INSTITUTO FORESTAL

EL MERCADO DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA EN CHILE

Madera Laminada Encolada y Cerchas Industrializadas



Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INFOR Instituto Forestal

60 AÑOS

CORFO

Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen del archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

EL MERCADO DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA EN CHILE

Madera Laminada Encolada y Cerchas Industrializadas

Janina Gysling[1]; Carlos Kahler; Daniel Soto; Wilson Mejías; Juan Carlos Bañados; Pamela Poblete; Daniela Baeza; Verónica Álvarez y Evaristo Pardo

Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a través de Bienes Públicos Orientados al Sector de la Construcción

INSTITUTO FORESTAL
2021

[1]Ingeniera Forestal – Investigadora del Instituto Forestal. jgysling@infor.cl



INSTITUTO FORESTAL
Sucre 2397 Ñuñoa
Santiago. Chile
F. 223667115
Área de Información y Economía Forestal
Sede Metropolitana.
www.infor.cl
http://wef.infor.cl/

ISBN impreso : 978-956-318-229-3
ISBN digital : 978-956-318-230-9

Registro de Propiedad Intelectual N° 2022-A-2579

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación citando la fuente:

Gysling, Janina; Kahler, Carlos; Soto, Daniel; Mejías, Wilson; Bañados, Juan Carlos; Poblete, Pamela; Baeza, Daniela; Álvarez, Verónica y Pardo, Evaristo, 2021. El Mercado de Productos de Ingeniería en Madera en Chile: Madera Laminada Encolada y Cerchas Industrializadas. Instituto Forestal, Chile. 72 p. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31356

ÍNDICE

	PRESENTACIÓN	1
1.	**MADERA LAMINADA ENCOLADA (MLE)**	**3**
1.1	Normativa para Madera Laminada Encolada	4
1.2	Oferta de Madera Laminada Encolada	9
1.2.1	Producción	9
1.2.2	Abastecimiento	13
1.2.3	Ocupación	15
1.2.4	Proceso Productivo	15
1.2.5	Estructura de Costos	17
1.2.6	Problemas y Perspectivas	17
1.3	Demanda de Madera Laminada Encolada	19
1.3.1	Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Primarias	19
1.3.2	Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Secundarias	24
1.4	Aspectos de Comercialización	31
2.	**CERCHAS INDUSTRIALIZADAS DE MADERA**	**33**
2.1	Normativa para Cerchas de Madera	34
2.2	Oferta de Cerchas Industrializadas	36
2.2.1	Producción	36
2.2.2	Abastecimiento	38
2.2.3	Ocupación	40
2.2.4	Proceso Productivo	41
2.2.5	Estructura de Costos	42
2.2.6	Problemas y Perspectivas	42
2.3	Demanda de Cerchas de Madera	43
2.3.1	Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Primarias	43
2.3.2	Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Secundarias	48
2.4	Aspectos de Comercialización	51
3.	**COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA**	**55**
3.1	Importaciones	55
3.2	Exportaciones	57
4.	**MAPA DE LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA EN CHILE**	**59**
5.	**CONCLUSIONES**	**61**
	REFERENCIAS	**63**

PRESENTACIÓN

El documento que se presenta ha sido elaborado por el área de Información y Economía Forestal del Instituto Forestal (INFOR), en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción", financiado por CORFO.

Los Productos de Ingeniería en Madera (*Engineered Wood Products*) corresponden a un conjunto de productos estructurales para la construcción, fabricados en base a tablas, hojuelas, chapas u otras formas de fibras de madera unidas con adhesivos, obteniendo una unidad de grandes dimensiones, con características de resistencia superiores a la madera. Tienen un desempeño predecible y, por lo tanto, confiable, al mismo tiempo que se logra un uso más eficiente de los recursos madereros.

A nivel mundial estos productos muestran una evolución creciente, tanto en la construcción habitacional como no habitacional, particularmente en las últimas décadas en que la construcción con madera ha tenido un importante auge por su contribución a mitigar los efectos del cambio climático.

En Chile, este segmento de la industria de la madera ha tenido una evolución relativamente lenta, en línea con la evolución de la construcción con este material. Sin embargo, en los últimos años también ha habido un aumento del interés en este ámbito, en el que la industria de productos de ingeniería en madera se está haciendo parte. Por esta razón, INFOR ha incorporado a su plataforma de estadísticas forestales al rubro de productos de ingeniería, actualmente representado por las industrias de madera laminada encolada, cerchas industrializadas y vigas *I-joists,* mediante la realización de catastros anuales a esta industria (2020 y 2021), lo que ha permitido conocer sus principales parámetros y características.

En este contexto, el presente estudio de mercado tiene por objeto contribuir a la toma de decisiones de los actores públicos y privados que se desempeñan en el ámbito de la construcción en madera, entregando un análisis informado de la oferta y demanda de madera laminada encolada y cerchas industrializadas de madera, dos productos de gran relevancia para las perspectivas de desarrollo sectorial.

INFOR agradece a todas las personas, empresas e instituciones que contribuyeron con información para el buen desarrollo de esta investigación.

Como todas las publicaciones del Área de Información y Mercado, este documento está disponible en su página de estadísticas forestales, específicamente en:
https://wef.infor.cl/fortalecimiento/fortalecimiento.html#documentos.html

1. MADERA LAMINADA ENCOLADA (MLE)

En Chile, la norma NCh 2151 (INE, 1989a), define a la madera laminada encolada como el "Producto que resulta de la unión mediante adhesivos, de piezas de madera clasificadas estructuralmente a través de sus caras, extremos y cantos, para formar elementos no limitados en escuadría ni en longitud en los que las fibras deben quedar longitudinalmente paralelas entre sí y que funciona como una sola unidad estructural". Las piezas de madera se ensamblan longitudinalmente mediante uniones dentadas o *finger joint*.

A nivel mundial, las especies madereras generalmente usadas en la producción de MLE son coníferas y en Chile se fabrican principalmente con una de estas especies, el pino radiata. Con MLE se pueden fabricar vigas y pilares los cuales pueden ser elementos rectos de secciones constantes o de curvaturas simples, dobles, triangulares, cóncavas o convexas, entre otras (CORMA, 2011). El uso mayoritario que se le da en Chile a este producto de ingeniería en madera es como vigas estructurales en obras no habitacionales (CORMA, 2011), mientras que en Estados Unidos se usan masivamente como pilares, vigas y dinteles (*headers*) en construcción residencial (FEA, 2017).

La madera laminada encolada permite diseñar estructuras con diferentes calidades estructurales y estéticas. Existen piezas de calidad industrial (para aquellas sin exigencias estéticas), de calidad visual normal (para piezas a emplear en construcciones en general) o de calidad selección (para piezas de alta exigencia estética) a las que se le eliminan nudos y defectos propios del material (INN, 2013). Otra característica de la MLE es que permite trabajar con escuadrías y largos menores y variables, que al unirse logran la calidad estructural requerida, entregando al proyecto una imagen de levedad y liviandad, especialmente en obras con grandes luces. Otra ventaja de la MLE respecto de la madera aserrada es que tiene hasta un 80% más de resistencia y hasta un 40% más de rigidez, lo que también contribuye a la construcción de estructuras de grandes luces con piezas esbeltas (CORMA, 2011). La variedad de formas y dimensiones que permite la MLE es sin duda su principal atractivo, por lo que es un material que ha sido utilizado en numerosos proyectos de arquitectura, con fines habitacionales y no habitacionales.

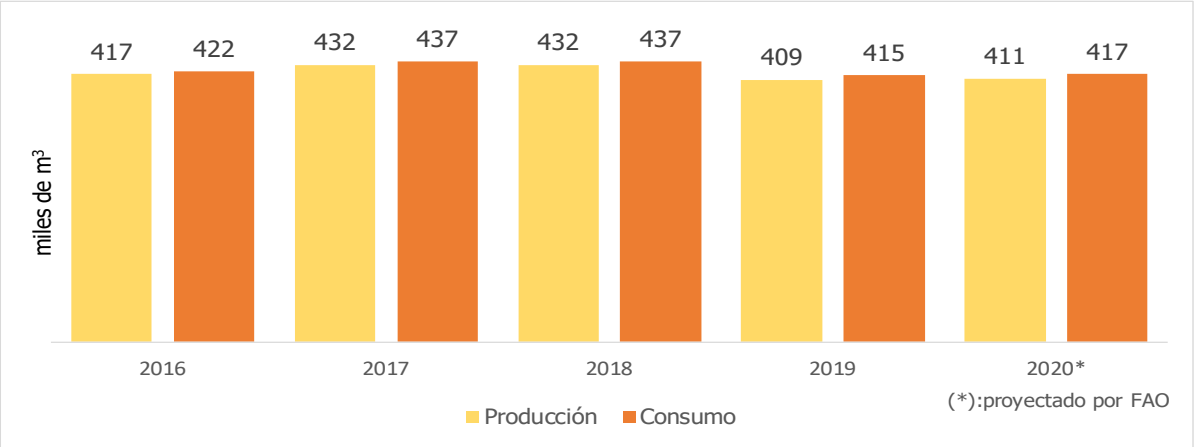
En volumen, la madera laminada encolada es el producto más importante de la industria de ingeniería en madera a nivel mundial. Una estimación del año 2015 señala que el consumo global de MLE llegó a 5,3 millones de m^3, lo cual fue más del doble del consumo de Madera Laminada de Chapas (*Laminated Veneer Lumber*, LVL) (FEA, 2017). Otras fuentes indican que Europa y Japón son los que dominan el mercado de madera laminada encolada, juntos representan el 84% del consumo mundial y el 74% de la capacidad de producción (UNECE/FAO, 2020).

Austria y Alemania son los mayores productores en Europa, alcanzando en el 2019 una producción estimada en 1,56 millones de m^3 y 1,19 millones de m^3, respectivamente (Holzkurier, 2020). La producción de estos dos países representa más del 80% de la producción del continente (FEA, 2017), con lo cual se puede deducir que la producción total de Europa en el año 2019 fue de 3,44 millones de m^3, y que la producción mundial es alrededor de 5,2 millones de m^3, lo que respalda la estimación del año 2015 y deja en evidencia que la producción de MLE se ha estabilizado en ese nivel.

Austria exporta grandes volúmenes de MLE y también de CLT (*Cross Laminated Timber*) a Italia, país que es el principal importador europeo de estos productos (650.000 m^3), seguido de Alemania (415.000 m^3) y Suiza (140.000 m^3) (UNECE/FA0, 2019). Alemania e Italia concentran más de la mitad del consumo de madera laminada encolada de Europa (FEA, 2017). Cabe señalar que el CLT es otro producto de ingeniería muy importante y de gran consumo, principalmente en Europa; en Chile se ha fabricado en pequeños volúmenes para proyectos específicos, pero actualmente está en sus inicios el proyecto de la empresa Niuform Chile, que tiene entre sus objetivos llegar a producir 30.000 m^3 de CLT al año, junto con 15.000 m^3 de MLE.

Japón es el segundo mayor mercado de MLE en el mundo, con una demanda de 1,92 millones de m³ en 2017 (MAFF, 2018). Más de un tercio de este volumen es importado, lo que convierte a este país en el mayor importador mundial del producto (FEA, 2017).

En Estados Unidos el consumo de madera laminada encolada durante el año 2019 fue de 415.000 m³ (UNECE/FA0, 2020), un 5% menos que en el 2018. Así mismo, la producción de este elemento durante el año 2019 alcanzó a 409.000 m³, mientras que el año anterior fue de 432.000 m³ lo que evidencia una caída de 5,3% (UNECE/FA0, 2020). Las proyecciones realizadas por FAO indican que durante el año 2020 la producción llegó a 411.000 m³, mostrando una leve recuperación a pesar de la pandemia. Considerando que en Estados Unidos la MLE tiene un uso mayoritario en la construcción habitacional, las estimaciones de FAO están en línea con la positiva evolución de la construcción residencial en ese año, como resultado de los estímulos a la reactivación económica del país. Cabe señalar que la MLE compite en la construcción habitacional con otros elementos de madera tales como LVL (*Laminated Veneer Lumber*), PSL (*Parallel Strand Lumber*) y LSL (*Lamited Strand Lumber*). EL LVL es el elemento más comercializado como vigas, ocupando el 75% del mercado, seguido por la MLE con el 12% (FEA, 2017). Para el año 2020, FAO estima que el consumo de madera laminada en la construcción residencial fue de 258.500 m³, mientras que en la construcción no residencial fue de 158.500 m³, totalizando en 417.000 m³ (UNECE/FA0, 2020).



(Fuente: UNECE/FA0, 2020)
Figura N°1. Producción y consumo de MLE en Estados Unidos

1.1 Normativa para Madera Laminada Encolada

La Ley que regula la construcción en Chile es el Decreto con Fuerza de Ley N° 458 de 1976 "Ley General de Urbanismo y Construcción" del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la cual establece disposiciones legales relativas a la planificación urbana, urbanización y construcción, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbanización y construcción (MINVU, 1976). Complementariamente, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) es el cuerpo normativo de la "Ley General de Urbanismo y Construcción" (MINVU, 1992), regulando el proceder administrativo, el proceso de planificación urbana, la urbanización y construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción.

En este contexto, La Ley General de Urbanismo y Construcción estipula el cumplimiento de Normas Técnicas, que son las que contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, de manera de dar cumplimiento a los estándares exigidos en la OGUC. En el estudio de INFOR "Madera y Construcción: Hacia una Simbiosis Estratégica" (INFOR,

2021a) se realiza un completo análisis del entorno legal y normativo de la construcción con madera en Chile.

En el presente estudio, se destaca la normativa relativa a la Madera Laminada Encolada (MLE), producto para el cual existen las siguientes cuatro normas que establecen los procedimientos para su correcta fabricación y uso:

- NCh 2148: Madera laminada encolada estructural – requisitos e inspección (INE, 2013).
- NCh 2149: Madera – Madera aserrada – determinación del módulo de elasticidad en flexión – método de ensayo no destructivo (INE, 1989b).
- NCh 2150: Madera laminada encolada – Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata (INE, 1991a).
- NCh 2165: Madera laminada encolada – Tensiones máximas admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata (INE, 1991b).

- **NCh 2148 Of 89: Madera Laminada Encolada Estructural - Requisitos e Inspección**

En esta norma se establecen los requisitos mínimos que se deben cumplir en la producción de madera laminada encolada estructural, incluyendo entre otros: tipo de madera, adhesivos, proceso de laminación, tamaños y tolerancias.

a) Madera

Para los efectos de la NCh 2148, la madera debe ser de pino radiata. La madera aserrada debe ser seleccionada y clasificada de acuerdo con la norma NCh 2150. El espesor neto de la madera aserrada no debe exceder de 50 mm.

b) Adhesivos

i) Uso interior: Cuando se espera que el contenido de humedad de la madera, en condiciones de servicio, no exceda de 16% durante periodos prolongados o repetitivos, se acepta el uso de adhesivos que cumplan con ASTM D 3024. Este tipo de adhesivo no debe ser usado si el contenido de humedad de la madera excede de 16%, o si la madera laminada se trata químicamente después del encolado.

ii) Uso exterior: Los adhesivos para uso exterior que cumplan con ASTM D 2559 pueden ser usados para todas las condiciones de humedad, exigiéndose su uso cuando se espera que el contenido de humedad de la madera exceda de 16% durante periodos prolongados o repetitivos de servicio. Si se considera un tratamiento químico de la madera, antes o después del encolado, deben emplearse adhesivos de uso exterior. Las combinaciones de adhesivos que contienen urea no son aceptadas en la fabricación de madera laminada encolada.

c) Uniones de extremo

Para generar piezas de mayor longitud, las piezas de madera aserrada estructural deben unirse por sus extremos de acuerdo a las especificaciones de la norma NCh 2148. Los cortes necesarios para generar la unión deben ser de una exactitud y limpieza tal que no se presenten desgarramientos, desprendimientos o aplastamientos de las fibras de la madera en el extremo a unir. La maquinaria utilizada debe tener una precisión tal que, al unir las piezas sin adhesivos con una leve presión, el ajuste de las superficies no permita la penetración de un calibre de 0,1 mm de espesor, en cualquier punto de la unión.

En la conformación de una pieza de madera laminada se pueden tener diferentes tipos de uniones de extremo:

- Uniones inclinadas: La normativa establece que en estas uniones se debe mantener una presión en toda la superficie de la unión hasta que el adhesivo fragüe, para así alcanzar el total de resistencia de la unión. Así mismo, el diámetro de los nudos y agujeros no debe exceder de un cuarto del ancho nominal de la madera ocupada en las láminas de elementos traccionados y en las zonas exteriores (10% de la altura) de elementos flexionados. Si la unión se materializa durante el proceso de encolado, las piezas se deben fijar con clavos o tarugos de madera, para asegurar su posición.

- Uniones dentadas: Este tipo de ensambles puede tener "orientación perpendicular" o bien "orientación paralela". En el caso de la "orientación perpendicular" el perfil de los dientes aparece sobre el ancho de la pieza, mientras que en la "orientación paralela" el perfil de los dientes aparece sobre el canto de la pieza. En la zona de la unión, la madera no debe contener nudos.

d) Uniones de canto

- Uniones de canto encolada: Las uniones de canto no requieren de encolado, excepto cuando corresponden a piezas que se diseñan específicamente para solicitaciones paralelas a las caras de las láminas y en aquellas en las cuales las tensiones efectivas de cizalles exceden el 50% de los valores de diseño en cizalle paralelo, calculados estos con la sección transversal total. Para este caso no existe restricción respecto al espaciamiento entre uniones del mismo tipo, ubicadas en láminas adyacentes.

- Uniones de canto sin adhesivo: Cada unión de canto de elemento laminado horizontalmente, que no es encolada antes del proceso general de unión de las láminas, debe distanciarse lateralmente de aquellas ubicadas en láminas adyacentes.

e) Encolado

Para realizar un correcto encolado se debe controlar el nivel de humedad de las láminas en función de la humedad de equilibrio, cumpliendo los siguientes requisitos:

- Si la humedad de equilibrio del lugar donde el elemento laminado prestará servicio es menor que 16%, cada lámina debe tener un contenido de humedad menor que 16% y el contenido de humedad promedio del elemento laminado debe ser igual a la humedad de equilibrio acordada entre el fabricante y usuario, con una tolerancia de ± 2%.

- Si la humedad de equilibrio del lugar donde el elemento laminado prestará servicio es igual o mayor que 16%, cada lámina debe tener un contenido de humedad menor que 20%.

- La variación del contenido de humedad a lo largo de una lámina y entre las láminas de una pieza de madera laminada encolada, no debe exceder de 3%.

- La variación del contenido de humedad entre las láminas que conforman un elemento estructural de madera laminada encolada, no debe exceder de 5%.

