

# Informe Final

Competencias para la implementación  
de Métodos Modernos de Construcción  
en Madera

18 octubre 2024

## Contenido

Antecedentes: Industria de la madera en Chile.....	2
Métodos Modernos de Construcción en Madera en Chile .....	2
Objetivo del Estudio.....	4
Metodología.....	4
Benchmark.....	5
Alemania .....	5
Austria .....	8
Finlandia.....	11
Francia.....	14
Reino Unido .....	17
Suecia.....	20
Suiza .....	23
Chile .....	26
Conclusiones Benchmark.....	28
Hallazgos levantamiento de información .....	33
Estado actual de la construcción en madera en Chile .....	35
Áreas de desarrollo para potenciar la construcción en madera.....	37
Implementación de MMC en madera en Chile .....	39
Métodos Modernos de Construcción en Madera .....	40
Matriz de competencias.....	49
Conclusiones.....	53
Bibliografía .....	56
Información web para la construcción del Benchmark .....	57
Anexos .....	59

## Antecedentes: Industria de la madera en Chile

En Chile, al igual que en varios países alrededor del mundo, han surgido iniciativas para fomentar la Construcción Industrializada (CI) y Métodos Modernos de Construcción (MMC) como alternativas a la construcción tradicional, con el objetivo de mejorar la productividad y los indicadores medioambientales, económicos y sociales en relación con la construcción tradicional. Desde el sector privado, el Consejo de Construcción Industrializada (CCI), creado en 2017 como parte del programa Construye 2025 de Corfo, se dedica a promover la industrialización en la construcción a nivel nacional (Gysling et al., 2021).

El Consejo de construcción industrializada (CCI), junto con la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), enfocan sus esfuerzos en promover el desarrollo de la industria en miras de mejorar la productividad y la sustentabilidad organizando periódicamente diversos webinar, talleres, encuentros, concursos, ferias, entre otras actividades de networking, como instancias facilitadoras de la promoción de la CI. Actualmente se enfocan no sólo en el sector privado, sino también, en el sector público y académico para abordar las brechas de desconocimiento que frenan la adopción de la CI, según comenta su past president Tatiana Martínez (Gysling et al., 2021).

En el ámbito público, liderado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC), se han implementado programas, normas y resoluciones que apoyan la transformación del sector. Destaca el Plan de Emergencia Habitacional de 2022 del MINVU que busca disminuir la brecha habitacional mediante mejoras en los procesos de producción de viviendas, incorporando tecnologías e innovación y, fomentando la construcción industrializada.

## Métodos Modernos de Construcción en Madera en Chile

La industria de la construcción en Chile tiene bastantes desafíos relacionados a la productividad y rentabilidad, en un contexto climático que demanda prácticas más sostenibles. Para generar cambios en el modelo, éste debe desarrollar una construcción industrializada (CI), que propone optimizar los recursos y tiempos, reducir los residuos y mejorar la calidad y condiciones laborales de sus trabajadores (Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción, 2024).

Respondiendo a esta necesidad, los Métodos Modernos de Construcción en la Guía MMC (2024) responden a través de estrategias que buscan reducir la huella ambiental, incrementar la eficiencia, seguridad y calidad constructiva. Para ello los MMC se dividen en siete categorías, que se enumeran a continuación (Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción, 2024):

- **Módulos estructurales 3D:** Elementos volumétricos espaciales (3D) que forman parte del sistema estructural, fabricados en condiciones controladas previo a su instalación

- **Componentes estructurales 2D:** Elementos planos (2D) estructurales como losas, muros y/o techumbres de diversos materiales, que son fabricados en ambiente controlado y que se ensamblan entre ellas o montan junto a elementos en obra para aportar el sistema estructural
- **Componentes estructurales 3D:** Partes o componentes estructurales prefabricados que se montan y conectan en obra para formar parte del esqueleto estructural soportante de un proyecto.
- **Componentes aditivos:** Componentes aislados que pueden ser o no estructurales, que forman parte de los sistemas constructivos de un proyecto y son fabricados mediante procesos de impresión tridimensional y/o manufactura aditiva.
- **Prefabricados no estructurales:** Componentes prefabricados (unidades volumétricas, panelizados o elementos aislados) que no aportan resistencia estructural al proyecto
- **Partes y piezas sustitutivas:** Elementos, partes y piezas que adelantan faenas en obra y que disminuyen los recursos utilizados en los procesos constructivos, ya sea por su fácil ensamblaje y montaje o por su eficiencia ante los requerimientos de un proyecto
- **Tecnologías sustitutivas:** Tecnologías para mejorar los procesos contributivos y constructivos en sitio. El trabajo fuera de sitio es prácticamente nulo, ya que se aplican en obra herramientas digitales y tecnologías que brindan mejoras productivas, facilitan y/o sustituyen procesos tradicionales

Para adoptar los Métodos Modernos de Construcción en Madera en Chile, es necesario comprender que la construcción se ve enfrentada a un cambio de paradigma, lo que implica que se requieren varios cambios en la actual forma de aproximarse a la construcción, considerando encaminarse hacia una construcción más industrializada, que incluya: **(1) la disponibilidad del recurso con los estándares que requiere la industria, (2) las modificaciones que puede requerir la normativa chilena actual en torno a la construcción y (3) la mano de obra y su nivel de especialización**, considerando competencias específicas, tanto en el conocimiento de la madera como material como en implementar procesos industriales. Este modelo podría traer grandes mejoras en ámbitos como productividad, sostenibilidad, gestión de residuos, seguridad y rentabilidad.

Este proyecto busca aportar en el ámbito del desarrollo de las personas involucradas en el proceso, identificando las competencias que permitan formar a los profesionales y técnicos que requiere la industria para implementar Métodos Modernos de Construcción en Madera.

## Objetivo del Estudio

Identificar y definir las **competencias técnicas y profesionales** necesarias para la implementación de métodos modernos de construcción en madera en Chile, con el fin de servir de referencia para la elaboración de mallas curriculares de carreras técnicas y profesionales afines a la construcción industrial en madera.

## Metodología

La metodología de trabajo para este proyecto se organizó en tres etapas, cada una con sus propias actividades, que se consolidan en este informe final. En primer lugar, se hizo una **revisión bibliográfica** de los principales países referentes en la construcción en madera, buscando mallas, competencias, conocimientos necesarios para trabajar en construcción en madera, así como también los perfiles en que forman, ya sean técnicos, técnico superior y/o profesional, buscando profundizar en los conocimientos formados.

En segundo lugar, y de manera paralela, se realizaron **entrevistas semi estructuradas** a actores relevantes del mundo de la construcción en madera que permitieron identificar las competencias técnicas y profesionales que Chile necesita desarrollar, para el diseño de un **instrumento cuantitativo**, el cual buscaba profundizar en los contenidos identificados en la fase cualitativa, respecto al nivel de desarrollo de la construcción en madera en Chile, las competencias que deben formarse, así como también en qué perfiles deben desarrollarse y una aproximación a las competencias serían más adecuadas por perfil. Como anexo a este documento se encuentran los instrumentos cualitativos y cuantitativos implementados en este estudio.

Finalmente, se realizó un análisis de los principales hallazgos de este estudio, los que se sintetizan en una matriz de roles y competencias.



## Benchmark

Para que los Métodos modernos de Construcción en Madera (MMCM) sean aplicados de manera efectiva, es crucial la formación de profesionales y técnicos calificados que cuenten con las competencias requeridas para llevar a cabo procesos constructivos, desde el diseño hasta la ejecución, con la madera como material de construcción. La formación de capital humano en cuanto a los MMCM es clave para proporcionar conocimientos técnicos y habilidades a la industria que aseguren la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos constructivos.

El presente benchmark tiene como objetivo **explorar e identificar cómo se enseña y se forma en MMCM en países líderes del sector**. Para ello, se comparan los módulos y planes formativos de las principales universidades y centros educativos de Alemania, Austria, Finlandia, Francia, Reino Unido, Suecia y Suiza, buscando identificar los contenidos clave que estos países emplean en la enseñanza de MMCM.

El desarrollo de este benchmark se constituye con la finalidad de complementar la identificación y definición de las competencias necesarias para la implementación de MMCM en Chile, y busca constituirse como una referencia para la elaboración de mallas curriculares de carreras técnicas y profesionales afines a la construcción industrial en madera según la experiencia de países referentes. Además, al examinar la experiencia de los países líderes en cuanto a las competencias necesarias para la construcción en madera y los procesos asociados, se identificarán vacíos en la formación educativa a nivel nacional y se complementará para formar comprender demandas del sector de la construcción en madera con métodos modernos.

### Alemania

Alemania es uno de los países más reconocidos por ser líderes en la construcción industrializada, utilizando la madera como material estructural.

Como país, cuentan con una larga historia en cuanto a la construcción con madera, constituyéndose como uno de los referentes en este ámbito. Se presentan con una importante superficie construida en madera, lo que es propio del desarrollo y aplicación de nuevos sistemas constructivos con este material. La evolución de Alemania está vinculada a la tradición que tienen con la construcción en madera, en conjunto con una gran disponibilidad de recursos forestales y condiciones climáticas que han favorecido el desarrollo y perfeccionamiento de distintos sistemas constructivos en madera (Gysling et al., 2021; Varela, 2017).

Actualmente, Alemania se convierte en un referente en cuanto a los MMC al considerar la proporción de viviendas construidas con estos métodos por año, con un porcentaje que alcanza el 20% (Savills, 2020).

En cuanto a las principales carreras que se asocian a los MMCM, es posible identificar arquitectura e ingeniería civil en el ámbito de la formación profesional. Algunas universidades que destacan en Alemania son TU Berlin, TUM, KIT y TH Rosenheim. En primera instancia, TU Berlín fue clasificada como la octava mejor universidad a nivel nacional y se encuentra dentro de las mil mejores universidades a nivel mundial. Por su parte, la TUM se posicionó como la número 82 en las mejores universidades a nivel global, como la número 28 en Europa y como la número 5 en Alemania. En el área de ingeniería, KIT alcanzó el lugar número 48 a nivel mundial y el tercer lugar en Alemania en 2024. Finalmente, TH Rosenheim es una institución reconocida tradicionalmente en Alemania por su facultad de Ingeniería de la Madera y Construcción.

Alemania, cuenta con un sistema formativo que incluye una red de escuelas vocacionales enfocadas en el desarrollo de técnicas específicas para el sector de la construcción, incluyendo áreas especializadas como la carpintería para la construcción. Estas instituciones desempeñan un papel fundamental en la formación de profesionales en el sector y ofrecen una formación técnica que combina la enseñanza teórica con un significativo componente práctico. Este modelo es un punto de referencia importante, en cuanto permite a los alumnos a desarrollar competencias claves para trabajar en construcción y prepara a los estudiantes a enfrentar los retos del sector.

Tabla de contenidos 1: Alemania

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura TU Berlin									
Arquitectura TUM									
Ingeniería Civil TH Rosenheim									
Ingeniería Civil KIT									
Construcción BBS Soltau									
Carpintería Berufliche Schulen Gelnhausen									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

En Alemania, los programas formativos vinculados a los MMCM se enfocan en ciertos aspectos específicos entre los cuales destacan: el diseño y planificación, el enfoque en la sustentabilidad y

medioambiente, la seguridad, conocimiento de los materiales de construcción, la logística y las tecnologías para la planificación y desarrollo de proyectos (como BIM y AutoCAD).

Dentro de la formación profesional, en arquitectura, se observa un enfoque centrado en el diseño y la planificación de proyectos, específicos al trabajo con madera. Además, con relación con los MMC, se forma en tecnología para la planificación y desarrollo de proyectos, aunque no centrado exclusivamente en dicho material. Por su parte, en la formación en ingeniería civil para MMC destacan las áreas de sustentabilidad, logística y tecnología para la planificación y desarrollo de proyectos no específicos a la construcción en madera. Sin embargo, se imparte la educación en madera en relación con el conocimiento específico del material y en seguridad.

En cuanto a la formación vocacional, hay un enfoque distintivo en el conocimiento del material de la madera, lo que resulta fundamental para preparar a los estudiantes a implementar sistemas constructivos relacionados con los MMCM. La formación en carpintería destaca por tener su foco completamente en la madera, incluyendo el diseño y planificación de proyectos con el material, además de aspectos básicos como la seguridad y el conocimiento pleno de la madera como materia de construcción.

#### *Conclusiones:*

Alemania resalta por su enfoque en la industrialización y modernización de la construcción en madera, asociada a las **tecnologías de para la planificación y desarrollo**, con una importante presencia de éstas en los programas formativos profesionales. Se ve un importante involucramiento del desarrollo de tecnologías en relación con los MMCM, como el uso de BIM y soluciones eficientes como los productos prefabricados en madera.

Destaca por tener una amplia formación específica a la madera e integrar este **conocimiento del material** en varias áreas relacionadas con su trabajo constructivo. Esta formación se refleja como fundamental para la integración de los MMCM. Además, aunque las tecnologías avanzadas en las que se forma no se encuentran como específicas para el trabajo con madera, es clave su inclusión en carreras como arquitectura e ingeniería civil para garantizar que futuros profesionales cuenten con las herramientas necesarias para aplicar los MMC en una variedad de contextos constructivos.

Asimismo, el sistema alemán en su formación vocacional ofrece una base que prepara a los estudiantes desde jóvenes para aplicar tecnologías relacionadas al campo de construcción en madera. Esta formación de técnicos especializados en madera desde una edad temprana, permiten que el país cuente con una fuerza laboral altamente calificada y preparada para implementar tecnologías innovadoras en la construcción. De esta forma, en el país se combina la tradición en la construcción en madera a nivel nacional, con una educación que se enfoca en el desarrollo de competencias específicas para la construcción con métodos modernos, lo que posiciona a Alemania como un referente fundamental.



## Austria

Austria, es uno de los principales referentes en cuanto a la adopción de la madera como material constructivo, destacando por su enfoque en la eficiencia con el uso de prefabricados y construcción fuera de sitio. En general, es posible observar que los consumos más altos per cápita de productos de madera ingenierizada, se dan en países con mayores ingresos y con altas tasas de construcción con madera, siendo éste el caso de Austria y países nórdicos. Además, se identifica que la proporción de viviendas construidas en el país con MMC alcanza entre un 7,5% y un 12,5%. A su vez, este es uno de los países con mayor tradición en construcción con madera por lo que innovar en este ámbito se convierte en una necesidad para mejorar los procesos y eficiencia (Gysling et al., 2021; Savills, 2020).

En los últimos años, se ha apreciado una creciente tendencia por innovar en la construcción en altura de edificaciones de madera en Austria (Santana et al. 2023). El país cuenta con construcciones emblemáticas internacionalmente como Hoho Wien, un edificio emplazado en Viena compuesto por una torre de 24 pisos, otra de 15 y una de 9. El 74% del edificio está hecho de madera, utilizando un sistema constructivo modular de madera basado en componentes prefabricados (Gysling et al., 2021).

En Austria, el sector de la construcción en madera ha sido impactado por cambios que incluyen procesos y métodos de trabajo que introducen la promoción de digitalización, industrialización y automatización. Actualmente, esto juega un papel importante para responder a los requisitos de sostenibilidad y costos. Los MMC en madera, se consideran una solución ecológica, económica y social para el país en cuanto a la eficiencia de recursos y emisiones de carbono. Esta solución ha generado interés en varios actores en el país, lo que lo lleva a proyectarse en los próximos años como uno de los principales líderes del sector (Santana et al., 2023).

Una vez más, las carreras profesionales de arquitectura e ingeniería civil son fundamentales para la formación en MMCM. En Austria, algunas universidades destacadas en este campo incluyen la University of Innsbruck, la Vienna University of Technology (TU Wien) y la University of Graz (TU Graz). Por su parte, la University of Innsbruck se ubicó en el segundo lugar del ranking de universidades en Austria en 2024. Por su parte, la Vienna University of Technology ocupa la tercera posición del mismo ranking, mientras que la TU Graz se posicionó en el cuarto lugar a nivel nacional.

Al igual que en el caso de Alemania, Austria cuenta con un sistema de escuela vocacional (Landesberufsschule), que ofrece formación especializada en diversos sectores relacionados con la construcción, incluyendo la carpintería para la construcción en madera. Los estudiantes de estas instituciones reciben una educación técnica práctica en una variedad de profesiones del sector, con programas formativos que combinan la enseñanza teórica y práctica. Además, los cursos incluyen internados en empresas del sector, lo que proporciona a los estudiantes una experiencia real del ámbito laboral.

Tabla de contenidos 2: Austria

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura Vienna University of Technology									
Arquitectura TUGraz									
Ingeniería Civil Universitat Innsbruck UIBK									
Ingeniería Civil TU Wien									
Construcción LBS Dornbirn 1									
Carpintería (Programa del Ministerio)									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

En el caso de Austria, las mallas curriculares revelan que, por lo general, la formación no se centra en contenidos exclusivos al trabajo constructivo con madera, sin embargo, aunque no de forma transversal se observa en la educación técnica y en ingeniería civil.

Dentro de la formación profesional, la carrera de arquitectura destaca por su incluir en sus contenidos la sustentabilidad y construcción amigable con el medioambiente, y el conocimiento de los materiales para la construcción, aunque no se especifica el uso de la madera como alternativa en estos ámbitos. No obstante, la formación en ingeniería civil destaca el conocimiento de la madera como material para la construcción. Ambos planes educativos, incluyen la enseñanza en tecnología para la planificación y desarrollo, como el uso de BIM, y el conocimiento de los materiales de construcción, lo que podría incluir formación en madera.

