser utilizados en la compra de madera para soluciones innovadoras en proyectos específicos, las cuales serán replicables en otros proyectos a futuro.

B. Norteamérica

5.2.7. Caso 6: Green Construction Wood Program (GCWood, Canadá, 2017-2022)

Nivel Administrativo: Nacional

Fase de Implementación: 5

Foco de acción: Políticas que avanza sobre las especificaciones técnicas y normas estructurales

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Voluntario: Requiere la postulación por parte de los interesados.
- Instrumento I+D: Apoya actividades de investigación y desarrollo.
- Instrumento Económico: Entrega recursos económicos para financiar actividades
- Instrumento Informativo: Considera transferencia de tecnología y actividades de educación.

Resumen: Programa de continuación al Wall Wood Building Demonstration Initiative TWBDI, implementado entre 2013 y 2017. El foco del programa es seguir apoyando la transición hacia una industria con bajo impacto de carbono a través de la utilización de la madera, otorgando apoyo al desarrollo de proyectos y actividades de investigación que permitan crear la información técnica necesaria para la revisión y actualización de los códigos constructivos (aumento de altura permitida en National Building Code of Canada versiones 2020 y 2025, a 6 pisos).

Los proyectos a postular podían ser de 3 tipos: edificios en altura de 10 o más pisos (lanzamiento llamado diciembre 2017); construcciones de baja altura de carácter residencial y no más de 4 pisos (lanzamiento llamado diciembre 2018, cierre 31 de marzo 2022); puentes peatonales o vehiculares, de mínimo 20m de longitud(lanzamiento llamado 2019, cierre 31 de marzo 2022), los cuales debían presentar una Expresión de Interés para ser evaluados por un comité de expertos, con foco en la demostración del potencial de reducción de emisiones CO₂eq comparado con un edificio similar en base a otros materiales, así como beneficios sociales, económicos y medioambientales⁶⁶. Las actividades a financiar incluían apoyo en I+D asociado a diseño, preparación de expediente para aprobación de autoridades locales, e investigación técnica asociada al uso de madera (ensayos)⁶⁷.

Por último, la información generada sería de uso público, para ser difundida en el sector de la construcción y replicada en futuros proyectos.

⁶⁶ P. Act, NRCan 's Green Construction through Wood (GCWood) Expression of Interest (EOI) Form, n.d.

⁶⁷ N. Resources Canada, C. Forest Service, GCWood: A Request for Expressions of Interest to Design and Construct Low-Rise Non-residential Wood Demonstration Projects in Canada, (n.d.). www.nrcan.gc.ca/gcwood. (accessed September 7, 2021).

Efectividad e Impacto: Se recibieron un total de 14 propuestas de edificios en altura, dentro las que destacan como beneficiarios University of Toronto (14 pisos) y Arbour (12 pisos)⁶⁸, y 30 para construcciones de altura baja⁶⁹.

Aprendizajes y Proyecciones: A la fecha, no se han publicado evaluaciones de este programa (fecha de término Marzo 2022). Como proyección, se espera lograr para el período 2025-2030 proveer información técnica a profesionales para la correcta especificación de madera en proyectos de construcción, y a agentes reguladores para la aceptación de productos y sistemas constructivos en códigos, estándares y políticas públicas.

5.2.8. Caso 7: Tall Wood Building Demonstration Initiative (TWBDI, Canada, 2013)

Nivel Administrativo: Nacional, gobierno central

Fase de Implementación: 6

Foco de acción: Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumento Voluntario: Proceso de adjudicación consistió en un llamado a nivel nacional, al cual podían postular proyectos que contaran con una serie de requisitos.
- Instrumento I+D: Financiamiento de actividades I+D (Por ejemplo, ensayos y pruebas de montaje).
- Instrumento Económico: Beneficio entregado a través de un subsidio monetario.
- Instrumento Informativo: Programa consideró la asesoría o apoyo técnico por parte de instituciones públicas.

Resumen: Este programa fue creado como una continuación del “Large Scale Wood Demonstration Program”, implementado por Natural Resources Canada, y consistió en la creación de una competencia que otorgaba apoyo y financiamiento para la construcción de edificios en altura en madera que serían utilizados como demostración de la aplicación de materiales y productos. El foco final era acortar las brechas técnicas en el diseño y construcción en madera, posicionando a Canadá como un país líder en el área y alineándose también con los objetivos nacionales sobre sustentabilidad⁷⁰.

Para esto, en el 2013 y en representación de la Natural Resources Canada, el Canadian Wood Council realizó un llamado para expresiones de interés (EOI por sus siglas en inglés) para el desarrollo de edificios de madera de 10 o más pisos, siendo revisadas las propuestas por un panel de expertos. El proceso terminó en el desarrollo de dos proyectos demostrativos en las provincias de British Columbia y Québec. Se consideró apoyo desde la inicio del proyecto, en actividades como diseño, investigación y ensayos técnicos, para luego acompañar el desarrollo de soluciones finales, aprobación municipal, y durante el proceso de construcción.

Efectividad e Impacto: El gobierno de Canadá consideró el éxito de esta política pública como el primer impulso para seguir promoviendo el diseño y construcción de edificios en madera de múltiples alturas.⁷¹

Entre los logros específicos, se destaca la construcción de dos proyectos (apoyados económicamente por TWBDI) en altura en madera, de carácter demostrativo: Brock Commons ⁷²(British Columbia, 2016, 18

68 E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, Building Research & Information. 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.

69 M. Mohammad, J. Tourrilhes, R. Coxford, M. Williamson, Canadian Mass Timber Demonstration Projects Initiatives, Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings. (2019) 51–58.

70 M. Mohammad, R. Jones, E. Karacabeyli, New heights in building with wood: Canada's tall wood buildings demonstration initiative, WCIE 2016 – World Conference on Timber Engineering (2016).

71 M. Mohammad, J. Tourrilhes, R. Coxford, M. Williamson, Canadian Mass Timber Demonstration Projects Initiatives, Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings. (2019) 51–58.

72 University of British Columbia, BROCK COMMONS TALLWOOD HOUSE PERFORMANCE OVERVIEW, (2010) 1–28.

pisos en sistema poste y losa, monitoreo del comportamiento del edificio); Origine (Quebec, 2017, 13 pisos, ensayos acústicos, de fuegos estructurales y de conectores)⁷³. Estos fueron apoyados económicamente por TWBDI, que también financió el desarrollo de la guía técnica para la provincia de Quebec “Construction of Mass Timber Buildings Up to 12 Storeys”.

Adicionalmente, se generaron cambios en el “National Building Code of Canadá”, ampliando la construcción de edificios de madera de hasta 12 pisos; apoyando cambios en el International Building Code IBC de Estados Unidos, el cual permite la construcción de edificios hasta 18 pisos.

Aprendizajes y Predicciones: Se destaca la necesidad de establecer una coordinación entre los diversos actores desde etapas tempranas del proyecto, para reducir o mitigar riesgos, implementación efectiva de soluciones y facilitar la aprobación de las autoridades, incluyendo el desarrollo de actividades de educación. También es relevante definir actividades I+D comunes entre los proyectos para optimizar los recursos⁷⁴.

Se espera facilitar a futuro la aprobación de edificios de mayor altura, a través de cambios normativos, junto con facilitar la integración de la madera por parte del mercado demostrando su costo-competitividad.

C. Oceanía

5.2.9. Caso 8: CEFC Timber Building Program, Australia 2022

Nivel Administrativo: Nacional

Fase de Implementación: 5

Foco de acción: Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios, Políticas que cierran el ciclo de vida

Clasificación según herramienta empleada:

- Instrumentos Económicos: fomento al uso de la madera en proyectos a través de créditos e instrumentos financieros accesibles.
- Instrumento Voluntario: Instrumento voluntario que apoya con financiamiento estatal a través de CEFC.
- Instrumentos Informativos: programa que promueve la información a través de desarrollo de capacidades.

Resumen: En el contexto de la Net Zero Emission Policy (reducción de emisiones netas a cero para el año 2050), el gobierno australiano se ha propuesto impulsar políticas públicas que promuevan la investigación, desarrollo y comercialización de tecnologías limpias, siendo uno de los ejes centrales la promoción de materiales que capturen CO₂eq. Con esto en mente, en febrero de 2022 y a través de la Clean Energy Finance Corporation se lanzó el Timber Building Program, el cual busca incentivar la utilización de madera masiva en nuevos proyectos de construcción de mediana y gran escala, para ayudar a reducir las emisiones del rubro⁷⁵. El foco está en la capacidad de la madera de secuestrar CO₂eq, y la escala de los proyectos, sumado a la utilización de componentes industrializados, determina su capacidad de ser competitiva a nivel de mercado⁷⁶.

⁷³ GCWood, The State of Mass Timber in Canada 2021, (2021).

⁷⁴ M. Mohammad, R. Jones, E. Karacabeyli, New heights in building with wood: Canada's tall wood buildings demonstration initiative, WCTE 2016 – World Conference on Timber Engineering. (2016).

⁷⁵ S. E. and R. Australian Government Department of Industry, “Australia’s Long Term Emission Reduction Plan,” 2021. Accessed: Jun. 28, 2022. [Online]. Available: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/October2021/document/australias-long-term-emissions-reduction-plan.pdf>

⁷⁶ Zumbunnen, P. and Fovargue, J. (2012) “Mid-rise CLT buildings, the UK’s experience and potential for Australia and New Zealand” Proceedings, 12th World Conference on Timber Engineering, WTCE 2012, Auckland, New Zealand, pp. 91-98.

La estrategia se enfoca en incentivos monetarios, como financiamiento a través de créditos ajustables y préstamos gestionados por la CEFC⁷⁷. Para acceder a este beneficio, el proyecto debe cumplir con la utilización de productos industrializados de madera, ser de gran escala, utilizar fuentes certificadas de madera y resultados de carbono incorporado, y ser comercialmente sólido en base a estándares fijados por la CEFC (requerimientos de inversión). De manera complementaria, se busca el fomento al desarrollo de habilidades y experiencia locales, cadena de valor y oportunidades de entrega.

Efectividad e Impacto: Programa implementado en Febrero de 2022. La mayor parte de los proyectos están en fase de estudio a la fecha de este informe.

Aprendizajes y Predicciones: Dado lo reciente de la implementación del programa, aún no existen resultados medibles, pero se destaca el uso de incentivos que se ha adoptado a nivel nacional para acelerar la transición hacia la construcción con materiales carbono neutral.

La introducción del uso de madera masiva (CLT) supondrá una reducción de un 10% del carbono en nuevos edificios, sumado a un 75% de reducción de carbono incorporado por la sustitución de materiales como el acero y hormigón⁷⁸. En paralelo, se considera necesario el promover el uso de la madera no solo a nivel constructivo, sino también en la industria local, con los respectivos incentivos que aseguren la cadena de suministro⁷⁹.

⁷⁷ R. Rathborne, "CEFC Timber Building Program A greener approach for large-scale buildings," 2022. [Online]. Available: www.cefc.com.au/about-our-finance

⁷⁸ S. E. and R. Australian Government Department of Industry, "Australia's Long Term Emission Reduction Plan," 2021. Accessed: Jun. 28, 2022. [Online]. Available: [https://www.industry.gov.au/sites/default/files/October 2021/document/australias-long-term-emissions-reduction-plan.pdf](https://www.industry.gov.au/sites/default/files/October%2021/document/australias-long-term-emissions-reduction-plan.pdf)

⁷⁹ D. C. Evison, P. D. Kremer, and J. Guiver, "Mass timber construction in Australia and New Zealand-status, and economic and environmental influences on adoption," *Wood Fiber Sci.*, vol. 50, pp. 128–138, Aug. 2018, doi: 10.22382/wfs-2018-046. Accessed: Jun. 28, 2022. [Online]. Available: [https://www.mendeley.com/catalogue/07f0035e-12ef-37f6-9294-](https://www.mendeley.com/catalogue/07f0035e-12ef-37f6-9294-85077d0939d2/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B424af02-14c3-3203-925e-1d1f0770f865%7D)

85077d0939d2/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B424af02-14c3-3203-925e-1d1f0770f865%7D

5.2.10. Fichas Casos Completos

A continuación, presentamos una serie de fichas que reúnen la información completa levantada para caso, no incluida en el cuerpo principal. Esta sección está pensada para aquellas personas interesadas en ahondar más al detalle en un caso específico, y poder acceder a las referencias revisadas.

Fecha de implementación

2009

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

6. Etapa 4: Le Bois Construction IV (2021-2024).

La IV etapa representa un plan que incorpora más eje de desarrollo que en sus etapas anteriores. Si bien existe una continuidad, se implementaron objetivos que pretenden apoyar a la industria en su totalidad.

Tipo de política según su foco

Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Informativo: Es una política cuyo principal objetivo se centra en la difusión y capacitación de los actores involucrados en la industria.
- Instrumento Voluntario: Es un instrumento voluntario que es promovido a través de la coordinación de instituciones estatales y privadas.
- Instrumentos de Investigación y Desarrollo: Establece mecanismos de incentivo I+D

MOTIVACIÓN

A nivel general el plan cuenta con 4 etapas multianuales cuyo principal objetivo es el de remover las barreras legales y técnicas que enfrenta la industria de la madera, promover su uso en la construcción y aumentar la competitividad de la industria de la madera frente a otras industrias [4].