Otro aspecto a evaluar durante el encolado de las piezas es el control de defectos. Las láminas a utilizar pueden tener acanaladuras y arqueaduras de una magnitud tal que ellas pueden ser anuladas con la aplicación de la presión durante el prensado. Así mismo estas pueden presentar una proporción de canto muerto, siempre que en el proceso de elaboración final del elemento

desaparezca dicho defecto. Al encolar las láminas, sus superficies deben estar cepilladas y libres de polvo, manifestaciones de resina o cualquier sustancia que pueda afectar el proceso de encolado.

f) Presión y prensando

En las líneas de encolado se debe aplicar una presión de al menos 0,7 MPa, pero no debe superar la tensión en compresión normal a las fibras para el pino radiata. La presión debe ser aplicada utilizando prensas que aseguren una presión uniforme sobre las caras de las láminas y se debe mantener durante un periodo de tiempo que pueda asegurar el contacto entre las láminas y la película continua de adhesivo. El tiempo total de este proceso dependerá de las condiciones ambientales que existan durante el proceso de prensado.

g) Maduración

Una vez prensada la madera laminada encolada, debe almacenarse bajo techo a una temperatura de entre 15ºC y 20ºC, con un periodo mínimo de maduración de 24 h, para elementos encolados con adhesivo de uso exterior y de 7 días, para elementos con adhesivo de uso interior. Si el almacenamiento se realiza a temperaturas mayores a 20ºC, los tiempos de maduración se pueden reducir.

h) Dimensiones y tolerancia

La pieza de madera laminada encolada tiene una tolerancia de ± 2 mm en el ancho, entre 0,5%-1% en la altura (con un máximo de 3 mm) y en la longitud se tienen ±2 mm en piezas de hasta 6 metros y ± 0,03% en las mayores a 6 metros. En el caso de las curvaturas de la estructura, estas tienen una tolerancia de ± 6 mm en las longitudes de hasta 6 metros y con longitudes superiores a 6 metros y hasta un máximo de 20 metros, se utiliza la expresión: Tolerancia (mm)= ± (6 + 0,5 * (L-6)), donde L es el largo de la pieza.

i) Clasificación

- Clase Arquitectónica: Los elementos laminados de esta categoría deben presentar sus cuatro caras cepilladas y lijadas. Los posibles espacios que pudiesen aparecer en las caras deben ser rellenados. Los parches se fabrican con igual color, colocándose con sus fibras paralelas a las del elemento laminado. Las láminas exteriores deben estar libres de nudos sueltos y de agujeros y deben ser elegidas de tal manera que coincidan en color y dirección de la fibra en las uniones de extremos.

- Clase Comercial: La madera laminada encolada de esta categoría debe presentar sus cuatro caras cepilladas. Los daños y manchas en las superficies no necesitan ser corregidos. Las láminas exteriores deben estar libres de nudos sueltos y de agujeros.

- Clase General: Las piezas de esta clase se utilizan sin realizar modificaciones al producto que sale de la prensa. En términos de daños y manchas en las caras, estas no necesitan ser mejoradas.

j) Inspección y ensayos

Para asegurar que la madera laminada encolada cumpla con los requerimientos estipulados en la NCh 2148, se realizan los siguientes procedimientos de inspección y ensayos: comprobación en la línea de producción, ensayos físicos, inspección visual y marcado e identificación.

- **NCh 2150: Madera Laminada Encolada – Clasificación Mecánica y Visual de Madera Aserrada de Pino Radiata**

  En esta norma de establecen grados de calidad para la madera de pino radiata a utilizar en la fabricación de madera laminada encolada y los procedimientos para la clasificación de la misma.

  a) Grado de calidad

     La madera de pino radiata destinada a la fabricación de madera laminada encolada, se clasifica en dos grados que se denominan Grado A y Grado B, identificando a la madera de mejor calidad con el Grado A. Las especificaciones de la Norma NCh 2150 son válidas tanto para elementos con laminación horizontal como para elementos con laminación vertical. La norma incluye las especificaciones comunes a los dos grados aquí definidos, cualquiera sea el método de clasificación, mecánico o visual.

  b) Clasificación de la madera

     La Norma NCh 2150 establece una clasificación para la madera aserrada de pino radiata destinada a la fabricación de elementos estructurales laminados encolados. Esta Norma entrega dos métodos alternativos de clasificación:

     - Mecánica: Basado en la determinación experimental del módulo de elasticidad de cada pieza de madera aserrada.

     - Visual: Basada en la inspección ocular de las características que aparecen en cada pieza.

- **NCh 2165: Madera Laminada – Tensiones Admisibles para la Madera Laminada Encolada Estructural de Pino Radiata**

  La determinación de las tensiones admisibles para la madera laminada encolada, fabricada a partir de madera de pino radiata, involucra tres etapas: cálculo de tensiones máximas, cálculo del límite inferior y cálculo de tensiones básicas.

  a) Cálculo de tensiones máximas

     En este proceso se obtiene la resistencia de piezas de madera laminada a escala real, sometidas a solicitaciones de flexión, compresión y tracción paralela a la fibra, a través de ensayos normalizados. Así mismo, se obtienen las resistencias máximas para otras solicitaciones: cizalle, compresión normal a las fibras y tracción normal radial, a partir del ensayo de probetas libres de defectos, de tamaños estandarizados, extraídas al azar de la madera de pino radiata a utilizar.

  b) Cálculo del límite inferior de exclusión del 5%

     Dada la alta variabilidad que existe en las propiedades físicas a lo largo de una pieza de madera y entre las diferentes piezas, en lugar de tomar como base los valores medios de la resistencia para obtener las tensiones de diseño de la madera laminada, se establece un valor mínimo bajo el cual se espera la ubicación de no más del 5% de la población en estudio. Este indicador se denomina "Límite inferior con exclusión del 5%" y la metodología para su determinación está normalizada en el estándar ASTM D2555. Este límite asegura con certeza de 95 en 100, que la resistencia de una pieza cualquiera de madera laminada, es superior al límite inferior de resistencia elegido como base. Los valores que se obtienen para el "Límite de exclusión del 5%" son los de flexión, compresión paralela a las fibras, tracción paralela a las fibras y cizalle.

c) Cálculo de tensiones básicas

Los valores obtenidos para el "Límite inferior de exclusión del 5%" y el valor medio de compresión normal, son divididos por un factor de ajuste "n" que incluye una corrección por duración de carga, considerando una carga permanente de 10 años, trabajo elástico, trabajo en conjunto y un factor de seguridad. Los resultados de estos cálculos proporcionan las tensiones básicas que solo son aplicables a madera laminada estructural, libre de defectos.

Otros factores que pueden modificar las tensiones admisibles y que se detallan en el texto de la NCh 2165 son: duración de carga, temperatura, tratamiento químico, volcamiento, esbeltez, condición de carga, razón luz/altura, concentración de tensiones, curvatura y altura.

Además de las cuatro normas presentadas anteriormente, existe la norma NCh 2151: "Madera laminada encolada estructural – Vocabulario", donde se establece la terminología relativa al proceso de fabricación de madera laminada encolada.

1.2 Oferta de Madera Laminada Encolada

La información que se presenta a continuación proviene de la realización de los dos catastros que INFOR ha realizado a la industria de madera laminada encolada (MLE) en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas del Instituto Forestal, para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción", financiado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Los catastros a la industria de MLE, ejecutados en los años 2020 y 2021, constituyen una actividad que INFOR continuará realizando anualmente, con el objeto que los sectores públicos y privados cuenten con series estadísticas de este importante segmento de la industria secundaria de la madera, tanto para la definición de políticas públicas como para el desarrollo de proyectos de inversión y la ejecución de actividades relacionadas.

Siguiendo la metodología general que INFOR utiliza para la generación de las estadísticas forestales del país, se identificó un total de 14 empresas productoras de MLE, en vigas y pilares. Estas empresas fueron encuestadas por profesionales de la institución con la utilización de un formulario de encuesta diseñado para estos efectos. La información recopilada se incorporó a la plataforma de estadísticas forestales, herramienta de trabajo interno que permite generar las estadísticas y boletines estadísticos que están a disposición del público interesado.

1.2.1 Producción

Durante el año 2020, la producción de madera laminada encolada en Chile alcanzó a 22.092 m^3, representando una baja de 4,1% en relación al año anterior, moderada considerando las serias limitaciones que impuso la pandemia del COVID 19 a la actividad económica en general y a la actividad de la construcción en particular.

Alrededor de las tres cuartas partes de la producción de madera laminada encolada se realiza con madera aserrada de pino radiata, en tanto que el cuarto restante se fabrica a partir de pino oregón. Esta participación demuestra que uno de los principales destinos de la producción nacional de madera aserrada de pino oregón – 108 mil m3 en el 2020 – (INFOR, La 2021b) es la industria de MLE.

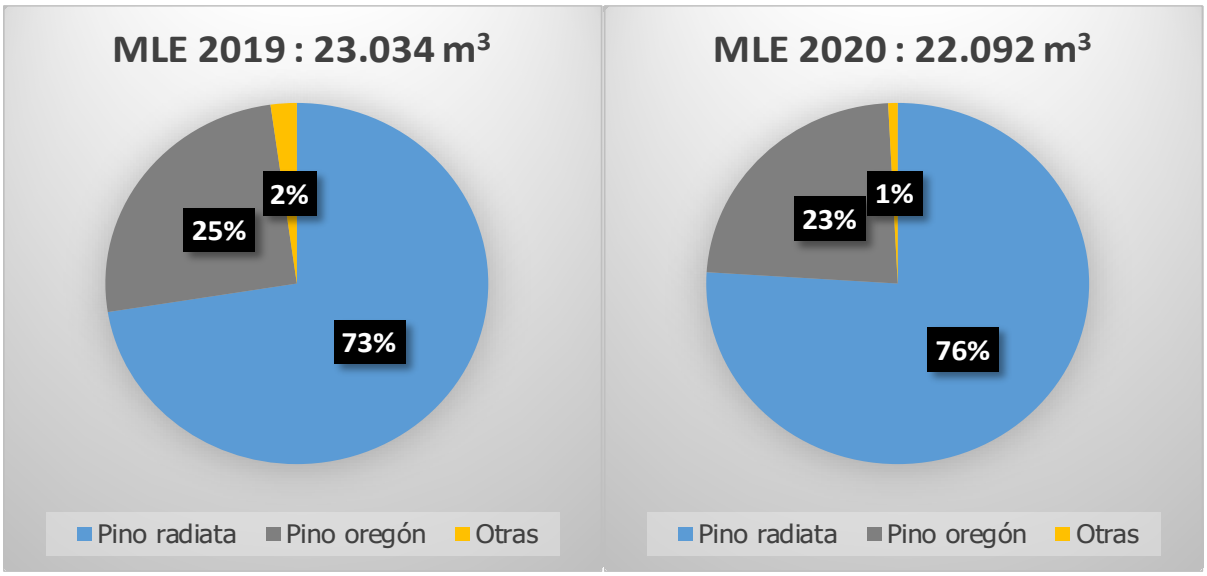


Figura N°2. Producción de MLE según especie

De acuerdo a los niveles de producción anual, la industria de MLE se puede subdividir en tres tamaños: grandes empresas, con producciones mayores a 3.000 m³/año; medianas, con producciones entre 1.000-3.000 m³/año, y las pequeñas, con producciones menores a 1.000 m³/año. Considerando las mediciones 2019 y 2020 realizadas por INFOR y la estimación 2021 entregada por la industria, se observa una tendencia de crecimiento sostenido en las empresas grandes, mientras que las empresas medianas tienden claramente a recuperarse de la caída que experimentaron en el 2020, pero las empresas pequeñas se mantienen aún muy por debajo del nivel pre pandemia.

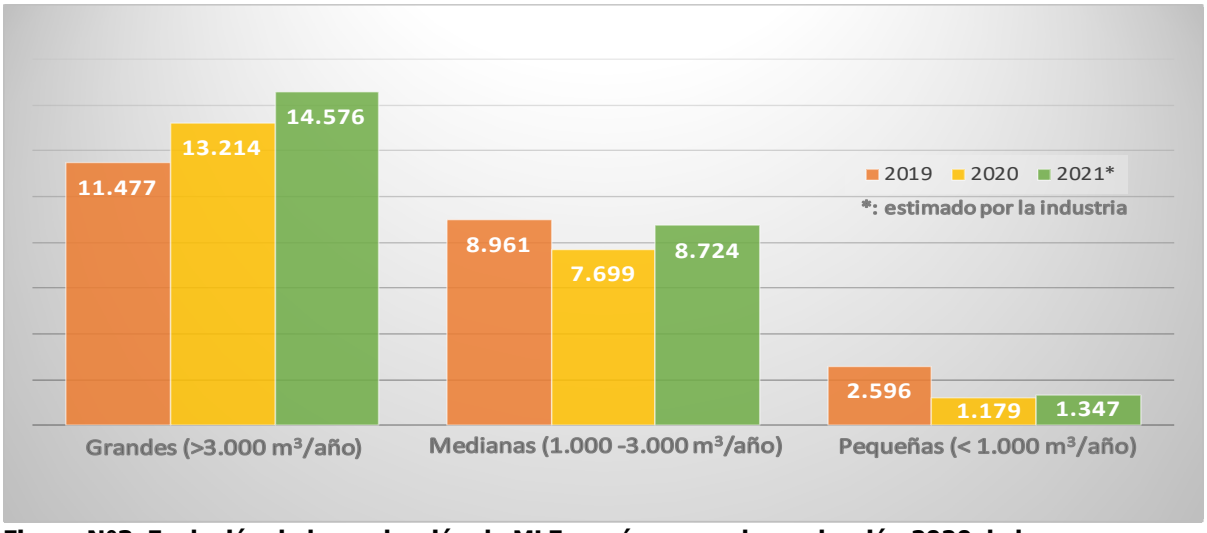


Figura N°3. Evolución de la producción de MLE, según rango de producción 2020 de la empresa

La periodicidad de la producción de la industria de MLE se vio afectada en el año 2020, pero los resultados para los años medidos reflejan que la industria está bien establecida y que los niveles de producción están consolidados. Sin embargo, se requiere de más mediciones anuales para poder ratificar esta característica de la industria.

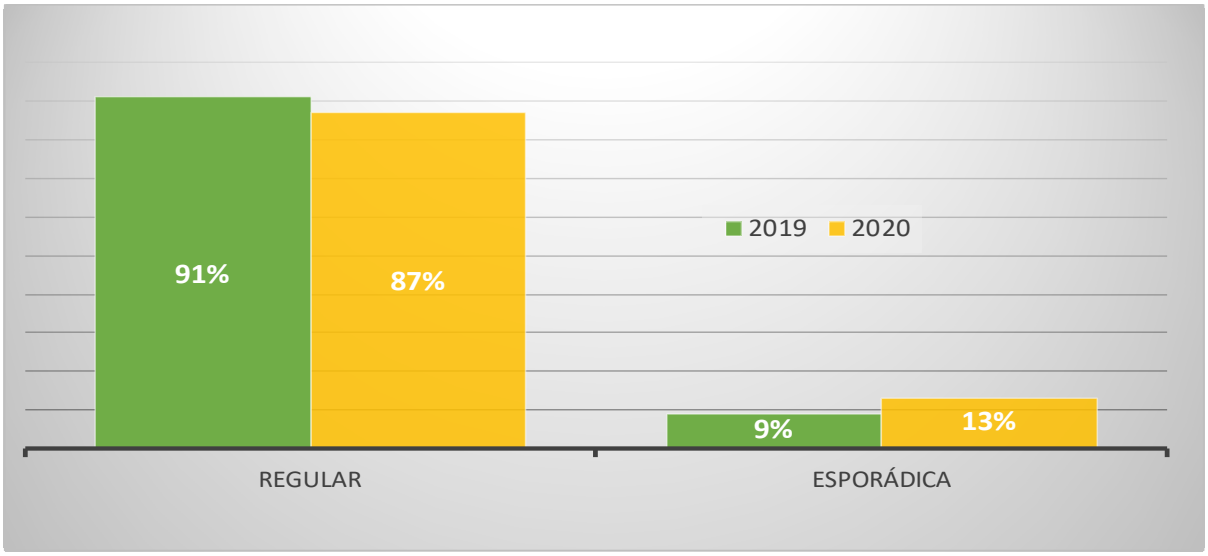


Figura N°4. Periodicidad de la producción de MLE

En Chile, la madera laminada encolada se fabrica en vigas y pilares. El principal producto son las vigas simplemente laminadas, los pilares se ubican en segundo lugar y también se fabrica una proporción pequeña de vigas laminadas impregnadas. En base a la producción 2020, las vigas laminadas participan con el 48,1%, los pilares laminados con el 39,3% y las vigas laminadas impregnadas con el 12,6%.

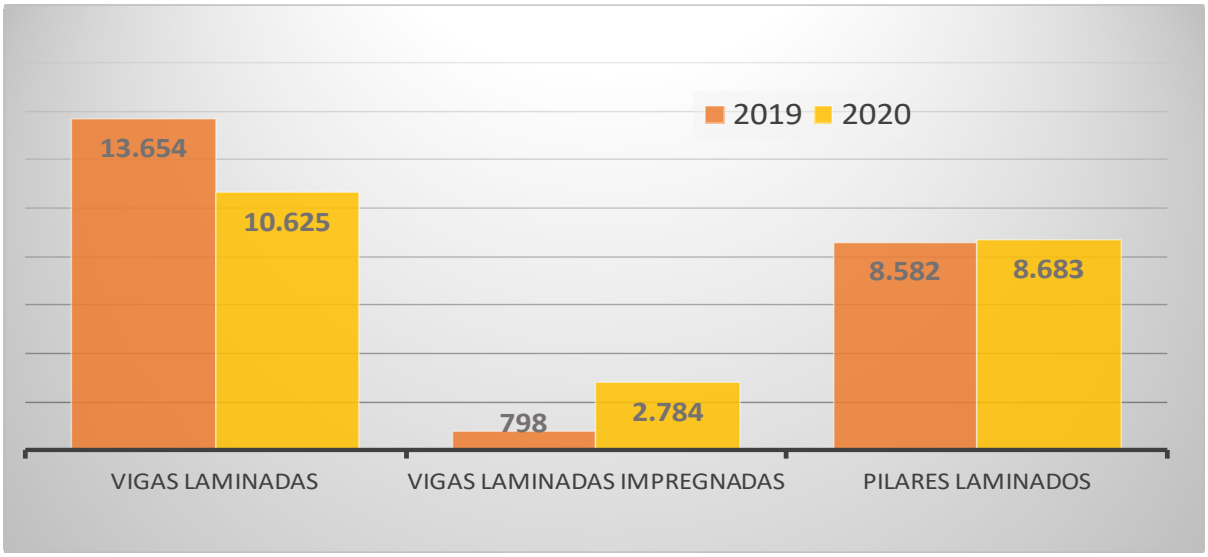


Figura N°5. Distribución de la producción de MLE según tipo de producto

Más del 80% de la producción se realiza en base a pedidos, es decir, es una producción que se realiza respondiendo a una demanda conocida, a través de proyectos constructivos de diversa índole en los que participa la industria de MLE como proveedora de elementos estructurales. Un 10% de la producción se ejecuta en base a la experiencia del año anterior, pero en el año 2019 una proporción pequeña de esta producción se realizó basándose solo en el objetivo de generar oferta. Al respecto cabe comentar que las posibilidades de difundir los productos de la industria de MLE entre los

potenciales clientes, descansan fundamentalmente en la exhibición de los proyectos donde se han utilizado vigas y/o pilares laminados.

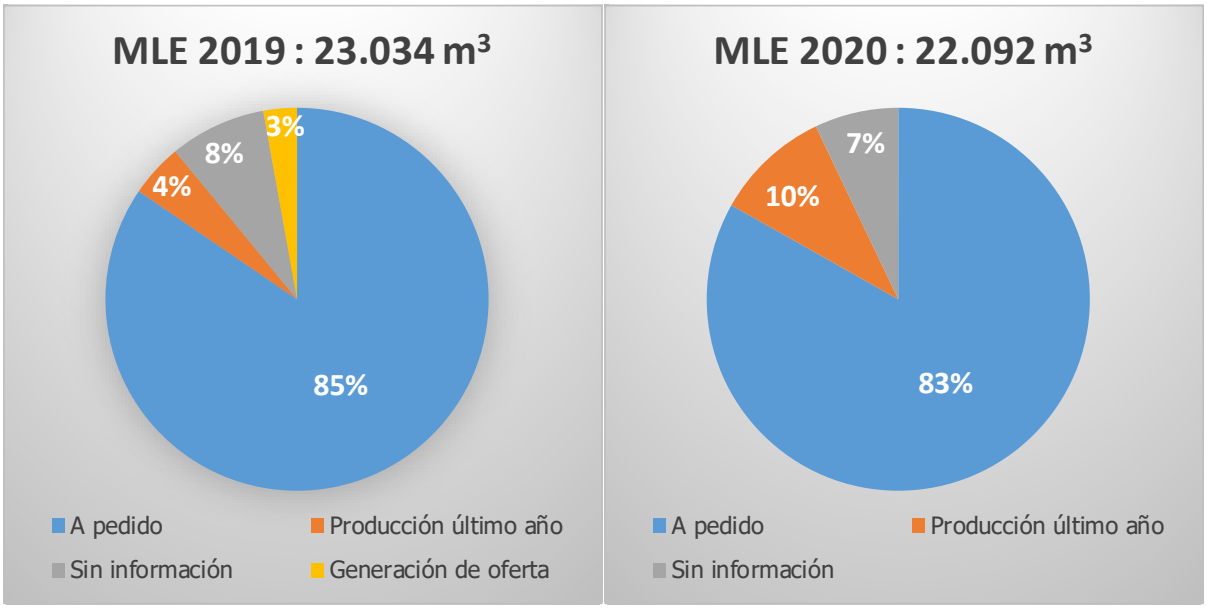


Figura N°6. Modalidades para determinar la producción de MLE en la industria

De acuerdo a lo señalado por la industria, en el año 2019 algo más del 10% de la producción se envió al mercado externo, mientras que en el 2020 esta participación subió al 15,3%, equivalente a 3.370 m³. En la sección de comercio exterior que se presenta más adelante, se entregan antecedentes de los destinos de estas exportaciones, al mismo tiempo que en la sección de comercialización se entrega información de los destinos de la madera laminada encolada en el mercado interno.