En cuanto al sistema formativo vocacional, este se enfoca principalmente en las tecnologías necesarias para la planificación y el desarrollo de proyectos de construcción y el conocimiento necesario para construir con la madera.

*Conclusiones:*

Austria, al igual que otros países europeos, es un país con una amplia historia con la construcción en madera. Sin embargo, destaca por su combinar esta tradición con la innovación en la tecnología y la sostenibilidad en la construcción.

Su sistema educativo integra la formación profesional y vocacional que permite desarrollar competencias ampliamente relacionada al uso de tecnologías, lo que resulta clave para el uso de MMC. En la formación profesional, si bien la carrera de arquitectura se enfoca en **sustentabilidad y en el conocimiento de materiales constructivos en general**, la ingeniería civil ofrece una enseñanza más específica sobre el **uso de la madera como material de construcción**. Ambos programas integran tecnologías avanzadas como BIM, lo que permite a los estudiantes trabajar en proyectos utilizando herramientas modernas que optimizan el desarrollo de los MMCM.

Por otro lado, el sistema formativo vocacional en Austria pone un fuerte énfasis en las **tecnologías** necesarias para la planificación y construcción con madera, brindando a los estudiantes una formación práctica que los prepara para trabajar directamente en proyectos de construcción utilizando este material. Esta formación vocacional se destaca por su capacidad de generar competencias específicas en el uso de la madera en la construcción prefabricada, que es un área clave en el desarrollo de los MMCM en Austria.

La combinación de una formación que incorpora tanto la tecnología avanzada como el conocimiento tradicional de la madera permite a Austria preservar su historia en la construcción en madera y liderar en la innovación dentro del sector. Este enfoque es destacado ya que posibilita la innovación en la industria de la construcción en madera, lo que ha impulsado cambios en la normativa y en técnicas constructivas.

## Finlandia

Entre los países nórdicos, destaca el caso de Finlandia donde aproximadamente el 85% de las viviendas se construyen con estructuras de madera y el promedio de número de viviendas construidas con la participación de la madera como material se ha situado alrededor del 90%. De tal manera, éste se posiciona dentro de los países con mayor tradición en la construcción con madera (Gysling et al., 2021).

En Finlandia, el diseño y construcción en madera ha aumentado en interés en cuanto apoya a los objetivos de neutralidad de carbono del país. “Future Finland Built of Wood” ha promovido la construcción en madera desde los años 90 y presenta la tradición y el futuro de la construcción en madera en el país (Jutila, 2023).

La madera, es el material de construcción tradicional de Finlandia y el conocimiento en construcción en madera finlandés destaca por el tener un gran potencial internacional. Se incorpora la digitalización desde los procesos de producción y la prefabricación industrial, áreas donde Finlandia es considerado un país pionero. De esta manera, la arquitectura finlandesa en la actualidad utiliza la digitalización y procesos industrializados de construcción en madera en combinación con métodos tradicionales para trabajar el material. En el artículo de las investigadoras Berger y Böök, expertas en la construcción en madera, se destaca cómo Finlandia ha llegado a que la construcción en madera sea una habilidad básica y cotidiana, dominada por todos, que en la actualidad se ha tornado en innovadora mediante procesos industrializados (Jutila, 2023).

Históricamente, Finlandia ha utilizado la madera como material principal en la construcción de viviendas. En la actualidad, el 90% de las casas unifamiliares utilizan estructuras de madera, de las cuales una cuarta parte emplea productos de madera ingenierizados. Además, la construcción de edificios en madera ha ido en aumento dado por una mayor conciencia ambiental en el país, lo que ha impulsado la demanda de soluciones ecológicas basadas en productos de madera ingenierizada (Ilgin & Karjalainen, 2022).

Actualmente, los apartamentos en Finlandia se construyen comúnmente utilizando el diseño modular volumétrico basado en CLT. La introducción de productos de madera ingenierizada ha permitido a los arquitectos y constructores en el país desarrollar soluciones más versátiles y resistentes, lo que ha transformado la forma en que se diseñan y ejecutan proyectos constructivos en el país (Ilgin & Karjalainen, 2022).

A la vez, el gobierno finlandés también ha desempeñado un rol fundamental en el impulso de la construcción con productos de madera, posicionado al país como un líder en este ámbito. En ese sentido, se logran identificar estrategias nacionales relacionadas a aumentar el uso de productos que almacenan carbono a largo plazo como la madera. Un ejemplo de estos esfuerzos es el “Wood Building Programme”, que tiene como objetivo incrementar la proporción de edificios públicos construidos con madera al 30% en 2022 y al 45% para 2025 (Ilgin & Karjalainen, 2022).

Las carreras de mayor relevancia en la formación profesional relacionada a los MMCM son arquitectura e ingeniería civil. En Finlandia universidades de relevancia en estas áreas son la Aalto University, la Tampere University of Applied ScienceS y la Häme University of Applied Sciences (HAMK). Aalto University ocupa el primer puesto en el ranking QS de universidades finlandesas, mientras que Tampere University se posiciona en el segundo lugar a nivel nacional. A pesar de que HAMK, se encuentra en el puesto 18 del ranking nacional, se destaca cada año en el ranking internacional Green Metric. En 2023, la universidad alcanzó el puesto 19 entre más de mil participantes por su enfoque en la sostenibilidad de sus operaciones.

Al igual que en los países ya mencionados, Finlandia también utiliza las escuelas vocacionales como instituciones educativas que ofrecen formación técnica y vocacional en una amplia variedad de disciplinas, incluyendo la construcción, carpintería, tecnología y otros sectores industriales. En este sentido, se combina el aprendizaje teórico con la formación práctica en talleres y empresas asociadas al sector, para que los estudiantes adquieran experiencia en entornos laborales reales.

Tabla de contenidos 3: Finlandia

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura Tampere University of Applied Sciences									
Arquitectura Aalto University									
Ingeniería Civil Tampere University of Applied Sciences Finlandia									
Ingeniería Civil HAMK									
Construcción Tampere Vocational College									
Carpintería Salpaus									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Al analizar las mallas curriculares en Finlandia, se observa un enfoque distintivo en la sustentabilidad, las tecnologías para la planificación y el desarrollo de proyectos, y el conocimiento de la madera como un material clave para la construcción.

En el caso de la formación profesional, la educación en arquitectura no se asocia específicamente a la construcción y diseño con madera, sin embargo, se ve relacionada con competencias que permiten el desarrollo de los MMC. En este sentido, es fundamental la educación en tecnologías para la planificación y el desarrollo de proyectos y en la planificación de estos dentro de las normativas nacionales actualizadas. Este enfoque en los softwares y tecnologías se repiten en la carrera de ingeniería civil, donde además destaca la formación en la madera como material para la construcción. En ambos casos, resalta el foco de la formación profesional en la sustentabilidad y medioambiente para la construcción en el país.

Además, tal como fue mencionado, la formación en ingeniería civil destaca por implementar contenidos relacionados con la madera. En este sentido, destaca que incluye la educación en este material en torno a contenidos de diseño y planificación de proyectos de construcción y a conocer las propiedades del material.

Respecto a la educación vocacional, se presenta un claro énfasis en el conocimiento de la madera como material de construcción y tener las competencias para trabajarlo. En este sentido, destaca de la formación vocacional, su foco específico en la madera. De tal forma, se observa que incluye una variedad de áreas en la formación relacionada a este material que incluyen la logística, la evaluación de calidad de proyectos construidos en madera, y el uso de tecnologías específicas como softwares de diseño en proyectos de construcción.

#### *Conclusiones:*

Finlandia, destaca por su enfoque en la construcción **sostenible** y su integración de tecnologías que permiten lo anterior. Esto se relaciona cercanamente al amplio uso de la madera como material constructivo predominante en el país.

Al igual que en otras experiencias de países europeos, la **formación en BIM** se integra ampliamente en la educación profesional. Por su parte, la formación vocacional destaca por su enfoque en la **comprensión de la madera como material** de construcción. En ambos casos, la **sostenibilidad** es un competente clave en los programas formativos de Finlandia, reflejando el enfoque en la construcción ecológica. De tal forma, la formación que entrega el país enfatiza la importancia de la construcción sustentable y la capacitación técnica en madera, lo que prepara capital humano para desarrollarse el sector constructivo relacionado a MMCM.

## Francia

En Francia, la construcción fuera de sitio ha surgido notablemente desde 2017, y en la actualidad, ha ganado cada vez más popularidad en cuanto arquitectos y empresas constructoras buscan formas eficientes de construir. En 2021, las empresas en Francia que utilizan MMC había aumentado a un 10%, acompañado por regulaciones gubernamentales de construcción que han establecido estándares más rigurosos con el fin de mejorar la sostenibilidad y reducir las emisiones de carbono (French Plans, 2023).

Francia está adoptando cada vez más la construcción en madera en el contexto de sus estrategias de sostenibilidad. En el mercado francés, la madera ha tenido un desarrollo significativo en todos los segmentos de la construcción, surgiendo como una popular solución para nuevas edificaciones, renovaciones y ampliaciones (Saint-Gobain, 2022).

En el caso de las propiedades residenciales en el país, la construcción prefabricada o modular se ha convertido en una opción en tendencia, donde frecuentemente se utilizan marcos y estructuras de madera. De esta manera, surge la importancia de tener viviendas energéticamente eficientes, refiriéndose a que consuman poca energía. Estas viviendas generalmente son instaladas por empresas constructoras que fabrican casas modulares hechas de madera (French Plans, 2023).

La formación profesional en Francia en relación con los MMCM se ve asociada principalmente a las carreras de arquitectura e ingeniería civil. En este sentido, las universidades que destacan son la École de Ponts ParisTech, la École Nationale Supérieure D'architecture de Versailles (ENSAV), la École Nationale Supérieure D'architecture de Nantes (ENSA Nantes) y la Université Grenoble Alpes. En el caso de la ENSAV, esta se posiciona como una de las escuelas de arquitectura más destacadas en el país, clasificándose entre las 50 mejores escuelas de arquitectura en toda Europa. Por su parte, la École de Ponts ParisTech alcanzó el 5to lugar en el ranking de universidades francesas en 2022, y el mismo año, la Université Grenoble Alpes alcanzó el noveno lugar del mismo ranking. Por su parte, la ENSA Nantes destaca por su énfasis en la sostenibilidad y la arquitectura ecológica, preparando a sus estudiantes a enfrentar los desafíos ambientales que se presentan actualmente en el país y el mundo.

En el ámbito de la formación relacionada al sector constructor en Francia, se encuentra el Brevet de Technicien Supérieur (BTS). Este título se refiere a un diploma de educación superior que generalmente se obtiene luego de dos años de estudio al finalizar la educación secundaria. Es proporcionado por una escuela técnica o instituto, y tal como en los países antes mencionados, busca proporcionar una formación que integre la práctica y la teoría en diversas áreas profesionales, incluido el sector de la construcción y la carpintería.

Tabla de contenidos 4: Francia

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura ENSAV									
Arquitectura ENSA Nantes									
Ingeniería Civil Université Grenoble Alpes									
Ingeniería Civil Ecole de Ponts ParisTech									
Construcción AFIP									
Carpintería Compagnons du Tour de France									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Los contenidos de las mallas curriculares en Francia destacan un enfoque particular hacia la sustentabilidad y la incorporación de la madera como un material clave en la construcción, además de la formación transversal en contenidos relacionados al diseño y planificación de proyectos y las tecnologías asociadas al proceso de planificación y desarrollo de estos.

En arquitectura, los programas incluyen el diseño y planificación de proyectos constructivos, así como la formación en construcción sustentable específicos a la madera como material para la construcción. Por su parte, la formación en ingeniería civil incluye un foco en el diseño y la planificación de proyectos de construcción en madera, conociendo las propiedades de este material en particular. En ingeniería civil, se destaca además la inclusión de normativas para la construcción a las mallas formativas. En ambos casos de la formación profesional, se resaltan mallas que incorporan el aprendizaje con relación a la sustentabilidad en la construcción y las tecnologías para la planificación y desarrollo.

En cuanto a la educación técnica, destaca en Francia la evaluación de calidad en el trabajo con madera. Además, de manera transversal para carreras técnicas y profesionales se observa la educación en tecnologías para el desarrollo de proyectos constructivos.



### *Conclusiones:*

Francia, ha logrado combinar la adopción de los MMCM con un marco regulatorio que promueve la construcción sostenible y que se transmite por medio de la formación profesional, donde destacan las viviendas prefabricadas en madera, que cumplen normativas estrictas en cuanto a eficiencia energética y responden a las crecientes demandas medioambientales del sector de la construcción. En la actualidad, se distingue como un país emergente como referente para la adopción de MMCM, respaldada por su sistema normativo, su enfoque sostenible y una formación educacional a la par.

Por esta razón, los centros formativos franceses preparan a sus alumnos en competencias específicas relacionadas al **uso de la madera como material** constructivo y en proyectos de **construcción sostenibles**. Esto se ve reflejado en el énfasis de las mallas formativas hacia el conocimiento de la madera y sus propiedades. La formación técnica en Francia juega un papel fundamental en la implementación de los MMCM. Los programas educativos se destacan por incorporar tanto el **diseño como la evaluación de calidad** en el trabajo con este material, asegurando que los estudiantes adquieran un conocimiento completo sobre las propiedades de la madera y las normativas que rigen su uso. Este enfoque proporciona a los futuros trabajadores las herramientas necesarias para desarrollarse en proyectos con altos estándares de eficiencia energética y sostenibilidad. Además, la enseñanza transversal de **tecnologías para la planificación y desarrollo de proyectos** constructivos refuerza la capacidad de los centros educativos franceses para preparar a sus estudiantes para enfrentar los desafíos del sector de la construcción moderna con métodos modernos.

Asimismo, el crecimiento de la construcción modular en madera del país, es un reflejo de la búsqueda por soluciones más eficientes para el sector. En este ámbito, Francia ha identificado la madera como un material clave en la creación de viviendas energéticamente eficientes, lo que le ha abierto oportunidades para innovar en el diseño y desarrollo de proyectos y se traspasa a la formación, que incluye transversalmente las tecnologías para el desarrollo de proyectos constructivos.

## Reino Unido

Al instaurar el término de los Métodos Modernos de Construcción como una solución hacia mejora la productividad, tiempo y costos de producción, el Reino Unido se posiciona históricamente como uno de los primeros referentes en esta materia. Para abordar problemas de productividad en el sector constructivo y el déficit de viviendas habitacionales, en 2019, el Reino Unido busca redefinir y clasificar los MMC con claridad, incorporando soluciones como la prefabricación fuera de sitio y otras técnicas innovadoras (CTEC, 2024).

A través de normativas por medio del British Standard Institution (BSI) y la norma PAS 8700, se ha avanzado hacia un aumento de la innovación en la construcción de viviendas, definiendo los estándares recomendados para el uso de MMC en estas y definiendo procesos de aseguramiento de calidad.

Por lo mismo, el Reino Unido ha avanzado en el uso de madera en proyectos de construcción, sobre todo al considerarse dentro de los países que tienen una mayor tradición en cuanto a la construcción con madera. Estos esfuerzos se observan enfocados particularmente en la innovación en la planificación y el diseño digital, con lo que el Reino Unido alcanzó alrededor de un 10% de viviendas construidas con MMC por año (Gysling et al., 2021; Savills, 2020).

En el ámbito de la formación profesional, destacan las carreras de arquitectura e ingeniería civil con relación a los MMCM. Algunas de las universidades más destacadas en este aspecto incluyen la University of Bath, Cardiff University, University of Liverpool y la University of Manchester. La University of Bath, destaca por clasificar como la séptima mejor universidad en el Reino Unido, por la Guardian University Guide de 2025. Por su parte, la Cardiff University se posiciona en el puesto número 25 de The Times University Guide 2024, haciéndola la universidad mejor posicionada de Gales. La University of Liverpool, se ubica en el lugar 17 en el Reino Unido, siendo de las mejores universidades de Liverpool. Por su lado, la University of Manchester toma el puesto número 34 a nivel mundial y el sexto lugar en el Reino Unido según el QS Ranking of World Universities de 2025.

En cuanto a la formación técnica, el Reino Unido, al igual que las experiencias previamente revisadas, incorpora la educación vocacional orientada a la integración de los estudiantes al mundo laboral. Ciertas instituciones se integran a entornos laborales, como empresas, que permiten que hasta el 70% el aprendizaje ocurra en el lugar de trabajo. Lo anterior permite optimizar los recursos y aplicar de manera práctica los contenidos teóricos revisados. Esta formación se puede iniciar una vez completada la educación secundaria y ofrece una variedad de títulos y certificaciones que pueden relacionarse al sector constructivo y la carpintería.

Tabla de contenidos 5: Reino Unido

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura University of Bath									
Arquitectura Cardiff University									
Ingeniería Civil University of Liverpool									
Ingeniería Civil The University of Manchester									
Construcción Skills4Stem									
Carpintería College of North West London									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Las mallas formativas en las carreras profesionales de Reino Unido abordan ampliamente la educación en tecnologías para la planificación de proyectos de construcción, tales como contenidos relacionados al uso BIM y softwares para el modelamiento 3D. Tanto en arquitectura como en ingeniería civil, se forma a los estudiantes en el diseño y planificación de proyectos de construcción, incluyendo el uso de la madera como un material renovable y con propiedades particulares a conocer para su uso adecuado y duradero. Por lo mismo, se hace notar un especial hincapié en la sustentabilidad para la construcción ecológica y la eficiencia energética de las edificaciones que se presenta de manera interdisciplinaria.