El primer plan (Plan Bois 2009-2015) está orientado de determinar los obstáculos regulatorios, normativos y técnicos que puedan impedir el desarrollo de la construcción en madera y así aumentar la competitividad [1]. Para ello se realizaron diversas pruebas de laboratorios para estudiar nuevas soluciones constructivas, junto con el apoyo al cambio de normativa técnica de la madera.

Continuando con los objetivos del primero, el plan Bois II (2014-2017) se propuso aumentar las capacidades técnicas de sus actores, por lo contó con la capacitación de los profesionales relacionados con el ámbito de la madera a los cuales se les prestó apoyo a través de la creación de documentos técnicos que aportaban al desarrollo de soluciones genéricas.

En una tercera etapa (Plan Bois III) el objetivo principal fue el de desarrollar prestar apoyo a los actores de la industria, aportando con un nuevo catálogo de soluciones técnicas para así disminuir la brecha cultural existente en torno a la madera como material de construcción [3]. En este caso la principal diferencia con las etapas anteriores es la promoción del uso de la madera en etapas tempranas de los procesos constructivos, generando soluciones estandarizadas que permitan su implementación en las nuevas edificaciones.



La última etapa implementada (Plan Bois IV- 2019-2024) establece 10 objetivos que acompañan la puesta en marcha de la nueva norma RE2020 [2], la cual promueve el uso de la madera a través de la incorporación del análisis de ciclo de vida. A diferencia de las etapas anteriores los objetivos contemplan una visión global en donde se incluyen compromisos multisectoriales estratégicos en el ámbito de la inversión, capacitación, empleo, I+D, aumento de la oferta de productos franceses en madera, establecimiento en los territorios, el mix de materiales, el manejo forestal sostenible, reducción de costos y el reciclaje de la madera [4].

DESCRIPCIÓN

A partir del año 2009 se inicia una discusión en conjunto con los principales actores del sector de la madera para identificar los obstáculos en el desarrollo de la construcción en madera. De esta forma se desarrollarán una serie de planes los cuales tienen por objetivo principal fomentar el uso de la madera en Francia. Los planes son financiados por el Estado, la Codifab (Comité Profesional para el Desarrollo de las industrias Francesas del Mueble y la Madera) y la Asociación Nacional interprofesional del sector forestal y de la madera (National Interprofessional Association France Bois Forêt). Actualmente el plan se encuentra en su fase de implementación IV, incluyendo como objetivo principal el apoyar la implementación de la nueva normativa constructiva RE2020, la cual incorpora el análisis del ciclo de vida en los permisos de edificación futuros.

RESULTADOS

- Le Bois Construction I (2009-2015): Se identificó como el principal obstáculo la dificultad de la industria de la

madera para realizar los estudios técnicos necesarios para la homologación de sus productos. Por ello en 2011 se inició un primer programa de acción con la finalidad de demostrar el desempeño de soluciones de madera y su capacidad para cumplir con los requisitos técnicos de los reglamentos y además se generó una biblioteca de soluciones técnicas denominada “bibliobois”.

•Le Bois Construction II (2014-2017): Actualización de la página web y relanzamiento de la página “Ambition Bois”, la cual incluye información y entrega argumentos para capacitar a ingenieros y profesionales del sector para promover la madera en la construcción [6].

•Le Bois Construction III (2018-2020): Ambition Bois: Se crea una herramienta específica de gestión de proyectos para dar apoyo en el proceso de decisión de las construcciones o renovaciones que incorporen la madera [5]. Bois Construction Catalog/BoisREF: se crea una herramienta para la ingeniería de los proyectos [5].

•Le Bois Construction IV (2021-2024): La estrategia se implementó el 2021 por lo que aún no hay resultados medibles.

PREDICCIONES

De la última etapa de implementación se espera prestar apoyo a la RE2020, norma obligatoria, la cual a través de la incorporación del análisis del ciclo vida, favorecerá a un aumento en la demanda por el material [7].

Se espera poder implementar y diseñar proyectos enfocados en la economía circular y el desarrollo sostenible. Por otro lado, se espera fomentar el desarrollo de I+D a través:

1. Eco-diseño de productos en madera
2. La reutilización de productos de madera y productos constructivos

Se espera también aumentar la competitividad de la madera a través de una estrategia diferenciadora (USP) poniendo en valor las ventajas comparativas de la madera frente a otros materiales de construcción.

APRENDIZAJES

El uso del material para construcción de viviendas residenciales ha caído un 50% en Francia entre los años 2012 y 2020, lo que demuestra que la implementación de este tipo de programas no tiene mayor relevancia en la industria si es que no generan un impacto en las políticas a nivel nacional que promuevan el uso de la madera a largo plazo. El programa sin embargo ha generado resultados significativos que no deben despreciarse, ya que son han contribuido a los remover los obstáculos técnicos y legales de la madera. A pesar de ello aún existe baja competitividad en la industria

en relación otros materiales de construcción. Como resultado final del programa destaca la alta colaboración y retroalimentación entre los actores involucrados, siendo un buen ejemplo para la formulación de políticas públicas en torno a la madera. El plan pone en relevancia a los actores nacionales y la geografía del país incorporando propias de la industria nacional, favoreciendo el contexto regional antes que el internacional, pudiendo ser un buen ejemplo para desarrollar la industria interna de la madera en Chile.

Fuentes

- [1] M. de la T. écologique et de la C. des Territoires and M. de la T. Énergétique, “Filière bois construction.” <https://www.ecologie.gouv.fr/filiere-bois-construction> (accessed May 23, 2022).
- [3] Interprofession Nationale, “Plan Bois 3 : accompagner la maîtrise d’ouvrage,” Interprofession Nationale, 2019. [Online]. Available: <https://franceboisforet.fr/2019/07/10/plan-bois-3-accompagner-la-maitrise-douvrage/>
- [4] European Construction Sector Observatory, “Policy factsheet: FranceWood Plan(Plan Bois) I-IV.” Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents?locale=es&keywords=building&page=13&pageSize=5>
- [5] Helen Goodland RIBA MBA, “Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings,” Geneva, 2016.
- [6] FCBA ; MTE ; CNDB, “BILAN PLANS BOIS 1, 2 ET 3,” Dec. 2021. Accessed: May 20, 2022. [Online]. Available: <https://www.fcba.fr/wp-content/uploads/2022/03/SyntheseBilan-PB1-2-3.pdf>

Fecha de implementación

2020

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

6. Programa y desarrollo de la política: Implementación de instrumentos.

Tipo de política según su foco

Políticas que mejoran las normas medioambientales: La política introduce mejoras en la antigua norma térmica y establece el análisis de ciclo de vida como eje fundamental para descarbonizar la industria.

Políticas que cierran el ciclo de vida: la norma considera el ciclo de vida total de las nuevas edificaciones, desde su construcción hasta su demolición.

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Regulatorio: obligatoriedad de la aplicación del ACV en todas las nuevas construcciones del país de manera progresiva.
- Instrumento Informativo: se consideran procesos de información para la implementación de la norma

MOTIVACIÓN

Desde hace algunos años Francia ha adoptado medidas para reducir los efectos de la industria de la construcción en el medioambiente. Luego de una serie de normas térmicas previas, el año 2013 se introduce la norma térmica RT2012 que tenía por objetivo reducir el consumo energético de las viviendas, la cual se centraba casi de manera exclusiva en el funcionamiento de las edificaciones.

Los compromisos medioambientales adquiridos por Francia, primero el Acuerdo de Paris el año 2015 y luego la adhesión al Pacto Verde Europeo el 2020, apalancaron la decisión del país para revisar la norma térmica vigente con la finalidad de aumentar los esfuerzos para reducir las emisiones contaminantes y así alcanzar la neutralidad climática al año 2050.

La industria de la construcción representa un 25% del total de las emisiones, por ello el 2022 entra en vigor la nueva norma ambiental RE2020 cuyo enfoque es pionero en el mundo al introducir como eje principal el análisis de ciclo de vida (ACV) en las nuevas edificaciones. Adicionalmente presenta una evolución en las consideraciones de la anterior norma RT2012 e incorpora 3 objetivos centrales para su desarrollo:

- priorizar la sobriedad energética y la descarbonización de la energía
- reducir el impacto de carbono en la construcción de edificios
- garantizar el confort en caso de calor extremo [1]

DESCRIPCIÓN

ALos objetivos de la RE2020 introducen por primera



vez el análisis de ciclo de vida dinámico (ACV) con un claro enfoque en los componentes constructivos de las edificaciones y su impacto en el medio ambiente durante 50 años de funcionamiento del edificio. Adicionalmente la nueva norma modifica los criterios de consumo energético vigentes en la RT2012 y supone una mejora en el diseño bioclimático de los edificios, refuerza las prestaciones de la envolvente del edificio, fomenta el uso de energías renovables y bajas en carbono; y materiales con baja huella de carbono, en particular aquellos que lo almacenan, como la madera [2]. La nueva norma y en particular el análisis de ciclo de vida promueve el uso de la madera gracias a su capacidad para almacenar carbono y su potencial industrial, lo que conllevará un aumento significativo en la demanda por su uso.

RESULTADOS

RESULTADOS Normativa vigente desde Enero de 2022. Impacto por medir.

PREDICCIONES

La mayor parte de la huella de carbono está vinculada a la fase de construcción y demolición de los edificios representando entre un 60 y un 90% del total de carbono calculado a 50 años. Concretamente se espera reducir el impacto de carbono en un 30% al 2050 [2].

La norma promueve el uso de materiales de origen biológico como la madera por lo que se espera un aumento significativo en su demanda.

APRENDIZAJES

Francia es uno de los primeros países en implementar una norma enfocada en análisis de ciclo de vida de forma obligatoria [4], la cual actualmente se encuentra en una etapa temprana de implementación, por lo que los resultados aún no son medibles.

Sin embargo, podemos destacar el proceso previo a su implementación el cual contó con una amplia etapa de estudios, la cual determinó los objetivos del plan de forma consensuada con todos los actores involucrados. Si bien se espera que la implementación del plan aumente los costos de construcción en un 10%, estos se verán amortizados por la creación de empleos, la reducción en las cuentas de los servicios y sobre todo en la reducción del impacto al medio ambiente [4].

En algunos años, la reflexión se centrará en la efectividad de la implementación del ACV en cuanto al efecto de los materiales en ciertas áreas (por ejemplo, diseñando productos fáciles de reciclar [3] fomentando la innovación de productos de origen biológico.

Fuentes

- [1] N. Cabassud, "Guide RE 2020." Accessed: May 26, 2022. [Online]. Disponible: http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/guide_re2020_dhup-cerema.pdf
- [2] M. de la T. Écologique, "Éco-construire pour le confort de tous R É G L E M E N T A T I O N E N V I R O N N E M E N T A L E." Accessed: May 28, 2022 [Online]. Disponible: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2021.02.18_DP_RE2020_EcoConstruire_0.pdf
- [3] G. Richards, "Good for wood: new embodied carbon regulations," Storaenso, Jan. 27, 2022. <https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2022/1/good-for-wood-new-embodied-carbon-regulations> (accessed May 28, 2022).
- [4] Helen Goodland RIBA MBA, "Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings," Geneva, 2016. Accessed: Jun. 30, 2022. [Online]. Available: <https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/SP-38.pdf>

Fecha de implementación

2005

Nivel Administrativo

Comunal

Fase de Implementación

6. Terminado, otros programas fueron implementados para dar continuidad a esta política pública.

Tipo de política según su foco

Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Regulatorio: Obligatoriedad de utilizar madera en zonas específicas.
- Instrumento Voluntario: Se implementaron instrumentos que en principio podían ser cumplidos de manera voluntaria.
- Instrumento I+D: Desarrollo de actividades I+D vinculadas al desarrollo de proyectos. Evaluación y seguimiento de proyectos construidos.
- Instrumento Económico: Se financiaron parcialmente actividades en el marco de desarrollo de proyectos en madera.
- Instrumento Informativo: Se considera la diseminación de información resultante del desarrollo de proyectos.

MOTIVACIÓN

En el año 2005, un plan nacional estratégico fue implementado en Suecia con el objetivo de que el 30% de los edificios fueran construidos en madera en un plazo de 15 a 20 años. Este plan consideraba que el número de edificios construidos con sistema marco plataforma debían también incrementar en un 30% pero en un plazo de 5 años. Lo anterior estuvo motivado por la agenda política en Suecia por incrementar estrategias de sustentabilidad en la planificación urbana [1]. De manera similar, la municipalidad esperaba convertir a Växjö en una ciudad libre de combustibles fósiles, y—al mismo tiempo—reducir las emisiones de carbono al mínimo posible [2]. En este contexto, la municipalidad de Växjö se alinea con la estrategia nacional, proponiéndose objetivos similares. Es importante destacar que la motivación de esta comuna de implementar una estrategia se explica en gran medida debido su ubicación—la comuna está emplazada en una región en la cual muchas localidades y pequeños poblados dependen económicamente de la industria forestal. Adicionalmente, la utilización de madera en construcción se encuentra alineada con los compromisos medioambientales de la municipalidad. De manera complementaria, se estimó que la arquitectura en madera podría generar atención en la ciudad [3].