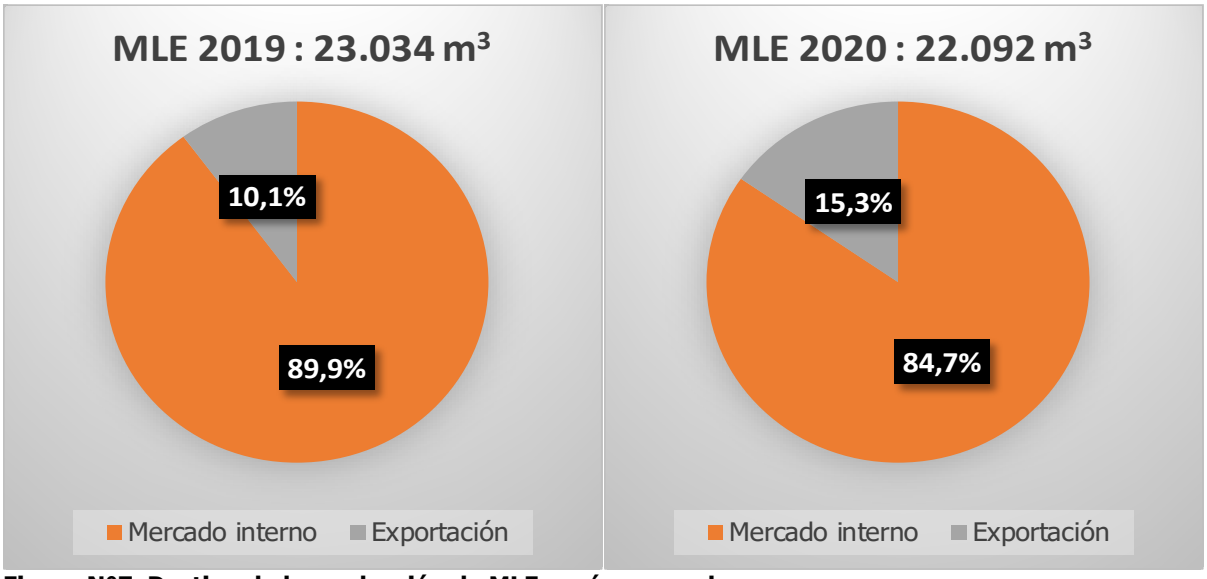


Figura N°7. Destino de la producción de MLE según mercado

1.2.2 Abastecimiento

La madera aserrada estructural es la materia prima fundamental para la industria de MLE. En el año 2020, el abastecimiento de esta materia prima alcanzó a 39.019 m³, de los cuales el 55,1% correspondió a grandes empresas, 33,3% a medianas y el restante 11,6% a pequeñas empresas. El rendimiento, medido como la razón entre la producción y el abastecimiento, alcanza un promedio en torno al 0,6 y está en línea con la evolución de la producción, excepto en las empresas pequeñas, donde el abastecimiento se mantuvo a pesar de la baja significativa en la producción, estimándose que esta situación puede ser el resultado de expectativas no concretadas que se tradujeron en *stock*.

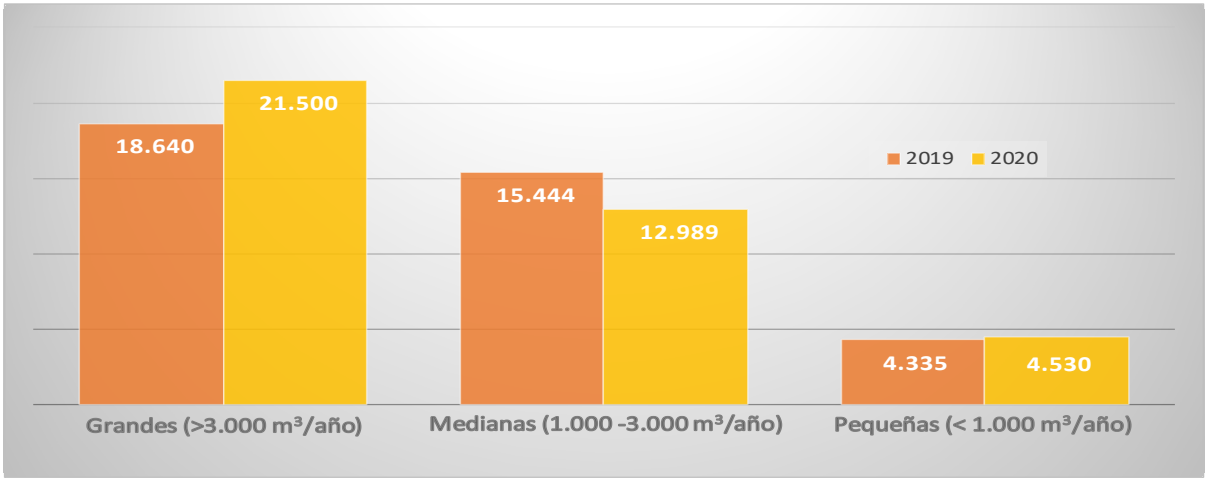


Figura N°8. Abastecimiento de madera aserrada en la industria de MLE, según rango de producción 2020

La distribución del abastecimiento de madera aserrada según el tipo de aserradero de origen, refleja que en el 2020 la industria de MLE se abasteció en más del 50% de sus propios aserraderos, en tanto que los aserraderos medianos participaron con el 27,4% y los aserraderos grandes con el 13,2%. Esta composición fue relativamente diferente en el año 2019, donde la participación de los aserraderos grandes fue bastante mayor.

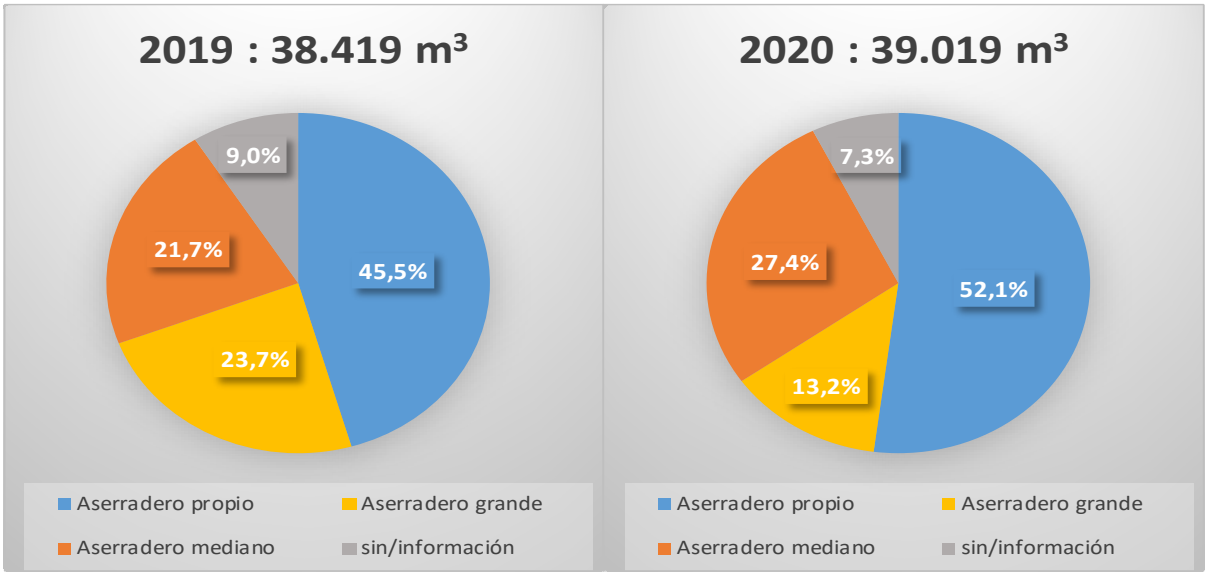


Figura N°9. Abastecimiento de la industria de MLE, según tipo de aserradero de procedencia

El abastecimiento de la industria está constituido mayoritariamente por madera aserrada seca. Consultados acerca de si exigen algún tipo de certificación de la madera aserrada con que se abastecen, el resultado fue que solo el 30% del abastecimiento está sometido a alguna exigencia de certificación, mientras que en torno al 50% no lo está, lo cual es compatible con el porcentaje de abastecimiento proveniente de aserraderos propios.

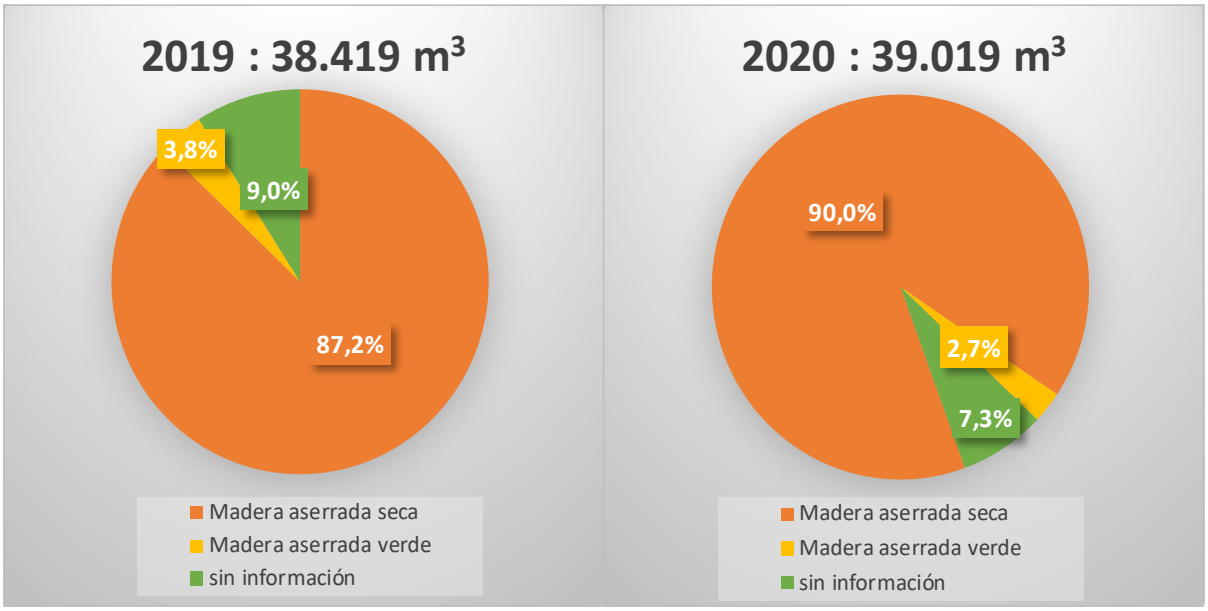


Figura N°10. Abastecimiento de la industria de MLE, según estado de la madera

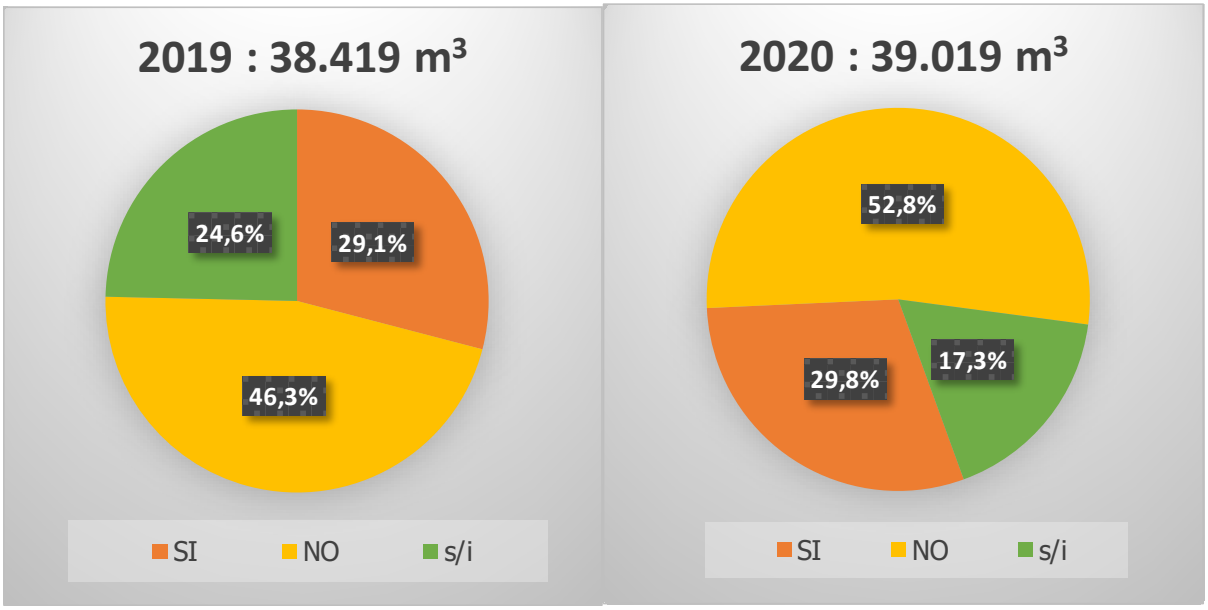


Figura N°11. Exigencia de certificación del abastecimiento de madera aserrada en la industria de MLE

1.2.3 Ocupación

La industria de madera laminada encolada emplea a 616 personas, de las cuales el 93,4% tienen empleos de tipo permanente y son principalmente operarios de las fábricas. Una participación similar, 93,2%, corresponde a puestos de trabajo ocupados por personas del género masculino.

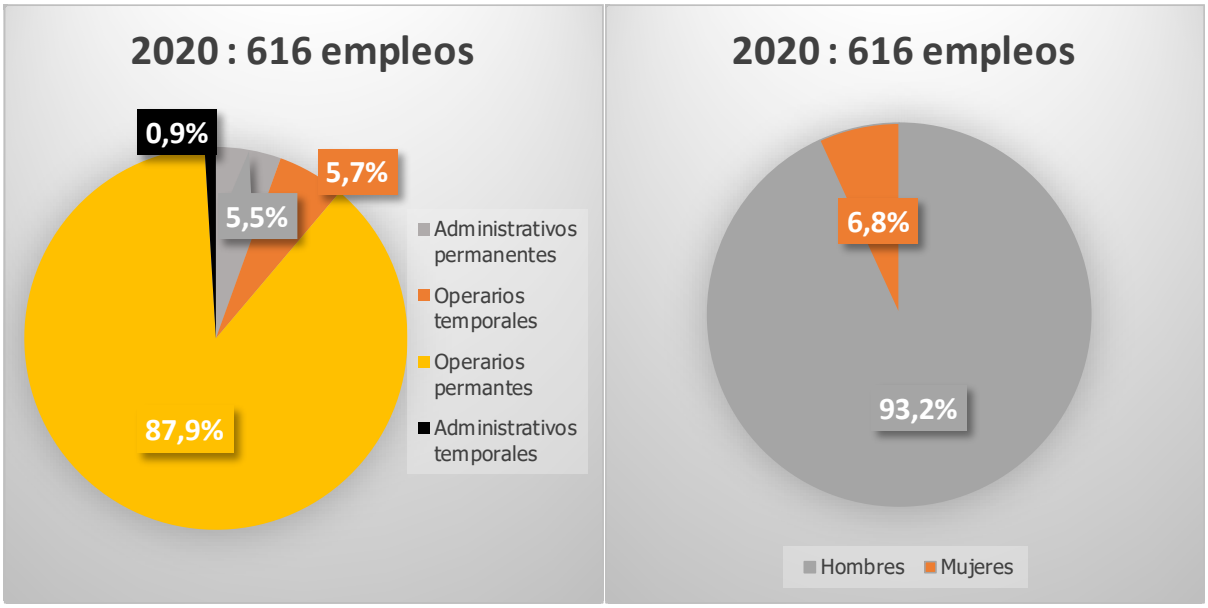


Figura N°12. Ocupación en la industria de MLE, según actividad, temporalidad y género de los empleados

1.2.4 Proceso Productivo

Según la información recopilada a través de la aplicación de la encuesta, las plantas de madera laminada encolada se abastecen casi en su totalidad de madera aserrada seca, pero cuando se abastecen de madera aserrada verde, primero es secada y luego clasificada. Eventualmente, la madera aserrada es impregnada, dependiendo de los requerimientos de la pieza que se quiera fabricar.

El primer proceso en la producción de laminados a partir de madera aserrada es la obtención de trozos de madera aserrada con los defectos permitidos de acuerdo al grado estructural exigido para la lámina (grado A o B, según NCh 2148). Luego, estos trozos se ensamblan mediante uniones dentadas para formar las láminas. Cuando el largo lo permite, algunas empresas se abastecen parcial o totalmente de láminas. Posteriormente, se realiza un cepillado para que las láminas alcancen las dimensiones deseadas. A continuación, se encolan entre sí y se prensan para formar la madera laminada, antes de que se inicie el fraguado del adhesivo, cuyo espesor debe quedar fino como una película y no como capa. Los adhesivos más utilizados para la fabricación son Melamina Urea Formaldehido (MUF) y adhesivo líquido a base de Poliuretano (PUR). Por último, la pieza de madera laminada encolada es cepillada para alcanzar su dimensión final. Opcionalmente, las vigas pueden tener un tratamiento de acabado con pintura o barniz, el cual se aplica en función de los requerimientos del mandante. El proceso completo de producción de madera laminada demora en promedio cuatro días, siendo la etapa más larga la del prensado, que demora entre 4 y 12 horas, dependiendo del tipo de adhesivo utilizado.