Respecto de la formación técnica en el país, esta igualmente incluye la enseñanza de tecnologías para el diseño y pone énfasis en la sostenibilidad. Sin embargo, tiene un mayor alcance que otros países, ya que incorpora áreas específicas como la seguridad en los sectores constructivos, preparando a sus alumnos a trabajar con la madera de forma segura y eficiente con madera.

*Conclusiones:*

Desde que se acuñó el concepto de los MMC, el Reino Unido se ha posicionado como un líder en su implementación, distinguiéndose por un enfoque innovador, sustentable y que asegura la calidad de las construcciones respaldado de normativas actualizadas. Con avances importantes en la regulación de los MMC, el Reino Unido ha logrado establecer estándares de calidad y sostenibilidad claros para el sector constructivo. Además, la formación en tecnologías digitales para mejorar la evidencia en la construcción, reflejan un compromiso por innovar en el sector mediante el uso de MMC.

Por otro lado, el enfoque del aprendizaje en construcción en entornos laborales reales es un aspecto clave a destacar en el país, ya que busca garantizar la formación en habilidades prácticas clave que permiten implementar los MMCM. Además, se resalta el enfoque en el uso de madera como material renovable en programas académicos profesionales ya que el enfoque de construcción sostenible se alinea con los objetivos nacionales de reducción de emisiones de carbono.

De esta forma, el sistema educativo del Reino Unido ha jugado un papel fundamental en la implementación de los MMCM mediante programas formativos que se enfocan en el uso de **tecnologías digitales**, como BIM y otros softwares, para la planificación y desarrollo de proyectos constructivos, permitiendo a los estudiantes adquirir competencias técnicas clave para la construcción modular y prefabricada. Asimismo, las mallas incorporan el **conocimiento de la madera como material** renovable en sus currículos, lo que se alinea a los objetivos de sostenibilidad del país.

## Suecia

En Suecia, la adopción de MMC se ha registrado por sobre el 20% anual en la construcción de viviendas. Su uso ha sido ampliamente promovido y masificado por empresas privadas, y es posible proyectar que este término seguirá en crecimiento durante los próximos años. El 2013, luego de varios proyectos exitosos y el deseo por desarrollar un sector constructivo responsable con el ambiente, se instauraron una serie de objetivos y regulaciones, los que se promulgaron con la finalidad de aumentar la proporción de edificios de madera a nivel nacional y como resultado, para el año 2016, el 67% de todas las nuevas construcciones incluyeron la madera. Esta iniciativa se considera actualmente como un referente internacional que impacta positivamente a la industria, al sector público y en consecuencia a la población local (CTEC, 2024; Gysling et al., 2021).

Además, Suecia se posiciona como el país con la mayor proporción de viviendas construidas anualmente con MMC, alcanzando un 25% y ubicándose como uno de los países más avanzados en el desarrollo de la construcción en madera (Savills Impacts, 2020). Para el año 2017, la construcción de viviendas unifamiliares en madera llegó al 90% y en el caso de las viviendas multifamiliares, se alcanzó casi un 11% (Gysling et al., 2021).

Suecia es uno de los países más avanzados en el desarrollo de la construcción en madera y cuentan con una infraestructura educativa que respalda esta tendencia. La arquitectura e ingeniería civil destacan en el ámbito de formación profesional asociada a los MMCM. Algunas universidades sobresalientes en estas áreas son la Lund University, Chalmers University of Technology y la Linköping University (LIU). Lund University, se encuentra dentro de las universidades más antiguas y prestigiosas de Europa y es consistentemente considerada dentro de las 100 mejores universidades a nivel mundial. Por su parte, LIU también se ubicó, para el año 2023, dentro de las mejores 100 de Europa para el área de ingeniería en 2023 y se posiciona en el noveno puesto a nivel país. Finalmente, la Chalmers University of Technology es una de las mejores universidades privadas de Suecia. En 2024, esta se posicionó en el octavo lugar a nivel nacional.

Tal como en las experiencias revisadas previamente, Suecia cuenta con centros de formación vocacional que preparan a los estudiantes para ingresar al sector de la construcción. En este contexto, se incluye como parte de la formación, el aprendizaje basando en la práctica a través de “apprenticeships” que se llevan a cabo en empresas del sector y permiten a los egresados desempeñarse, entre otros oficios, en construcción y carpintería. Estas empresas forman a los aprendices y les ofrecen oportunidades para adquirir habilidades prácticas bajo la supervisión de profesionales con experiencia. Este sistema fortalece la transición entre la educación y la inserción al mercado laboral.

Tabla de contenidos 6: Suecia

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura Lund University									
Arquitectura Chalmers University of Technology									
Ingeniería Civil Linköping University LIU									
Ingeniería Civil Chalmers University of Technology									
Construcción Bygg- och anläggningsprogrammet (Instituciones de Formación Vocacional)									
Carpintería Movant									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Dentro de las mallas de formación, se distingue como relevante de manera transversal a carreras profesionales y técnicas, el diseño y planificación de proyectos en madera, además de la enseñanza en conocimientos específicos de la madera y sus propiedades como material de construcción y la tecnología para la planificación y desarrollo de proyectos constructivos.

En cuanto a la formación profesional, la arquitectura destaca por programas que combinan la sustentabilidad para el diseño de proyectos de construcción, con la tecnología que permite planificar y desarrollar estos proyectos. En el caso de la ingeniería civil, se repite este panorama, donde los estudiantes reciben formación sobre la planificación de estructuras con madera, además de las tecnologías de software requeridas. En ambos casos, se resalta que en todas las mallas profesionales analizadas se forma a las personas en la sustentabilidad y el medioambiente en el contexto del sector constructivo.

En la formación vocacional del país, los contenidos impartidos se enfocan en el conocimiento de la madera como material y la planificación de obras con este. En este aspecto, la madera cobra fuerza en este tipo de educación, presentándose como parte de la mayoría de los contenidos

impartidos. Además, se integran nuevamente contenidos relacionados con las tecnologías para el desarrollo de proyectos de construcción.

*Conclusiones:*

El panorama en Suecia les ha permitido consolidarse como un líder en la adopción de MMC y el uso de la madera en la construcción, apoyada por un sistema formativo actualizado. De tal manera, el país prioriza la construcción sostenible y la mejora de eficiencia en la industria constructiva a través del uso de la madera. Por lo mismo, es relevante el énfasis transversal que le dan a la formación en sus propiedades a través de la educación vocacional y profesional.

En este sentido, Suecia destaca por su compromiso con la **construcción sostenible** mediante el uso de los MMC, y particularmente, la construcción de viviendas en madera que refuerza su liderazgo en la industria. Por lo mismo, los centros educativos del país proporcionan una formación que permite que los profesionales estén capacitados para implementar los MMCM. De esta forma, se observa que en las carreras profesionales se forma transversalmente en contenidos relacionados con la sustentabilidad y medioambiente, lo que responde a la vez al compromiso del país por desarrollar un sector constructivo responsable con el ambiente alineado a sus objetivos y regulaciones asociadas.

Lo anterior se ve reforzado por planes formativos que integran el diseño sostenible, las tecnologías y el uso eficiente de la madera como material estructural. En este sentido, las mallas curriculares abordan el **diseño y planificación de proyectos** en madera y el **conocimiento específico de la madera y sus propiedades como material** de construcción, lo que permite que los estudiantes comprendan las ventajas de su uso en términos de sostenibilidad y eficiencia energética. Este enfoque se refleja en la incorporación de **tecnologías** para el desarrollo de proyectos, como el uso de softwares, de manera transversal en varios currículos. La formación tecnológica y el conocimiento de la madera permiten a Suecia consolidar su posición como un líder en la construcción sostenible con MMCM.

## Suiza

Suiza, al poseer un sector forestal relativamente importante, se ha posicionado como uno de los países con políticas que fomentan la construcción en madera. En consecuencia, se ha generado un alto nivel de construcción con dicho material a nivel nacional. Recientemente, este sector se encontrado en expansión, observándose una importante tendencia hacia la edificación con altura en madera apoyada por políticas públicas que fomentan dicho segmento. Además, la proporción de viviendas construidas con MMC por año es de las más altas, alcanzando entre un 10-20% a nivel nacional (Gysling et al., 2021; Savills Impacts, 2020).

La industria suiza de la construcción de madera se considera como líder mundial en planificación, procesamiento y calidad, donde la madera se utiliza para la construcción de edificios sostenibles en todas las categorías de construcción. A la vez, Suiza es reconocida por su precisión en el trabajo de la madera como material clave para la construcción sostenible (Blumer Lehmann, s.f.).

Respecto a la formación profesional asociada a los MMCM, en el caso de Suiza se destacaron el Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zurich), la Bern University of Applied Sciences y la University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI) por sus programas de arquitectura e ingeniería civil. La ETH Zurich, reslta por mantener durante tres años consecutivos la posición número 11 de la Times Higher Education, posicionándola como la mejor clasificada a nivel nacional en 2024. El mismo año, la Bern University of Applied Sciences se destacó en el lugar número 16 en Suecia considerándose una de las mejores universidades públicas del país, mientras que la SUPSI, se ubicó en el puesto número 15 del mismo ranking.

En cuanto a la formación técnica, Suiza ofrece instituciones educativas de formación vocacional enfocadas en ayudar a jóvenes a adquirir habilidades teóricas y prácticas para que puedan integrarse con éxito al mundo laboral. Estos programas combinan el aprendizaje en aula con la experiencia práctica en una variedad de oficios en empresas, que abracan el sector constructivo, así como áreas especializadas de este como la carpintería para la construcción con madera.



Tabla de contenidos 7: Suiza

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland									
Arquitectura ETH Zurich									
Ingeniería Civil Bern University of Applied Sciences									
Ingeniería Civil ETH Zurich									
Practicante de Construcción Albisbrunn									
Carpintero Kűng Holzbau									
Especialista de la Industria de la Madera Robert Schaub AG									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

En Suiza, las mallas formativas profesionales destacan por incorporar las tecnologías para la planificación y el desarrollo de proyectos constructivos de manera transversal, tanto en carreras técnicas como profesionales. En carreras profesionales y vocacionales por igual, se presentan contenidos referentes a la planificación y el diseño de proyectos constructivos específicos en madera. Además, se mantiene el foco interdisciplinario en la educación en sustentabilidad para la construcción y en conocimientos específicos sobre el conocimiento de los materiales, y en carreras como la ingeniería civil se observa este contenido impartido de manera específica al uso y las propiedades de la madera en la construcción.

Dentro de la formación vocacional, esta área nuevamente hace hincapié en la sustentabilidad de los proyectos, pero abarca también el ámbito práctico de la construcción en terreno. En este sentido, se forma a los estudiantes en áreas como la seguridad y evaluación de calidad de los proyectos constructivos, además de contenidos asociados a la logística y la normativa en la que

estos se enmarcan. Asimismo, se ve un énfasis particular en el uso de la madera dentro de los contenidos mencionados.

#### *Conclusiones:*

Suiza se consolida como un líder internacional en la adopción de MMCM, respaldado por políticas públicas, una formación profesional atingente y una industria de la construcción que destaca por su innovación. En este sentido, Suecia se convierte en un referente en tanto a la construcción con MMCM, debido a la formación que ofrece combinando la tecnología, eficiencia y sustentabilidad. Para esto, los centros educativos del país ponen su foco en la sostenibilidad e integran herramientas digitales como BIM.

Además, los centros formativos suizos sobresalen por sus mallas que, de forma transversal en varios perfiles asociados a la construcción, utilizan las **tecnologías para el desarrollo y planificación de los proyectos** constructivos. Lo anterior proporciona a los estudiantes competencias para utilizar herramientas como BIM, lo que resulta fundamental para optimizar la eficiencia en la construcción, asociado a los MMC. Asimismo, destaca su formación en la **sostenibilidad** en construcción, lo que se refleja además en el uso de madera como solución y asegura que el capital humano este calificado para **diseñar y construir** proyectos de acuerdo con los objetivos medioambientales del país. De tal manera, la formación suiza prepara a sus estudiantes para utilizar tecnologías que eficiente el proceso de desarrollo de proyectos de construcción y los capacita para abordar los retos del desarrollo sostenible en la construcción, consolidando así una educación solida con relación a los MMCM.

Por otra parte, algo que destaca del caso de Suiza es la incorporación del **“Especialista en la Industria de la madera”**. Esta carrera dura tres años y forma al capital humano en procesos de transformación de la madera, gestión de la madera como materia prima, optimización de la producción de la madera y la operación de maquinaria asociada a procesos de producción. Además, pueden asesorar a los clientes, organizan la producción de materiales y productos de madera y gestionan su almacenamiento. En este sentido, ocupan un papel fundamental en la cadena de la industria, ya que participan en una variedad de procesos desde la recepción y clasificación del material hasta su procesamiento, acabado, almacenamiento y transporte, cumpliendo además con normativas de seguridad en terreno y protección ambiental. Este perfil se incorpora de manera que responde a la creciente demanda en la industria maderera suiza y fortalece el compromiso del país con asegurarse del uso responsable del material. Lo anterior refleja nuevamente la integración entre tecnología, eficiencia y sostenibilidad en la en la construcción que permite contribuir al desarrollo de los MMCM en el país.

## Chile

En cuanto a la formación profesional en Chile, en relación con los MMCM, una de las instituciones que destaca es la Pontificia Universidad Católica (PUC), particularmente en la carrera de arquitectura. Según el ranking de universidades de 2022 expuesto por La Tercera, la carrera de arquitectura en la PUC ocupa el primer lugar, convirtiéndose en un referente nacional en la educación de arquitectos. Por otra parte, la Universidad del Bío-Bío se distingue por incluir contenidos especializados en madera, y se ubica ocupando el noveno lugar del mismo ranking de las universidades, posicionándose como una institución clave en la formación de arquitectos con un enfoque en este material.

Respecto a la carrera de ingeniería civil, la Universidad de Chile ocupó el segundo lugar en el ranking de universidades 2020, según lo reportado por La Tercera. Además, esta disciplina destaca en la Universidad de Chile ya que esta se encuentra en el rango 201-300 del Ranking Shanghai 2021, siendo la única universidad nacional entre las primeras 500 posiciones. Por su parte, la carrera de ingeniería civil en la Universidad Católica de Temuco sobresale por su misión y visión centradas en la sustentabilidad e innovación, lo que la alinea a las tendencias de construcción sostenible en relación con los MMCM.

En el ámbito de la formación técnica, la carrera de técnico en construcción de la Universidad técnica Federico Santa María (USM) es una de las pocas instituciones que ofrece contenidos relacionado con la construcción en madera, lo que lo ubica como referente nacional en la formación de mano de obra capacitada para trabajar con este material en Chile (Gysling et al., 2021). Por su parte, el técnico en construcción de INACP se distingue por la reputación de la institución en el Estudio de Reputación Corporativa 2020 Ipsos-INC Consultores, donde se ubicó como la institución técnico profesional con mejor ranking.

Tabla de contenidos 8: Chile

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura PUC									
Arquitectura U. Bio-Bío									
Ingeniería Civil Universidad de Chile									
Ingeniería Civil UC Temuco									
Técnico de Construcción USM									
Técnico de Construcción INACAP									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Según las mallas analizadas, se puede observar que, en Chile, hay una amplia formación en las tecnologías para la planificación y el desarrollo de proyectos constructivos a través de varias disciplinas relacionadas con los MMCM. No obstante, resalta la ausencia de módulos específicos en las mallas dedicados a aspectos de seguridad, normativas, logísticas y tecnologías para la producción, al considerar que estas son áreas fundamentales para garantizar la calidad y eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción, sobre todo en el contexto de los MMCM.

Por otra parte, se observa que las carreras técnicas han podido incorporar un enfoque asociado a la sustentabilidad y el medioambiente en sus contenidos. De esta manera, se las posiciona en línea con las demandas por prácticas más sostenibles en la construcción. Sin embargo, aunque algunas instituciones, como la Universidad del Bío-Bío y la USM han integrado específicos en relación con la construcción en madera, este enfoque no se puede observar de manera transversal en las mallas curriculares a nivel nacional.

## Conclusiones Benchmark

Al comparar las mallas curriculares respecto a los contenidos en los que se forma en los países referentes en la adopción de MMCM en contraste con la formación chilena, es posible identificar áreas similares y vacíos que ofrecen oportunidades de desarrollo en el país.

En general, Chile destaca por la inclusión de contenidos relacionados a las tecnologías para la planificación, lo que se ve alineado a países como Suecia y Francia. Sin embargo, se identifican brechas en la integración de contenidos sobre las tecnologías de producción, la evaluación de calidad, y en general, en la formación específica en madera. En este sentido, los países referentes no incorporan la construcción en madera solo como parte de su currículo, sino que además lo abordan en conexión con la construcción sustentable. Para que Chile se vea más alineado a estos referentes, es crucial fortalecer la formación en construcción en madera, ampliar los contenidos que habilitan la eficiencia y asegurar un enfoque sustentable a la base de las mallas formativas.