Por último, la municipalidad es un desarrollador relevante de proyectos, por lo que existía un interés en bajar los costos de construcción [3]. Los costos de construcción han subido considerablemente en el tiempo. En este contexto, se busca incentivar que nuevos actores del sector relacionado con la madera puedan competir con el la industria del hormigón. De esta manera, se espera que los costos totales puedan disminuir—y al mismo tiempo—se buscaría incentivar que nuevas empresas se instalen en el mercado de Växjö [4].



DESCRIPCIÓN

En el año 2005, un plan nacional estratégico fue implementado en Suecia con el objetivo de que el 30% de los edificios fueran construidos en madera en un plazo de 15 a 20 años. Este plan consideraba que el número de edificios construidos con sistema marco plataforma debían también incrementar en un 30% pero en un plazo de 5 años. Lo anterior estuvo motivado por la agenda política en Suecia por incrementar estrategias de sustentabilidad en la planificación urbana [1]. De manera similar, la municipalidad esperaba convertir a Växjö en una ciudad libre de combustibles fósiles, y—al mismo tiempo—reducir las emisiones de carbono al mínimo posible [2]. En este contexto, la municipalidad de Växjö se alinea con la estrategia nacional, proponiéndose objetivos similares. Es importante destacar que la motivación de esta comuna de implementar una estrategia se explica en gran medida debido su ubicación—la comuna está emplazada en una región en la cual muchas localidades y pequeños poblados dependen económicamente de la industria forestal. Adicionalmente, la utilización de madera en construcción se encuentra alineada con los compromisos medioambientales de la municipalidad. De manera complementaria, se estimó que la arquitectura en madera podría generar atención en la ciudad [3].

Por último, la municipalidad es un desarrollador relevante de proyectos, por lo que existía un interés en bajar los costos de construcción [3]. Los costos de construcción han subido considerablemente en el tiempo. En este contexto, se busca incentivar que nuevos actores del sector relacionado con la madera puedan competir con el la industria del hormigón. De esta manera, se espera que los costos totales puedan disminuir—y al mismo tiempo—se buscaría incentivar que nuevas empresas se instalen en el mercado de Växjö [4].

EFFECTIVIDAD E IMPACTO

Al año 2015, la municipalidad de Växjö ya había alcanzado su objetivo principal. Un 25% de los edificios directamente controlados por la municipalidad fueron desarrollados en base a madera [1]. Adicionalmente, se pueden mencionar los siguientes impactos específicos:

- Numerosos proyectos fueron desarrollados con posterioridad a la implementación de este programa, incluidos edificios en altura.
- Municipalidad colaboró con la industria y la academia en la creación de un centro de investigación. Este centro estuvo vinculado al desarrollo del edificio de 8 pisos Limnologen construido en el año 2008 [7].

Otras políticas públicas se implementaron siguiendo los éxitos de esta iniciativa. Entre ellas, se puede destacar:

- “Växjö—The modern wood city 2013”: Estrategia impulsada por el municipio que estipula que el 25% de las construcciones desarrolladas por la municipalidad deben ser basadas en madera para el 2015 y un 50% debían serlo para el año 2020. Es importante destacar que la iniciativa municipal consideró incrementar la colaboración con instituciones públicas y privadas—y de esta manera—controlar la agenda asociada a la construcción en madera. La municipalidad presentó el modelo denominado “Triple Hélice” (Triple Helix), que ilustra la vocación de la Municipalidad por colaborar con la academia y con la industria. La intención era apoyar actividades de investigación y educación acerca de construcción en madera. La municipalidad participó activamente en numerosos proyectos de investigación a nivel local e internacional [1].

- Wood Building Strategy 2018 (Växjö - Europe’s first modern wooden city): Esta política surge

PREDICCIONES

Como resultado de las múltiples políticas implementadas, el distrito de “Välle Broar” está prácticamente densificado en su totalidad. Por lo tanto, la municipalidad ha decidido expandir el área. Por lo tanto, se espera que nuevas áreas de la ciudad sean construidas en madera. Este proceso se llevará a cabo en múltiples etapas y se espera que al año 2030-2035 todos los edificios nuevos sean construidos en madera [4].

*Otras predicciones se encuentran descritas en la sección “Introducción y descripción”. Además, la sección “Impacto y efectividad” presenta los objetivos de políticas públicas que dan continuidad

Fuentes

- [1] F. Lindblad, Växjö municipality’s planning strategy to increase the construction of wooden multi-family buildings, Sustainability (Switzerland). 12 (2020). <https://doi.org/10.3390/su12124915>.
- [2] FAO, Status of public policies encouraging wood use in construction-an overview, Rome, 2020.
- [3] L. Westerlund, A new way: TRÄSTAD 2012, Växjö, 2012. http://www.neesonline.org/original/wp-content/uploads/2013/04/Trästad_boken_web_rev-GB.pdf.
- [4] A. Tenje Mayor, Växjö-The Modern Wooden City, n.d.
- [5] Växjö kommun, Mer trä i byggandet, 2005.
- [6] C.J. Kibert, Policy instruments for sustainable built environment, J. Land Use & Envtl. L. 17 (2001) 379–394.
- [7] E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, Building Research & Information. 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.
- [8] Växjö kommun, Växjö-Europe’s First Modern Wooden City, 2018.

Fecha de implementación
2012

Nivel Administrativo
Municipal

Fase de Implementación

Fase 5: Programa y desarrollo de la política, implementación de instrumentos.

Tipo de política según su foco

Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria.

Clasificación según herramienta utilizada

• Instrumento Informativo: Esta política pública fue implementada utilizando únicamente instrumentos de información. Se desarrollaron eventos y seminarios con el único propósito de transmitir los beneficios del uso de madera en construcción.



MOTIVACIÓN

Política pública implementada por el “London Borough of Hackney” en 2012. El objetivo principal de esta iniciativa era promover el uso de madera en construcción [1]. Un estudio señala que una ley de planificación en favor de la madera fue votada, sin embargo, no fue aprobada. Por este motivo, esta política se enfoca únicamente en entregar información acerca de los beneficios medioambientales de la madera. [3] La municipalidad no puede abogar por un material de construcción por sobre otro, ni impedir el uso de otros materiales en favor de la madera. Sin embargo, se reconoce los beneficios estéticos y medioambientales explícitamente [4]. Adicionalmente, el municipio consideró tomar en cuenta la huella de carbono en nuevos proyectos para asegurar que el uso de madera este alineado con las políticas de sustentabilidad [5].

DESCRIPCIÓN

Política pública implementada por el “London Borough of Hackney” en 2012. El objetivo principal de esta iniciativa era promover el uso de madera en construcción [1]. Un estudio señala que una ley de planificación en favor de la madera fue votada, sin embargo, no fue aprobada. Por este motivo, esta política se enfoca únicamente en entregar información acerca de los beneficios medioambientales de la madera. [3] La municipalidad no puede abogar por un material de construcción por sobre otro, ni impedir el uso de otros materiales en favor de la madera. Sin embargo, se reconoce los beneficios estéticos y medioambientales explícitamente [4]. Adicionalmente, el municipio consideró tomar en cuenta la huella de carbono en nuevos proyectos para asegurar que el uso de madera este alineado con las políticas de

sustentabilidad [5].

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

La política tuvo como objetivo informar a líderes de la industria de la construcción acerca de los beneficios de la madera y como pueden complementar la agenda nacional de sustentabilidad. El municipio organizó una conferencia para arquitectos, desarrolladores inmobiliarios y otros funcionarios públicos de otras municipalidades para promover la consideración de la madera como primera opción de material de construcción. Funcionarios públicos de la municipalidad Hackney y representantes de la campaña “Wood for Good” hablaron en el evento. Adicionalmente, representantes de la oficina de arquitectura cargo del edificio mas alto en madera del mundo en ese momento (Murray Grove, construido en el año 2008 en el municipio de Hackney), también expusieron en la conferencia [5]. Se discutieron los beneficios de la construcción en madera en el contexto del proyecto desarrollado, poniendo énfasis en el potencial de la madera y los sistemas constructivos para ser replicados en otros proyectos en el futuro.

EFFECTIVIDAD E IMPACTO

Esta iniciativa puso al municipio de Hackney en una posición de liderazgo en construcción en madera en el Reino Unido [1]. Numerosos proyectos públicos y privados de mediana altura fueron desarrollados posteriormente al periodo de implementación de esta política. De manera destacada se puede mencionar el desarrollo de proyectos de múltiples pisos—pioneros a nivel mundial al momento de su construcción. Un estudio señala que en el contexto de promoción de la madera se desarrollaron 3 edificios en

altura—dos de ellos en colaboración con la municipalidad. Primero, el proyecto Bridport House (8 pisos), fue construido luego de una competencia convocada por la municipalidad. De manera similar, un proyecto de 10 pisos (Dalston Lane) fue construido en el año 2017 en colaboración con el municipio [3].

Desde la implementación de la política pública, se han desarrollado un número destacado de proyectos de diferentes tamaños y usos. Entre ellos, se pueden mencionar colegios, edificios residenciales, infraestructura religiosa y construcciones de uso mixto [7].

APRENDIZAJES

Es posible influenciar el desarrollo de proyectos en base a políticas públicas basadas en instrumentos informativos. A diferencia de un gran número de políticas públicas implementadas en otras regiones—frecuentemente basadas en instrumentos regulatorios o económicos—las campañas de difusión o actividades informativas pueden tener un impacto considerable en la industria de la construcción. Al parecer, los instrumentos informativos pueden cambiar la tendencia del mercado cuando los instrumentos implementados se dirigen de manera efectiva a los tomadores de decisiones.

PREDICCIONES

No hay predicciones. Ver sección resultados.

EJEMPLOS DE POLÍTICAS SIMILARES

En varios países se han implementado políticas para promover el uso de madera en base a difusión y campañas—es decir—utilizando instrumentos informativos: Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Wood Encouragement Policy (WEP, Australia): Esta política fue implementada para la región oeste de Australia, y busca promover el uso de madera manejada responsablemente en bosques para su uso en construcción. Es importante destacar que madera manejada responsablemente se refiere a madera extraída de acuerdo a estándares australianos e internacionales (Por ejemplo, “Australian Forest Management Standard” o “Programme for the Endorsement of Forest Certification”). WEP no obliga el uso de madera, sino más bien incentiva su uso en el sector construcción cuando; es costo-competitiva, entrega calidad y funcionalidad, y cuando esta alineada con otras legislaciones o programas públicos, o cuando cumple con estándares locales relevantes. Adicionalmente, el gobierno estatal incentiva su uso indicando explícitamente que la madera debiera ser considerada como una alternativa cuando es posible aprovechar sus beneficios (Por ejemplo, sistemas constructivos innovadores para calefaccionar/enfriar o para otros requerimientos energéticos. Las autoridades son incentivadas a realizar evaluaciones de comportamiento (Por ejemplo, emisiones de carbono o costo-eficiencia)—por lo que podrían solicitar a los diseñadores información acerca

de los materiales de construcción. La implementación de esta política consiste—además—en entregar información abundante (Apoyo y asistencia, información acerca de los beneficios del uso de madera, directrices acerca de la implementación de WEP y publicación de guías técnicas) [8].

- Wood First Act (British Columbia Province, Canadá): El propósito de esta política pública es facilitar la cultura de la madera a través de requerir al uso de madera en edificios financiados con recursos públicos. En ese contexto, la autoridad puede recomendar mejores prácticas acerca del uso de madera siempre que sea consistente con las regulaciones. [9]

Fuentes

- [1] T. Harley, G. White, A. Dowdall, J. Bawcombe, A. McRobie, R. Steinke, Dalston Lane—The world’s tallest CLT building, in: Proceedings of the World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Vienna, Austria, 2016: pp. 22–25.
- [2] R. Oliver, D. Venables, Efforts to promote use of wood in the EU region A study for the Japan Lumber Inspection and Research Association, 2012.
- [3] E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, Building Research & Information. 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.
- [4] FAO, Status of public policies encouraging wood use in construction-an overview, Rome, 2020.
- [5] Hackney clarifies: wood first equal - Construction Manager, (n.d.). <https://constructionmanagermagazine.com/hackney-clarifies-wood-first-equal/> (accessed August 24, 2021).
- [6] C.J. Kibert, Policy instruments for sustainable built environment, J. Land Use & Envtl. L. 17 (2001) 379–394.
- [7] V. Stops, L.D. Mathews, D. Lane, TIMBER BUILDS, (n.d.).
- [8] Wood Encouragement Policy for Western Australia, (n.d.).
- [9] British Columbia, Wood First Act, Canada, 2009. https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/09018_01 (accessed January 29, 2021).