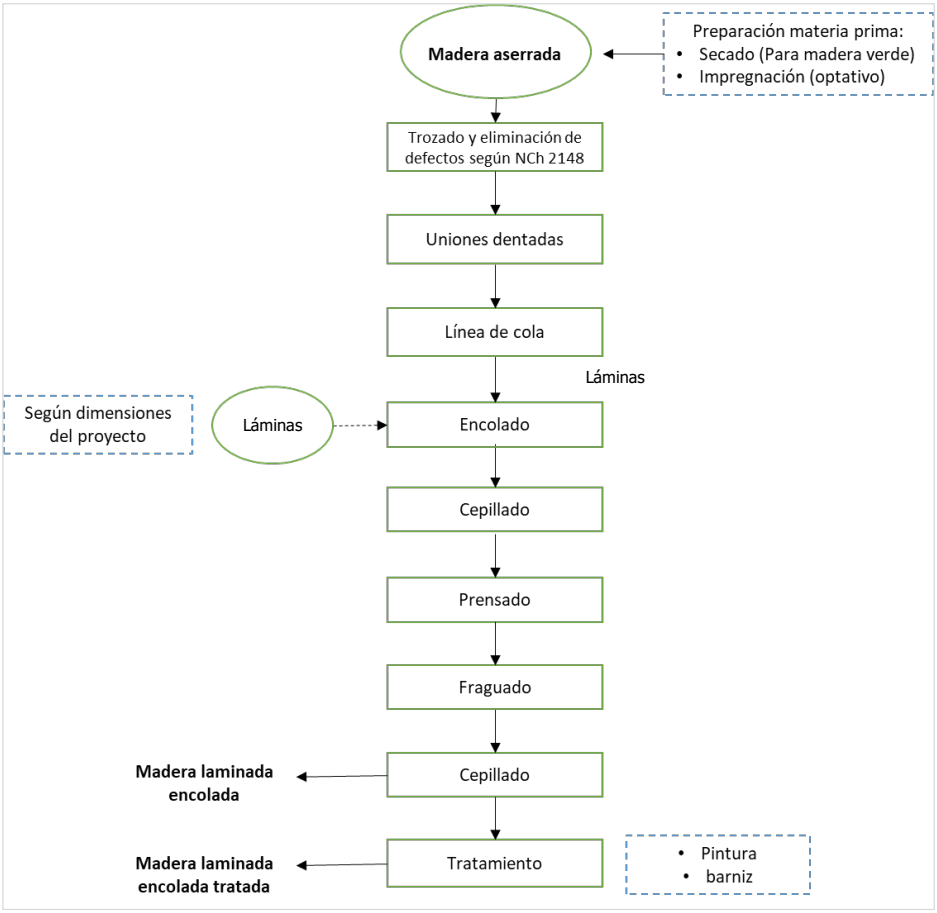


Figura N°13. ***Lay out*** **del proceso productivo de madera laminada encolada**

En cuanto a la maquinaria utilizada en el proceso productivo, todas las empresas consultadas declararon tener cámara de secado e impregnadoras para la preparación de la materia prima. Luego, para el proceso de laminado, destacan como elementos de corte la sierra huincha y las escuadradoras, en tanto que dos empresas tienen máquinas CNC. El prensado se realiza con prensas mecánicas e hidráulica y en menor medida con prensa manual.

Cuadro N°1. Maquinaria utilizada en la fabricación de madera laminada encolada

Proceso	Maquinaria	Número de empresas que tiene la maquinaria	Número total de maquinaria
Preparación de la materia prima	Cámaras de secado	3	3
	Impregnadora	2	2
Laminado	Sierra huincha	6	6
	Máquina CNC	2	2
	Escuadradora	5	5
	Inglete	1	1
	Finger Joint	10	14
	Encoladora	8	11
Armado y acabado	Prensa mecánica	9	14
	Prensa hidráulica	7	8
	Prensa manual	3	6
	Cepilladora	10	18
	Lijadora	7	10

1.2.5 Estructura de Costos

En Chile, el mayor costo de producción de MLE corresponde a la materia prima (42%), seguido de la mano de obra (25%) y los adhesivos y la energía (10%). Este orden de ítems es coherente con los que se registran en otros países, pero varían los porcentajes. El mayor porcentaje del costo ocupado por la mano de obra en Chile, se puede deber a que los procesos son menos automatizados que en los países con mayor desarrollo tecnológico.

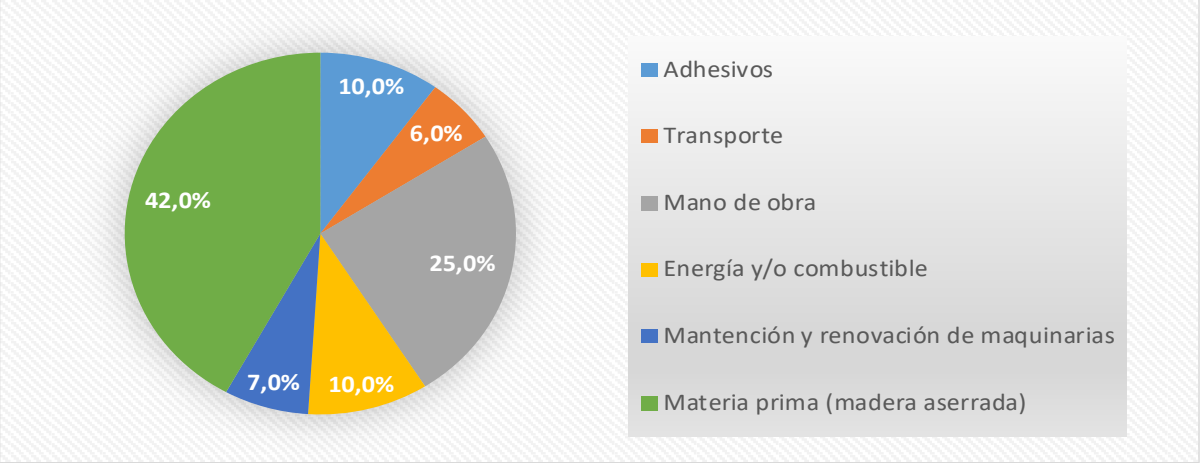


Figura N°14. Estructura de costos de producción de Madera Laminada Encolada en Chile

1.2.6 Problemas y Perspectivas

Se consultó a los productores de madera laminada encolada acerca de los problemas que enfrentan habitualmente en su actividad industrial, solicitándole que a partir de 10 opciones seleccionara las tres más importantes; las respuestas se valorizaron en función de la priorización entregada por la industria. Los resultados indican que el principal problema que enfrentan los fabricantes de MLE es la baja demanda que tienen sus productos, situación que probablemente se deriva del desconocimiento de las bondades de este producto en la construcción tanto habitacional como no habitacional, lo que también es un reflejo de la escaza vocación de la industria de la construcción por la madera. Bastante más atrás se situaron con valorizaciones similares, la baja disponibilidad de madera aserrada, la escasez de mano de obra capacitada y el alto costo de la madera aserrada.

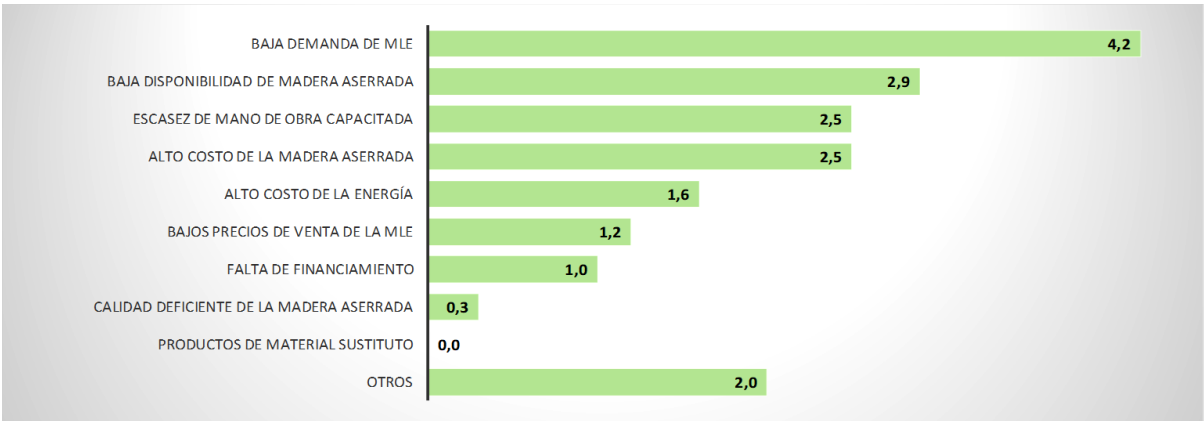


Figura N°15. Índice de valorización de problemas en a industria de madera laminada encolada

Un ejercicio análogo se realizó con 10 opciones de perspectivas de la industria. Al respecto, los resultados de la valorización muestran que las empresas productoras de madera laminada encolada tienen un gran interés por aumentar la producción, puesto que consideran que el mercado muestra signos muy claros de crecimiento. En segundo lugar, pero con una valoración bastante inferior, se situó la perspectiva de mejorar la productividad del proceso, lo que va aparejado con el interés por realizar inversiones en tecnologías de producción. Por el lado del mercado, destacó la perspectiva de diversificar los productos que ofrecen.

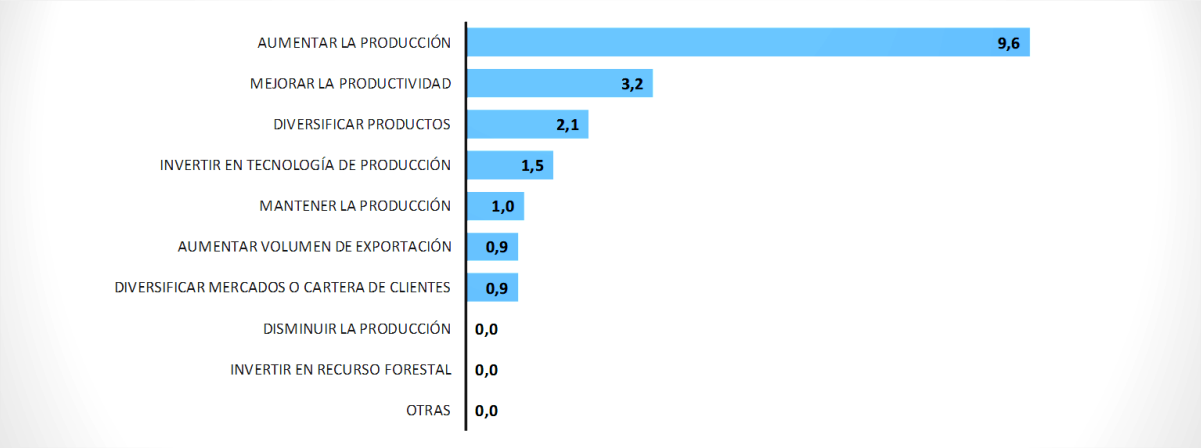


Figura N°16. Índice de valorización de las perspectivas de la industria de madera laminada encolada

Se reafirma el interés por aumentar la producción por el hecho de que el 71,4% de las empresas productoras de madera laminada encolada, contestó que cree que en los próximos 5 años el mercado de este producto crecerá, mientras que el 14,3% cree que se mantendrá y otro 14,3% no entregó su visión al respecto. Cabe señalar que ninguna empresa optó por la opción de que en los próximos 5 años el mercado disminuirá.

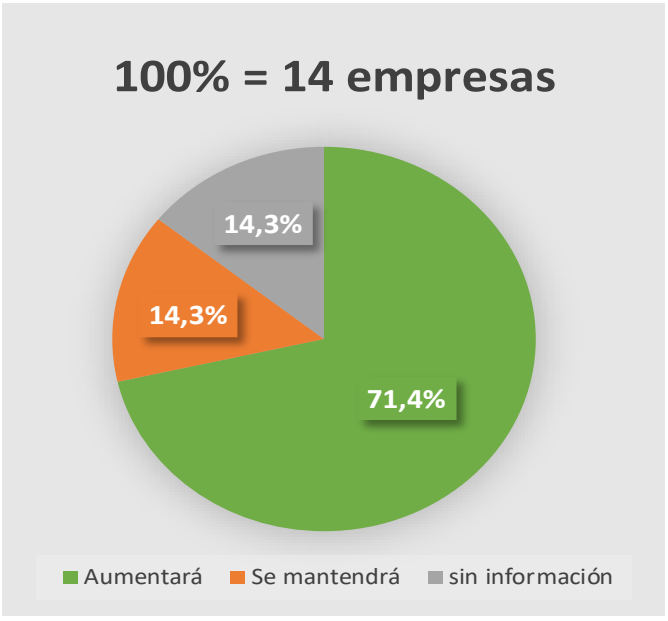


Figura N°17. Perspectivas del mercado chileno de MLE en los próximos 5 años

1.3 Demanda de Madera Laminada Encolada

1.3.1 Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Primarias

Para la recopilación de información a partir de fuentes primarias, se realizó una serie de entrevistas semi-estructuradas, mediante la aplicación de una encuesta a demandantes actuales y potenciales de productos de ingeniería en madera (PIM), en general, y de madera laminada encolada (MLE), en particular. El objetivo de estas entrevistas fue identificar aquellos factores claves que han llevado a algunas empresas a optar por el uso de MLE y eventualmente otros productos de ingeniería, como asimismo conocer el nivel de satisfacción con el producto y las características de la oferta disponible en el mercado. Otro aspecto relevante fue reunir antecedentes para conocer aquellos factores que actualmente limitan la expansión de este mercado y recoger la percepción respecto de la evolución de la demanda en el mediano plazo.

El sector objetivo consultado, está constituido por empresas constructoras, inmobiliarias y empresas de arquitectura, que tienen alguna experiencia en el uso de productos de ingeniería en madera o algún nivel de conocimiento respecto de estos productos.

Para elaborar el directorio de posibles entrevistados, de las empresas encuestadas por INFOR para el estudio "El Mercado de la Madera Aserrada para Uso Estructural en Chile" (INFOR, 2020), se seleccionaron las que en aquella oportunidad declararon construir utilizando madera laminada encolada y otros productos en sus proyectos. Cabe señalar que para la confección del directorio base mencionado, se utilizó información del Servicio de Impuestos Interno, Instituto Nacional de Estadísticas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y de la Cámara Chilena de la Construcción.

Otra fuente que se utilizó para seleccionar empresas de interés para el presente estudio, fueron las licitaciones de mercado público. En este ámbito se realizó una exhaustiva revisión de las licitaciones para proyectos de construcción, seleccionando aquellos proyectos en los cuales los participantes incorporan madera laminada encolada en sus propuestas.

Finalmente, se revisaron los sitios web de empresas constructoras y de arquitectura, seleccionando las que han utilizado MLE, con el fin de compartir sus experiencias en diversos tipos de proyectos, tanto habitacionales como no habitacionales.

Para el desarrollo de las consultas, se confeccionó un formulario de encuesta que para productos de ingeniería en madera como: madera laminada encolada, vigas I Joist o doble T, madera contralaminada CLT y vigas reticuladas. La primera parte de la encuesta los antecedentes generales de la empresa, la superficie anual construida o diseñada, los tipos de proyectos ejecutados en los últimos tres años, y la distribución de la superficie construida según material estructural predominante en los muros.

Se encuestó/entrevistó a un total de 14 empresas. De estas, nueve declararon usar uno o más de los productos de ingeniería en madera mencionados anteriormente, mientras que cinco empresas señalaron que no los utilizaban y una de estas declaró no conocerlos, por lo que no se le realizaron las preguntas específicas sobre estos productos. A los entrevistados que declararon utilizar estos productos se les consultó, cuál o cuáles de ellos había utilizado, en qué tipo de proyectos, y en qué aplicaciones dentro de un proyecto. Los resultados se presentan en el Cuadro N°2.

La madera laminada encolada es el producto más utilizado por las empresas consultadas, puesto que el 89% de ellas declaró que ha utilizado MLE, en proyectos habitacionales (cinco empresas) y en proyectos no habitacionales (siete empresas). La aplicación mayoritaria de la MLE ha sido como vigas, seguidas por los pilares, pero también las empresas la han usado como tirantes, exteriores, techumbre y otros usos.

Cuadro N°2. Número de empresas entrevistadas, productos, tipo de proyectos y aplicaciones

Tipo de Producto de Ingeniería en Madera Utilizado	Tipo de Proyecto Constructivo		Aplicaciones				
	Habitacional	No Habitacional	Pilares	Tirantes	Vigas	Exteriores	Otras
PIM en general	7	7	5	2	9	2	5
MLE	5	7	5	2	8	2	2
Vigas I Joist (doble T)	5	1			4		2
Vigas Reticuladas	1				1		1

A los usuarios de MLE, se les solicitó identificar, en orden de prioridad, los tres principales factores de decisión que los han llevado a utilizar productos de ingeniería en madera. La priorización fue de 1 a 3, en la cual 1 representa el factor de decisión principal. Con esta información, se calculó un índice de prioridad para cada factor, asignando los valores 3, 2 y 1 a las prioridades 1, 2 y 3, respectivamente.

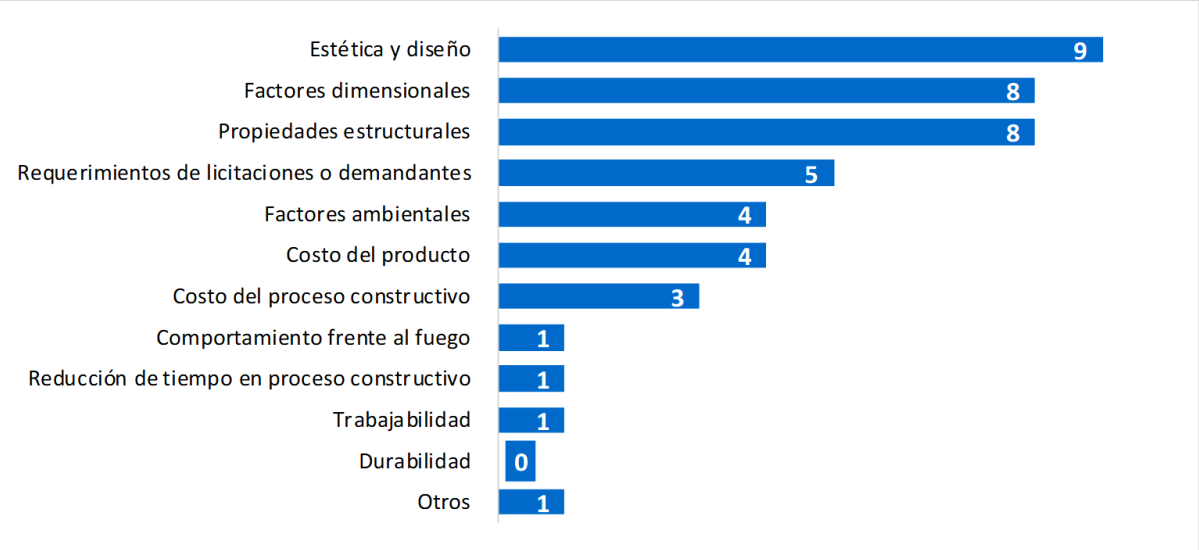


Figura N°18. Factores de decisión para optar por utilizar madera laminada encolada

El factor estética y diseño, seguido de cerca por los factores dimensionales y las propiedades estructurales, representan en forma clara a los principales elementos de decisión que han llevado a estas empresas a optar por el uso de PIM. En MLE, las mayores posibilidades estéticas y de diseño están a la vista en muchos proyectos realizados con este producto. En cuanto a los factores dimensionales las empresas consultadas destacan las posibilidades de abarcar grandes luces, con soluciones de alto estándar estructural, aunque también se mencionan las limitaciones para su transporte.

En relación a los entrevistados que declararon haber utilizado vigas *I Joist*, se mencionan como factores de decisión principales los menores costos relativos del producto y del proceso constructivo, con una reducción de tiempos en obra. En el caso de las vigas reticuladas, solo un entrevistado tenía experiencia en su uso, destacando entre los factores de decisión la estética, el costo del producto y del proceso constructivo, además de su mayor durabilidad.

Al consultar a los entrevistados cómo evaluaban la experiencia del uso de productos de ingeniería en madera en relación a las expectativas que tenían, solicitándoles asignar una calificación de 1 (muy mal)

a 7 (muy bien), el resultado promedio para el conjunto de productos fue de 6,4, lo que sube a 6,6 en el caso de la MLE. Esta evaluación refleja un alto nivel de satisfacción respecto del uso de estos productos.