### *Módulos más recurrentes en las mallas analizadas:*

En los países referentes en MMCM, hay ciertas categorías que se repiten frecuentemente como el **diseño y planificación de proyectos de construcción**, la **sustentabilidad y medioambiente**, y las **tecnologías para la planificación**. La categoría de diseño y planificación se observa como transversal en varias carreras de los países analizados, incluyendo a Chile. Por su parte, la construcción sostenible es un eje común en las mallas de los países referentes, especialmente Finlandia, Suiza y Francia, donde la madera se observa como una de las claves para la construcción sustentable. Por último, el uso de tecnologías como BIM y AutoCAD se observa como uno de los componentes centrales en la mayoría de las mallas.

En comparación con países como Suecia, Finlandia y Suiza, donde se identifican contenidos de sustentabilidad y el uso de tecnologías para la planificación y producción con madera, en Chile se observa una falta en la integración de estas áreas en sus programas educativos. Sin embargo, la formación incluye módulos de diseño y tecnologías, alineado con los países analizados. Aun así, la sustentabilidad y el enfoque en el uso de la madera para la construcción se observa menos presente que en países como Francia y Reino Unido, donde el uso de la madera se presenta en su conexión con el medioambiente.

### *Módulos menos recurrentes en las mallas:*

En países como Francia y Suiza, las mallas curriculares incluyen la formación en **la evaluación de calidad y normativas específicas** para proyectos de construcción que utilizan la madera, particularmente en carreras técnicas. Esto permite que se formen personas con un conocimiento alineado a los estándares de calidad del país y la seguridad de las construcciones.

En Chile, tanto en las carreras técnicas como profesionales, se observa una falta de módulos dedicados a ver la evaluación de calidad y las normativas que rigen la construcción y particularmente en lo que respecta a la construcción en madera. Esta ausencia es significativa y puede ser fundamental para capacitar capital humano en proyectos que cumplan con estándares de seguridad, sustentabilidad y eficiencia que demanda el mercado de los MMCM. La incorporación de este enfoque provocaría una mayor alineación con las prácticas internacionales de calidad y longevidad en relación con la construcción eficiente y sostenible.

#### *Contenidos de tecnologías para la planificación y producción:*

Una de las áreas en las que Chile se muestra similar a las realidades de los países referentes, es en la formación de tecnologías para la planificación y desarrollo de proyectos constructivos. Similar a lo que ocurre en países como Alemania, Austria y Finlandia, las mallas curriculares en Chile para carreras profesionales como arquitectura e ingeniería civil incluyen el uso de herramientas digitales que eficientizan el proceso de planificación y construcción. Estas tecnologías, como ha sido presentado, permiten optimizar la ejecución de proyectos con MMCM ya que son habilitadores para su incorporación (CTEC, 2024).

Sin embargo, puede ser un área por expandir que la formación chilena incluya el uso de tecnologías para la producción o contenidos específicos relacionados al trabajo con madera y sus productos derivados, como se observa en la formación suiza. En este país, la educación vocacional pone énfasis en incluir módulos donde la planificación y desarrollo de proyectos con madera es crucial, lo que se presenta como un factor por considerar en la adopción de MMCM. De tal manera, la formación en este ámbito permite a los estudiantes desarrollar competencias en la prefabricación y el procesamiento industrializado de la madera. En Chile, esta formación es prácticamente inexistente.

En los países referentes se observan módulos menos transversales. Esto se refiere a módulos más específicos que se imparten en ciertos programas vocacionales, pero no aparecen de manera interdisciplinaria. Este es el caso de las tecnologías para la producción, donde el contenido vinculado a la producción y prefabricación de componentes de madera es más común en carreras técnicas/vocacionales en países como Suiza. De tal manera, es relevante observar que, en los países líderes, los MMCM están directamente relacionados con mejoras en la eficiencia y productividad, lo que se ve reflejado en la formación que imparten. En este sentido, la prefabricación y la construcción fuera de sitio han permitido optimizar los tiempos de construcción y reducir costos. Por lo mismo, las tecnologías para la producción y la automatización son fundamentales y deben ser abordadas en la formación para mejorar la productividad en la construcción en madera (CTEC, 2024).

La formación chilena no muestra incluir contenidos específicos a la tecnología para la producción, lo que sigue un vacío en comparación a Suiza que cubre este aprendizaje con su educación

vocacional. Este vacío en la educación podría ser un limitante en la capacidad de los profesionales para adoptar métodos eficientes en el sector de la construcción que suponen ventajas en el contexto de los MMCM.

#### *Formación específica en madera en Chile:*

Una de las carencias más evidentes en la formación chilena, es la falta de énfasis en el conocimiento de la madera como material de construcción de manera transversal. A pesar de que algunas de las mallas revisadas incluyen este contenido, se observa que, en otros países referentes el conocimiento del material es una parte fundamental de la educación profesional y técnica por igual. En estos países destaca que se enseña a trabajar con madera como material constructivo, y también se educa sobre sus propiedades y eficiencia con relación a la sostenibilidad.

De tal forma, para Chile se presenta una oportunidad en cuanto a la ampliación de contenidos sobre la madera en la construcción. Esto podría incluir, tal como en los países referentes, su aplicación práctica en el diseño y la construcción, de manera de formar capital humano capacitado para trabajar con la madera en proyectos eficientes y sustentables. Además, la formación en madera podría abarcar aspectos como la sustentabilidad y las tecnologías para la producción y la prefabricación tal como se observa en Suiza, lo que permitiría formar personas para comprender la optimización de los procesos constructivos utilizando productos de madera industrializados en línea con los MMCM.

#### *Enfoque en el medioambiente:*

De manera transversal en los países líderes en la adopción de MMCM, la sustentabilidad se ha convertido en uno de los ejes cruciales hacia la construcción eficiente. Países como Francia y Reino Unido, incorporan contenidos relacionados a la construcción sostenible de forma interdisciplinaria en sus programas formativos, donde el uso de madera logra incorporarse como una solución para la reducción de las emisiones de carbono y la eficiencia energética.

En Chile, a pesar de que se observa este enfoque en instituciones que resaltan por su enfoque en la sustentabilidad, no se tiene el alcance intersectorial que se observa en otros países. En consecuencia, las carreras relacionadas a la construcción acaban con una perspectiva ambiental menos difundida en comparación. De esta forma, la incorporación de contenidos relacionadas con la sustentabilidad, y específicamente, el uso de la madera como un recurso renovable son áreas necesarias de refuerzo en la formación del país.

*Comparación de contenidos en la formación técnica y profesional:*

En cuanto a las carreras profesionales, Chile muestra similitudes con los países referentes en términos de la inclusión de diseño y planificación en los programas formativos. La formación en la Universidad del Bío-Bío (en arquitectura) y la Universidad Técnica Federico Santa María (en construcción) han avanzado en la incorporación de tecnologías y conocimientos relacionados con la construcción en madera, aunque no con el mismo nivel de especialización observado en instituciones de países como Francia y Suecia. Por lo mismo, aunque Chile tiene una base sólida en estos contenidos, es relevante en el contexto de los MMCM, ampliarlos en relación con el conocimiento específico de la madera y las tecnologías asociadas. Asimismo, fortalecer la formación en sustentabilidad también es crucial, tal como se observa en Reino Unido y Suiza, donde este es un eje fundamental en el sector de la formación para la construcción en madera.

Por otra parte, es relevante destacar países referentes en la adopción de MMCM, que utilizan los “apprenticeships” como uno de los ejes fundamentales en la formación en el sector constructivo. Como fue revisado anteriormente, estos programas se observan en el caso de Suecia, Alemania y Austria, y combinan la formación teórica en escuelas vocacionales con la experiencia práctica en empresas del sector facilitando a los estudiantes la inserción al entorno laboral. En el caso de Chile, el Programa de Aprendices del SENCE (Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, s.f.) tiene un objetivo similar, al facilitar la incorporación de jóvenes al mundo laboral mediante la combinación de formación y experiencia práctica en empresas. Tomando provecho de este programa, Chile podría beneficiarse de sus programas de aprendices, alineándolos con sectores emergentes como los MMCM y fortaleciendo la colaboración entre empresas constructoras y entidades educativas para preparar a los jóvenes con las habilidades relacionadas.

A diferencia de países como Suiza, Francia y Finlandia, donde los programas educativos se vinculan estrechamente con las tecnologías de producción y planificación, y el trabajo sustentable en madera, Chile no ha logrado la alineación plena entre sus planes de estudio y las demandas del mercado de la construcción eficiente y respetuosa con el medioambiente. Este desajuste resalta una necesidad a nivel nacional de fortalecer la formación en las tecnologías asociadas a este sector e incorporarlo como aspectos esenciales en las mallas curriculares, tal como en los países referentes.

Por otra parte, en la experiencia comparada, tanto Suecia como Francia destacan por su énfasis en la formación transversal en contenidos relacionados al diseño y planificación de proyectos constructivos. Esto puede potenciar significativamente la autonomía del capital humano, al integrar estos conocimientos desde las bases de formación técnica. Al incorporar este conocimiento en diversas disciplinas del proceso constructivo, los profesionales adquieren una mayor capacidad para gestionar y participar en proyectos de este sector de principio a fin. Lo anterior les permite colaborar de la toma de decisiones informadas y enfrentarse a los desafíos que acompañan a una industria en constante evolución de manera más independiente. Además, facilita el dominio de



aspectos técnicos, la capacidad de adaptarse a distintos roles y responsabilidades en el proceso, y promueve una mayor autonomía en los procesos del sector.

A modo de conclusión, el análisis comparativo de la formación entre Chile y los países líderes en la adopción de MMCM, revela tanto áreas similares como oportunidades a futuro para el desarrollo del país en este ámbito. En general, Chile destaca por mostrarse alineado a los referentes en la inclusión de tecnologías para la planificación y el desarrollo en los proyectos de construcción. Sin embargo, presenta carencias en áreas relevantes para la integración MMCM como la tecnología para la producción, la formación específica en madera de forma transversal y la integración de un enfoque más sólido en relación con la sustentabilidad. Por lo mismo, para que Chile pueda progresar hacia la construcción eficiente y sostenible, es relevante ampliar la formación en madera como un material constructivo y fortalecer la colaboración entre instituciones educativas y el sector industrial en base a lo observado en la experiencia de los países referentes.

Además, es importante considerar que, a diferencia de los países referentes, las normativas en Chile sobre la construcción con MMCM no están actualizadas, lo que se considera en modo que la formación actualmente no sea una prioridad. Sin embargo, más allá de centrarse únicamente en normativas específicas a estos métodos, se requiere en el contexto actual de país, fortalecer la formación en habilidades y conocimientos sobre las propiedades de la madera como material de construcción. Formar profesionales y técnicos con un entendimiento del material y de las tecnologías y métodos eficientes en este contexto, crearía una base fundamental para la implementación de los MMCM, y una vez que el marco normativo responda a estas necesidades, el capital humano se encontrará mejor preparado para adaptarse.

A la vez, es necesario considerar que la información expuesta está considerada dentro del marco actual, sin embargo, este no es un trabajo estático de modo que progresa en base a nuevos avances y tecnologías que surjan en el sector. Por lo tanto, de cara al futuro según lo observado en la actualidad en Chile, aparece como fundamental la incorporación de módulos de tecnología para la producción. En este sentido, el conocimiento en el uso de maquinaria permitiría mejorar la productividad e integración de la construcción en madera con métodos modernos. Además, integrar este enfoque podría cerrar la brecha actual e impulsar la competitividad del país en el ámbito de los MMCM, preparando capital humano para enfrentarse a una industria en constante evolución.

## Hallazgos levantamiento de información

De acuerdo con lo señalado previamente, el trabajo de campo realizado fue por medio de entrevistas y encuestas dirigidas a personas vinculadas con los sectores de la construcción y/o la industria maderera.

Se realizaron entrevistas a cinco personas seleccionadas por ser actores clave dentro de la industria de la construcción industrializada en madera en Chile, con el fin de obtener sus percepciones y evaluar el potencial de implementar una industria de construcción en madera. A partir de los hallazgos de las entrevistas, se elaboró un instrumento cuantitativo, para validar y generalizar los hallazgos obtenidos en la fase cualitativa, permitiendo cuantificar opiniones y tendencias identificadas previamente. Mientras las entrevistas cualitativas proporcionan profundidad y comprensión detallada de los temas, la encuesta cuantitativa permite medir la magnitud de estos hallazgos en una muestra más amplia, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones informadas y la generación de conclusiones más representativas de la población estudiada.

Para la fase cuantitativa, se envió un link para responder una encuesta online a una base de datos proporcionada por Biobío Maderas, la que contenía 829 contactos efectivos. Se obtuvo una tasa de respuesta del 10,3%, con 85 respuestas, lo que se considera exitoso para una encuesta online.

Como se puede ver en los gráficos que se presentan a continuación, un amplio porcentaje de los encuestados (47%), declara desempeñarse en algún área de la industria de la construcción en madera, seguido de 16% de los encuestados que se desempeñan en el área de formación y el mismo porcentaje en el servicio público. El 21% restante de los encuestados se divide en áreas como el diseño y arquitectura, industria forestal, consultoría, investigación, entre otros. Un 88% de los encuestados se ubica entre la zona central y centro sur de nuestro país.

Gráfico 1. Área de desempeño encuestados.

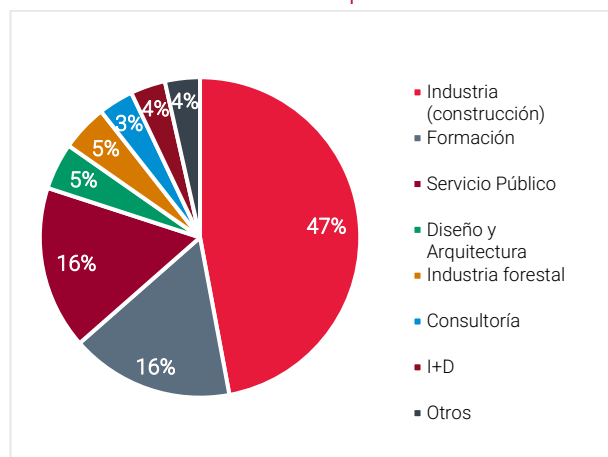
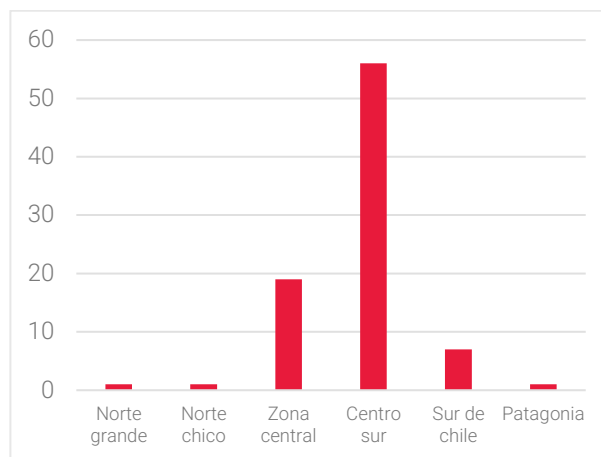
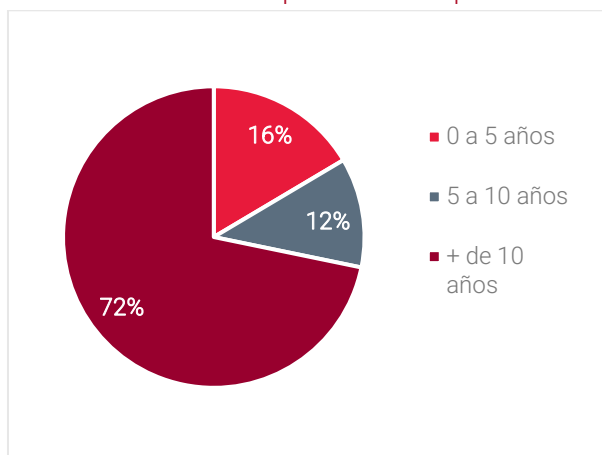


Gráfico 2. Ubicación de los encuestados.



En relación con sus años de experiencia en el área de la construcción, arquitectura y/o carpintería, se encuentra que el mayor porcentaje de encuestados tiene una importante experiencia, con más de 10 años desempeñándose en este rubro.

Gráfico 3. Años de experiencia en el rubro de la construcción/arquitectura/carpintería.



Respecto a la formación de los encuestados, un 35% (30 personas) declara haberse formado en arquitectura, mientras que un 21% se formó en Construcción Civil y 20% en Ingeniería Civil. En proporción se encuentran encuestados formados en carreras como Ingeniería Forestal, Diseño Industrial y otras ingenierías. Específicamente en cómo adquirieron los conocimientos sobre construcción en madera, los encuestados refieren haberlas adquirido mayoritariamente durante su pregrado universitario, mientras que un 38% lo hizo en alguna especialización, tal como curso o postgrado en el área.

Gráfico 4. Formación de los encuestados.