Fecha de implementación

2021

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

5. Llamados vigentes para el 2021, y planificados para el año 2022. No adjudicados a la fecha de la elaboración de este reporte (Noviembre de 2021).

Tipo de política según su foco

Políticas que proveen información y fomentan la acción voluntaria, Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Voluntario: Considera la adjudicación de fondos públicos a través de postulaciones voluntarias de los potenciales beneficiarios.
- Instrumento I+D: Considera financiamiento para actividades I+D asociadas al desarrollo de la construcción en madera.
- Instrumento Económico: Considera subsidios monetarios para cada uno de los llamados que forman parte de este programa.
- Instrumento Informativo: Considera la transferencia de información y conocimiento a través de actividades educativas.

MOTIVACIÓN

La motivación de la medida es promover la construcción en madera y las actividades I+D para reemplazar otros materiales intensivos en emisiones de CO2, para potenciar el almacenamiento de CO2 en estructuras de madera [1].

DESCRIPCIÓN

Fondo Forestal creado en 2020 consiste en una serie de medidas asociadas al manejo de los bosques, bioeconomía, construcción, entre otros aspectos. En total considera 350 millones de Euros. La medida número 9 se enfoca en incentivos para promover la construcción en madera. Considera financiamiento de actividades asociadas a: (a) transferencia de conocimiento; (b) I+D+i; (c) incentivos al uso de madera desde bosques manejados de manera sostenible; y (d) construcción de proyectos de carácter público o privado con una alta proporción de materiales que provienen de fuentes gestionadas de manera sostenible. Esta medida (número 9) considera cuatro llamados:1

- Red de bioeconomía: Promoción de una red de para la creación de un clúster de bioeconomía. Considera fondos por un total de 1.2 millones de Euros. El objetivo es promover la cooperación horizontal y vertical de trabajo, para aprovechar las ventajas comparativas y fortalecer la economía regional [2].
- Proyectos de Investigación: Se financia investigación relacionada al uso de madera en construcción [3,4].
- Cátedras: Financiamiento de actividades educativas vinculadas a la construcción en madera [5-7].
- Bonificación de CO2: Incentivo económico asociado al uso de madera medido por unidad de material. Tiene como objetivo beneficiar a todos los actores involucrados



en la cadena de valor. Tiene un presupuesto total de 20 millones de Euros y considera una subvención de 1,00 Euro por cada kilogramo de madera utilizada en proyectos de construcción, el cual puede aumentar a 1,10 Euros por kilogramo si los proyectos también consideran otras materias primas renovables como aislamiento. Es posible postular al financiamiento si se están desarrollando proyectos nuevos o ampliaciones que tengan las siguientes características. En primer lugar, edificios residenciales de hasta 400 m2 de 2 pisos o más y que cuente con al menos 3 unidades residenciales. En segundo lugar, edificios de uso público o infraestructura pública de al menos 200 m2. El monto máximo financiable no puede ser superior al 50% de los costos subvencionables—monto no reembolsable al cual se puede postular una única vez por cada licitación [8,9]. Los productos de madera deben contar con certificación (PEFC o FSC) para ser considerados. Además, el origen de la madera no puede haber estado más lejos que 500 m en línea recta al sitio de construcción. Adicionalmente, la calefacción de los edificios no puede provenir de combustibles fósiles. [10]

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Bonificación de CO2:

Pueden postular personas jurídicas o individuales establecidas en Austria. Adicionalmente, autoridades regionales (Federal, estatal o local) también pueden ser consideradas.

Los interesados pueden enviar una postulación de manera electrónica, la cual es posteriormente evaluada por una comisión de expertos que considera la calidad de cada una de las propuestas y sugiere una priorización

para adjudicar los fondos. Las propuestas son adjudicadas luego de su aprobación por parte de los ministerios involucrados.

La comisión asigna un puntaje, debiéndose obtener al menos 32 puntos (de 52 posibles) para ser considerados para ser seleccionados [4].

- Criterio 1: Calidad del contenido de la solicitud proyecto
 - a. Proyecto alineado con los objetivos del programa: Uso de madera procedente de gestión forestal sostenible y que apunten a la bioeconomía y economía circular. Además, transferencia de conocimientos acerca del uso del material y su uso potencial como fuente de energía.
 - b. Potencial de innovación: Grado de novedad del proyecto y su replicabilidad en proyectos futuros.
 - c. Alcance: Se privilegiarán proyectos que tengan un impacto mayor a una región específica.

- Criterio 2: Referencias y experiencia
 - a. Evaluación de las referencias y experiencias relevantes.

- Criterio 3: Calidad técnica

Bonificación de CO₂:

Pueden postular personas jurídicas o individuales establecidas en Austria. Adicionalmente, autoridades regionales (Federal, estatal o local) también pueden ser consideradas.

Los interesados pueden enviar una postulación de manera electrónica, la cual es posteriormente evaluada por una comisión de expertos que considera la calidad de cada una de las propuesta y sugiere una priorización para adjudicar los fondos. Las propuestas son adjudicadas luego de su aprobación por parte de los ministerios involucrados.

La comisión asigna un puntaje, debiéndose obtener al menos 32 puntos (de 52 posibles) para ser considerados para ser seleccionados [4].

- Criterio 1: Calidad del contenido de la solicitud proyecto
 - a. Proyecto alineado con los objetivos del programa: Uso de madera procedente de gestión forestal sostenible y que apunten a la bioeconomía y economía circular. Además, transferencia de conocimientos acerca del uso del material y su uso potencial como fuente de energía.
 - b. Potencial de innovación: Grado de novedad del proyecto y su replicabilidad en proyectos futuros.
 - c. Alcance: Se privilegiarán proyectos que tengan un impacto mayor a una región específica.

- Criterio 2: Referencias y experiencia

- a. Evaluación de las referencias y experiencias relevantes.

- Criterio 3: Calidad técnica

EFFECTIVIDAD E IMPACTO

- Impacto por medir. Adjudicación de la primera fase correspondiente al año 2021 se realizará en el último trimestre de el mismo año.

APRENDIZAJES

No hay resultados que puedan ser medidos a la fecha de la elaboración de este informa, ya que la convocatoria se encuentra abierta a Noviembre de 2021.

PREDICCIONES

El programa considera adjudicar 20 MM de Euros en el periodo 2021-2022. Por lo tanto, se espera que alrededor de 20 MM de kilos de madera sean utilizados como soluciones innovadoras en proyectos específicos. Asimismo, se espera que las soluciones desarrolladas sean replicables en otros proyectos en el futuro.

EJEMPLOS DE POLITICAS SIMILARES

Esta medida o programa considera la implementación de múltiples instrumentos de política pública de manera simultanea (Instrumentos I+D, Informativos, Voluntarios y Económicos), por lo que es posible asimilarlo a las siguientes políticas públicas; Haus der Zukunft (Austria [12]), TWBDI (Canadá) [13], GCWood (Canadá) [14].

No se encontraron otras políticas similares a la convocatoria "Bonificación de CO₂".

Fuentes

- [1] Maßnahme 9: Verstärkte Verwendung des Rohstoffes Holz, (n.d.). https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/waldfonds/massnahme_9.html (accessed August 24, 2021).
- [2] Start des Calls Bioökonomienetzwerk, (n.d.). <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/waldfonds/massnahme-9-call-biooekonomienetzwerk> (accessed August 24, 2021).
- [3] THINK.WOOD.Innovation | FFG, (n.d.). <https://www.ffg.at/programm/thinkwoodinnovation> (accessed August 24, 2021).
- [4] S. der Bundesministerin, Sonderrichtlinie Waldfonds, (2021).
- [5] Calls für Stiftungsprofessuren Holzbauforschung, Holzbauplanung und nachhaltiges Bauen mit Holz, (n.d.). <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/waldfonds/massnahme-9-stiftungsprofessuren-call> (accessed August 24, 2021).
- [6] THINK.WOOD.Education | FFG, (n.d.). <https://www.ffg.at/programm/thinkwoodbildung> (accessed August 24, 2021).
- [7] THINK.WOOD.Bildung: Stiftungsprofessur - 1. Ausschreibung | FFG, (n.d.). <https://www.ffg.at/ausschreibung/thinkwood-1-ausschreibung-stiftungsprofessur> (accessed August 24, 2021).
- [8] Bundesministerium, Call CO2-Bonus, (2021). <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/waldfonds/massnahme-9-call-co2-bonus.html> (accessed July 20, 2021).
- [9] Edificios en la construcción de madera - iniciativa de madera: apoyo ambiental Kommunalcredit Public Consulting, (n.d.). <https://www.umweltfoerderung.at/betriebe/gebaeude-in-holzbauweise-holzinitiative/navigator/gebaeude-4/gebaeude-in-holzbauweise-oesterreichische-holzinitiative-1.html> (accessed August 24, 2021).
- [10] Kommunal Kredit Public Consulting, Neue Gebäude in Holzbauweise, (n.d.). https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:c82948bb-644c-4c2c-ad6f-0835611c00e2/CO2-Bonus_Infoblatt.pdf (accessed November 20, 2021).
- [11] C.J. Kibert, Policy instruments for sustainable built environment, *J. Land Use & Envtl. L.* 17 (2001) 379–394.
- [12] C. Hein, Developing Hybrid Timber Construction For Sustainable Tall Buildings, *CTBUH Journal*. (2014) 40–45. <http://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1823-developing-hybrid-timber-construction-for-sustainable-tall-buildings.pdf>
- [13] M. Mohammad, R. Jones, E. Karacabeyli, New heights in building with wood: Canada's tall wood buildings demonstration initiative, *WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering*. (2016).
- [14] GCWood, The State of Mass Timber in Canada 2021, (2021).

Fecha de implementación

2017 - 2022

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

5.

Tipo de política según su foco

Políticas que avanzan sobre las especificaciones técnicas y normas estructurales

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Voluntario: Requiere la postulación por parte de los interesados.
- Instrumento I+D: Apoya actividades de investigación y desarrollo.
- Instrumento Económico: Entrega recursos económicos para financiar actividades
- Instrumento Informativo: Considera transferencia de tecnología y actividades de educación



MOTIVACIÓN

Este programa fue creado para apoyar la transición hacia una industria con bajo impacto de carbono a través de la promoción del uso de madera en construcción. El programa tiene 3 objetivos principales. En primer lugar, promover la adopción y comercialización de productos en base a madera en edificios altos, puentes, y construcciones de baja altura. Segundo, la replicación de edificios innovadores no tradicionales y puentes. Por último, apoyar actividades de investigación dirigidas a desarrollar información técnica inexistente necesaria para la revisión de los códigos constructivos [1].

DESCRIPCIÓN

GCWood se implementó en 2017 para dar continuidad al exitoso programa “Tall Wood Building Demonstration Initiative” (TWBDI) implementado entre 2013 y 2017. TWBDI entregó recursos a dos edificios en altura con el propósito de demostrar su viabilidad comercial [1]. Además, este programa consideraba el apoyo de transferencia tecnológica y actividades de educación avanzada.

GCWood contaba con un presupuesto de aproximadamente \$39.8 millones a ser utilizados en un periodo de cuatro años. El apoyo consideraba una contribución de hasta 100% de los costos asociados a la demostración de usos innovadores de productos en base a madera y sistemas. Además los recursos financiaron el desarrollo de conocimiento junto a las herramientas para apoyar el desarrollo exitoso de proyectos [1]. Los resultados (conocimiento e información) obtenidos gracias al apoyo económico de GCWood debían quedar disponibles (creative commons) para su difusión con comunidades relacionadas al sector construcción [1].

Se estableció explícitamente que no se financiaría la compra de materiales asociados a la construcción del proyecto [2]. Entre los objetivos principales se espera una mayor adopción y comercialización de productos forestales y sistemas constructivos. Además, se busca promover la replicabilidad de edificios de madera.

Este programa implementó llamados específicos para 3 tipos de infraestructura en madera específicos.

- a. Tall Wood buildings (edificios altos de madera): Consideraba el apoyo a edificios de 10 pisos o más [1].
- b. Construcciones de altura baja: Consideraba edificios no residenciales de hasta 4 pisos [1].
- c. Puentes de madera: Consideraba puentes peatonales o de tráfico vehicular que tuvieran una longitud de al menos 20 metros [1].

Adicionalmente GCWood ha entregado recursos para apoyar la revisión del código de construcción de Canadá (NBCC, National Building Code of Canada) para sus versiones de 2020 y 2025 para aumentar la altura permitida a nivel nacional (6 pisos). El objetivo final es apoyar cambios hacia un código por desempeño al año 2025 [3]. Complementariamente, esta iniciativa ha financiado

actividades para apoyar la implementación de actividades de diseño avanzadas en instituciones educativas. Además, ha facilitado el desarrollo de herramientas de diseño e información (e.g. LCA) para apoyar a profesionales [3].

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

El proceso de adjudicación consideraba una etapa de postulación por parte de potenciales beneficiarios (a través de la presentación de una EOI / Expresión of Interest).