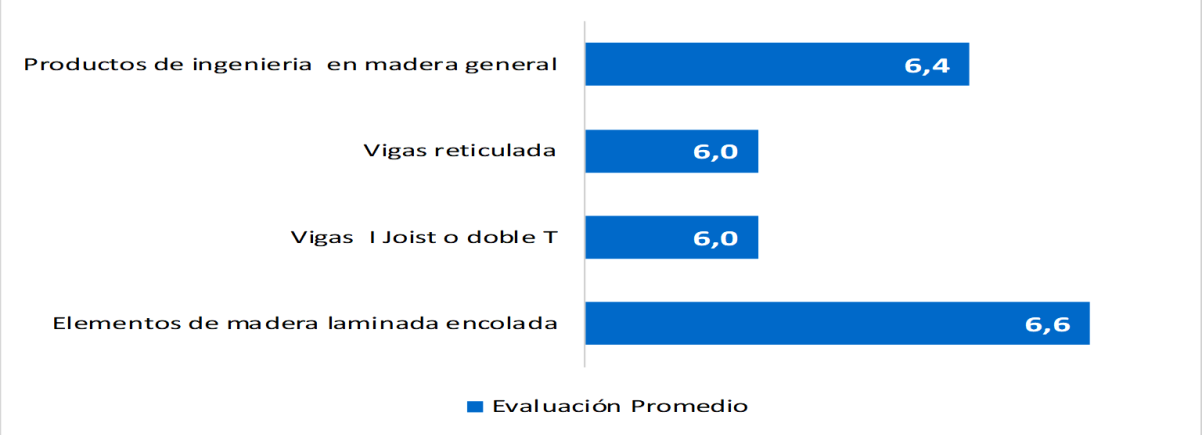


Figura N°19. Evaluación de satisfacción en el uso del producto, respecto de las expectativas

También se consultó a los entrevistados respecto de su participación en licitaciones o concursos en los que se exija o privilegie el uso de elementos de ingeniería en madera. Algunas respuestas mencionan que, en ciertos casos de gimnasios o centros deportivos, las bases de licitación privilegian el uso de estos materiales. Otros antecedentes entregados señalan que en ciertos casos de proyectos en la zona centro sur o sur de Chile, se sugiere el uso de materiales que estén de acuerdo al entorno, factor que favorece la aplicación de elementos de madera en esas regiones. Algunos entrevistados declaran haber participado en concursos que se exige uso de madera, pero no en licitaciones.

En relación a la existencia de productos certificados o rotulados, el 70% de las respuestas indica que existe algún tipo de certificación de los productos, pero que corresponden a certificaciones de empresas y no a un sistema oficial o de uso amplio y común.

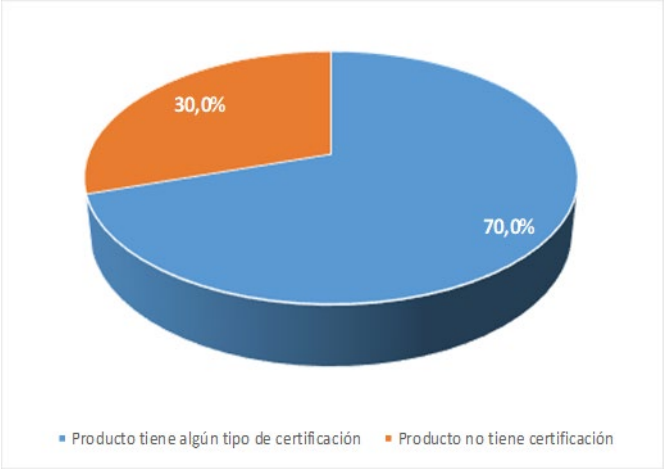


Figura N°20. Existencia de certificaciones en los productos de ingeniería en madera utilizados, según los entrevistados

Al ser consultados sobre diferentes atributos de la oferta de productos de ingeniería en madera en Chile, calificándolos de 1 a 7, los entrevistados dieron la evaluación más baja a la cantidad de oferentes, obteniendo una nota promedio de solo 3,4. Un entrevistado comentó que en una oportunidad pensaba postular a una licitación de un puente utilizando madera, pero finalmente cambió el material dada la inseguridad que tuvo en la adquisición del producto. Otros entrevistados mencionaron que las licitaciones públicas, en general, exigen más de un oferente para los diversos materiales, por lo que la baja cantidad de proveedores de los productos de ingeniería en madera representa una limitante para postular en ciertos casos. Sin embargo, a pesar de que la cantidad de oferentes es considerada baja, los demandantes reconocen que la capacidad de producción de la industria de MLE ha estado acorde con los volúmenes demandados.

Por el contrario, los diseños y la calidad de la oferta, son aspectos bien evaluados por los demandantes, alcanzando una calificación de 6,2 y 6,1, respectivamente, aunque destacan que los diseños obedecen, en gran medida, a los requerimientos provenientes de la demanda, de acuerdo a lo específico de cada proyecto.

En esta pregunta, se solicitó a los demandantes que indicarán libremente otros factores relacionados con la oferta que consideraran de interés. Entre estos, se menciona que debería haber una mejora en los tratamientos de protección del producto, para evitar o disminuir las tareas de mantención. Se destaca además como falencia, la prácticamente nula participación de las maderas nativas en este tipo de productos.

La logística de transporte, dada las grandes dimensiones de ciertas estructuras de MLE, representa también un problema de difícil solución.

En relación a los tiempos de entrega, algunos entrevistados manifestaron que no siempre se cumplían. Este aspecto representa un problema dado que, precisamente entre las ventajas que se destacan de estos productos esta la reducción de tiempos en obra, pero este factor está condicionado al cumplimiento en los plazos de entrega de los productos.

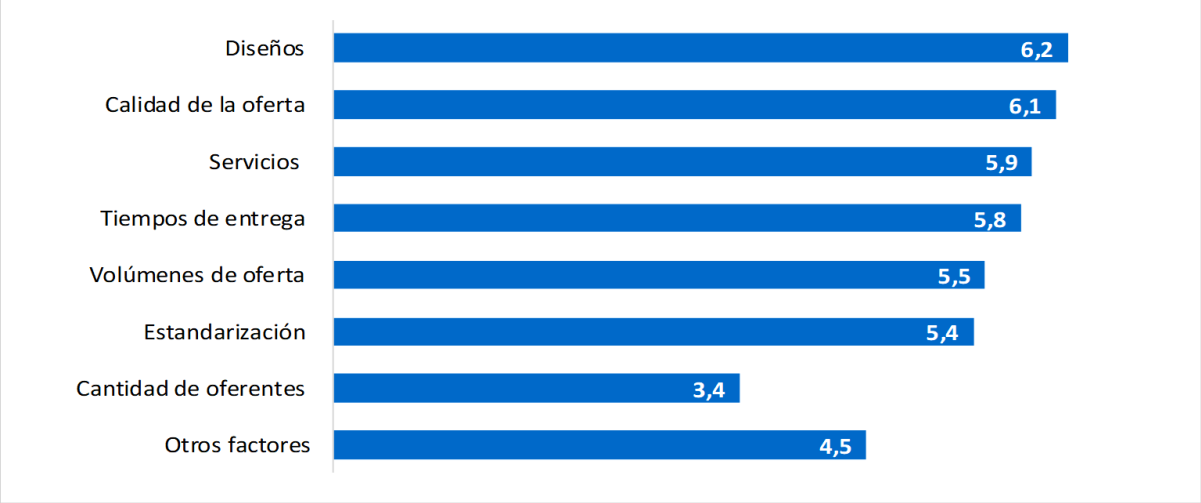


Figura N°21. Evaluación de la oferta de productos de ingeniería en madera

Entre las empresas entrevistadas, se presentaron cinco casos que declararon no utilizar MLE ni otros productos de ingeniería en madera, pero cuatro de ellas indicaron conocerlos. A estas cuatro empresas se les consultó sobre su percepción del uso de productos de ingeniería en madera en relación a

diferentes atributos, indicando si el uso de estos productos representa una ventaja, desventaja o ninguna de las anteriores, en relación a otras materialidades estructurales.

Los atributos que se consideran con mayor intensidad como una ventaja de los productos de ingeniería en madera son estética, comportamiento sísmico y propiedades estructurales. Mientras que la durabilidad es el atributo que se percibe como la mayor desventaja de estos productos en relación a otras materialidades.

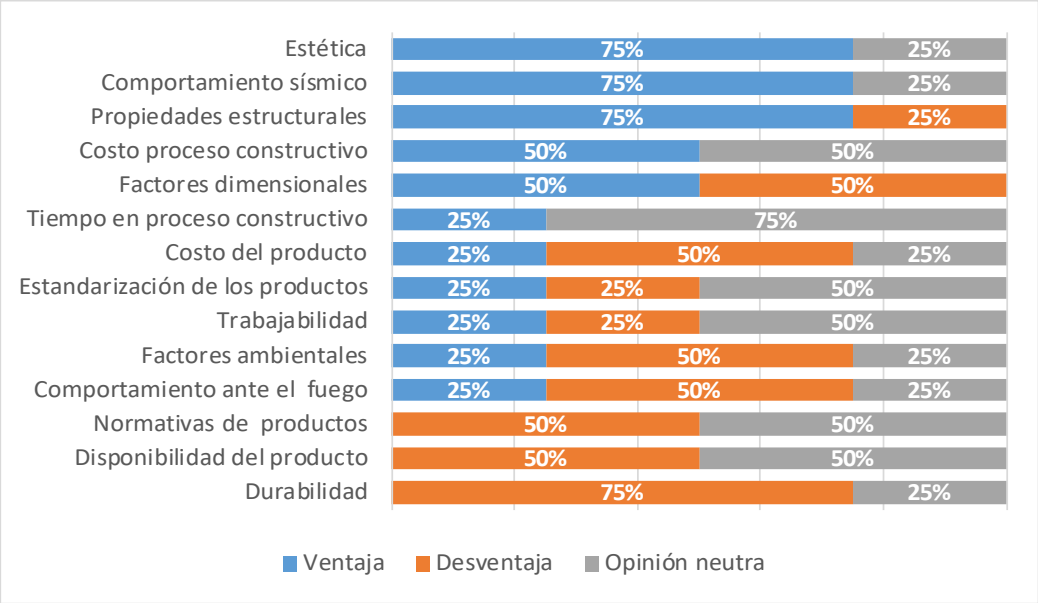


Figura N°22. Percepción de atributos de los productos de ingeniería en madera, en empresas que no los han utilizado directamente

El factor de decisión más relevante para llegar a utilizar los productos de ingeniería en madera en las empresas que no los han usado aún es, por un amplio margen, el costo del producto. En general, los elementos de madera laminada encolada son considerados productos bien calificados y apreciados, pero de alto costo, no accesible para todo tipo de proyectos.



Figura N°23. Factores de decisión para incorporar productos de ingeniería en madera en futuros proyectos, en empresas que no los han utilizado.

Por último, se solicitó a los entrevistados que entregaran una proyección de la demanda por madera laminada encolada y otros productos de ingeniería en madera para los próximos 5 años, tanto a nivel de la respectiva empresa (para el caso de las empresas que los utilizan), como a nivel nacional. En ambos casos, la percepción de incremento en la demanda es compartida por el 78% de las empresas.

Entre los argumentos indicados por quienes apuestan al incremento de la demanda se mencionan entre otros la alta disponibilidad de madera, las excelentes soluciones que otorgan las vigas de madera laminada encolada para grandes luces, la creciente incorporación de estos productos en los planes de estudio de las escuelas de arquitectura, la generación de nuevos desarrollos tecnológicos y el aporte de los productos de ingeniería en madera a la sustentabilidad ambiental. Sin embargo, al mismo tiempo se destaca que estas perspectivas están sujetas a un mayor nivel de estandarización y certificación, y a una baja del precio, especialmente en madera laminada encolada. Al respecto, algunos entrevistados señalaron que los elementos de unión y anclaje para su instalación, como herrajes de acero, pernos, placas y otros, generalmente importados, encarecen demasiado los sistemas constructivos con MLE, puesto que pueden representar hasta un 30% del costo de la materia prima.

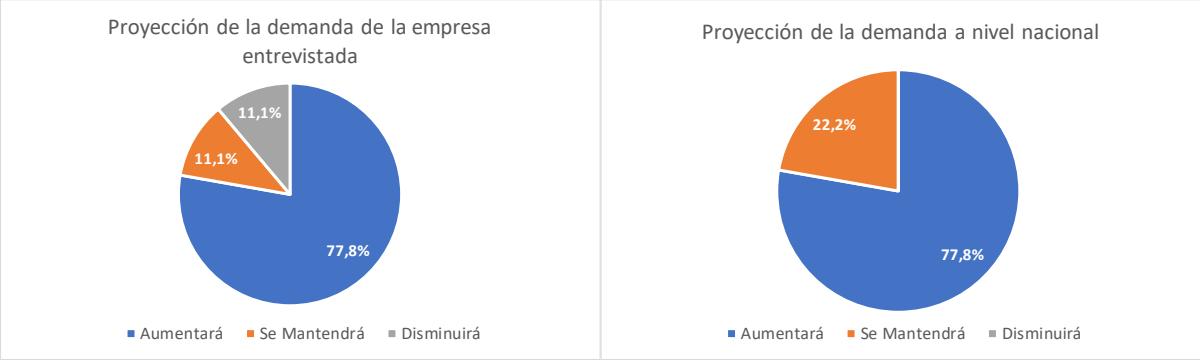


Figura 24. Proyección de la demanda de productos de ingeniería en madera para los próximos 5 años

1.3.2 Caracterización de la Demanda a partir de Fuentes Secundarias

En países desarrollados como Finlandia, Suecia, Alemania, Suiza, Austria y Japón, la madera laminada encolada se usa en todo tipo de edificaciones, pero con mayor intensidad en obras de grandes luces. En Chile, su demanda tiene un potencial de desarrollo en edificaciones habitacionales de mediana altura, pero en la actualidad es un producto particularmente relevante en la edificación no habitacional.

De acuerdo con el INE, el año 2019 la superficie autorizada para edificación no habitacional en Chile fue de 4.596.444 m^2, donde se destacan las obras destinadas al comercio, industria y almacenamiento, y transporte. Actualmente, según lo que señalan las empresas productoras de estos elementos y algunas empresas del rubro construcción entrevistadas en el contexto del presente estudio, existen proyectos que utilizan madera laminada encolada tanto en edificación no habitacional privada como pública. Una posible fuente de información en cuanto al uso de MLE son los Permisos de edificación, sin embargo, la demanda de este producto no es posible de determinar únicamente a partir de ellos, debido a que la MLE que utilizan muchos de los proyectos, acompaña a otros materiales estructurales predominantes y son estos últimos los que determinan la Clase de Construcción en el momento de presentar el Permiso de Edificación. En consecuencia, para este estudio se utilizaron las bases de datos de los permisos de edificación del INE (INE, 2021), para obtener las superficies autorizadas para edificación no habitacional por destino, junto con los factores de uso determinados con la metodología explicada anteriormente.

Las perspectivas de uso de la MLE están en estrecha relación con la evolución de los destinos de las

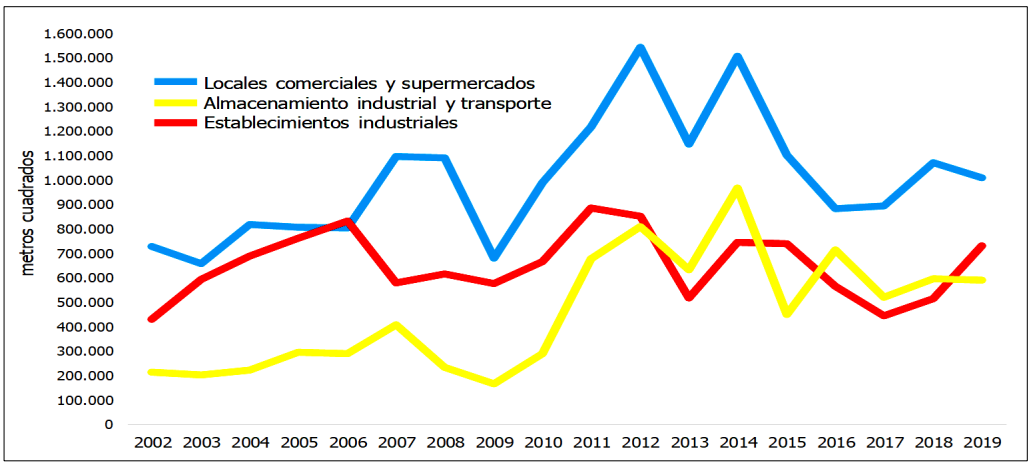
obras no habitacionales. Algunos de estos segmentos muestran evoluciones en su superficie anual autorizada con claras señales de retroceso, en cambio otros han presentado tendencias crecientes.

Cuadro 3. Superficie autorizada de edificación no habitacional por destinos

Destino no habitacional	2002	2010	2015	2019
		(m^2)		
TOTAL	3.333.409	4.899.325	5.270.466	4.596.944
Locales comerciales, supermercados	730.901	991.933	1.102.693	1.009.925
Industria	432.185	668.484	740.078	731.945
Almacenamiento y transporte	214.489	290.612	450.607	592.800
Restaurantes, hoteles, residenciales, cabañas	148.840	259.799	403.236	352.443
Salud	41.588	112.655	153.148	306.500
Oficinas	168.407	396.383	538.067	275.796
Esparcimiento, diversión y cultura (incluye piscinas, teatros, bibliotecas, salas de arte)	59.381	520.764	199.494	203.827
Educación básica, media, universidad, institutos	511.738	418.366	253.041	174.581
Galpones agrícolas, aviarios, viveros	272.691	194.507	168.861	166.828
Asistencia Social y Organizaciones religiosas	57.675	72.145	100.153	74.015
Aduanas, Correos, Cárceles, Juzgados y otros servicios públicos	42.520	26.885	69.237	60.950
Electricidad, gas & Establecimientos financieros	14.359	27.070	43.129	42.521
Jardines infantiles, parvularios	22.165	130.547	113.574	41.191
Técnicos	13.919	7.751	2.917	15.939
Edificios Públicos (Municipalidades, Ministerios, etc)	1.674	16.775	13.465	12.509
Otros	600.877	764.649	918.766	535.174

(Fuente: INFOR, en base a INE, 2021)

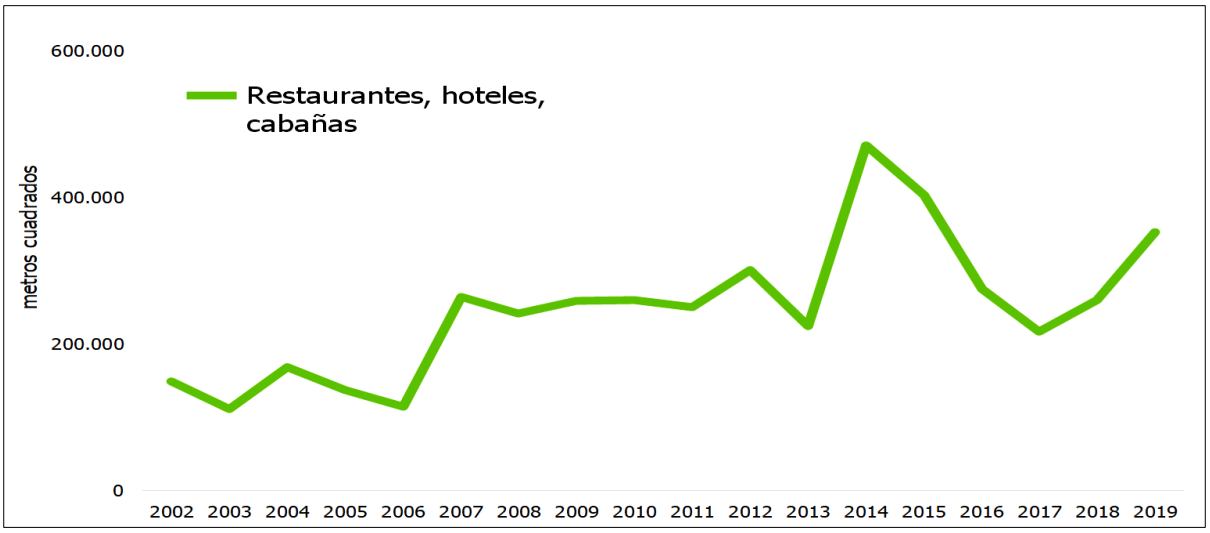
Los tres mayores destinos de la edificación no habitacional son las obras del sector comercio, establecimientos industriales, y almacenamiento industrial y transporte. El almacenamiento industrial corresponde a grandes bodegas que funcionan como depósito temporal de mercaderías, las que son utilizadas por distintas empresas con el objetivo de manejar de mejor manera sus áreas de logística de distribución de productos; por lo general, se encuentran emplazadas en la Región Metropolitana.