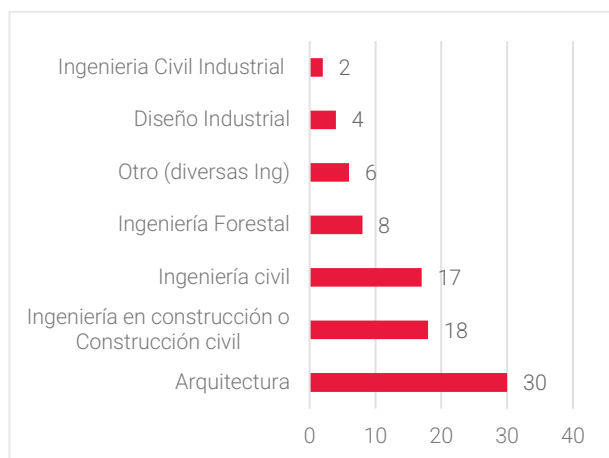
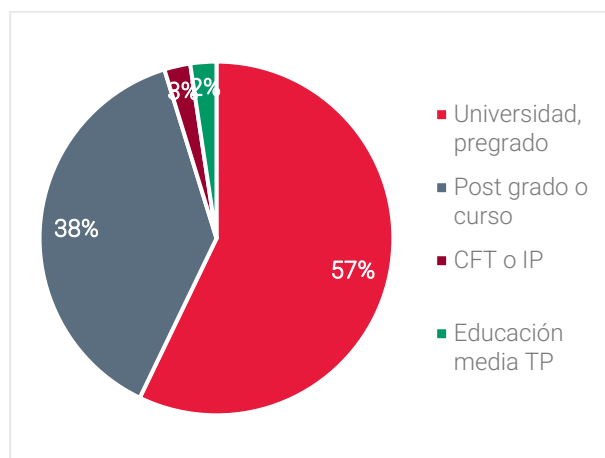


Gráfico 5. Formación en construcción en madera.



A continuación, se presentan integrados los resultados obtenidos de ambos instrumentos.

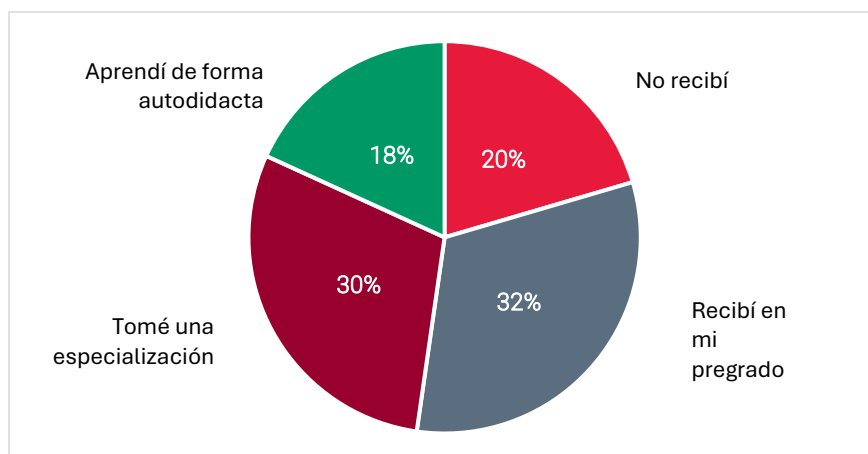
## Estado actual de la construcción en madera en Chile

Según los resultados del trabajo de campo, hay un consenso en torno al potencial que Chile posee para implementar de manera más eficiente y extendida Métodos Modernos de Construcción en Madera (MMCM). Al indagar sobre las razones por las que el mercado no ha logrado una mayor expansión en este ámbito, todos los entrevistados coinciden en señalar que Chile tiene una percepción errónea respecto a las edificaciones en madera. Esta percepción asocia la madera con un material ligero y de naturaleza variable, lo que conllevaría un mayor trabajo post construcción, debido a su supuesta deficiencia como aislante o al riesgo de deterioro causado por la humedad presente en diversas zonas del país, características que han limitado el interés en Chile en desarrollar una sólida industria de construcción en madera.

Esta situación se ve agravada por la escasa formación sobre el uso de la madera como material constructivo en las instituciones educativas que forman a los profesionales del sector, lo que ha dificultado aún más su implementación. Dentro de los encuestados, el 50% afirma haber tenido estudios o especializaciones en torno a la madera en educación formal y un 15% haber aprendido de madera de manera autodidacta, mientras que el 35% restante, señala nunca haber recibido instrucción en torno a la madera.

Del 50% que recibió educación formal en torno a la madera, un 57% lo hizo a través de pregrado y un 38% por una especialización. Si segmentamos la muestra a los entrevistados de aquellos sectores que debieran recibir conocimientos de construcción en madera -es decir, arquitectura y áreas de la construcción- encontramos que un 20% no recibió educación sobre madera, un 32% recibió durante sus estudios formales y un 48% aprendió intencionadamente, ya sea a través de una especialización o de manera autodidacta.

Gráfico 6. Respuestas de encuestados sobre si adquirieron y cómo conocimientos en madera.

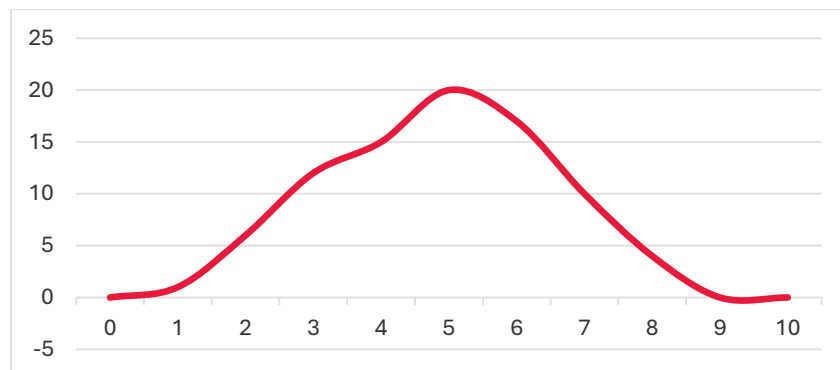


\*En los porcentajes solo se refleja a personas formadas en el área de la arquitectura y construcción que respondieron la encuesta

Fuente: Elaboración propia.

Hay una percepción de quienes trabajan en el rubro de la madera actualmente, que Chile está en un nivel bajo de implementación de MMC, como se muestra en el gráfico 2, un 67% de los entrevistados evalúa el nivel de desarrollo de la construcción en madera en nuestro país con nota 5 o menos (promedio 4,86, desviación estándar 1,63), y ninguno de los encuestados lo evalúa con nota 9 o 10, lo que da a entender que aún hay mucho potencial para su desarrollo.

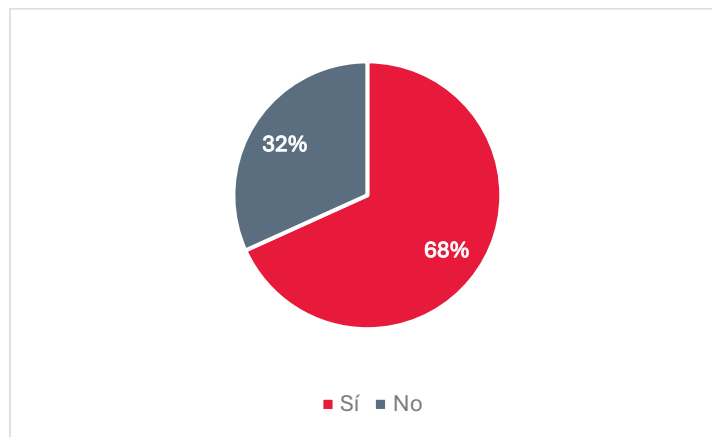
Gráfico 7. Percepción de los encuestados del nivel de desarrollo de la construcción en madera en Chile



Según los entrevistados, pese a que a nivel industrial hay una apreciación de que la madera es un material subutilizado, la realidad de la ciudadanía chilena es que la madera se utiliza con bastante frecuencia, principalmente como material de construcción para viviendas para realizar, por ejemplo, ampliaciones o reparaciones, ya que es un material de bajo costo y de manipulación relativamente sencilla. Sin embargo, en la mayoría de los casos la forma de llevar a cabo estas construcciones es desconociendo las propiedades de la madera y sus necesidades en términos de diseño y características físicas, por lo que es recurrente ver construcciones mal ejecutadas. La madera es ideal para este tipo de edificaciones, sin embargo, el desconocimiento lleva a errores sutiles en las construcciones, haciéndolas más propensas a fallar y perpetuando la noción de que no es material confiable.

Entonces, la construcción en madera ya sea de manera industrial o particular, tiene potencial de desarrollo en Chile y hay un interés generalizado en utilizar la madera como material constructivo. Según lo levantado en las entrevistas, existe la percepción del público general que no se necesita mucha especialización para poder trabajar con la madera, pero si esta misma pregunta se realiza a quienes participan en la industria, solo un 68% de quienes se dedican a la construcción o a la madera se sienten capacitados para trabajar en construcción en madera específicamente (Gráfico 3). Al segmentar esta información dentro de quienes respondieron la encuesta, encontramos que dentro los arquitectos encuestados, la proporción baja levemente, dado que el 40% no se siente capacitado para trabajar en construcción madera, versus un 60% que sí. En el caso del grupo de las ingenierías de la construcción, podemos ver que hay una percepción de mayor preparación, ya que aparece que sólo un 23% no se siente capacitado versus un 77% que sí.

Gráfico 8. Autopercepción de los encuestados de su capacidad para trabajar en construcción en madera



Fuente: Elaboración propia.

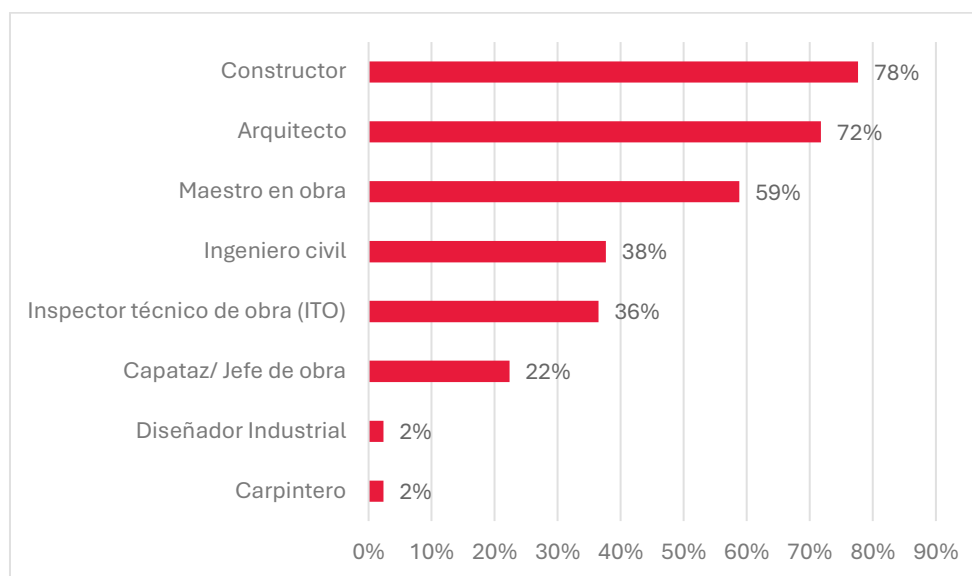
### Áreas de desarrollo para potenciar la construcción en madera

En base a lo anteriormente expuesto, se alerta que se necesita desarrollar conocimientos dentro de la oferta formativa, para reducir esta brecha en conocimientos sobre la madera.

Al preguntar sobre los roles más relevantes a formar en para potenciar los MMCM, los entrevistados se centraron mayormente en aquellos capaces de diseñar y modelar edificaciones pensadas en madera, es decir, arquitectos e ingenieros expertos en construcción en madera, que puedan hacer diseños eficientes, sostenibles, estéticos y funcionales. Según los entrevistados, el desarrollo de buenos diseños y manuales de montaje podría ayudar a superar la brecha de formación a nivel de maestros en obra, ejecutándose proyectos complejos, incluso si el personal en obra no tiene conocimientos en construcción en madera. Sin embargo,

Bajo este supuesto, los conocimientos más relevantes estarían en la creación del diseño y cómo ejecutarlo, rol que actualmente tienen principalmente los arquitectos. Sin embargo, al buscar validar esta premisa en el levantamiento cuantitativo, se pidió a los participantes que ordenen en importancia los roles que deberían dominar MMC en madera. Los resultados arrojan que los tres roles más relevantes identificados fueron: (1) construcción, (2) arquitectura y (3) maestros de obra, lo que sugiere que, aunque la arquitectura sigue siendo clave, la capacitación en construcción y para maestros de obra también es fundamental en este ámbito, es decir, que la percepción generalizada es que se requiere que la ejecución de las edificaciones cuente con mano de obra calificada.

Gráfico 9. Principales roles que debieran dominar técnicas modernas de construcción en madera



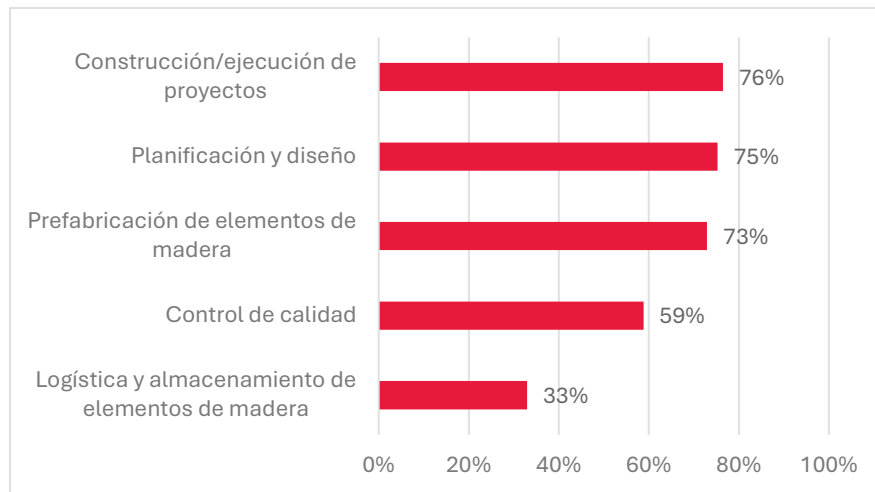
Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, la poca especialización de los trabajadores en obra no es menor, pues en el día a día la industria tiene poca mano de obra especializada y, esta podría ser la razón por que las empresas trabajan con cuadrillas reducidas, lo que podría haber parecido como intencional, pero que según los encuestados podría sugerir que es un elemento que necesita desarrollo.

A partir de este desafío que tienen las empresas de construcción en madera, de encontrar cuadrillas y maestros que sepan como trabajar la madera, la realidad de las empresas en Chile, es que ellos mismos tienen que capacitar a sus trabajadores mientras se ejecutan proyectos, lo que retrasa la posibilidad de industrializar su producción, por lo que prefieren tener equipos pequeños bien capacitados, que les garanticen éxito, antes de pensar en invertir tiempo para optimizar los tiempos de obra o tener varios proyectos en paralelo.

Como se mencionaba, los entrevistados destacan bastante la importancia de saber diseñar y planificar, sin embargo, las respuestas de la encuesta sobre las áreas más relevantes a potenciar (Gráfico 5), la ejecución de los proyectos es la considerada igualmente importante. La planificación tiene el segundo lugar y la prefabricación el tercero, sin diferencias significativas entre ellos ( $t=1.035$ ;  $p=0,784$ ). Frente a esta realidad, se puede inferir que la industria hoy da la misma gran relevancia a la planificación, prefabricación y ejecución de las obras.

Gráfico 10. Áreas relacionadas a la construcción que deberían potenciarse



Fuente: Elaboración propia.

Según la investigación de fuentes secundarias y elementos mencionados en las entrevistas, aspectos como control de calidad y logística son indispensables también a la hora de pensar en desarrollar una industria de MMC en madera, sin embargo, no aparece dentro de los aspectos priorizados por los encuestados, por el momento.

## Implementación de MMC en madera en Chile

Actualmente, la prefabricación de elementos es la principal expresión de los MMCM y, quienes trabajan con el material, coinciden en la importancia para la industria de poder estandarizar piezas y medidas que facilite la relación y conexión de elementos. Esto permitiría cumplir con los principios de la filosofía Lean, que busca maximizar el valor y minimizar el desperdicio a lo largo de todo el proceso de construcción, por lo tanto, reduciría significativamente los residuos que una obra genera, así como también el tiempo invertido en adaptar el material a las medidas del diseño.

Elementos como la prefabricación y programas de software que permitan crear y modelar diseños o máquinas automatizadas como la CNC, responden a un método de construcción que busca ser más eficiente y productivo el proceso de la obra. Entonces, el enfoque que busca tener la construcción en madera no es solo construir con un material diferente y aplicar tecnología, sino que busca un cambio de paradigma, por lo tanto, un impacto en las metodologías para construir en madera.

Con esto como antecedente de la información recolectada en las entrevistas, se buscó que los encuestados pudieran priorizar las carreras profesionales que deberían incorporar competencias relacionadas a la construcción en madera. En el gráfico 6 se muestra la priorización de profesiones, liderada por arquitectura con un 42% de personas que lo puso en primer lugar, seguida por Ingeniería en Construcción o Construcción Civil y, en tercer lugar, Ingeniería Civil.



Gráfico 11. Priorización de áreas profesionales que debieran incorporar conocimientos en construcción en madera



Fuente: Elaboración propia.