El formulario de postulación (EOI) para estos 3 llamados especificaba que los proyectos debían describir en detalle una serie de características, las cuales serían evaluadas. Entre ellas, resumen del proyecto, recursos solicitados (junto al costo total del proyecto), viabilidad, actividades I+D a desarrollar, novedad de la propuesta, experiencia, modelo de negocios, costo-eficiencia, y planificación. Adicionalmente, los potenciales beneficiarios debían demostrar el potencial de reducción de emisiones (CO₂) comparado a un edificio similar en base a otros materiales. Por último, se debía indicar beneficios totales de la propuesta (sociales, económicos y medioambientales) [2]. Luego, un comité de expertos seleccionó proyectos en base a la ponderación de cada uno de los criterios. Se destacó la innovación y la replicabilidad de los sistemas constructivos [3]. Dichos proyectos debían posteriormente entregar información adicional (financiera, permisos requeridos, plazos, riesgos y mitigaciones, entre otros posibles) previo a la decisión final de financiamiento [5,6].

Las actividades financiables fueron definidas explícitamente en las bases del programa. Entre ellas, se incluyó actividades I+D asociado al diseño (arquitectura y estructura, resistencia al fuego, etc.), preparación de expediente para aprobación de autoridades locales, e investigación asociada al uso de madera en específico (Conectores, sismorresistencia, acústica, etc.). Además se podía financiar gastos asociados a la construcción (costos adicionales, pruebas en sitio, y seguros de construcción el alto costo en caso de ser requeridos) [5,6]. La fase de adjudicación de financiamiento y desarrollo del programa se implementó en tres etapas asociadas a los objetivos específicos del programas.

1. Tall Wood Buildings (edificios altos de madera): Este llamado requería la presentación de un documento (expresión de interés / EOI, Expresión of Interest), cuya fecha de recepción comenzó el 6 de Diciembre de 2017. [1].
2. Construcciones de altura baja: De manera similar, este llamado lanzado en Diciembre de 2018 requería la presentación de una EOI [1]. Considera como fecha de termino el 31 de Marzo de 2022 [6]. Financiaba hasta un máximo de \$2 millones por proyecto en actividades específicamente definida [6].
3. Puentes de madera: Este llamado fue lanzado en Abril de 2019 [1]. Considera como fecha de termino el 31 de Marzo de 2022 [5]. Financiaba hasta un máximo de \$1.5 millones por proyecto [5].

EFFECTIVIDAD E IMPACTO

1. Tall Wood buildings (edificios altos de madera): Se recibieron 14 propuestas desde distintas regiones de Canadá [3]. Entre los beneficiarios seleccionados, por ejemplo, se encuentra el proyecto “University of Toronto” (14 pisos) que recibió apoyo para su desarrollo (pruebas, investigación, y asesorías técnicas) y para obtener permiso de construcción.

De manera similar, el proyecto “Arbour” (12 pisos) recibió apoyo para contratar servicios profesionales adicionales para obtener permiso de construcción (reportes de resistencia al fuego y estructura) . Además obtuvo financiamiento para pruebas de montaje y para visitas a industrias relevantes [7].

2. Construcciones de altura baja: Se recibieron 30 propuestas [3].

3. Puentes de madera: No hay información de impacto a la fecha

APRENDIZAJES

No se han publicado evaluaciones (fecha de término Marzo de 2022) ni aprendizajes de este programa.

PREDICCIONES

GCWood espera contribuir con los siguientes resultados (para el periodo 2025-2030, sin embargo se espera alcanzar algunos resultados para 2020):

- Proveer la información suficiente para que las agencias reguladoras y profesionales pueda especificar productos, entender su desempeño y las certificaciones ambientales.
- Entregar información técnica para que profesionales puedan especificar madera en proyectos de construcción.
- Aceptación de productos de madera y sistemas constructivos por parte de las entidades regulatorias definidas en códigos, estándares, y políticas públicas. [8]

EJEMPLOS DE POLITICAS SIMILARES

TWBDI (Canadá) [3,9,10]; TWBDC (Estados Unidos [11]); Haus der Zukunft (Austria) [12]: Programas enfocados en financiar actividades I+D asociadas a la construcción de edificios de múltiples alturas

Fuentes

- [1] NRCan, Green Construction through Wood (GCWood) Program, (n.d.). -%09 (accessed September 23, 2020).
- [2] P. Act, NRCan ' s Green Construction through Wood (GCWood) Expression of Interest (EOI) Form, n.d.
- [3] M. Mohammad, J. Tourrilhes, R. Coxford, M. Williamson, Canadian Mass Timber Demonstration Projects Initiatives, Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings. (2019) 51–58.
- [4] C.J. Kibert, Policy instruments for sustainable built environment, *J. Land Use & Envtl. L.* 17 (2001) 379–394.
- [5] N. Resources Canada, C. Forest Service, GCWood: A Request of Expressions of Interest to Design and Construct Timber Bridge Demonstration Projects in Canada, 2019. <https://doi.org/10.31826/9781463236762-toc>.
- [6] N. Resources Canada, C. Forest Service, GCWood: A Request for Expressions of Interest to Design and Construct Low-Rise Non-residential Wood Demonstration Projects in Canada, (n.d.). www.nrcan.gc.ca/gcwood. (accessed September 7, 2021).
- [7] E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, *Building Research & Information.* 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.
- [8] Details on Transfer Payment Programs of \$5M or more, (n.d.). <https://www.nrcan.gc.ca/transparency/reporting-and-accountability/plans-and-performance-reports/departmental-plan-formerly-reports-on-plans-and-priorities/2019-20-departmental-plan/details-on-transfer-payment-programs-5m-or> (accessed September 29, 2021).
- [9] M. Mohammad, R. Jones, E. Karacabeyli, New heights in building with wood: Canada's tall wood buildings demonstration initiative, *WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering.* (2016).
- [10] M. Mohammad, R. Jones, M. Whelan, R. Coxford, Canada's tall wood buildings demonstration projects, in: *WCTE 2018, World Conference on Timber Engineering, August 20-23, 2018, Seoul, South Korea, 2018.*
- [11] T. Robinson, A. Hallova, J. Spiritos, M. Roelofs, New Heights for Renewables: The US Tall Wood Building Competition, *CTBUH Journal.* (2016) 26–31.
- [12] C. Hein, Developing Hybrid Timber Construction For Sustainable Tall Buildings, *CTBUH Journal.* (2014) 40–45. <http://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1823-developing-hybrid-timber-construction-for-sustainable-tall-buildings.pdf>.
- [13] H. Goodland, Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings: a review of leading public policies in Europe and North America, *UNECE/FAO,* 2016.
- [14] J. BOWYER, MODERN TALL WOOD BUILDINGS: OPPORTUNITIES FOR INNOVATION, 86881589 (2006).
- [15] M. Mohammad, R. Jones, M. Whelan, R. Coxford, Canada's Tall Wood Buildings Demonstration projects, in: *Proceedings of the 2018 World Conference on Timber Engineering (WCTE), Seoul, Korea, 2018.*
- [16] G. Lawlor, B.A. Currie, H. Doshi, I. Wieditz, *Green roofs: a resource manual for municipal policy makers,* (2006).
- [17] NRCan, Tall Wood Building Demonstration Initiative, 2021.

Fecha de implementación

2013

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

5. Los resultados de esta política fueron evaluados positivamente por lo que posteriormente se implementaron programas que dan continuidad a este programa (Por ejemplo GCWood). Sin embargo, esta política pública fue implementada una única vez.

Tipo de política según su foco

Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumento Voluntario: Proceso de adjudicación consistió en un llamado a nivel nacional, al cual podían postular proyectos que contaran con una serie de requisitos.
- Instrumento I+D: Financiamiento de actividades I+D (Por ejemplo, ensayos y pruebas de montaje).
- Instrumento Económico: Beneficio entregado a través de un subsidio monetario.
- Instrumento Informativo: Programa consideró la asesoría o apoyo técnico por parte de instituciones públicas.

MOTIVACIÓN

Promover el desarrollo edificios y generar evidencia para cambiar el código de construcción [1–3]. Además, esta política buscaba aumentar la aceptación de productos y en base a madera y sistemas constructivos a través de la demostración en aplicaciones en edificios en altura. Junto con esto, esta iniciativa buscaba posicionar a Canadá como un país líder en construcción en madera [2]. Adicionalmente, este programa fue motivado por el interés de alcanzar los objetivos de sustentabilidad [2].

DESCRIPCIÓN

Programa dirigido a acortar las brechas técnicas en el diseño y construcción de edificios altos de madera. Se implementa como una continuación del exitoso programa "Large Scale Wood Demonstration Program" implementado por "Natural Resources Canada" (NRCan). El objetivo principal estaba relacionado con crear vínculos entre nuevos avances científicos e información con la expertiz técnica para demostrar su potencial de aplicación y beneficios medioambientales. De esta manera, se esperaba promover la adopción comercial de soluciones en edificios en altura [2]. El programa consistió en una competencia que otorgó financiamiento para el desarrollo de dos proyectos demostrativos en altura en las provincias de British Columbia y Quebec. Los recursos estaban dirigidos principalmente al proceso de diseño y construcción, sin embargo, este programa apoyó también los procesos de aprobación por las autoridades locales. Fue promulgada por la institución gubernamental "Natural Resources Canada" en colaboración con "Canadian Wood Council" y consideraba una serie de etapas y requisitos para definir la adjudicación [2].



El apoyo y financiamiento entregado por el programa consistió en tres etapas, principalmente asociadas a financiar actividades incrementales necesarias para desarrollar los proyectos [2]:

- Primero, apoyo a las actividades preliminares de diseño e investigación. Entre ellas, pruebas y ensayos (por ejemplo, fuego, acústica, resistencia, sísmica); diseño de soluciones arquitectónicas y estructurales; resistencia al fuego; interpretación del código por desempeño y desarrollo de soluciones acordes; diseño de estrategias de protección frente al clima; y análisis de costos.
- Segundo, apoyo en el desarrollo de soluciones finales y su correspondiente aprobación para proceder con la construcción.
- Tercero, apoyo para los procesos de construcción. Entre ellas, logística, montaje, seguridad contra incendios durante la construcción, protección contra el clima. Adicionalmente, esta etapa consideraba apoyo para comunicación, capacitación y educación.

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

El proceso de adjudicación consistió en varias etapas:

- La institución "Canadian Wood Council" hizo un llamado en nombre de NRCan para expresiones de interés (EOI, Expression of Interest) para desarrollar edificios de madera de 10 o mas pisos (Mayo de 2013). Dicho llamado estaba dirigido a desarrolladores inmobiliarios u otras organizaciones.
- Un panel de expertos priorizó las propuestas de acuerdo al potencial de cada proyecto para demostrar productos y aplicaciones innovadoras.

EFFECTIVIDAD E IMPACTO

El proceso de adjudicación consistió en varias etapas:

- La institución “Canadian Wood Council” hizo un llamado en nombre de NRCan para expresiones de interés (EOI, Expression of Interest) para desarrollar edificios de madera de 10 o más pisos (Mayo de 2013). Dicho llamado estaba dirigido a desarrolladores inmobiliarios u otras organizaciones.
- Un panel de expertos priorizó las propuestas de acuerdo al potencial de cada proyecto para demostrar productos y aplicaciones innovadoras.
- TWBDI financió el desarrollo de guía técnica para el desarrollo de edificios altos en madera para la provincia de Quebec (“Construction of Mass Timber Buildings Up to 12 Storeys”).
- Presentación de cambios en el Código de Construcción de Canadá (“National Building Code of Canada”) para permitir edificios de madera de hasta 12 pisos.
- Influencia en política pública local en la Provincia de Ontario (Ontario Tall Wood Building Reference).
- Apoyó cambios en el Código de Estados Unidos (International Building Code, IBC) que permite la construcción de edificios hasta 18 pisos.
- El éxito de esta política pública incentivó al gobierno de Canadá para seguir promoviendo el diseño y construcción de edificios de múltiples alturas. Adicionalmente, se continuó promoviendo el uso de madera en construcción de baja altura no residencial [3].

APRENDIZAJES

Entre los principales aprendizajes, se pueden destacar:

- El desarrollo de los proyectos es complejo y requiere la coordinación de los actores involucrados para reducir o mitigar riesgos. Además, se requiere una interacción de los equipos durante la construcción y diseño de los proyectos para lograr la implementación efectiva de las soluciones.
- Es importante definir actividades I+D comunes entre los proyectos para optimizar los recursos.
- Dificultad para obtener aprobación municipal. Se requiere la necesidad de involucrar a las autoridades en etapas tempranas para facilitar aprobación.
- Se requiere desarrollar actividades de educación de los actores involucrados.

PREDICCIONES

Se esperaba influir en los cambios normativos que faciliten la aprobación de edificios más altos. La promoción y desarrollo de proyectos demostrativos facilitan la adopción de madera por parte de mercado para desarrollar edificios de múltiples alturas. Adicionalmente, estos proyectos pueden demostrar la costo-competitividad de soluciones basadas en productos en base a madera [2].