(Fuente: INFOR, en base a INE, 2021)

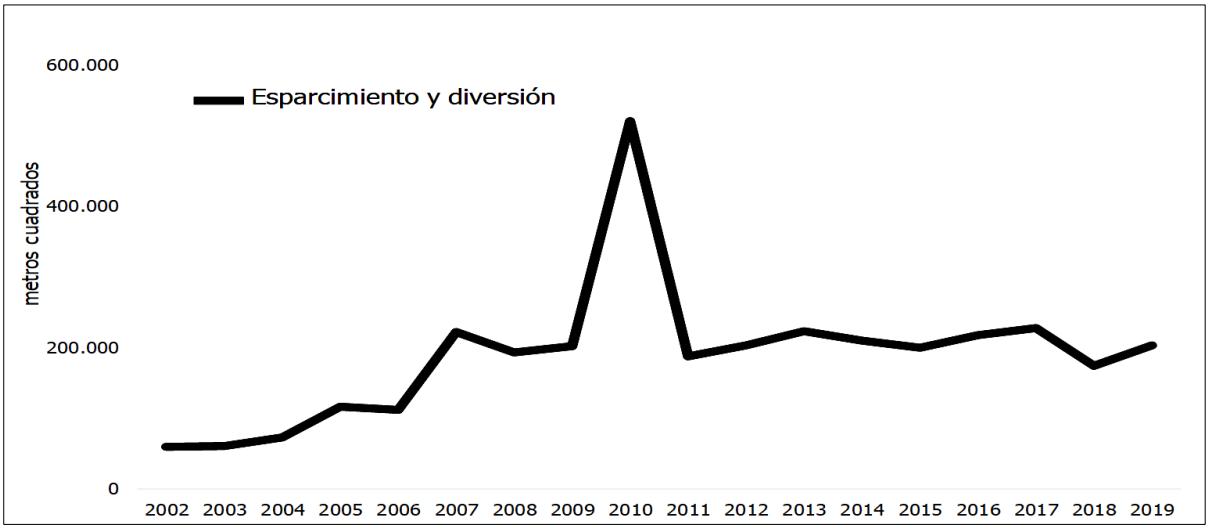
Figura N°25. Evolución edificación de obras destinadas al comercio, establecimientos industriales, y almacenamiento industrial y transporte

Otros sectores muestran ciertas tendencias positivas en la superficie edificada anual, aunque la participación en el total se mantiene en niveles bajos. Es el caso de los restaurantes, hoteles y cabañas, vinculados a la actividad del turismo, donde en el año 2018 se aprecia un repunte de las construcciones de este tipo, después de tres años de caídas severas. El destino denominado esparcimiento y diversión corresponde a una clase de destino que incluye centros deportivos, piscinas públicas, multicanchas y gimnasios, entre otros. El sector salud, si bien muestra alzas y bajas pronunciadas en la superficie anual edificada, presenta una tendencia creciente, en general; en este destino sobresalen los consultorios, hospitales y otras obras similares.



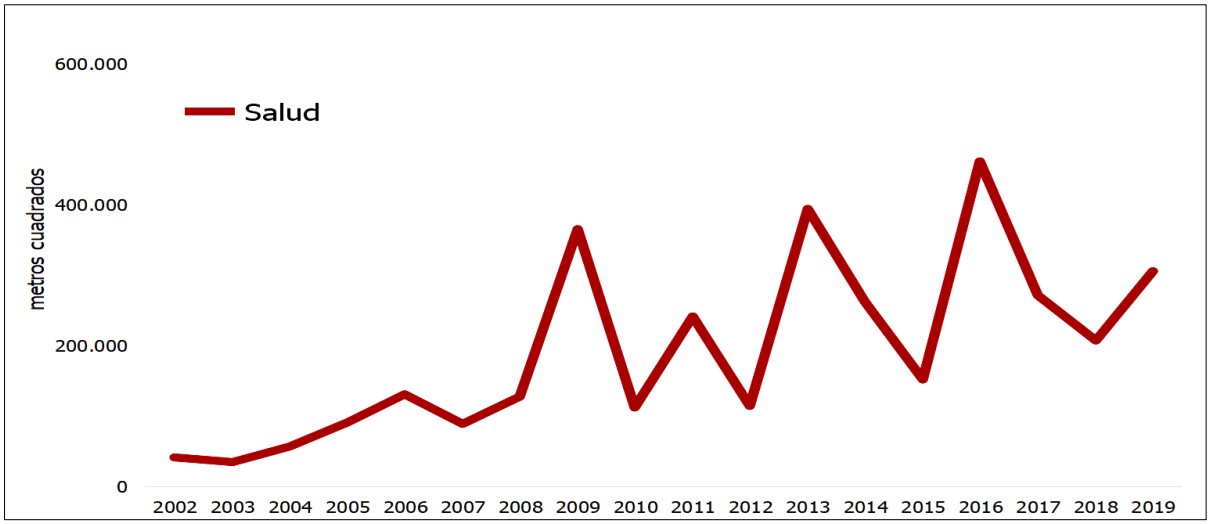
(Fuente: INFOR, en base a INE, 2021)

Figura N°26. Evolución edificación de obras destinadas a restaurante, hoteles y cabañas



(Fuente: INFOR, en base a INE, 2021)

Figura N°27. Evolución edificación de obras destinas a esparcimiento y diversión



(Fuente: INFOR, en base a INE, 2021)

Figura N°28. Evolución edificación de obras destinas a salud

Una parte de la edificación no habitacional que se construye anualmente tiene su origen en el Estado, quien está a cargo de generar la infraestructura pública necesaria para los distintos sectores de la sociedad. Esto se expresa en una diversidad de obras destinadas a su funcionamiento como jardines infantiles y salas cunas, colegios, oficinas públicas, centros deportivos, salas de arte, entre muchas otras. En estas construcciones se ha usado madera laminada encolada como elemento estructural, sin embargo, no existen estadísticas en relación a qué proporción representan de la superficie total. Por esta razón, se recurrió a la información disponible en las licitaciones públicas, para conocer mayores antecedentes respecto del uso de la MLE y lograr una aproximación de su demanda potencial en la edificación no habitacional del país.

La demanda potencial es una expresión del volumen que podría consumir la construcción de obras no habitacionales si toda su superficie utilizara MLE, sin embargo, hay razones que justifican la necesidad de ajustar esta superficie; este ejercicio se desarrolla más adelante. Así también, es necesario contar con factores de uso de la madera laminada encolada por unidad de superficie construida.

Cálculo de los Factores de Uso

La búsqueda de factores de uso de MLE consideró la revisión de 80 licitaciones públicas entre los años 2010 y 2020 (Mercado Público, 2021). Se consultaron licitaciones para la construcción de jardines infantiles y salas cuna, centros deportivos y piscinas públicas, escuelas básicas y medias, universidades, hospitales, centros de salud familiar y consultorios, bomberos, oficinas de registro civil, comisarías, edificios consistoriales y, en general, cualquier licitación utilizando términos generales de búsqueda, como "madera laminada encolada" o "vigas laminadas". La metodología de búsqueda y revisión de licitaciones para obtener el factor de uso, tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- Revisión de las especificaciones técnicas de la obra: Se revisaron las especificaciones técnicas de la obra con el objetivo de conocer si el proyecto utilizó MLE en las estructuras verticales u horizontales, tales como pilares y vigas, en muros y techumbres. El resultado fue la selección de 20 proyectos que utilizaron MLE.

- Revisión del presupuesto itemizado y del análisis de precios unitarios (APU) de los proyectos seleccionados, Con la información extraída de ambos documentos, se pudo obtener el volumen (en m^3) de MLE utilizada en el proyecto total.

- Permiso de Edificación: se obtuvo el documento Permiso de Edificación disponible en las licitaciones públicas o en los sitios web de las municipalidades. Este documento permitió disponer de la superficie edificada del proyecto y utilizarlo para el cálculo del factor. Como resultado, se determinó el factor de uso de MLE para los 20 proyectos seleccionados.

Los factores de uso de madera laminada encolada de los proyectos seleccionados están en un rango que va desde los 0,004 hasta 0,225 m^3 de MLE/m^2 construido, cuya amplitud se debe a las características particulares de cada proyecto, lo cual queda determinado por las especificaciones técnicas del diseño de la obra. Estos valores, en general, están en línea con factores reportados por estudios en otros países. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo por el *USDA Forest Product Laboratory* para evaluar el impacto del consumo energético y secuestro de carbono de edificios de madera, utilizó como referencia para las mediciones un edificio mixto de 12 pisos altura, con el primer nivel de uso comercial y los demás niveles habitacionales. El CLT y la madera laminada encolada fueron los principales materiales de construcción utilizados en las paredes y pisos de este edificio con una superficie total de 8.360 m^2, en el cual se ocuparon 1.782 m^3 de CLT y 532 m^3 de madera laminada encolada. El factor de uso de la madera laminada encolada fue de 0,064 m^3/m^2 (Allan y Phillips, 2021).

En las licitaciones de centros deportivos, los que habitualmente incluyen una piscina semi olímpica, se encontraron varios proyectos con MLE. En este tipo de obras, bajo la clase destino esparcimiento y diversión, se destacan los Centros Deportivos Elige Vivir Sano, cuyos proyectos presentaron factores de uso entre 0,043 y 0,18 m^3/m^2. En otras licitaciones con menor cuantía de MLE, el uso de este material en el proyecto estaba destinado fundamentalmente a la estructura de techumbre. La Figura N° 29 muestra los 20 proyectos, ordenados de acuerdo al factor de uso.

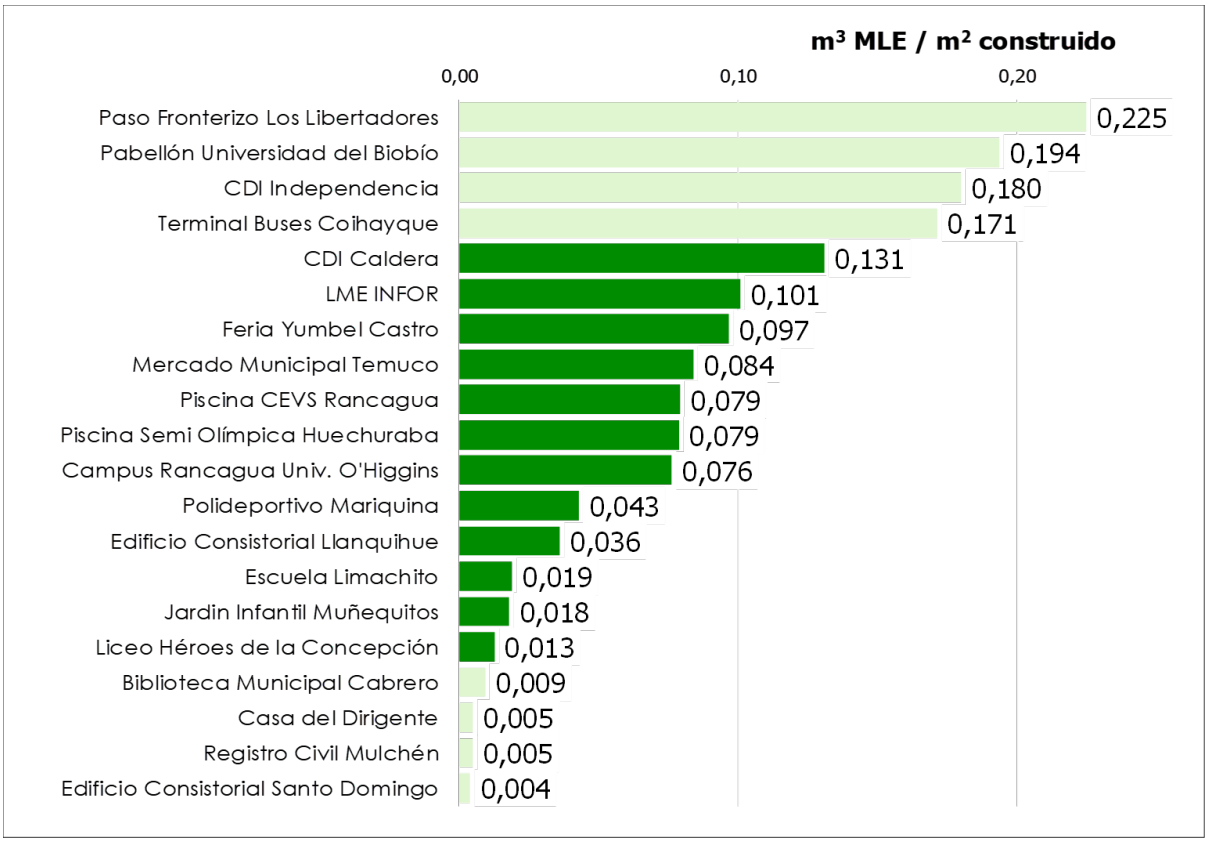


Figura N°29. Factores de uso de MLE para 20 proyectos de licitación pública

Para la obtención de un factor promedio de uso de MLE por unidad de superficie construida, se tomó la decisión de descartar los cuatro valores superiores y los cuatro inferiores, debido a lo particular de estos proyectos. En el primer caso, corresponden a estructuras muy intensivas en MLE y en el segundo, a que la MLE tiene un uso fundamentalmente ornamental y no estructural. Esto finalmente entrega un factor promedio de 0,0646 m^3 de MLE/m^2 construido.

Superficie de Edificación no Habitacional Ajustada y Aplicación de Factores

Como se señaló anteriormente, en el año 2019 la superficie de edificación autorizada no habitacional del país fue de 4.596.444 m^2. Esta superficie fue ajustada en base a distintos criterios y supuestos, con el fin de obtener una superficie representativa del uso potencial de MLE en Chile. Los siguientes fueron los supuestos considerados para el trabajo con las bases de datos de permisos de edificación.

- Se tomó como base todas las obras no habitacionales con una superficie autorizada mayor a 200 m^2 (4.202.702 m^2). Este criterio se sustenta en que la MLE surge como un elemento constructivo principalmente para cubrir grandes luces.

- Se excluyeron las edificaciones no habitacionales que forman parte de un proyecto habitacional mayor. Generalmente, estas se presentan como locales comerciales ubicados en el primer nivel del edificio, mientras que los pisos superiores tienen destino habitacional. Debido a que estos proyectos en su totalidad son construidos con hormigón como material predominante estructural, las unidades no habitacionales del primer nivel tienen menos posibilidades de ser construidas con una materialidad diferente. La superficie resultante fue: 3.365.055 m^2.

- Se excluyeron las obras edificadas con las mayores superficies registradas bajo el destino almacenamiento industrial y transporte, las cuales corresponden a grandes bodegas. Si bien estas bodegas de amplia superficie construida son un mercado potencial para la madera laminada encolada, hasta el momento no ha tenido buenos resultados para su posicionamiento, debido a que los materiales alternativos como el acero y el hormigón aquí tienen costos más competitivos. En total, se excluyeron 21 de estas obras de entre 5.000 y 25.000 m^2 cada una, lo que significó una superficie total de 399.618 m^2. Por la misma razón, se descontaron 36 obras edificadas correspondientes a instalaciones industriales, de entre 5.295 a 55.185 m^2, totalizando una superficie de 514.437 m^2. La superficie resultante fue: 2.451.000 m^2.

- Finalmente, la superficie resultante de los ajustes anteriores se rebajó un 5% por concepto de edificaciones no ejecutadas, es decir, permisos de edificación que no llegarían a concretarse, por diversas razones. La superficie resultante fue: 2.328.536 m^2. Los cálculos fueron realizados por clases de destino, de tal manera que los totales pueden no coincidir, por redondeo de cifras.

De esta forma, la superficie no habitacional "ajustada" para calcular el uso potencial de MLE, bajó de los 4.596.444 m^2 a 2.328.536 m^2.

Con este antecedente y el factor promedio de uso calculado precedentemente, se determinó un volumen total de demanda potencial de MLE de 176.800 m^3.

Cuadro N°4. Demanda potencial de Madera Laminada Encolada en la edificación no habitacional de Chile

Clases de destino	Superficie edificación No Habitacional 2019 m^2 (1)	Superficies remanentes (m^2), por aplicación de supuestos				Factor de uso de MLE m^3/m^2	Demanda potencial de MLE m^3
		Solo obras mayores a 200 m^2	Excluyendo Proyectos mixtos	Excluyendo grandes obras de las clases de destino Estab. Industriales y Almacenamiento	Excluyendo el 5% de la superficie remanente, por PE no ejecutados		
Aduanas, correos, cárceles y otras edificaciones de servicios públicos	60.950	57.503	55.079	55.079	52.325	0,0646	3,4
Asistencia social y organizaciones religiosas	74.015	56.730	54.171	54.171	51.462	0,0646	3,3
Edificios públicos (oficinas)	12.509	9.719	8.546	8.546	8.119	0,0646	0,5
Educación básica, media, universidad, institutos	174.581	168.613	155.772	155.772	147.983	0,0646	9,6
Electricidad, gas y establecimientos financieros	42.521	36.806	36.538	36.538	34.711	0,0646	2,2
Esparcimiento, diversión y cultura	203.827	145.247	134.167	134.167	127.459	0,0646	8,2
Galpones agrícolas, aviarios, viveros	166.828	161.395	151.920	151.920	144.324	0,0646	9,3
Establecimientos industriales	731.945	715.326	695.891	181.544	172.467	0,0646	11,1
Jardines infantiles y salas cuna	41.191	38.084	37.424	37.424	35.553	0,0646	2,3
Locales comerciales y supermercados	1.009.925	857.608	719.016	719.016	683.065	0,0646	44,1
Oficinas (privadas)	275.796	244.125	176.027	176.027	167.226	0,0646	10,8
Restaurantes, hoteles, cabañas	352.443	314.679	291.748	291.748	277.161	0,0646	17,9
Salud	306.500	300.430	278.317	278.317	264.401	0,0646	17,1
Técnicos	15.939	15.806	14.091	14.091	13.386	0,0646	0,9
Almacenamiento industrial y transporte	592.800	579.543	556.348	156.730	148.894	0,0646	9,6
Otros	535.174	501.088	429.335	429.335	407.868	0,0646	26,3
TOTAL	4.596.944	4.202.702	3.365.055	2.880.425	2.328.536		176,8

(1) INE, 2021

1.4 Aspectos de Comercialización

En Chile, la madera laminada encolada se comercializa como vigas y pilares. A pesar de que la mayor parte de la producción de estos elementos se realiza por pedido, existe un *stock* al cual se puede acceder mediante cadenas de comercialización como Sodimac, Easy y Construmart. Los tamaños de venta para estas vigas son de 40 mm x 185 mm x 5,98 m y 40 mm x 138 mm x 5,98 m. En el caso de los pilares, estos tienen escuadrías más variadas siendo los más comunes 100 mm x 1100 mm x 2,7 m y 115 mm x 115 mm x 2,7 m.

De acuerdo a las respuestas de los fabricantes de MLE, la producción que queda en el mercado interno se comercializa principalmente con las grandes cadenas de comercialización, seguidas por las empresas constructoras del segmento habitacional y luego las empresas constructoras del segmento no habitacional. Esta distribución no muestra cambios significativos entre los años 2019 y 2020, solo se puede comentar que hubo un cierto desplazamiento desde el segmento de las empresas constructoras no habitacional a favor del segmento de empresas constructoras habitacional. Las ventas a público en general son bajas, mientras que las ventas institucionales tienden a ser nulas.