Destaca que los encuestados, un 66% de ellos puso la creación de una carrera exclusiva de construcción en madera dentro de las últimas opciones y que la formación de pregrado sea, por mucha distancia, la opción preferida para formar a las nuevas generaciones de especialistas en MMCM.

## Métodos Modernos de Construcción en Madera

Haciendo la bajada a los conocimientos, la primera prioridad destacada por los entrevistados es la necesidad formativa que tiene el país de enseñar sobre las propiedades de la madera como material, tanto desde su composición y manejabilidad, como huella de carbono y potencial estético. Actualmente, quienes desean aprender del material deben hacerlo intencionadamente, pues en las carreras profesionales relacionadas no es mucho lo que se profundiza en ella como material constructivo. En el caso de los entrevistados que trabajan en la industria de la construcción en madera, para desempeñarse en el rubro se formaron en el extranjero y complementaron su educación aprendiendo de manera autodidacta.

Dentro de lo que consideran importante aprender, además de las propiedades de la madera como material, es sobre el diseño y física de las construcciones en madera, porque los métodos para diseñar en madera no son idénticos al hormigón, por lo tanto, a veces se cometen errores que son evitables, si es que en la obra se entendiera cómo funciona la madera y cómo sacarle el mejor provecho. A veces son conocimientos sutiles que marcan la diferencia.

Asimismo, se mencionan aspectos de logística y almacenamiento, pues se necesita conocimiento de mantenimiento del material, principalmente para que no cambie su forma y dimensiones, por aspectos como la humedad o forma de traslado, correcto almacenamiento y estabilización.

Elementos como estos son decisivos para la etapa de montaje y que las medidas calcen correctamente.

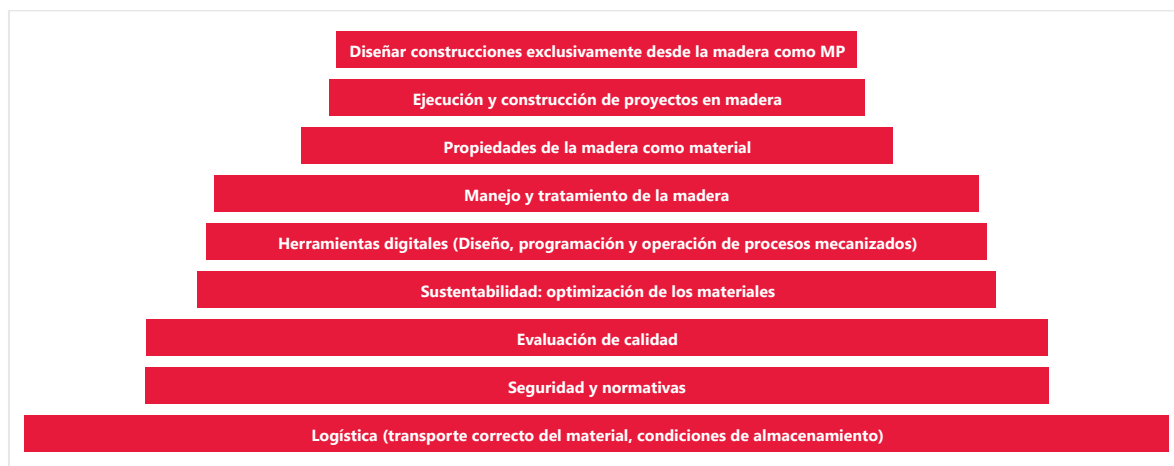
Por otro lado, hay que considerar la sostenibilidad de construir con madera, un material que puede llegar a tener una huella de carbono neutra si se trabaja de manera correcta.

En esa misma línea, hay elementos productivos que también son importantes de estandarizar a la hora de desarrollar una industria que busca promover métodos modernos de construcción en madera, que tiene que ver con los formatos de comercialización.

Haciendo un balance respecto a lo conversado con los entrevistados, el problema presente hoy para despegar esta industria recae en un gran porcentaje en el conocimiento del material, su manejo y formatos de comercialización. Sin este conocimiento, no hay paso para la innovación y mucho menos para el desarrollo de la industria.

En ese sentido, según los encuestados, la siguiente imagen refleja el orden de prioridad de conocimientos/competencias que creen que deberían implementarse para desarrollar y mejorar la implementación de MMC en madera.

Gráfico 12. Priorización de conocimientos que deberían impartirse para formar en métodos modernos de construcción en madera



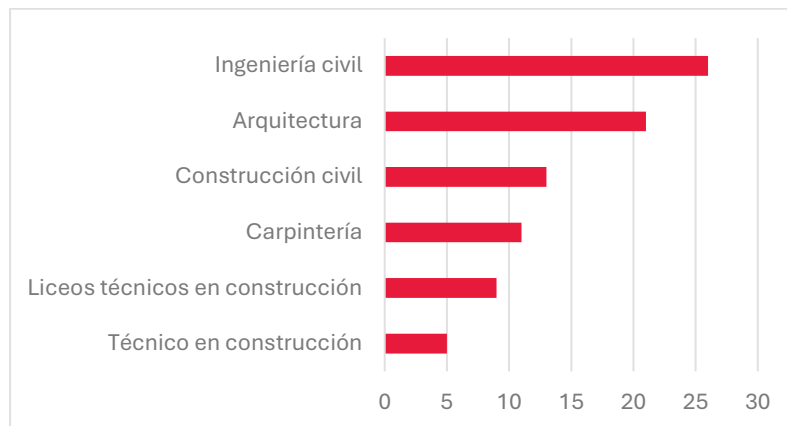
Fuente: Elaboración propia.

Como la intención es realizar una propuesta para algunas carreras técnicas y profesionales que existen en la oferta formativa del país, en la encuesta se abordaron los conocimientos o competencias que se consideran primordiales diferenciados por carrera. A continuación, un listado de los gráficos con los resultados, ordenado por conocimiento. Vale mencionar que los títulos de los gráficos son los mismos redactados en la encuesta, sin embargo, no están en formato de competencia.

Para realizar este análisis se hizo una distinción entre los roles, entendiendo que hay conocimientos o etapas del proceso donde no necesariamente se requiere intervención directa de uno de los roles,

pero debe tener las habilidades y conocimientos que requiere. En este caso, se han marcado en el listado con un asterisco, para diferenciarlo de los que participan directamente de él.

Gráfico 13. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Propiedades de la madera como material



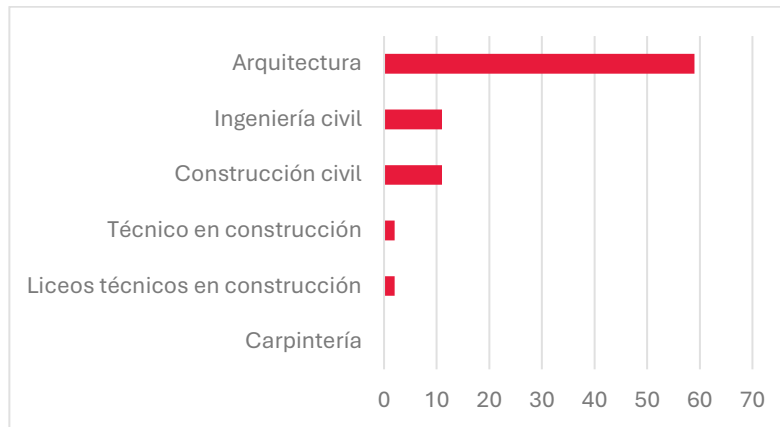
Fuente: Elaboración propia.

El siguiente enunciado graficado, al redactarlo en lenguaje de competencia queda de la siguiente manera: **Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción**. Una pequeña definición de ésta se entiende como: el trabajador **comprende las características** físicas, mecánicas y estéticas de la madera, identificando sus propiedades estructurales, su comportamiento ante distintos factores ambientales y su adecuación para diferentes aplicaciones en el ámbito de la construcción, asegurando su uso eficiente y sostenible en los proyectos constructivos.

En base a esta definición, la competencia aplica a los siguientes *roles* dentro de una obra de construcción en madera.

- Arquitecto o diseñador de proyectos
- Calculista
- Constructor
- Capataz (en terreno)
- Asesor/habilitador del proyecto
- ITO Inspector técnico en obra
- Operador de planta productiva
- Maestro Montajista

Gráfico 14. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Aprender a diseñar construcciones desde la madera como materia prima.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del gráfico 10, representa a la competencia: **Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera**, que se define como: Elabora y gestiona el diseño de proyectos constructivos en madera utilizando herramientas digitales, considerando las características del material, los requisitos técnicos, normativos y estéticos, y aplicando principios de sostenibilidad, con el fin de asegurar la viabilidad, seguridad y funcionalidad del proyecto. Los *roles* a los que aplica esta competencia son:

- Arquitecto o diseñador de proyectos
- Calculista
- Asesor/habilitador del proyecto
- \* *Constructor*

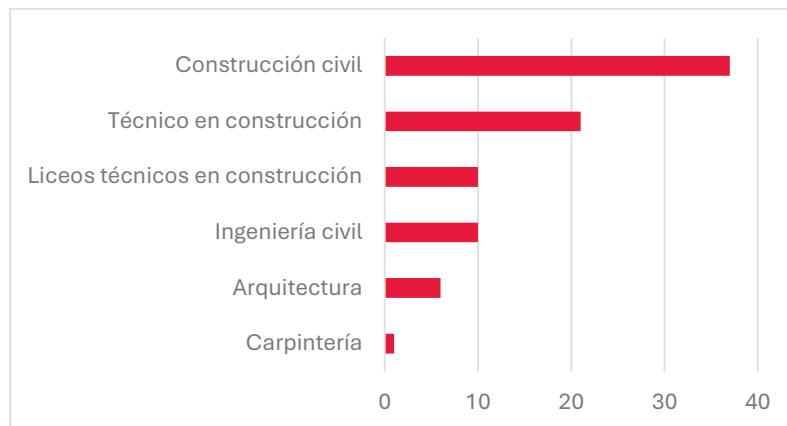
Con el avance del análisis, se desglosa una competencia nueva que lleva el nombre de: **Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y estándares técnicos y normativos**. Se define como: Desarrollar **diseños estructurales y arquitectónicos** de elementos de madera utilizando herramientas digitales, asegurando su prefabricación conforme a los estándares técnicos y normativos vigentes. Los *roles* a los que aplica esta competencia son:

- Asesor/habilitador del proyecto
- Operador de planta productiva
- \* *Arquitecto o diseñador de proyectos*
- \* *Calculista*
- \* *ITO Inspector técnico en obra*

Las diferencias entre estas competencias radica en que la primera se relaciona a la planificación, es decir, pensar el proyecto desde cero, mientras que la segunda refiere al trabajo en la planta donde

hay que transformar ese primer diseño a un formato ejecutable, por eso el segundo involucra roles presentes en la planta productiva y obra.

Gráfico 15. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Control de calidad



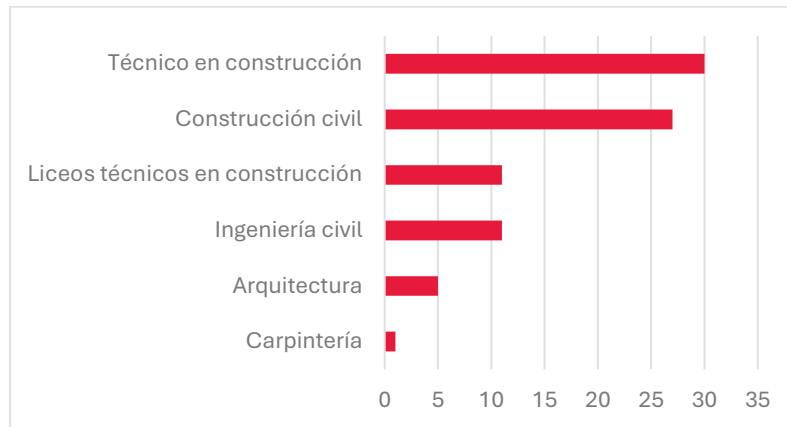
Fuente: Elaboración propia.

La competencia que surge a partir de este ámbito es: **Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera**. Se define como: **Inspecciona y verifica** cada etapa del proceso de producción, prefabricación y montaje de elementos de madera, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos, controlando las condiciones de los materiales, y garantizando que el producto final cumpla con los requisitos estructurales y normativos exigidos.

Los roles que deben estar capacitados para ejecutar esta competencia son los siguientes:

- Constructor
- Asesor/habilitador del proyecto
- ITO Inspector técnico en obra
- \* *Arquitecto o diseñador de proyectos*
- \* *Capataz (en terreno)*

Gráfico 16. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Logística



Fuente: Elaboración propia.

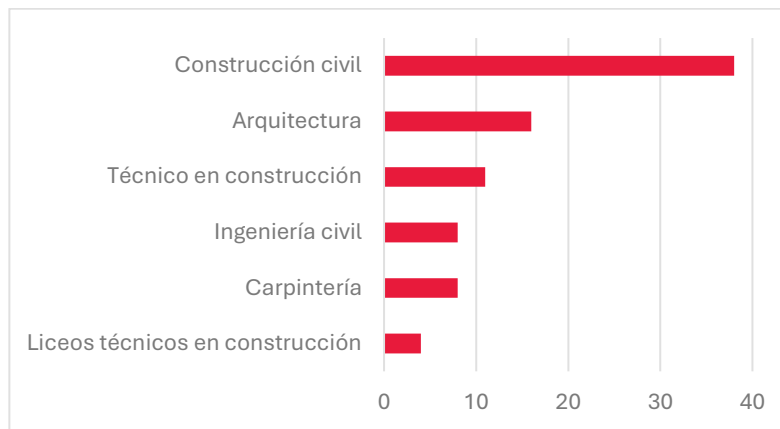
En el caso de la logística, la competencia se basa en: **Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera.**

Se define como: **Organiza y coordina la cadena de suministro**, el almacenamiento y el transporte de los elementos prefabricados en madera, garantizando condiciones adecuadas de almacenamiento para preservar la calidad del material, minimizando riesgos de estropear el material y optimizando tiempos de entrega para la ejecución de los proyectos.

Los roles para esta competencia están asociados ya a la fase de construcción misma, en las etapas de prefabricación y montaje:

- Constructor
- Capataz (en terreno)
- Asesor/habilitador del proyecto
- Operador de planta productiva
- Maestro Montajista
- \* ITO Inspector técnico en obra.

Gráfico 17. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Ejecución y construcción de diseños



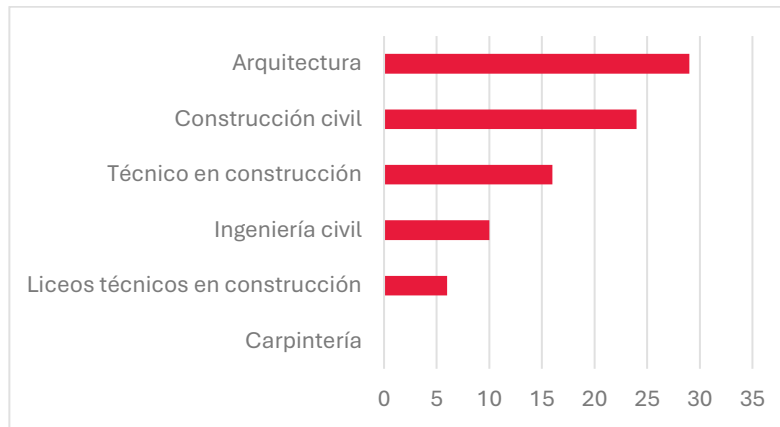
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de este ámbito, abarca la parte de montaje de la construcción y la competencia se define como: **Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente, segura y sustentable.** Para ello, según lo investigado, debe **ensamblar y montar estructuras de madera en obra siguiendo los planos** y especificaciones técnicas, utilizando herramientas y equipos adecuados, aplicando buenas prácticas de trabajo para garantizar la seguridad, la eficiencia en el uso de recursos y el cumplimiento de los principios de sustentabilidad durante todo el proceso constructivo.

En este caso, es una competencia requerida en el trabajo en obra solamente, por eso se elimina de la lista de roles el operador de planta, ya que esa fase ya se queda atrás en el proceso:

- Constructor
- Capataz (en terreno)
- Asesor/habilitador del proyecto
- Maestro Montajista
- \* *ITO Inspector técnico en obra*

Gráfico 18. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Herramientas digitales.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, tenemos las competencias relacionadas a las herramientas digitales. Éstas, ya no se encuentran en orden cronológico, pues se van requiriendo a lo largo de toda la obra. Se dividen en dos, la primera refiere al trabajo de diseño y la segunda al trabajo en la planta.

1. **Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación:** Utiliza herramientas tecnológicas para diseñar, planificar y gestionar proyectos en madera de manera eficiente, optimizando recursos y tiempos, y asegurando el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Aquí los roles involucrados son todos:

- Arquitecto o diseñador de proyectos
- Calculista
- Asesor/habilitador del proyecto
- ITO Inspector técnico en obra
- \* *Constructor*
- \* *Capataz (en terreno)*
- \* *Operador de planta productiva*
- \* *Maestro Montajista*

En cuanto a los programas y softwares, el modelo BIM se posiciona como el más relevante. Por sus características, BIM puede considerarse como habilitante para la Construcción Industrializada, ya que fomenta aspectos como el trabajo colaborativo e integración de la información. Esta metodología de trabajo, con sus distintos tipos de uso y niveles de madurez alcanzados, permite optimizar el uso de MMC, tanto para la producción en fábrica, como para la fase de montaje u optimización de procesos en obra a través de la construcción digital (Gysling et al., 2021).