EJEMPLOS DE POLITICAS SIMILARES

US Tall Wood Building Prize Competition, TWBPC (Estados Unidos, 2014) [12–14]; Ontario Mass Timber Program (Ontario, Canada, 2018) [15]: Programas enfocados en entregar recursos para actividades I+D asociadas al desarrollo y construcción de proyectos específicos en madera. Adicionalmente, consideraban recursos para actividades de capacitación y educación. Por último, los proyectos desarrollados consideraban la colaboración con centros de investigación para desarrollar las actividades necesarias.

Fuentes

- [1] NRCan, Tall Wood Building Demonstration Initiative, 2021.
- [2] M. Mohammad, R. Jones, E. Karacabeyli, New heights in building with wood: Canada’s tall wood buildings demonstration initiative, WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering. (2016).
- [3] M. Mohammad, J. Tourrilhes, R. Coxford, M. Williamson, Canadian Mass Timber Demonstration Projects Initiatives, Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings. (2019) 51–58.
- [4] M. Kitek Kuzman, K. Lähinen, D. Sandberg, Initiatives Supporting Timber Constructions in Finland, Slovenia and Sweden., in: IUFRO 2017 Division 5 Conference” Forest Sector Innovations for a Greener Future”, Vancouver, BC, June 12-16 2017, 2017.
- [5] C.J. Kibert, Policy instruments for sustainable built environment, *J. Land Use & Envtl. L.* 17 (2001) 379–394.
- [6] E. Wiegand, M. Ramage, The impact of policy instruments on the first generation of Tall Wood Buildings, *Building Research & Information.* 0 (2021) 1–21. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1905501>.
- [7] Canadian Wood Council, ORIGINE POINTE-AUX-LIÈVRES ECOCONDOS QUEBEC CITY, (2021).
- [8] University of British Columbia, BROCK COMMONS TALLWOOD HOUSE PERFORMANCE OVERVIEW, (2010) 1–28.
- [9] University of British Columbia, Brock Commons Tallwood House: Code Compliance, 2016. https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/2020/08/brock-commons-code-compliance_case-study_naturallywood.pdf.
- [10] H. Goodland, Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings: a review of leading public policies in Europe and North America, UNECE/FAO, 2016.
- [11] GCWood, The State of Mass Timber in Canada 2021, (2021).
- [12] U.S. Tall Wood Building Prize Competition | Challenge.gov, (n.d.). <https://www.challenge.gov/challenge/us-tall-wood-building-prize-competition/> (accessed August 12, 2021).
- [13] T. Robinson, A. Hallova, J. Spiritos, M. Roelofs, New Heights for Renewables: The US Tall Wood Building Competition, *CT-BUH Journal.* (2016) 26–31.
- [14] A. Hallova, J. Spiritos, S.P. Llc, M. Roelofs, S. Engineer, Design New Heights for Renewables : The US Tall Wood Building Competition, (2016).
- [15] Natural Resources and Forestry, Ontario’s Mass Timber Program, (2018). <https://news.ontario.ca/en/backgrounder/49212/ontarios-mass-timber-program> (accessed September 24, 2020).

Fecha de implementación

2022

Nivel Administrativo

Nacional

Fase de Implementación

5. Programa y desarrollo de la política: el programa se ha implementado a partir de febrero de 2022.

Tipo de política según su foco

Políticas que se enfocan en la proporción de madera en los edificios, Políticas que cierran el ciclo de vida

Clasificación según herramienta utilizada

- Instrumentos Económicos: fomento al uso de la madera en proyectos a través de créditos e instrumentos financieros accesibles
- Instrumento Voluntario: Instrumento voluntario que apoya con financiamiento estatal a través de CEFC
- Instrumentos Informativos: programa que promueve la información a través de desarrollo de capacidades



MOTIVACIÓN

El año 2021 Australia, a través de la Net Zero Emission Policy, definió la meta a largo de plazo de reducir las emisiones netas a cero para el año 2050. En ese contexto, el país ha logrado disminuir las emisiones totales desde el año 2005 en un 20%, mientras su economía ha crecido un 45% en el mismo periodo de tiempo [2]. En esta misma línea se ha fijado el objetivo de acelerar este proceso, manteniendo el desarrollo económico e impulsando su industria a través de tecnologías de baja emisividad, en un proceso a mediano plazo en donde se procurará no aumentar los costos que la transición a nuevas tecnologías implicaría, por lo que programas como el Timber Building Program apoyarán al país en esta transición hacia una economía verde.

En general, la estrategia de cambio climático australiana considera un enfoque tecnológico en donde se fomentarán las tecnologías limpias, a través del impulso de políticas públicas que promuevan la investigación, desarrollo y comercialización de estas. Uno de los ejes centrales es la promoción de materiales que capturen CO2.

En ese contexto el gobierno a través de la CEFC [1], lanzó en febrero de 2022 el programa de apoyo a la inversión de proyectos en madera masiva [3], cuya principal motivación es la de acelerar el uso del material en las construcciones de mediana y gran escala para reducir las emisiones en el rubro de la construcción.

Si bien en el país el 73% de las viviendas aisladas de baja altura se construyen con madera [4], el plan busca fomentar el uso de tecnologías asociadas a la madera masiva, ya que ésta tiene se presenta como una alternativa altamente competitiva al hormigón y el acero en construcciones de gran escala, y que además al ser elementos industrializados se reducen los

tiempos de construcción y con ello los costos de las obras [5].

DESCRIPCIÓN

El programa tiene por objetivo promover el uso de la madera masiva e industrializada en contracciones de mediana y gran escala con una inversión de 300 millones totales (AUD) para la industria inmobiliaria [2]. De esta forma el programa promoverá la transición hacia la neutralidad incentivando la construcción de proyectos en madera masiva entregando apoyo financiero a propietarios, desarrolladores y constructores que incluyan el material en sus propuestas. La estrategia es promover el uso del material a través de incentivos monetarios y créditos ajustables entregados y gestionados por CEFC, que apuntan a acelerar el uso de la madera en la construcción, incorporando madera industrializada y madera masiva para su aplicación a construcciones de mediana y gran escala. La iniciativa se enfoca en la capacidad de la madera de secuestrar CO2, lo que permite reducir las emisiones totales de la industria a través del uso de un material carbono negativo.

En ese aspecto se intenta fomentar la construcción a gran escala con la madera masiva considerando edificaciones que podrán ser oficinas, retail, industrias, desarrollos médicos y educativos, complejos multifamiliares, departamentos de retiro, hoteles y residencias de estudiantes.

Los métodos de financiación son [2]:

- Según cada proyecto, financiamiento a través de deuda senior garantizada [4]
- Según el portafolio, deuda corporativa asegurada de acuerdo con un fondo de activos
- Intereses fijos y variables
- Préstamos de CEFC junto a cofinanciadores

- Precios y convenios de acuerdo con un perfil de riesgo y oportunidades individuales de los proyectos

Además el programa contempla el fomento al desarrollo de habilidades locales y experiencia, cadenas de valor y oportunidades de entrega, con la intención de aumentar la demanda de edificios cuyo material predominante sea la madera.

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Los requerimientos de los proyectos para aplicar a financiamiento son [2]:

- Uso de productos industrializados en madera en proyectos de gran escala
- Uso de fuentes certificadas de materiales de madera y resultados de carbono incorporado
- Requerir entre \$20 y \$75 millones en deuda a CEFC
- El proyecto debe ser comercialmente sólido, reflejándolos rigurosos requerimientos de inversión de la CEFC. Debe cumplir con las políticas de inversión del programa, lineamientos y enfoques de riesgo
- Debe cumplir con el esquema de acreditación australiano de construcción, trabajo, salud y seguridad.

RESULTADOS

Programa implementado en Febrero de 2022. La mayor parte de los proyectos están en fase de estudio a la fecha de este informe.

PREDICCIONES

Si bien Australia cuenta con un alto porcentaje de construcción en madera, esta se desarrolla principalmente en entramado ligero en baja altura. De esta forma se espera que el uso de la madera masiva (CLT, Una reducción de un 10% del carbono contenido en nuevos edificios supondría aproximadamente 20mt CO₂-e para el 2030 y 63Mt de CO₂-e para el año 2050.

La sustitución de materiales como el acero y el hormigón en las construcciones podría reducir aproximadamente un 75% el carbono incorporado [3].

APRENDIZAJES

El programa se ha implementado en febrero de 2022, por lo que a la fecha de este informe aún no cuenta con resultados medibles. Sin embargo, se destaca la política de incentivos que ha adoptado Australia para acelerar la transición hacia la construcción con materiales carbono neutrales, específicamente hacia la madera.

Al 2022 el país aún depende en gran medida de la importación de elementos de la industria masiva (CLT, LVL, GLT, I-BEams, GLulam), por lo que el desafío para acelerar su demanda debe ir asociado a políticas que incentiven el

desarrollo de la industria de madera masiva local.

La adopción de la madera masiva de forma tradicional requiere incentivos adicionales capaces de asegurar las cadenas de suministro, desde el diseño a la construcción, contemplando un enfoque holístico [6] en donde no sólo se promueva el uso de la madera en el proceso constructivo, sino que también a nivel de su industria local.

Fuentes

- [2] R. Rathborne, "CEFC Timber Building Program A greener approach for large-scale buildings," 2022. [Online]. Available: www.cefc.com.au/about-our-finance
- [3] S. E. and R. Australian Government Department of Industry, "Australia's Long Term Emission Reduction Plan," 2021. Accessed: Jun. 28, 2022. [Online]. Available: [https://www.industry.gov.au/sites/default/files/October 2021/document/australias-long-term-emissions-reduction-plan.pdf](https://www.industry.gov.au/sites/default/files/October%202021/document/australias-long-term-emissions-reduction-plan.pdf)
- [4] Australian Construction Insights, "Framing material use in residential construction," 2018. Accessed: Jun. 28, 2022. [Online]. Available: https://www.fwpa.com.au/images/Newsletter_Images/Statistics-count/2018/Dec18/ACI_Structural_framing_materials_used_in_residential_building_Final__3Dec2018.pdf
- [5] Zumbrunnen, P. and Fovargue, J. (2012) "Mid-rise CLT buildings, the UK's experience and potential for Australia and New Zealand" Proceedings, 12th World Conference on Timber Engineering, WTCE 2012, Auckland, New Zealand, pp. 91-98.

6. Densificación en madera en Chile

6.1. Diagnóstico Nacional

Para realizar este diagnóstico, tomaremos en consideración las fases de desarrollo para una política pública presentadas en el capítulo anterior⁸⁰. De esta manera, realizaremos un análisis punto por punto, para poder reconocer las diversas iniciativas y procesos que han existido sobre este tema, y definir de mejor manera en qué fase se encuentra actualmente el desarrollo en nuestro país.

6.1.1. Fase 1. Introducción: Evaluación de la relevancia del programa

Descripción fase: Se concentra en los beneficios y méritos de la construcción en madera, con el fin de crear conciencia. La entidad responsable buscará participar de conferencias, workshops o entrar en contacto con otras entidades que ya tengan desarrollado el tema.

Análisis: Durante los últimos quince años y cada vez de manera más extendida, diversos actores han impulsado una agenda de la construcción en madera en Chile. Con un primer foco fuertemente vinculado a universidades y centros de investigación, la primera etapa consideró la participación de académicos en actividades internacionales de difusión, y producción de conocimiento dentro de las aulas.

Luego, en el 2014 se crea el Centro de Innovación en Madera CIM UC⁸¹, espacio interdisciplinario que reúne no solo a las facultades de Arquitectura, Ingeniería, Construcción e Ingeniería forestal, si no también colabora con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, y empresas representantes del rubro forestal (mundo privado). Con el fin de desarrollar y promover la construcción en madera en el país, este centro tiene como objetivo la realización de proyectos de investigación, formulación y ejecución de proyectos a nivel estructural, arquitectónico y constructivo, y la difusión y fomento del uso adecuado de la madera como material de construcción, a través de seminarios para profesionales y equipos técnicos.