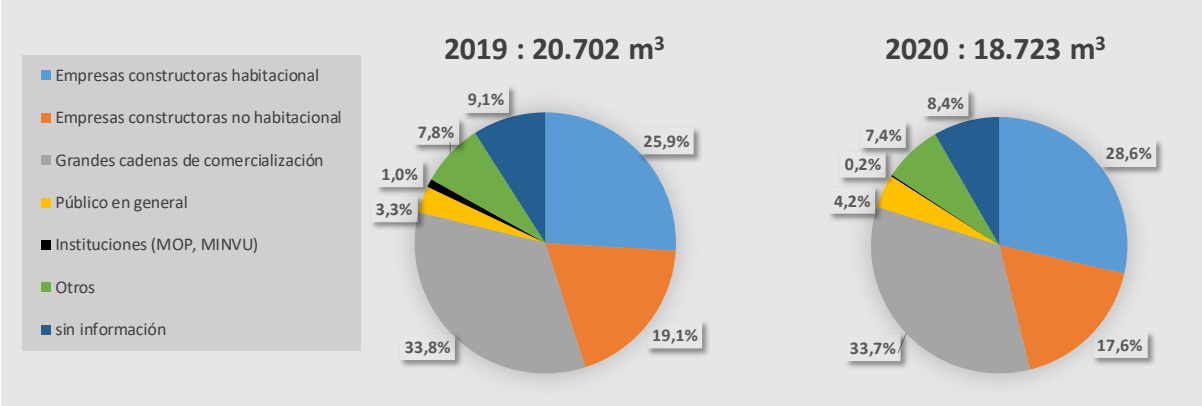


Figura N°30. Destinos de la producción de MLE en el mercado interno

Los productos de MLE no son estandarizados, su comercialización se realiza generalmente a través de pedidos específicos y responden al tipo de proyecto que los demanda, habitualmente mediante licitaciones de carácter público y privado. Esto asegura al fabricante el volumen y características solicitadas, de tal manera que la producción puede ser más eficiente.

En cuanto a las modalidades de entrega de los productos, según datos recopilados por INFOR, el 57% de la producción de madera laminada encolada se entrega directamente en las obras, mientras que el 38% se entrega en las plantas de MLE y el 8% se entrega a través de otras modalidades.

El modelo más empleado en la comercialización parte con una licitación donde compiten varias empresas constructoras, cuando el proyecto es adjudicado a una empresa constructora, esta busca alianzas y subcontrata a un fabricante de madera laminada encolada, encargado de confeccionar los productos especificados conforme a los planos del proyecto. Luego, el montaje es realizado por la misma empresa fabricante, pero si esta no tiene las capacidades de montaje, se contrata a una empresa montajista, la que debe proveer de la herrajería (conectores, anclajes, uniones, pernos) necesaria para la instalación de los productos de MLE en la obra.

Respecto de la herrajería, las soluciones se definen de acuerdo a cada proyecto. En la mayoría de los casos, los elementos de herrajería simples son fabricados localmente, mientras que las opciones más complejas son importadas.

Por otro lado, las grandes empresas del *retail* en el rubro construcción, tales como Sodimac, Easy, Construmart e Imperial, están comercializando vigas y pilares de madera laminada encolada de pino radiata y pino oregon. Los productos disponibles en sus páginas web son Laminados León, de la empresa Forestal León; AFN, de Agroforestal Nahuelbuta; Hilam, de la empresa Arauco; UFP, de UFP Industries, y un producto genérico, en el que se especifica que las piezas fueron secadas, asegurando un contenido de humedad inferior a 18%, y que se encuentran dimensionadas bajo la norma NCh 2824, sobre dimensiones y tolerancias de las piezas.

Las dimensiones de vigas y pilares laminados disponibles en las tiendas mencionadas, son variadas. El espesor puede ir de 40 mm a 138 mm, en tanto que los anchos van de 20 mm hasta 304 mm. El largo más común es 2,7 metros. Los precios de vigas y pilares observados en las páginas web del *retail* en el último trimestre de 2021, van desde $14.990 hasta $44.200. A modo exclusivamente de referencia, en el Cuadro N°5 se presentan algunos precios promedios de vigas y pilares comercializados en el mercado chileno, en tiendas de las grandes cadenas del *retail* asociadas a la construcción.

Cuadro N°5. Principales formatos de comercialización de MLE en tiendas del r*etail*

Producto	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (m)	Precios (Unidad)
Pilares	42	185	6	44.890
	40	185	5,98	43.990
	40	138	5,98	34.990
Vigas	130	130	2,7	44.200
	115	115	2,7	33.309
	110	110	2,7	27.690
	90	20	2,5	18.990
	90	90	2,5	22.606
	90	90	1,2	14.990
	89	89	2,7	24.310
	80	160	4	30.390

(Fuente: Sodimac, 2021; Imperial, 2021; Easy, 2021)

La empresa Arauco produce y comercializa madera laminada encolada bajo el nombre comercial de "Hilam", la cual puede ser adquirida como vigas o pilares y además como elementos rectos y curvos y cumplen con las siguientes características (Arauco, 2021):

- Fabricados con madera de pino radiata seca en cámara.
- Mayor resistencia y estabilidad que la madera aserrada común.
- Producto certificado, cumple la norma chilena NCh2148, Madera laminada, encolada, estructural – Requisitos e inspección.
- Fabricado con adhesivos MUF (Melamina Urea Formaldehido) y PUR (Poliuretano)
- Terminación cálida y acogedora.
- Resistencia conocida y disponible en catálogos

La madera laminada Hilam, puede encontrase en dimensiones con espesores que van desde los 42 mm a los 185 mm, alturas de entre 90 mm y 988 mm, que incluyen de entre 3 y 26 láminas y con largos variables de entre 2,5 m y 10 m.

2. CERCHAS INDUSTRIALIZADAS DE MADERA

Las cerchas de madera son elementos que se utilizan en la estructura de techumbres de edificaciones de diferentes tipos y destinos. Nacen como solución a tres necesidades de diseño de la estructura de una cubierta: salvar luces de mayor distancia que las piezas de madera disponibles en el mercado, optimizar el comportamiento estructural de la cubierta y definir el ángulo de la pendiente que ha de tener la cubierta para posibilitar la evacuación del agua.

Las cerchas tienen una estructura triangular formada por piezas de madera aserrada unidas en sus extremos de tal manera que reparten mecánica y estáticamente los esfuerzos resultantes del peso de la cubierta que soportan (Argüeso, 2019). Hay diversos diseños de cerchas de madera, los que se relacionan directamente con el proyecto arquitectónico y las dimensiones y resistencia requeridas (Figura N°31). En general, varían en función de las necesidades específicas de cada cubierta, la luz que se va a cubrir o la inclinación que se le quiera dar. No obstante, en cada cercha hay que considerar sus secciones, los sistemas de triangulación y las uniones de cada componente.

Tradicionalmente, la industria de la construcción ha trabajado con cerchas de madera que se fabrican en obra, sin embargo, desde mediados de la década de 1990 comenzó la fabricación de cerchas en industrias dedicadas exclusivamente a esta actividad, que ofrecen sus productos a las empresas constructoras, a estas cerchas se les denomina cerchas industrializadas, objeto de este capítulo del presente estudio de mercado. Cabe señalar que también hay antecedentes de empresas que fabricaron o prefabricaron cerchas de madera en la década de 1960, pero su masificación data de décadas más recientes.

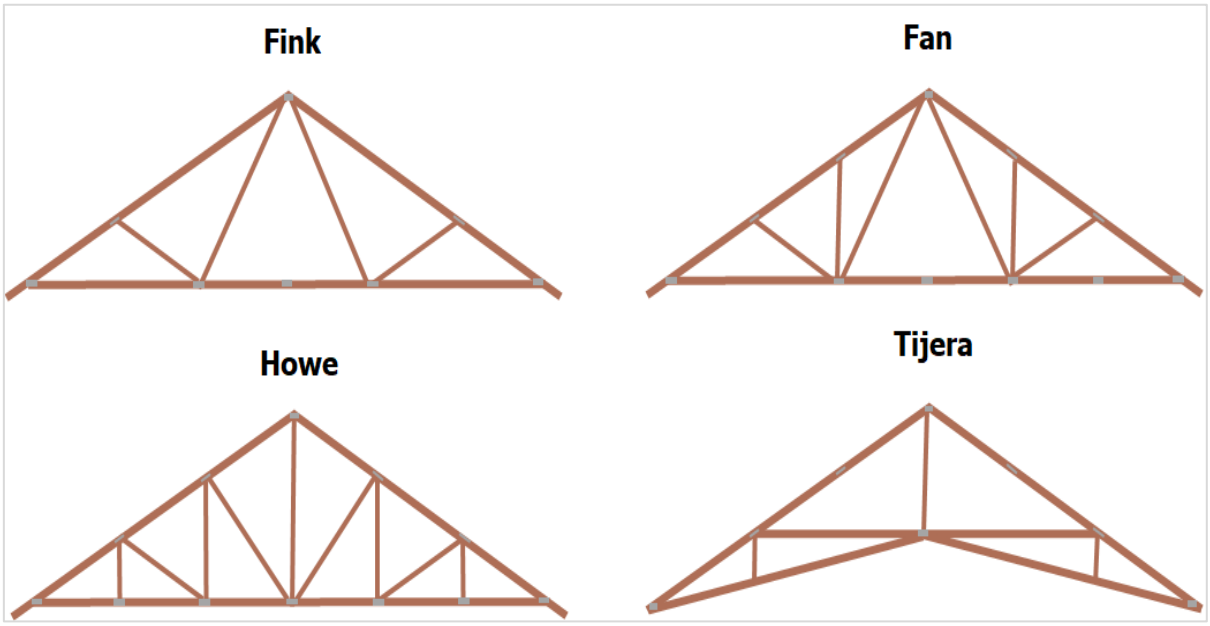


Figura N°31. Tipos más comunes de cerchas de madera

Las cerchas más simples están compuestas por cordón superior, tirante, tornapunta y péndola. Los cordones superiores son los catetos exteriores, en tanto que el tirante es la hipotenusa. El tercer y cuarto elemento corresponden a las piezas generalmente inclinadas que van en el interior del triángulo exterior. Dependiendo de la complejidad de la cercha, esta también puede tener montante, correa, ejión, estribo, par, contrapar y pendolón, entre otras partes.

2.1 Normativa para Cerchas de Madera

La fabricación y uso de las cerchas de madera, responden a una serie de normas que se relacionan principalmente con su materialidad, con las conexiones que se utilizan para su armado, con el diseño, y con el manejo y montaje en obra.

Madera

Considerando que el pino radiata es lejos la especie de mayor uso en la industria chilena de cerchas de madera, se debe tener presente que estas deberán cumplir con las exigencias para la madera y la metodología de diseño establecidas en la Norma NCh 1198. En la misma línea, las tensiones admisibles consideradas y los factores de reducción aplicados por la metodología de diseño, se deberán basar en los valores tabulados en la NCh 1198 vigente.

Conexiones

a) Placa dentada: En el caso de la utilización de placas dentadas estas deberán tener un espesor mayor a 1 mm y ser galvanizadas, cumpliendo con las normas ASTM A653 y ASTM A653M (INFOR, 2000). Si se trabaja en ambientes corrosivos se deben aplicar los tratamientos que eviten su deterioro. Además, se debe asegurar una tensión de ruptura en tracción de al menos 310 MPa, una tensión de fluencia de 230 MPa y una elongación de ruptura del 20% (INFOR, 2000). El tamaño y la posición de la placa metálica dentada se determinará a partir de la carga admisible que establezca el fabricante de estos elementos, junto a la metodología expuesta en la NCh 1198 para determinar la resistencia de la unión y el uso de una metodología auxiliar (ANSI TPI-1 u otra) para determinar las deformaciones esperadas. La carga admisible por unidad de placa se obtiene a partir de curvas de carga y desplazamiento obtenidas a través de ensayos de tracción a piezas de madera empalmadas mediante dos placas dentadas (INFOR, 2000).

b) Clavos: En el caso de la utilización de clavos en la estructura, la norma NCh 1198 exige la presencia de al menos cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presentan en una unión calada de dos o más piezas de madera, respetando los espaciamientos de clavado y el diseño de uniones dispuesto en dicha norma (CORMA, 2004).

c) Pernos: Se utilizan principalmente en cerchas que van a quedar a la vista. Los pernos utilizados en uniones estructurales deben llevar golillas, de preferencia cuadradas, ya que tienen mayor resistencia al incrustamiento en la madera. Las uniones apernadas son más flexibles que las clavadas, aspecto relevante de considerar al momento de diseñar las cerchas, para evitar corrimientos exagerados en los nudos (CORMA, 2004).

Independiente de la solución de conexión que se adopte, esta deberá asegurar el cumplimiento de las hipótesis de cálculo de la estructura. Se debe establecer el espaciamiento entre elementos de unión y la distancia de ellos al borde y los extremos de la pieza que se une.

Por otra parte, los medios de unión deben evitar distribuirse de manera excéntrica. Si ello ocurre, se debe considerar el efecto de los momentos de flexión que se induce (INN, 2006).

Consideraciones de Diseño

Antes de su fabricación, los diseños de cerchas industrializadas deberán contar con el visto bueno de un ingeniero civil que apruebe las escuadrías y la capacidad de las conexiones sugeridas.

La memoria de cálculo de una cercha deberá contener al menos la siguiente información (INFOR, 2000):

- Pendiente de la techumbre, luz del vano a salvar y espaciamiento entre cerchas.
- Cargas aplicadas, tales como cargas vivas sobre la cuerda superior, cargas muertas sobre la cuerda superior, cargas vivas sobre la cuerda inferior, cargas muertas sobre la cuerda inferior, cargas concentradas y su punto de aplicación y cargas de nieve y viento.
- Escuadrías de las piezas de madera.
- Especie, grado y clase estructural de la madera a utilizar.
- Tipos de conexiones y elementos
- Desplazamientos verticales tanto para cargar muertas como vivas.
- Fuerzas axiales máximas de compresión y tracciones en cada una de las barras, para todas las combinaciones de carga consideradas.
- Ubicaciones y dimensiones de los elementos utilizados como arriostramientos permanentes.
- Factor de utilización de los elementos sometidos a mayor esfuerzo.

Las uniones de los componentes de las cerchas se deben diseñar siguiendo lo establecido en la NCh 1198, en el capítulo de "Uniones de la madera estructural". Se debe considerar las magnitudes y direcciones de las fuerzas que actúan sobre cada nudo.

Manejo y Montaje

El manejo y montaje de la cercha industrializada requiere los mismos grados de seguridad que el resto de las obras de asociadas a una construcción, en lo que respecta a la protección de las personas y del elemento estructural.

Otras Normas

En el Cuadro N°6 se presentan otras normativas relacionadas al uso de cerchas de madera.

Cuadro N°6. Otra normativa vinculada al uso de cerchas de madera

Norma	Titulo	Alcance	Aplicación
NCh 1537	Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecarga de uso	Bases para determinar las cargas permanentes y los valores mínimos de las sobrecargas de uso normales que deben considerarse en el diseño de edificios.	Aplicables a los edificios o partes de edificios que tienen los usos siguientes: bibliotecas, bodegas, cárceles, escuelas, estacionamientos, fábricas, hospitales, hoteles, iglesias, oficinas, teatros, tiendas y viviendas.
NCh 431	Construcción – Sobrecargas de Nieve.	Establece los valores mínimos de las sobrecargas de nieve que deben emplearse en los cálculos estructurales de las construcciones ubicadas en el territorio nacional excluido el territorio antártico nacional.	Se aplicará en los cálculos estructurales de todas las construcciones que puedan quedar expuestas a cargas de nieve.
NCh 432	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones	Establece la forma en que debe considerarse la acción del viento en el cálculo de construcciones.	se aplica en todos los cálculos de resistencia de todo tipo de construcciones dentro del país con exclusión del Territorio Antártico chileno.
NCh 433	Diseño Sísmico de Edificios	Esta norma establece requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios.	Esta norma no se aplica al diseño sísmico de otras obras civiles.
NCh 3000	Elementos de fijación - Pernos, tuercas, tornillos y accesorios - Terminología y designación general	Entrega la terminología y designación general de pernos, tuercas, tornillos y arandelas	Esta norma recoge los elementos de fijación establecidos en diversas normas nacionales sobre el tema, incluyendo algunos tipos obsoletos, pero aún necesarios como elementos de repuestos

Norma	Titulo	Alcance	Aplicación
NCh 1269	Clavos de acero de sección circular de uso general – Requisitos	Especifica los requisitos, materiales y dimensiones de los clavos de alambres de acero de sección circular de uso general.	Esta norma se aplica a los clavos de alambres de sección circular de cabeza plana y de cabeza plana avellanada, destinados a unir piezas de madera, cualquiera que sea su uso, incluyendo estructuras de madera.
NCh 3079	Madera – Uniones realizadas con elementos de unión mecánicos- Determinación de las características de resistencia y deformación	Especifica los procedimientos para la determinación de las características de resistencia de uniones con elementos mecánicos en madera	

2.2 Oferta de Cerchas Industrializadas

Durante el año 2020, INFOR identificó un total de seis empresas fabricantes de cerchas industrializadas de madera que comercializan sus productos en el mercado. De estas, una lo hace en forma parcial, puesto que una parte de su producción de cerchas está integrada a sus propios proyectos de construcción de viviendas. Estas seis empresas fueron encuestadas en los años 2020 y 2021, obteniéndose los datos correspondientes a los años 2019 y 2020, respectivamente. Los resultados de este proceso de recopilación de información desde la fuente primaria, constituyen una información única de esta industria y con la base que permitió realizar la caracterización que se presenta en este capítulo de oferta.

2.2.1 Producción

La capacidad instalada anual de cerchas industrializadas de madera asciende a 25.110 m^3. Si se clasifican las industrias en base a su capacidad instalada (a un turno), se identifican dos empresas grandes que poseen una capacidad mayor a los 5.000 m^3, dos empresas medianas con capacidad entre 2.500 m^3 y 5.000 m^3, y dos empresas pequeñas con capacidad menor a 2.500 m^3. La distribución de la capacidad instalada en base a esta categorización de tamaños muestra que las empresas grandes concentran el 58%, mientras que las empresas medianas participan con el 27% y las empresas pequeñas con el 15%.

Cuadro N°7. Capacidad instalada de cerchas industrializadas de madera según tamaño de las empresas

Tamaño	Cantidad	Capacidad instalada anual a un turno (m^3)	Participación (%)
Grande (>5.000 m^3)	2	14.455	58
Mediana (entre 2.500 m^3 y 5.000 m^3)	2	6.856	27
Pequeña (<2.500 m^3)	2	3.800	15
Total	6	25.110	100

La producción de cerchas registrada para el año 2019 alcanzó a 15.346 m^3 de madera, lo que en unidades se estima en torno a las 255 mil cerchas. En el año 2020, estas cifras bajaron significativamente, debido principalmente al largo período de cuarentena que hubo en el país a consecuencia de la pandemia del COVID 19. Así, el volumen de producción del año 2020 registró una baja de 15,2% respecto de la cifra alcanzada el año anterior, mientras que las unidades producidas disminuyeron en 13,7%. Cabe señalar que, en la consulta del año 2020, a las empresas también se les preguntó por la producción que habían tenido el año 2018 y el resultado indica una producción de

14.663 m^3, con lo cual se puede inferir que la producción 2019 tuvo un incremento anual de 4,7%, lo que mostraría una tendencia de la industria que no está "contaminada" con las consecuencias de la pandemia.