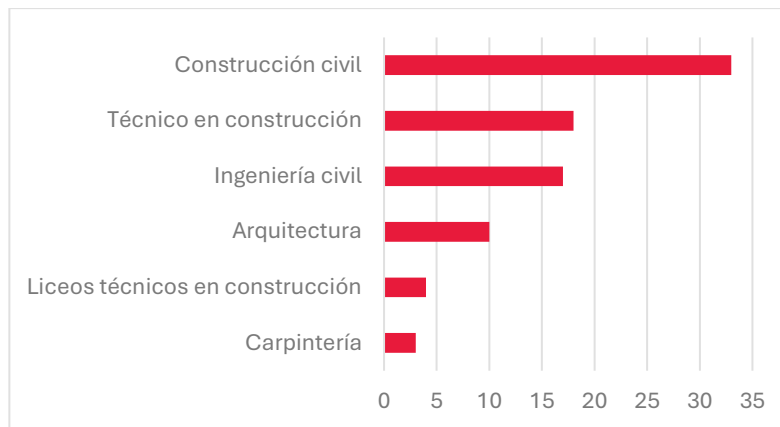


2. **Utilizar tecnologías en los procesos de producción:** Maneja maquinaria CNC y software de control digital para cortar, moldear y ensamblar paneles de madera de acuerdo con especificaciones de diseño, garantizando precisión, eficiencia y optimización de los recursos en la fase de producción, y asegurando la calidad del material fabricado para su posterior uso en el montaje.

Aquí los roles son los siguientes:

- Constructor
- Asesor/habilitador del proyecto
- ITO Inspector técnico en obra
  - Operador de planta productiva
- \* *Maestro Montajista*

Gráfico 19. Conocimientos que se deben conocer respecto a:  
Normativa de seguridad



Fuente: Elaboración propia.

Este último ítem se incluyó en la encuesta, porque durante el levantamiento cualitativo apareció la relevancia de la normativa de seguridad. Asimismo, se repitió en todas las entrevistas la necesidad de conocer la normativa respecto a la construcción en general y construcción en madera en específico. En la matriz que se presenta a continuación, no se incorpora una competencia asociada a las normas, porque se considera que es un elemento transversal a todo rol involucrado en la construcción, así como también lo deberían ser la sustentabilidad y seguridad.

Como se puede observar, hay competencias que se requieren en mayor o menor profundidad en diferentes carreras, dependiendo del rol o roles que estos técnicos y profesiones adopten dentro del proceso constructivo. Si bien en la encuesta el levantamiento se realizó por carreras para facilitar la comprensión, en relación al proceso constructivo industrializado y los roles que se necesitan en cada etapa, la diferenciación por carrera no es la más adecuada, porque puede haber

rutas formativas o carreras que se puedan desempeñar en más de un rol o que algún rol no necesite un estudio superior técnico o profesional, razón por la cual se presentan roles y competencias en la siguiente matriz.

## Matriz de competencias

	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción	Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.	Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera	Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera	Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente y segura y	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación	Utilizar tecnologías en los procesos de producción
<b>Perfiles</b>								
Arquitecto o diseñador de proyectos	X	X	O	O			X	
Calculista	X	X	O				X	
Constructor	X	O	X	X	X	X	O	X
Capataz (en terreno)	X			O	X	X	O	
Asesor/habilitador del proyecto	X	X	X	X	X	X	X	X
ITO Inspector técnico en obra	X		O	X	O	X	X	X
Operador de planta productiva	X		X		X		O	X
Maestro Montajista	X				X	X	O	O

Con la intención de mostrar los resultados de la manera más clara posible, a continuación, se desglosa cada competencia con su definición y un listado propuesto de conocimientos asociados, que sirva a modo de referencia.



Esta no es una lista exhaustiva de conocimientos asociados a estas competencias, sino que destaca lo que es más importante en relación con el levantamiento realizado para los MMCM.

### Ficha competencia 1



**Competencia**

**Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción**

**Definición**

El trabajador comprende las características físicas, mecánicas y estéticas de la madera, identificando sus propiedades estructurales, su comportamiento ante distintos factores ambientales y su adecuación para diferentes aplicaciones en el ámbito de la construcción, asegurando su uso eficiente y sostenible en los proyectos constructivos.

- Conocimientos asociados**
- Propiedades físicas de la madera
  - Propiedades mecánicas y estructurales de la madera
  - Resistencia y durabilidad ante factores ambientales
  - Sostenibilidad y gestión de recursos forestales
  - Procesos de tratamiento y preservación

### Ficha competencia 2



**Competencia**

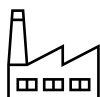
**Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera**

**Definición**

Elabora y gestiona el diseño de proyectos constructivos en madera utilizando herramientas digitales, considerando las características del material, los requisitos técnicos, normativos y estéticos, y aplicando principios de sostenibilidad, con el fin de asegurar la viabilidad, seguridad y funcionalidad del proyecto

- Conocimientos asociados**
- Comportamiento estructural de la madera en el diseño arquitectónico
  - Modelado y simulación digital de estructuras de madera
  - Normativas y regulaciones en construcción con madera
  - Sostenibilidad y eficiencia en el uso de la madera
  - Gestión de proyectos y planificación constructiva

### Ficha competencia 3



**Competencia**

**Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.**

**Definición**

Desarrollar diseños estructurales y arquitectónicos de elementos de madera utilizando herramientas digitales, asegurando su prefabricación conforme a los estándares técnicos y normativos vigentes

- Conocimientos asociados**
- Diseño estructural y arquitectónico de elementos en madera
  - Herramientas digitales para el diseño y modelado
  - Estándares técnicos y normativos en prefabricación de madera
  - Procesos de prefabricación de componentes de madera
  - Control de calidad en la prefabricación de madera
  - Coordinación entre diseño digital y producción prefabricada

#### Ficha competencia 4



**Competencia**

Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera.

#### Definición

Inspecciona y verifica cada etapa del proceso de producción, prefabricación y montaje de elementos de madera, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos, controlando las condiciones de los materiales, y garantizando que el producto final cumpla con los requisitos estructurales y normativos exigidos.

#### Conocimientos asociados

- Normativas y estándares de calidad para productos de madera
- Métodos de inspección y evaluación de calidad
- Gestión del control de calidad en procesos de producción
- Identificación y tratamiento de defectos en la madera
- Monitoreo de las condiciones ambientales en la producción

#### Ficha competencia 5



**Competencia**

Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera

#### Definición

Organiza y coordina la cadena de suministro, el almacenamiento y el transporte de los elementos prefabricados en madera, garantizando condiciones adecuadas de almacenamiento para preservar la calidad del material, minimizando riesgos de estropear el material y optimizando tiempos de entrega para la ejecución de los proyectos

#### Conocimientos asociados

- Principios de logística y gestión de la cadena de suministro
- Condiciones de almacenamiento adecuadas para la madera
- Transporte especializado de elementos de madera
- Gestión de inventarios y sistemas de trazabilidad
- Optimización de procesos logísticos

#### Ficha competencia 6



**Competencia**

Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente, segura y sustentable.

#### Definición

Ensamblar y montar estructuras de madera en obra siguiendo los planos y especificaciones técnicas, utilizando herramientas y equipos adecuados, aplicando buenas prácticas de trabajo para garantizar la seguridad, la eficiencia en el uso de recursos y el cumplimiento de los principios de sustentabilidad durante todo el proceso constructivo

#### Conocimientos asociados

- Interpretación de planos y especificaciones técnicas de estructuras en madera
- Técnicas de ensamblaje y montaje de estructuras de madera
- Herramientas y equipos especializados para la construcción en madera
- Gestión eficiente de recursos en el proceso constructivo
- Buenas prácticas en la construcción sustentable

## Ficha competencia 7

### Competencia



**Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación:**

### Definición

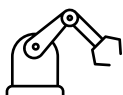
Utilizar herramientas tecnológicas para diseñar, planificar y gestionar proyectos en madera de manera eficiente, optimizando recursos y tiempos, y asegurando el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### Conocimientos asociados

- Manejo avanzado de software de diseño y modelado (CAD, BIM)
- Herramientas de planificación y gestión de proyectos
- Simulación y análisis estructural mediante software especializado
- Análisis de datos y seguimiento de proyectos en tiempo real
- Tecnologías para la optimización de recursos en construcción

## Ficha competencia 8

### Competencia



**Utilizar tecnologías en los procesos de producción.**

### Definición

Maneja maquinaria CNC y software de control digital para cortar, moldear y ensamblar paneles de madera de acuerdo con especificaciones de diseño, garantizando precisión, eficiencia y optimización de los recursos en la fase de producción, y asegurando la calidad del material fabricado para su posterior uso en el montaje

### Conocimientos asociados

- Operación y programación de maquinaria CNC
- Software de control digital y automatización
- Técnicas de optimización de materiales y eficiencia en producción
- Control de calidad en procesos de producción automatizados
- Mantenimiento preventivo de maquinaria CNC y equipos digitales
- Interpretación de especificaciones técnicas para producción automatizada

## Conclusiones

A lo largo del estudio, se levantó información sobre la construcción industrializada y cómo implementarla en Chile a través de MMC específicamente en Madera. Para ello se realizó un benchmark abordando países madereros referentes por su nivel de implementación de MMC, así como también se conversó con actores referentes en Chile sobre MMC en madera. En base a estos antecedentes y la encuesta que se realizó, las conclusiones obtenidas se pueden dividir en tres categorías:

1. Un listado de las carreras técnicas o profesionales que deben ser intervenidas para fomentar el desarrollo de MMC en madera en Chile
2. Las competencias que requieren esos profesionales para desarrollar esta industria a nivel de comprensión y aplicación.
3. Por último, se identificaron los roles que requiere un proceso constructivo en madera. Entiéndase como roles o perfiles, que pueden ser cubiertos por distintas profesiones o carreras.

Dichas categorías pueden ser desglosadas en el formato de matriz de competencias que se observa en el capítulo anterior, con variables de competencia y rol. Las competencias desglosadas en la tabla refieren a competencias adicionales para complementar los programas formativos existentes, de manera de habilitar a los futuros técnicos y profesionales para desempeñar roles asociados a los MMCM.

La tabla a continuación busca observar los resultados cambiando la variable de “rol”, que está en la matriz, por “carrera técnica y/o profesional”, para tener una noción más acabada de lo que las mallas formativas deben considerar a nivel, por ejemplo, de los conocimientos que deben incluirse y en qué nivel analítico.

En esta tabla, la forma de redactar la competencia se basa en la taxonomía de Bloom. Ésta busca organizar y describir los diferentes niveles de habilidades cognitivas que los estudiantes deben alcanzar en un proceso de aprendizaje. En este caso, hay competencias que se deben desarrollar en un nivel 2, que es de comprensión de la información y, otros en que la misma competencia requiere un nivel 3, que refiere a la aplicación del conocimiento en situaciones. En la tabla, se puede observar por en color rosa las que son de nivel 1 y 2 y en color blanco las de nivel 3 en adelante.

Tabla 9. Competencias según carreras técnicas y profesionales

Carrera	Competencia
Arquitectura	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción
	Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera
	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.
	Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera
	Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera (*)
	Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente y segura y sustentable (*)
	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación
	Utilizar tecnologías en los procesos de producción (*)
Ingeniería en construcción o construcción civil	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción
	Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera
	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.
	Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera
	Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera
	Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente y segura y sustentable.
	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación
	Utilizar tecnologías en los procesos de producción
Ingeniería civil	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción
	Planificar y diseñar proyectos de construcción en madera
	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.
	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación
Técnico profesional en construcción	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción
	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.
	Supervisar y garantizar el control de calidad en los procesos relacionados con la madera
	Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera
	Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente y segura y sustentable.

	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación
	Utilizar tecnologías en los procesos de producción
<b>Técnico medio en construcción</b>	Comprender y aplicar las propiedades de la madera en procesos de construcción
	Prefabricar elementos de madera de acuerdo al diseño y a los estándares técnicos y normativos.
	Gestionar la logística y almacenamiento de elementos de madera
	Ejecutar proyectos de construcción en madera de manera eficiente y segura y sustentable.
	Aplicar tecnologías para el desarrollo y planificación
	Utilizar tecnologías en los procesos de producción

- La competencia requiere solo de comprensión
- La competencia involucra comprensión y aplicación
- (\*) Necesaria para desempeñarse en el rol de Asesor/habilitador del proyecto.

Sin más que agregar, este estudio permite confirmar las hipótesis originales, siendo primordial para Chile, que en su oferta formativa incorpore y mejore los contenidos sobre la madera. Sin embargo, esto no radica exclusivamente en áreas como creación de proyectos, sino que se le suman elementos como que, cuando hay una construcción en donde la madera es el material principal, se ve afectada toda la cadena productiva, desde el diseño, hasta la manufactura, logística, almacenamiento y montaje, lo que hace esta ambición de desarrollar MMC en madera, un desafío que requiere trabajo en todos los niveles productivos.



## Bibliografía

- Blumer Lehmann. (s.f.). *Swiss Wood*. <https://www.blumer-lehmann.com/en/swiss-logs/swiss-wood.html>
- BS, B. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. *Handbook; Cognitive domain, 1*.
- Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción [CTEC]. (2024). *Guía Introductoria Métodos Modernos de Construcción (MMC)*. <https://ctecinnovacion.cl/publicaciones/guia-introductoria-metodos-modernos-de-construccion-mmc/>
- French Plans. (2023). Modern methods of construction in France. *French Plans*. <https://www.frenchplans.com/modern-mthods-of-construction-france>
- Gysling Caselli, J., Kahler González, C., Soto Aguirre, D., Mejías Caballero, W., Poblete Hernández, P., Alvarez González, V. & Pardo, V. (2021). *Madera y construcción. Hacia una simbiosis estratégica*. Instituto Forestal, Chile. 214 p.
- Ilgin, E., & Karjalainen, M. (2022). Massive Wood Construction in Finland: Past, Present, and Future. In G. Du, & X. Zhou (Eds.), *Wood Industry - Past, Present and Future Outlook* InTech Open. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104979>
- Jutila, M. (28 de junio de 2023). *Finnish wood architecture has long traditions and a bright future*. <https://www.archinfo.fi/en/articles/finnish-wood-architecture-has-long-traditions-and-a-bright-future>
- Saint-Gobain. (7 de abril de 2022). Timber construction picks up pace in France. Saint-Gobain. <https://www.saint-gobain.com/en/news/timber-construction-picks-pace-france>
- Santana, A., Aichholzer, M., Mitrenova, E. & Kovacic, I. (2023). *Status quo of Austrian Timber Construction Sector*. 4545-4554. 10.52202/069179-0592
- Savills Impacts. (Mayo de 2020). *A modern approach to construction*. <https://www.savills.com/impacts/technology/why-modern-methods-of-construction-are-a-good-fit.html#:~:text=The%20use%20of%20MMC%20>
- Servicio Nacional de Capacitación y Empleo (SENCE). (s.f.). Programa Aprendices. SENCE. <https://sence.gob.cl/empresas/aprendices>

## Información web para la construcción del Benchmark

- Aalto University: [Curriculum 2024–2026 | Aalto University](#)
- AFIP Formations: [BTS Building - AFIP Formations \(afip-formations.com\)](#)
- Albisbrunn: [Construction Practitioner - berufsberatung.ch](#)
- Albisbrunn: [Vocational training - Albisbrunn](#)
- Bern Univeristy of Applied Sciences: [Bachelor Civil Engineering | Federal Fiscal Court \(bfh.ch\)](#)
- Berufsbildende Schulen Soltau: [Home page \(bbssoltau.de\)](#)
- Cardiff University: [Architectural Studies \(BSc\) - Study - Cardiff University](#)
- Chalmers University of Technology: [ARKITEKTUR \(chalmers.se\)](#)
- Chalmers University of Technology: [Samhällsbyggnadsteknik, högskoleingenjör \(chalmers.se\)](#)
- College of North West London: [Carpentry \(cnwl.ac.uk\)](#)
- Compagnons du Tour de France: [Charpentier bois.pdf \(compagnonsdutourdefrance.org\)](#)
- École des Ponts ParisTech: [Civil and structural engineering | enpc.fr \(ecoledesponts.fr\)](#)
- École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes: [Bachelor's degree – initial training – ensa Nantes – Student booklet \(archi.fr\)](#)
- École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes: [Architectural training courses - ensa Nantes](#)
- École Nationale Supérieure d'Architecture Paris-Val de Seine: [ÉNSA Versailles \(archi.fr\)](#)
- ETH Zurich: [Curriculum – Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering | ETH Zurich](#)
- ETH Zurich: [Details about the programme | ETH Zurich](#)
- HAMK Häme University of Applied Sciences: [Study guide \(opinto-opas.fi\)](#)
- HND Construction: [HND in Construction and the Built Environment - Skills4Stem](#)
- INACAP: [Técnico en Construcción - portal.inacap.cl](#)
- Karlsruhe Institute of Technology KIT: [Bauingenieurwesen \(Bachelor of Science \(B.Sc.\)\) \(kit.edu\)](#)
- LBS Dornbirn 1: [LBSD01: New school \(snv.at\)](#)
- Linköping University: [6|BYG Bachelor of Science in Civil Engineering - Studieinfo, Linköpings universitet \(liu.se\)](#)
- Lunds Universitet: [Program A \(24/25\) \(lth.se\)](#)
- Ministerio Federal del Trabajo: [Carpentry technology \(bmaw.gv.at\)](#)
- Movant: [Carpenter/Construction Woodworker – Eskilstuna \(movant.se\)](#)
- Pontificia Universidad Católica de Chile: [Arquitectura - Folleto carrera - Admisión y Financiamiento de Pregrado \(uc.cl\)](#)
- Rosenheim University of Applied Sciences: [20240624\\_Modulplan\\_BI\\_SPO2023\\_3.00.xlsx \(th-rosenheim.de\)](#)
- Salpaus: [Salpaus, Puuteollisuuden ammattitutkinto 2023 - ePerusteet \(opintopolku.fi\)](#)
- Skolverket (Agencia Nacional de Educación de Suecia): [program.pdf \(skolverket.se\)](#)