Otras entidades e hitos relevantes que se han enfocado en la difusión de los beneficios de la construcción en madera son:

- **Madera 21**⁸²: es una asociación fundada por CORMA el 2001, cuyo objetivo es la difusión y promoción del uso de la madera en Chile, tanto a nivel de la arquitectura y construcción como diseño y emprendimiento. Su enfoque es la transferencia de conocimiento, creando una comunidad de usuarios de la madera que no esté restringida solo a profesionales y técnicos, con un lenguaje simple y cercano. Sus ejes de trabajo incluyen Educación y Capacitación, Investigación y Desarrollo, Comunicación, Difusión, y Relación con Stakeholders.
Dentro de sus principales herramientas de trabajo está su plataforma web, la cual recopila y exhibe noticias relevantes en torno al uso de la madera en Chile y el mundo, y la **Semana de la Madera SDLM**⁸³. Esta última es una actividad de carácter anual que se realiza desde el año 2004, la cual busca ser el punto de encuentro en torno a la creación e innovación en madera, resaltando los ejes de trabajo anteriormente descritos. Para este fin, reúne a diversos actores de la industria, realiza seminarios, charlas técnicas para profesionales y concursos con enfoque en estudiantes, resultando en una vitrina para el público general a nivel nacional y regional.
- **World Conference on Timber Engineering WCTE2021**⁸⁴: esta conferencia es uno de los foros más relevantes a nivel internacional vinculado a la construcción en madera, donde actores de las diversas áreas que componen este sector (académicos, profesionales forestales, ingenieros, arquitectos, constructores, privado y público), se reúnen para compartir los últimos avances respecto a sus materias. A cargo de CIM UC – CORMA, esta fue la primera vez que un país

80 G. Lawlor et al. A Resource Manual for Municipal Policy Makers May 2006. Pág 11-12

81 <https://madera.uc.cl/es/quienes-somos/nosotros>

82 <https://www.madera21.cl/2757-2-2/>

83 <https://info.semanadelamadera.cl/>

84 <https://wcte2021.com/>

latinoamericano se eligió como sede, y dado el contexto COVID-19, primera vez que se realizó en modalidad 100% online en una moderna plataforma que permitió el desarrollo de charlas y exposición de papers. Con la posibilidad de definir los tópicos en cada versión, Chile fue el primer país en incluir investigaciones del campo de la ingeniería forestal, apuntando a abarcar de manera más completa el ciclo de vida de la madera.

Conclusión y Recomendaciones: Gracias al trabajo conjunto de varios actores, se ha logrado un nivel de consciencia sobre la madera a nivel general. Entidades públicas como MINVU están al tanto de los beneficios de este material, y han impulsado a su vez a nivel estatal sus propias investigaciones o difusión. Desde la academia, existen universidades públicas y privadas que han comenzado a incluir en sus mallas y programas cátedras sobre la construcción en madera, educando a las futuras generaciones de profesionales en los beneficios del material y las competencias técnicas para poder utilizarlo. También, como se verá en la fase siguiente, este proceso dio pie a una segunda etapa que fue la creación de centros de investigación (ejemplos son CIM UC y Polomadera) que dedican parte de su tiempo a seguir difundiendo los beneficios de la madera, en ambientes profesionales, generando alianzas entre ellos y también con otras entidades académicas de la región.

Tomando en cuenta los ejemplos estudiados, un posible camino a seguir es el caso de Wood First en Londres, y realizar un levantamiento a nivel nacional de las instancias/medios/entidades informativas que existen, para luego definir grupos prioritarios más específicos (ejemplo funcionarios públicos, municipalidades específicas, inmobiliarias, entre otros), y ver si están siendo cubiertos con los medios actuales.

6.1.2. Fase 2. Participación de la comunidad

Descripción fase: Una persona y/o entidad se convierte en el impulsor de diferentes instancias donde crear conciencia en la comunidad, como reuniones, grupos de trabajo, así como levantar fondos para futuros desarrollos e investigación. Lo que se destacará es la información recopilada en la fase anterior: beneficios, fortalezas y oportunidades en el desarrollo de la construcción en madera en altura.

Análisis: Como se vio en el punto anterior, durante los últimos 15 años se ha realizado un esfuerzo conjunto para impulsar la construcción en madera en el país, a través de la toma de consciencia y difusión de sus beneficios, principalmente medioambientales.

Dentro de los múltiples actores que han participado en este proceso, se destaca Centro de Innovación en Madera CIM UC ⁸⁵, espacio interdisciplinario creado el 2014 que reúne no solo a las facultades de Arquitectura, Ingeniería, Construcción e Ingeniería forestal, si no también colabora con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, y empresas representantes del rubro forestal (mundo privado). Con el fin de desarrollar y promover la construcción en madera en el país, este centro tiene como objetivo la realización de proyectos de investigación, formulación y ejecución de proyectos a nivel estructural, arquitectónico y constructivo, y la difusión y fomento del uso adecuado de la madera como material de construcción, a través de seminarios para profesionales y equipos técnicos.

En la actualidad, se espera que el recientemente creado **Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera CENAMAD**, cuyo foco es “*convertir a la Madera en el principal motor de la bioeconomía y la sustentabilidad en Chile, para el mediano y largo plazo*” sea el responsable de seguir impulsando y definiendo esta agenda. De esta manera, su directorio compuesto por representantes de 10 instituciones públicas y privadas,

⁸⁵ <https://madera.uc.cl/es/quienes-somos/nosotros>

en alianza con representantes de los ministerios de Vivienda y Urbanismo, Medioambiente y Obras Públicas deberán ser los encargados de seguir formando redes de trabajo, y definiendo la pauta pública.

Conclusión y Recomendaciones: Se han realizado importantes avances en este punto. Con la creación de CENAMAD existirá un organismo a nivel nacional encargado de definir la agenda, pudiendo a futuro coordinar de manera más ordenada los esfuerzos de los demás actores. Definir una agenda común resulta particularmente importante para no duplicar esfuerzos, y aprovechar de la manera más eficiente los recursos existentes.

6.1.3. Fase 3. Desarrollo e implementación del plan de acción

Descripción fase: La entidad o institución establece un comité de trabajo, donde se incluyan los principales líderes de la comunidad. Además de reuniones periódicas, se considera realizar visitas técnicas a edificios de madera en altura para generar una base de datos de referencia, así como también las diferentes políticas públicas y herramientas disponibles. También se considera la construcción de un proyecto de estudio o demostrativo, el cual puede o no contar con equipo de monitoreo para el levantamiento de información.

Análisis: Dentro de este punto, junto al presente trabajo, destacamos los siguientes proyectos que han contribuido a la creación de información y podrían ser utilizados como base para una futura política pública:

- **Elaborar una hoja de ruta para el desarrollo de edificaciones en altura en madera, a fin de potenciar su construcción y comercialización masiva⁸⁶:** el proyecto consiste en la elaboración de un informe de carácter técnico, en cual contiene una revisión de las condiciones regulatorias, económicas y de impacto ambiental asociadas al uso de la madera para edificaciones de vivienda en Chile, orientado a entregar insumos para generar mesas de trabajo transversales que generen políticas públicas e incentivos que pongan en valor a la construcción en madera. Como resultado, se produjo el documento “La Construcción de Viviendas en Madera en Chile, un pilar para el desarrollo sostenible y la agenda de reactivación”, que aborda cuatro grandes capítulos: La crisis de la construcción mundial y la oportunidad chilena; Los efectos de los marcos regulatorios y normativos en la construcción en madera; Análisis económico de la construcción en madera en Chile; Análisis de barreras y oportunidades de cara a una hoja de ruta para la construcción de viviendas en madera.
- **Torre Experimental Peñuelas⁸⁷:** En colaboración con MINVU, la Corporación Nacional Forestal y la Municipalidad de Valparaíso, este proyecto consta de una torre de seis pisos y 20 metros de altura, siendo una de las más altas en Chile y Latinoamérica construidas en madera. Su foco es permitir monitorear variables ambientales y estudiar el comportamiento dinámico estructural mediante, entre otros. Actualmente se encuentra habilitada para visitas técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones: Como ya se ha mencionado, el presente trabajo se consideraría parte del desarrollo de este punto, viniendo a incorporar información técnica actualizada en el foco específico del desarrollo de las políticas públicas.

Resulta particularmente relevante no solamente seguir levantando data, sino también almacenamiento de los mismos, para poder mantener realizar constantemente nuevos análisis de estos datos, para una interpretación actualizada de la realidad local.

⁸⁶ <https://madera.uc.cl/es/transerencia/proyectos-de-transerencia/557-elaborar-una-hoja-de-ruta-para-el-desarrollo-de-edificaciones-en-altura-en-madera-a-fin-de-potenciar-su-construccion-y-comercializacion-masiva>

⁸⁷ <https://madera.uc.cl/es/investigacion/proyectos-de-investigacion/249-torre-penuelas>

6.1.4. Fase 4. Investigación técnica: Cuantificación y definición de beneficios

Descripción fase: El comité de trabajo, en conjunto con alianzas público-privadas, desarrolla procesos de investigación para la obtención de información relevante que sustente la importancia de impulsar la construcción en madera en altura. Esto puede ser a través de estudios técnicos, ensayos, o la construcción de un proyecto icónico, ya sea por su apariencia, tecnología o ubicación. La información levantada será la base para la elaboración de una futura política pública.

Análisis: En los últimos años, desde el Centro de Innovación en madera se ha impulsado una estrategia de colaboración y alianzas público-privadas que incluyen a entidades del estado (MINVU), universidades en distintas regiones del país, y empresas del rubro, que se ha enfocado tanto en difusión como en el desarrollo de investigación técnica.

La producción de ensayos e innovación en soluciones constructivas se ha concentrado en el ámbito académico universitario, principalmente en las universidades Católica, de Concepción, del Biobío, de Santiago y Austral de Chile, en alianza con empresas del rubro. En este sentido, el Centro de Innovación en Madera ha sido fundamental como espacio de conexión entre el mundo público y privado, promoviendo la colaboración entre entidades. A futuro, se espera que el recientemente creado Centro Nacional de Excelencia para la Madera, junto a sus especialistas y directorio, sea el foco de referencia que determine los pasos a seguir para incentivar el desarrollo de la construcción en madera en el país.

A continuación, se mencionan algunos de los estudios técnicos más relevantes, agrupados según entidad o encargado.

Centro de Innovación en Madera UC

- MANUAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN MADERA⁸⁸: proyecto solicitado por MINVU, en el contexto de la producción de herramientas de difusión y apoyo técnico para incentivar la construcción en madera, en este caso del sistema marco-plataforma. Aborda conceptos constructivos desde la base, junto a análisis normativos, planteando recomendaciones. También presenta análisis de casos agrupado en tres tipologías de vivienda, según cantidad de pisos (1 a 2, 3 a 4, 5 a 6).
- Modificación NCh433 – Madera⁸⁹: Desarrollado en conjunto con la Universidad del BIO-BIO, el apoyo de CORFO, con el MINVU como mandante, y la integración de profesionales del sector, representantes de la industria y organizaciones como ACHISINA, CORMA e Instituto de la Construcción, el objetivo del presente proyecto es desarrollar y validar una propuestas de modificación de las normas de diseño y construcción de edificaciones NCh433 y NCh1198. Esto con el propósito de permitir la construcción de edificaciones de mediana altura, eficientes, económicas y sustentables, utilizando el sistema de marco-plataforma. Incluyó una primera etapa de revisión bibliográfica y antecedentes a nivel internacional, luego análisis de costo de edificios en altura en madera comparando la norma antigua con la nueva, y una etapa final de transferencia de resultados a través de seminarios y difusión.
- Investigación y desarrollo tecnológico hacia la masificación de edificaciones residenciales de madera en mediana altura⁹⁰: proyecto de I+D desarrollado de manera colaborativa entre el Centro Nacional de Excelencia para la industria de la Madera CIM UC - CENAMAD y la empresa TecnoFast se enmarca entre esto último, al haber puesto a prueba un diseño de edificio pensado

⁸⁸ <https://madera.uc.cl/es/transferencia/proyectos-de-transferencia/563-manual-de-soluciones-constructivas-en-madera>

⁸⁹ <https://madera.uc.cl/es/investigacion/proyectos-de-investigacion/251-propuesta-de-modificacion-norma-nch-433-para-estructuras-en-madera>

⁹⁰ <https://madera.uc.cl/es/investigacion/proyectos-de-investigacion/765-investigacion-y-desarrollo-tecnologico-hacia-la-masificacion-de-edificaciones-residenciales-de-madera-en-mediana-altura>

para hormigón, y cómo resultaría su construcción adaptado al sistema marco plataforma con madera.

- Diseña Madera⁹¹: es un proyecto de Bien Público apoyado por CORFO que considera la creación de una plataforma online y gratuita que contempla más de 200 soluciones constructivas nacionales en madera para edificaciones destinadas al uso habitacional de 1 a 6 pisos, respetando las normativas vigentes de la OGUC. A través de un sistema de búsqueda, permite al usuario buscar soluciones constructivas que se ajusten a los filtros indicados según cada proyecto, entregando la información mediante informes de desempeño, fichas técnicas y componentes de diseño en formato CAD y BIM.

Universidad de Santiago de Chile USACH

- Proyecto Innova CORFO 15BPE – 47270 “Ingeniería Sismorresistente para Diseño Estructural de Edificios de Mediana Altura en Madera Contralaminada de Pino Radiata crecido en Chile”
- Proyecto CORFO (código 12BPC2-13553) “Estudios de ingeniería para introducir en Chile un sistema constructivo de rápida ejecución para edificios de mediana altura, utilizando elementos de madera contralaminada”, 2012-2015

Universidad del Biobío

- Cuenta con una carrera de pregrado (Ingeniería Civil en Industrias de la Madera) y un magíster (Magíster en Construcción en Madera) enfocados exclusivamente en el desarrollo de la construcción en madera. Además, cuenta con el “Grupo de Investigación: Diseño y Tecnologías de Construcción en Madera”, el “Grupo de Investigación en Desarrollo de Sistemas Estructurales en Madera”, y el PRODIMALAB (Laboratorio de Productos de Ingeniería en base a Madera del DICA-UBB).