- Tampere University of Applied Sciences: [Study Guide TAMK \(tuni.fi\)](#)
- Tampere University of Applied Sciences: [Arkkitehtuurin kandidaattiohjelma | Tampereen korkeakouluyhteisö \(tuni.fi\)](#)
- Tampere Vocational College: [Vocational Qualification in Building Construction – Tredu – Tampere Vocational College](#)
- The University of Manchester: [BEng Civil Engineering - course details \(2024 entry\) | The University of Manchester](#)
- TU Berlin: [Architecture B.Sc. - TU Berlin](#)
- TU Wien: [Bachelor programme Architecture - TU Wien Faculty of Architecture and Planning](#)
- TU Wien: [Curriculum 033 265 Bachelor programme Civil Engineering | TU Wien](#)
- TU-Graz: [Bachelor's Degree Programme Architecture - TU Graz](#)
- TUM School of Engineering and Design Architecture: [Architecture B. A. - TUM School of Engineering and Design](#)
- Universidad Católica de Temuco: [Ingeniería Civil Plan Común - Admisión UC Temuco](#)
- Universidad de Chile: [Ingeniería Civil - Universidad de Chile \(uchile.cl\)](#)
- Universidad del Bío-Bío: [Admisión a la Universidad del Bío-Bío \(ubiobio.cl\)](#)
- Universidad Técnica Federico Santa María: [Técnico Universitario en Construcción - Universidad Técnica Federico Santa María \(usm.cl\)](#)
- Université Grenoble Alpes: [Bachelor's Degree in Civil Engineering - UGA - Catalogue of courses - Université Grenoble Alpes \(univ-grenoble-alpes.fr\)](#)
- University of Applied Sciences of Southern Switzerland: [Bachelor of Arts in Architecture - SUPSI](#)
- University of Bath: [Architecture BSc \(Hons\) including placements \(bath.ac.uk\)](#)
- University of Innsbruck: [Civil Engineering | Bachelor \(uibk.ac.at\)](#)
- University of Liverpool: [Civil Engineering BEng \(Hons\) - 2024/25 entry - Courses - University of Liverpool](#)
- Vocational Guidance Suiza: [Zimmermann/Zimmerin EFZ - berufsberatung.ch](#)
- Vocational Guidance Suiza: [Wood Industry Specialist EFZ - berufsberatung.ch](#)
- Vocational Schools Gelnhausen: [Educational offer \(bs-gelnhausen.de\)](#)

## Anexos

Anexo 1: Tabla de contenidos para arquitectura en todas las instituciones

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Arquitectura TU Berlin									
Arquitectura TUM									
Arquitectura Vienna University of Technology									
Arquitectura TUGraz									
Arquitectura Tampere University of Applied Sciences									
Arquitectura Aalto University									
Arquitectura ENSAV									
Arquitectura ENSA Nantes									
Arquitectura University of Bath									
Arquitectura Cardiff University									
Arquitectura Lund University									
Arquitectura Chalmers University of Technology									
Arquitectura University of Applied Sciences and Arts of									

Southern Switzerland									
Arquitectura ETH Zurich									
Arquitectura PUC									
Arquitectura U. Biobío									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

### Anexo 2: Tabla de contenidos para ingeniería civil en todas las instituciones

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Ingeniería Civil Technische Hochschule Rosenheim									
Ingeniería Civil KIT									
Ingeniería Civil Universität Innsbruck UIBK									
Ingeniería Civil TU Wien									
Ingeniería Civil Tampere University of Applied Sciences Finlandia									
Ingeniería Civil HAMK									
Ingeniería Civil Université Grenoble Alpes									
Ingeniería Civil Ecole de Ponts ParisTech									

Ingeniería Civil University of Liverpool									
Ingeniería Civil The University of Manchester									
Ingeniería Civil Linköping University LIU									
Ingeniería Civil Chalmers University of Technology									
Ingeniería Civil Bern University of Applied Sciences									
Ingeniería Civil ETH Zurich									
Ingeniería Civil Universidad de Chile									
Ingeniería Civil UC Temuco									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Anexo 3: Tabla de contenidos para construcción en todas las instituciones

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Construcción BBS Soltau									
Construcción LBS Dornbirn 1									
Construcción Tampere Vocational College									
Construcción AFIP									
Construcción Skills4Stem									
Construcción Bygg- och anläggningsprogrammet (Instituciones de Formación vocacional)									
Practicante de Construcción Albisbrunn									
Técnico de Construcción USM									
Técnico de Construcción INACAP									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera

Anexo 4: Tabla de contenidos para carpintería en todas las instituciones

Carrera e institución	Diseño y planificación	Sustentabilidad y medioambiente	Seguridad	Normativa	Logística	Conocimiento de los materiales	Evaluación de calidad	Tecnología para la producción	Tecnología para la planificación y desarrollo
Carpintería Berufliche Schulen Gelnhausen									
Carpintería (Ministerio del Trabajo de Austria)									
Carpintería Salpaus									
Carpintería Compagnons du Tour de France									
Carpintería College of North West London									
Carpintería Movant									
Practicante de Carpintería Bösch AG									
Carpintero Küng Holzbau									
Especialista de la Industria de la Madera Robert Schaub AG									

Nota:

- Se imparte el contenido específico a la madera
- Se imparte el contenido no específico a la madera



## Anexo 5. Pauta entrevista.

1. ¿Cuáles son los principales desafíos a los que se enfrentan en la manufactura de productos de madera? ¿Cómo se abordan estos desafíos en el día a día?
2. ¿Qué hace falta en el país para tener una industria moderna en construcción en madera?
3. Cómo se identifican o como es el ciclo de un proyecto en madera. Desde tu experiencia, cómo es el ciclo/flujo de construcción en madera. (para contextualizar y poder sacar otros actores relevantes) A partir de eso podemos bajar directamente a las profesiones y oficios.
4. Según tu experiencia trabajando en este rubro, ¿qué habilidades necesarias se están formando y cuáles no?
5. Si tuvieras que pensar en una persona ideal para contratar, ¿qué competencias te gustaría que manejara?
6. ¿Cómo mejorarías el perfil de las actuales personas que trabajan en el rubro?
7. ¿Qué te gustaría que se enseñara, para que se pueda avanzar en modernización en la industria? Lo ves a nivel de educación universitaria o técnica superior o diplomados/cursos/capacitaciones? (ahondar en conocimientos teóricos, prácticos y habilidades)
8. ¿Qué importancia le das al entendimiento de la física/ mecánica de la madera (por ej. el comportamiento de la madera en diferentes condiciones ambientales) al diseñar un proyecto?
9. ¿Qué estrategias se deben utilizar para prever y mitigar posibles fallos durante el diseño de un proyecto? (relacionado a lo que surge en la entrevista sobre diseñar modos de falla)
10. ¿Cómo se planifican y coordinan los procesos de transporte de la madera y sus productos?

## Anexo 6. Pauta encuesta

### Sección 1. Perfil del entrevistado

En esta sección no se piden datos personales, solo alguna información que nos permiten caracterizar el grupo de personas que responden esta encuesta

1. ¿En qué área se desempeña usted? \*

- Formación
- Industria (Construcción por ejemplo)
- Otro

2. Si respondió otro ¿cuál?

3. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el rubro de la construcción/arquitectura/carpintería? \*

- 0 a 5 años
- 5 a 10 años
- + de 10 años

4. ¿Usted tiene estudios en alguna de las siguientes carreras? \*

- Arquitectura
- Ingeniería en construcción o construcción civil
- Ingeniería civil
- Técnico superior en construcción
- Técnico medio en construcción
- Carpintería
- No tengo estudios
- Otro

5. Si respondió otro ¿Cuál? \*

Escriba su respuesta

6. ¿En qué zona de Chile se encuentra usted trabajando actualmente? \*

- Norte grande
- Norte chico
- Zona central
- Centro sur
- Sur de Chile
- Patagonia

## Sección 2. Construcción en madera en Chile

7. ¿Cuál cree que es el nivel de implementación o desarrollo de la construcción en madera en Chile?

Pensando en el potencial que tiene la industria en el país

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Nada desarrollado

Muy desarrollado

8. ¿Tiene estudios o especializaciones relacionados a la madera? \*

- Sí
- No
- Sí, de manera autodidacta

9. Durante sus estudios formales, ¿Recibió formación relacionada a la construcción en madera? \*

- Sí, en la universidad
- Sí, en un centro de formación técnica o instituto profesional
- Sí, a nivel de educación media técnico profesional
- Sí, a nivel de post grado o curso

10. ¿Usted se siente capacitado para trabajar actualmente en construcción en madera? \*

- Sí
- No

11. Si su respuesta fue sí, ordene de más a menos en qué áreas se siente capacitado/a para trabajar en proyectos de construcción en madera. Al lado derecho de cada enunciado aparecen flechas que le permitirán mover las opciones y ordenarlas según su preferencia. \*

Logística y almacenamiento de elementos de madera
Control de calidad
Construcción/ejecución de proyectos
Prefabricación de elementos de madera
Planificación y diseño de proyectos

12. ¿Cree que Chile debería potenciar su construcción en madera? \*

- Sí
- No

13. ¿En qué áreas cree que se debe potenciar?

Pregunta que permite selección múltiple

- Planificación y diseño
- Construcción/ejecución de proyectos
- Prefabricación de elementos de madera
- Logística y almacenamiento de elementos de madera
- Control de calidad

14. Pensando en el proceso constructivo, para realizar un trabajo en madera, ¿Cuál/es son los roles más importantes que deben dominar técnicas modernas de construcción en madera, para que el trabajo sea realizado óptimamente? \*

Seleccione como máximo 3 opciones.

- Constructor
- Arquitecto
- Maestro en obra
- Capataz
- Inspector técnico de obra (ITO)
- Ingeniero civil

15. Le gustaría agregar otro ¿cuál?

## Competencias en Educación Formal para construcción en madera

16. Del listado de carreras a continuación, ordene según nivel de prioridad las que usted considera que deberían incorporar conocimientos de construcción en madera. Al lado derecho de cada enunciado aparecen flechas que le permitirán mover las opciones y ordenarlas según su preferencia. \*

Ingeniería civil
Ingeniera en construcción o construcción civil
A nivel de formación técnica
Arquitectura
Crear una carrera exclusiva de construcción en madera
A nivel de especialización (cursos, postgrados)

17. Pensando en conocimientos y habilidades para formar jóvenes en métodos modernos de construcción en madera, ordene los siguientes enunciados de más a menos relevante. Al lado derecho de cada enunciado aparecen flechas que le permitirán mover las opciones y ordenarlas según su preferencia. \*

Propiedades de la madera como material
Diseñar construcciones pensadas exclusivamente desde la madera como materia prima
Evaluación de calidad
Manejo y tratamiento de la madera
Seguridad y normativas
Logística (transporte correcto del material, condiciones de almacenamiento)
Sustentabilidad: optimización de los materiales
Herramientas digitales (Diseño, programación y operación de procesos mecanizados)
Ejecución y construcción de proyectos en madera

18. Por favor, asigne a cada uno de los conocimientos de la columna izquierda una carrera u oficio, según lo que usted considere **imprescindible** que debe enseñarse, para que puedan desarrollarse de mejor manera métodos modernos de construcción en madera. \*

Pueden repetirse las carreras u oficios

	Arquitectura	Construcción civil	Técnico en construcción	Licenos técnicos en construcción	Carpintería	Ingeniería civil
Propiedades de la madera como material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprender a diseñar construcciones pensadas exclusivamente desde la madera, considerando aspectos físicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Herramientas digitales (Diseño, programación y operación de procesos mecanizados)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logística (transporte correcto del material, condiciones de almacenamiento)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ejecución y construcción de diseños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Normativas y seguridad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Control de calidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Por último, ¿Desea recibir un resumen de los resultados de este estudio? \*

Sí

No

20. Por favor, indiquenos su correo para poder hacerle llegar la información \*

## Anexo 7: Glosario

**Construcción Fuera de Sitio (offsite):** Se refiere a la fabricación de componentes y sub-ensamblajes de un edificio o casa fuera del sitio de construcción, para luego ser transportados y ensamblados en el lugar donde se construirá la vivienda.

**Construcción Industrializada (CI):** Definida en la Norma NCh3744:2023, se refiere a una forma de construir que busca lograr mejoras en productividad, sostenibilidad, gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), plazos y costos, entre otros. Esta forma de construcción puede incluir o no elementos prefabricados. En el contexto de la industrialización de la madera, implica procesos automatizados y estandarizados para la producción y ensamblaje de componentes de madera.

**Construcción Modular:** Método de edificación en el que una estructura se fabrica en módulos o secciones dentro de un entorno controlado, como una fábrica, antes de ser transportada y ensamblada en su ubicación final.

**Construcción Prefabricada:** Definida según la Norma NCh3744:2023, es una técnica dentro de la CI que implica la fabricación de componentes o módulos en un entorno de fábrica, que luego son transportados al sitio de construcción para su ensamblaje. Los elementos prefabricados son producidos en serie, facilitando su integración en el proceso constructivo y permitiendo una mayor calidad y consistencia en comparación con la construcción tradicional in situ. Utiliza elementos estructurales, para reducir el tiempo de construcción y mejorar la eficiencia.

**Diseño para Manufactura y Montaje (DfMA):** Introduce soluciones y procesos en el diseño de proyectos para facilitar la fabricación y el montaje de partes y piezas. Es un “driver” para la construcción industrializada.

**Eficiencia Energética:** Uso de técnicas y materiales para reducir el consumo de energía durante la vida útil de una edificación. En la construcción de madera, esto puede involucrar la selección de maderas con propiedades aislantes o el diseño para minimizar el consumo energético.

**Habilitadores:** Se refieren a un conjunto de tecnologías, métodos y prácticas que abarcan desde el diseño hasta la operación y ayudan a la implementación exitosa de los MMC. Entre estos se consideran la integración temprana, los sistemas de trabajo colaborativo, las metodologías de optimización de procesos, el liderazgo, y la coordinación y entrenamiento de las personas.

**Madera Laminada Cruzada (CLT):** Material clave en la construcción moderna en madera que permite construir estructuras altas y complejas. Se trata de un tipo de panel estructural hecho de varias capas de madera, generalmente de abeto, unidas en ángulos rectos. Estas capas se colocan perpendicularmente entre sí, mejorando significativamente la resistencia, estabilidad y rigidez del panel en todas las direcciones.



**Métodos Modernos de Construcción (MMC):** Según CTEC (2024), se definen como métodos que buscan hacer más eficiente el uso de recursos para mejorar la productividad y sustentabilidad de los proyectos de edificación e infraestructura a lo largo de todo el ciclo de vida. Abarcan soluciones constructivas, tecnologías, metodologías y procesos estructurados en siete categorías. La integración de estos métodos debe darse desde etapas tempranas en los procesos de desarrollo de los proyectos, por medio de “habilitadores” o “metodologías de trabajo colaborativo”, como el Modelado de Información para la Construcción (BIM). Existen siete categorías que entregan opciones para la fabricación, montaje, ensamblaje y monitoreo en obra/ emplazamiento final: Módulos Estructurales 3D, Componentes Estructurales 2D, Componentes Estructurales 1D, Componentes Aditivos, Prefabricados no Estructurales, Partes y Piezas Sustitutivas y Tecnologías Sustitutivas.

**Modelado de Información para la Construcción (BIM):** Conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten el diseño, construcción y operación de un proyecto de edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. El uso de BIM optimiza el uso de los MMC, tanto para la producción en fábrica como para la fase de montaje o la optimización de procesos en obra mediante la construcción digital. Utiliza modelado 3D para representar características físicas y funcionales de la edificación.

**Productos de Madera Ingenierizada:** Productos (como CLT y Glulam) desarrollados gracias a avances en la tecnología que ofrecen mayor resistencia y estabilidad, abriendo más posibilidades para el uso de la madera en la construcción.

**Sistemas estructurales de madera:** Se refiere a los sistemas que utilizan exclusivamente madera para los componentes principales de construcción.

**Técnicas/Sistemas Híbridos de Construcción:** Técnicas de construcción moderna que combinan la madera con materiales como acero y concreto. Este enfoque permite aprovechar las fortalezas de cada material, resultando en estructuras funcionales y estéticamente agradables.

Anexo 8: Tablas de mallas curriculares

Excel con tablas por carrera sobre mallas curriculares: [Tablas Mallas por Carrera](#)