En agosto 2022 se dio inicio a la construcción del proyecto del primer edificio de cinco pisos construido en su totalidad en CLT, como parte de PYMELab Madera-Corfo, y en colaboración con empresas tales como CMPC, Simpson Strongtie Chile, Cortelima, Forestal Trichahue, entre otras.⁹²

Universidad Austral de Chile UACH

- La Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales cuenta con el Departamento de Ciencia e Ingeniería de la Madera, el cual está enfocado en el desarrollo de la producción en madera desde el ámbito forestal, como metodologías de crecimiento de bosques, especies, mejoras en la calidad del material, entre otros.

Universidad de Concepción

- POLO MADERA: Este programa pertenece a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y geografía de la Universidad de Concepción creado el 2014, y que busca fortalecer el crecimiento económico de la región otorgando un valor agregado al procesamiento de la madera, con enfoque en la sustentabilidad de esta materia prima. Con este fin, desarrolla actividades como seminarios e investigaciones, como el “Catálogo 3d de soluciones constructivas para la edificación en madera”, el cual busca difundir la correcta utilización de este material tanto en entramados ligeros como edificaciones de CLT.

⁹¹ <https://www.disenamadera.cl/que-es-disena-madera>

⁹² <http://farcodi.ubiobio.cl/reportajes-y-articulos/investigacion-innovacion-y-creacion-artistica/2022/08/03/se-inicia-construccion-del-edificio-experimental-pymelab-madera/>, revisado el 23 de agosto 2022 a las 10:16.

Por otra parte, se han realizado diversos estudios que han levantado información sobre la importancia de seguir desarrollando el rubro forestal en torno a la construcción de la madera, y contribuir a entender mejor el estado actual en el desarrollo de este tipo de construcción. A continuación dejamos los que nos parecen más relevantes:

- **“Madera Alto Valor”, Programa Estratégico de Especialización Inteligente para la Industria de la Madera de Alto Valor PEM-CORFO):** política pública cuya finalidad es desarrollar una industria secundaria de la madera competitiva e inserta en mercados nacionales e internacionales, apuntando a la producción de principalmente de productos para el mercado de la construcción. Como meta 2, establece aumentar en un 30% la superficie construida en base a sistemas intensivos en madera respecto a la situación base (2016), con Priorización Alta de “Fondo promoción marca país y Construcción en madera”.
- **Informe para MINURVI Ministerios De Vivienda De Latinoamérica “Proyectos Habitacionales Sustentables”⁹³:** informe elaborado a partir de un total de cinco reuniones realizadas entre representantes de los Ministerios de Vivienda de seis países de Latinoamérica. Tomando en consideración el déficit habitacional que afecta a la región y la necesidad de cumplir las metas de manera eficiente y sustentable con el medio ambiente, se busca la forma de realizar un encuentro entre países. Debido a que el año 2021 Chile fue anfitrión de la WCTE 2021, la cual considera como uno de sus siete tópicos “políticas públicas”, en alianza con MINVU se decide desarrollar un evento, definido como el primer Summit, que consta de una reunión entre representantes de los ministerios de vivienda de Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay. En este se define como objetivo el presentar un documento del estado del arte en cuanto a la construcción sustentable en la reunión de MINURVI de ese año. Este informe considera una serie de encuestas, basadas en siete ejes temáticos definidos en la primera reunión, las cuales terminan por mostrar el estado de avance de cada país, sus fortalezas, debilidades, y posibles puntos de encuentro o desarrollo de convenios a futuro.
- **Chile Tiene Futuro:** en el marco de la Comisión Desafíos del Futuro del senado, en mayo del presente año se presentó un documento de 500 páginas que reúne las reflexiones de profesionales de todo el país respecto a la vocación y metas que deberá establecer Chile en los próximos años. En el capítulo “Futuro Forestal Sostenible Iniciativa para el Desarrollo Sostenible del Sector Forestal en Chile” se detalla el estudio realizado, donde se determinan las oportunidades para el sector forestal, y los principales desafíos. Entre estos se mencionan el impacto en la construcción sostenible (vinculado principalmente al déficit de vivienda y desechos generados por la construcción), la eliminación progresiva de combustibles fósiles, y la revalorización de la madera como un material de alta calidad.

Respecto a los proyectos icónicos desarrollados a nivel público, destaca el llamado para el proyecto DS19 Icónico de Rancagua (2019), condominio de 110 viviendas distribuidas en edificios de cuatro a seis pisos en la ciudad de Rancagua, que consideraba además criterios de eficiencia energética y sustentabilidad. Como parte de la licitación, se exigió al menos un 60% de utilización de madera como material constructivo, pudiendo ganar más puntaje si este porcentaje aumentaba. El proyecto no pudo ser llevado a cabo debido a que se consideró desierta la postulación.

A nivel privado, existen diversos proyectos construidos en madera, los que incluyen programas como vivienda, educacional, hoteles y oficinas entre otros, y mayoritariamente se enfocan en construcciones de 1 a 2 pisos de altura. Destacan entre estos “Campamento Minera Los Bronces” (2019), que consta de ocho

⁹³ CIM UC y MINVU. “Informe para MINURVI ministerios de vivienda de Latinoamérica “Proyectos habitacionales sustentables” (2021).

edificios de madera industrializada modular de seis pisos; proyecto “Horizontes del Pacífico” (202?), que consta de 5 edificios de 4 pisos de altura desarrollados de manera industrializada. Además, actualmente se encuentra en desarrollo el proyecto “Torre Coyhaique” con un total de 10 pisos de altura sobre un zócalo de hormigón.

Conclusiones y Recomendaciones: En base a la información levantada, parece ser que ha existido un desarrollo orgánico de producción de conocimiento. En el desarrollo de nuevos materiales, soluciones técnicas y algunos proyectos, se ha construido y sigue construyendo una base de conocimiento común que avanza cada día más lejos.

Queda la duda si el hecho de que este haya sido impulsado mayoritariamente por intereses individuales de personas o entidades requiere una mayor definición de lineamientos para avanzar sobre las problemáticas principales que dificultan la extensión de la construcción en madera a nivel país.

6.1.5. Fase 5. Programa y desarrollo de la política: Implementación de instrumentos

Descripción fase: El comité se expande para incluir nuevos actores que aporten nuevas aristas a la discusión. En base a la información levantada en la Fase 4, se propone una o varias políticas y herramientas para fomentar la construcción en altura en madera. Algunas de estas son incentivos económicos, apoyo técnico, limitantes normativas, entre otros.

Análisis: En la actualidad, no existe como tal ninguna política pública en nuestro país que incentive directamente la construcción en madera en altura. Sin embargo, consideramos que existen algunos programas, herramientas y acciones realizadas que van en la línea de asentar las bases para que esta pueda ser creada. La mayoría de los ejemplos presentados a continuación no incentivan de manera directa la utilización de la madera como material de construcción, si no que ponen en valor características con las que cuenta este material (principalmente asociadas a sustentabilidad), generando por tanto un incentivo indirecto.

- **Construye 2025⁹⁴:** programa impulsado por CORFO que busca transformar el sector de la construcción desde la productividad y sustentabilidad, para lograr que la industria cambie a una más sustentable, productiva y competitiva, impactando en forma positiva en los ámbitos social, económico y medioambiental. Dentro de su hoja de ruta, se destaca la importancia de considerar la madera para alcanzar sustentabilidad en el sector.
- **Estrategia Nacional de Construcción Sustentable ENCS⁹⁵:** el año 2013, y bajo el alero de la recientemente creada Mesa Interministerial de Construcción Sustentable, se presenta este instrumento, el cual tiene como foco establecer los ejes principales para integrar el concepto de sustentabilidad en las distintas etapas de la construcción (planificación, diseño, construcción y operación), definiendo metas al corto, mediano y largo plazo. Las variables que considera son cinco (Energía, Agua, Residuos, Salud y Bienestar, y Manejo/operación), y se enfoca en edificaciones e infraestructura de manera individual, no a nivel de planificación urbana o territorial. Algunos de los objetivos que podrían incidir de manera directa sobre la construcción en madera son 4.2 “Fomentar la utilización de artefactos y materiales de construcción con atributos de sustentabilidad”, 5.2.2 Mejorar el marco regulatorio de la construcción (OGUC + NCH + NTM) en el país, avanzando hacia la incorporación de criterios de construcción sustentable”, 9.1 “Apoyar la inversión en investigación y desarrollo (I+D) aplicado a la construcción sustentable”, y 13.2

⁹⁴ <https://construye2025.cl/2021/04/26/plan-nacional-de-construccion-sustentable-como-transformamos-ideas-en-acciones/>

⁹⁵ Estrategia Nacional de Construcción Sustentable (2013), Res. Ex. N°9035

“Consolidar la institucionalidad coordinadora de la construcción sustentable en el país”. Tomando en consideración el término de plazo de esta estrategia (2020) y los acuerdos vinculados a sustentabilidad que ha tomado el país en estos últimos años, se propuso realizar una actualización de la misma, ahora en formato de Plan.

- **Plan Nacional de Construcción Sustentable 2050⁹⁶:** Estrategia / política pública que viene a actualizar la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable (ENCS), estando al alero de la Política Nacional de Desarrollo Urbano PNDU, con foco en la minimización de los efectos ambientales y adaptación al Cambio Climático, además del mejoramiento de los estándares de habitabilidad de las personas y equidad territorial. El elemento central de este plan será la Certificación de Vivienda Sustentable (CVS), como instrumento capaz de medir la sustentabilidad en el ciclo de vida completo de los proyectos de vivienda, permitiendo promover la oferta y demanda de viviendas sustentables en el mercado inmobiliario. Se encuentra actualmente en proceso de licitación para su desarrollo, y se espera que para el segundo semestre de 2022 esté disponible un primer borrador para su revisión y aprobación por parte de la Mesa Interministerial de Construcción Sustentable.

Conclusión y recomendaciones: No existe a la fecha una política pública como tal que se haga cargo de incentivar la construcción en madera en nuestro país.

7. Conclusiones y recomendaciones finales

Cómo se puede ver en los ejemplos presentados anteriormente, existe una voluntad y se está trabajando en pos de la construcción de una política nacional que pueda impulsar la construcción en madera a nuevos horizontes. Es de vital importancia la conformación de un espacio o entidad de carácter multisectorial, el cual pueda revisar lo expuesto en el presente informe y discutir en conjunto la mejor alternativa y criterios que debe contemplar esta futura política, para finalmente definir la hoja de ruta de acciones a tomar, en el corto y mediano plazo.

Tomando en consideración los casos estudiados, nos parece importante poner sobre la mesa algunos puntos relevantes y lecciones aprendidas, para que puedan ser incorporadas en esta mesa y un punto de partida para la discusión entre los expertos.

- De manera transversal y no solamente en las políticas vinculadas a la construcción, desde hace ya al menos dos décadas que ha existido una transición en la forma de plantear las medidas a la comunidad. Desde un foco más impositivo/restrictivo, a uno enfocado en la acción voluntaria (ejemplo incentivos económicos).
- Al igual que en el caso chileno, existen casos a nivel internacional como el de Gran Bretaña donde no es posible impulsar de manera directa la incorporación de un material específico. Ante este problema, resulta particularmente relevante la vinculación que se ha dado entre impulsar programas de sustentabilidad y la madera, donde el foco está puesto en cumplir con acuerdos internacionales y compromisos de reducción de CO₂eq. De esta manera, la madera resulta beneficiada de una campaña que ponga sobre la mesa sus múltiples beneficios asociados a este punto, dejando aún espacio para que otros materiales (como hormigón) puedan seguir reinventándose y mejorando sus propios indicadores, en pos de un rubro de la construcción más sustentable.
- Sobre el punto anterior, la incorporación del criterio de análisis del ciclo de vida LCA no solo del material, si no del edificio completo, aparece particularmente relevante en tanto beneficia

⁹⁶ <https://mma.gob.cl/plan-nacional-de-construccion-sustentable-aplicara-la-evaluacion-ambiental-estrategica/>

enormemente las propiedades intrínsecas de la madera como material versus otros materiales constructivos.

- El desarrollo de un proyecto icónico resulta fundamental para retroalimentar todas las etapas anteriores, y hacer avanzar las limitantes legales-normativas y culturales.
- Dentro de los casos presentados, existen políticas que buscan incentivar la construcción en madera de manera indirecta, y otros de manera directa. Destacamos el hecho de que en el caso de la segunda (directa), parece ser una constante la necesidad de haber pasado por la primera (indirecta). Esto plantea eventualmente la posibilidad de un plan de desarrollo en dos o más fases.
- El apoyo del estado ante la exigencia de la incorporación de madera va en la línea de amortiguar los sobrecostos asociados, pero a través de aportes no-pecuniarios tales como capacitaciones, revisión y acompañamiento técnico.