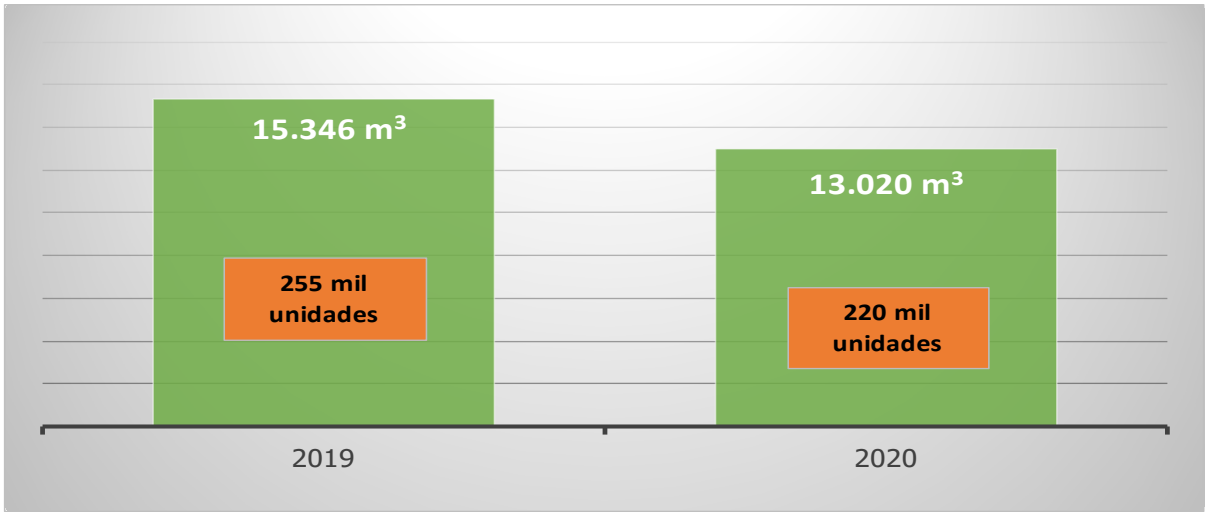


Figura N°32. Producción de cerchas industrializadas en Chile

Otra característica asociada a la producción de cerchas industrializadas es la forma en que se determina. Al respecto, las alternativas previstas fueron a pedido, generación de oferta y según las ventas del último año. El resultado coindice plenamente para los dos años consultados, 99% a pedido y 1% según ventas del último año, las empresas no producen para generar una oferta.

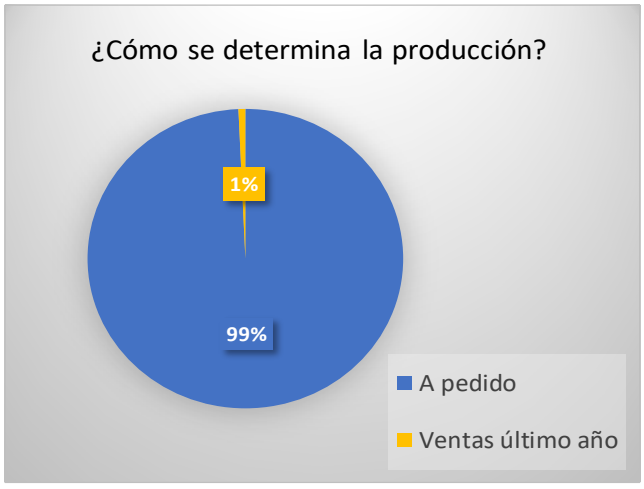


Figura N°33. Factores que determinan la producción de cerchas industrializadas, 2019 y 2020

Los pedidos provienen casi en su totalidad directamente de empresas del sector privado, aunque hay una participación muy baja de intermediarios. Los pedidos del sector público son marginales, no alcanzan al 1% de la producción. Esta distribución no tuvo cambios en los años 2019 y 2020.

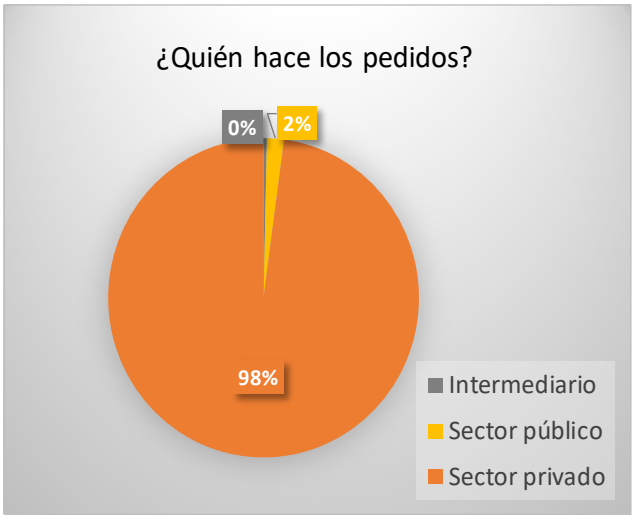


Figura N°34. Origen de los pedidos que generan la producción de cerchas industrializadas, 2019 y 2020

El 100% de la producción de cerchas es de madera de pino radiata, no hay otra especie maderera involucrada en esta producción.

En relación a la periodicidad de la producción, durante el año 2019 el 100% de la producción se generó en plantas que operaron regularmente, en tanto que, en el 2020, el 91,6% se produjo en plantas que operaron regularmente y el restante 8,4% en plantas que tuvieron una producción intermitente o esporádica debido a las limitaciones que impuso la pandemia.

En cuanto a los destinos de la producción, el 100% de las cerchas industrializadas de madera se comercializa en el mercado interno, no es un producto que participe en el comercio exterior del país.

2.2.2 Abastecimiento

El abastecimiento de madera en la industria de cerchas llegó en el 2019 a 16.849 m^3, experimentando una baja de 14% al año siguiente. Esta cifra es el equivalente en madera aserrada, puesto que la industria de cerchas se abastece de madera aserrada en diversos estados.

En efecto, se detectaron siete formas en que la madera llega a las plantas de cerchas. Su distribución se muestra en la Figura N° 36, donde se observa que hubo cambios importantes en la composición del abastecimiento entre los años 2019 y 2020 destacándose. principalmente en el último año, la ausencia de madera cepillada impregnada, que en el 2019 tuvo una alta participación.

Como contrapartida, hubo un gran crecimiento de la participación de la madera aserrada impregnada, que pasó al primer lugar de importancia. Notable es la participación que alcanza la madera aserrada estructural, que representa aproximadamente entre el 25% y el 30% del abastecimiento total.

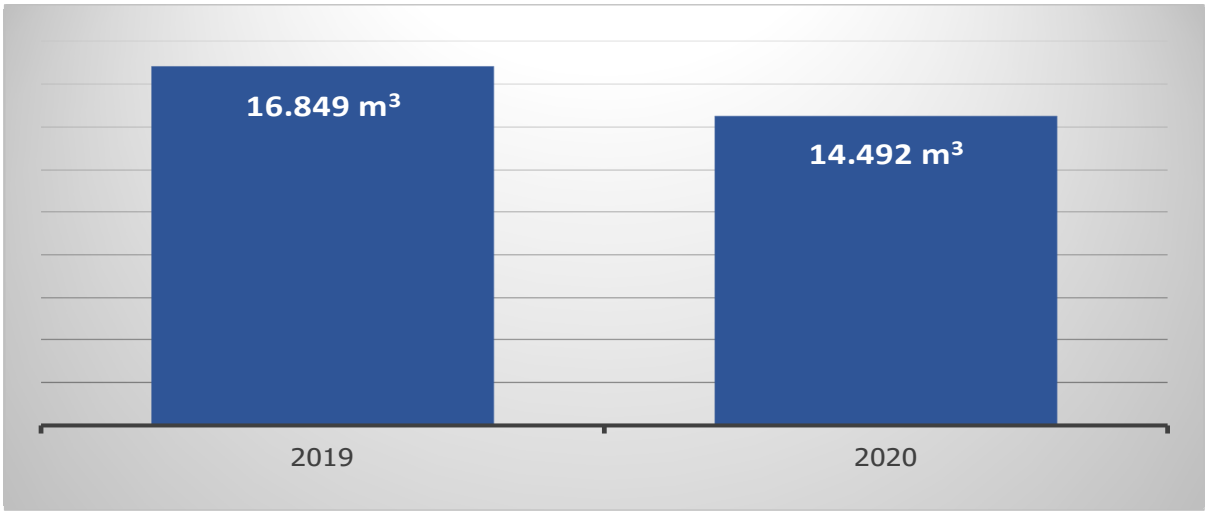


Figura N°35. Abastecimiento de madera en la industria de cerchas

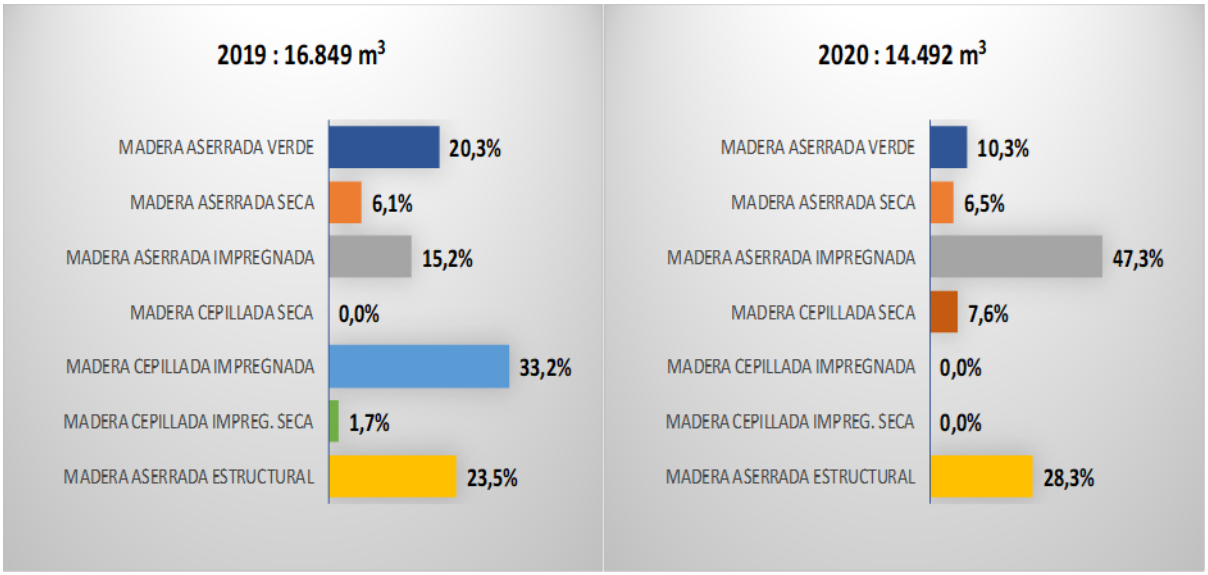


Figura N°36. Abastecimiento de las plantas de cerchas, según estado de la madera aserrada

Consultadas las empresas por el origen del abastecimiento de madera, en el año 2019 el 51% fue abastecido por aserraderos de gran tamaño, pero esta participación bajó al 16% en el año 2020.

En contrapartida, el gran salto lo dieron los aserraderos medianos, que en el 2019 participaron con el 14% y en el 2020 aportaron el 49%.

Los aserraderos de propiedad de las empresas de cerchas de madera, no variaron su participación entre un año y otro, y concentran alrededor de un tercio del abastecimiento.

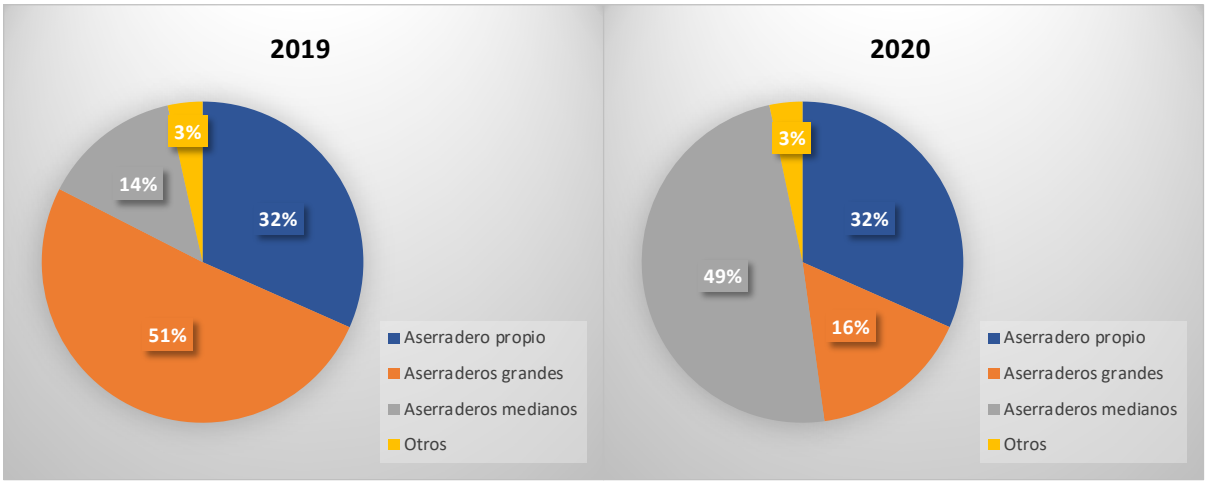


Figura N°37. Origen del abastecimiento de madera aserrada en las plantas de cerchas

2.2.3 Ocupación

En el año 2019, la industria de cerchas de madera dio trabajo a un total de 291 personas, de las cuales el 98,3% trabajó en forma permanente. En el 2020, a pesar de que la producción experimentó una baja, la ocupación total en la industria creció a 315 puestos de trabajo, con una participación del 96,8% para los empleos de tipo permanente.

Por su parte, los empleos permanentes son principalmente para hombres, los que concentran en torno al 90% de estos puestos, y para operarios, con el 83,9% el 2019 y el 77,4% el 2020, lo que sí está en concordancia con la disminución de la producción.

La productividad física del trabajo difiere significativamente entre las empresas, siendo la más baja de 20 m^3 de cercha/persona ocupada y la más alta de 170 m^3/persona ocupada.

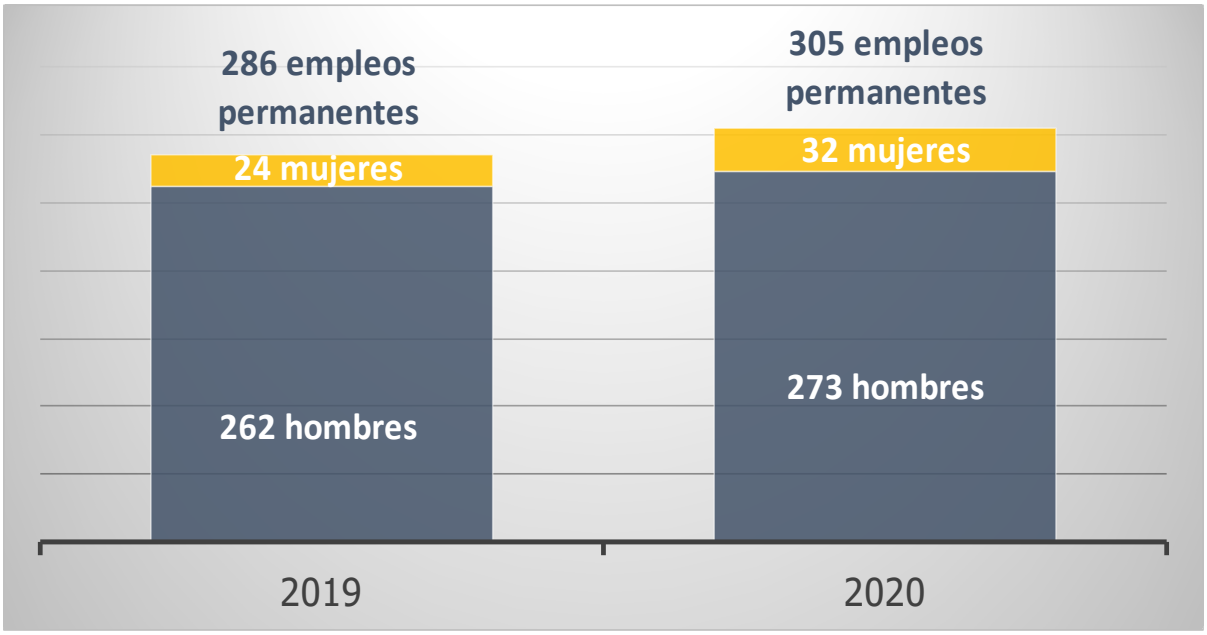


Figura N°38. Ocupación permanente en la industria de cerchas, según género.

2.2.4 Proceso Productivo

El proceso productivo de cerchas es simple. Las empresas productoras preparan la materia prima antes de iniciar la fabricación de la cercha propiamente tal. En los casos en que se trabaja de forma integrada a un aserradero, habitualmente se recibe la madera clasificada, la cual se dimensiona de acuerdo al tipo de cercha que se quiere fabricar, se hace el pre armado de las unidades, se prensan, se cargan y se despachan.

Cuando el proceso se inicia a partir de basas, estas son aserradas con sierra hincha para obtener madera aserrada, la cual posteriormente es secada y clasificada para comenzar el proceso de producción de las cerchas. Otras plantas se abastecen de madera aserrada que ya viene seleccionada con grado estructural, la que luego es secada e impregnada. Independiente del grado estructural, si el producto final es una cercha impregnada, la materia prima se impregna antes de iniciar el proceso productivo.

La producción de cerchas se inicia con el proceso de trozado de la madera según las dimensiones de la cercha y su diseño, lo que incluye que la madera pase por la sierra para cortar los ángulos requeridos. Luego se montan los componentes sobre una plantilla o molde y, dependiendo del nivel de automatización de la industria, se prensan para realizar un pre armado de la estructura.

Finalmente, las piezas son conectadas mediante el tipo de unión que utilice cada fabricante, lo que normalmente se realiza con conectores metálicos como, por ejemplo, las placas dentadas. Para poder asegurar una correcta fijación de las uniones, se utilizan maquinarias especializadas o martillos neumáticos.

Las sierras partidoras están presentes en los procesos de todas las empresas encuestadas y son utilizadas para dimensionar los componentes de la cercha. Así mismo, las prensas para placas fueron mencionadas por todos los encuestados y se utilizan en el ensamblaje de los componentes de la cercha.

Por su parte, las sierras circulares son usadas por el 83% de las empresas, existiendo un total de 12 unidades en toda la industria. Los martillos neumáticos y las maquinarias para uniones son otros elementos destacados, que cumplen un rol fundamental en la fijación de los componentes.

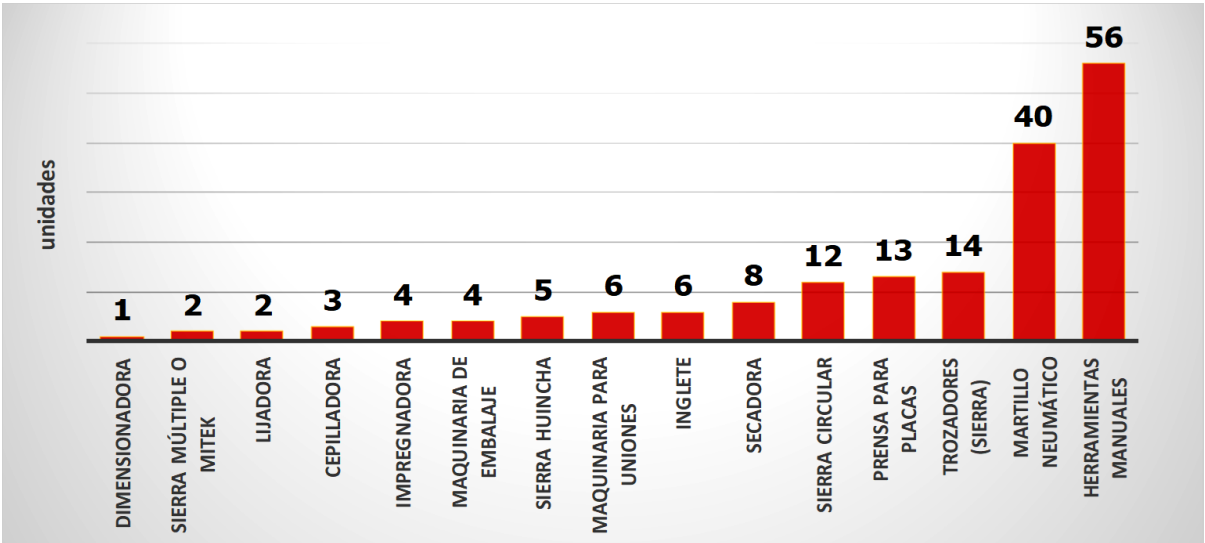


Figura N°39. Número y tipo de maquinaria y equipos utilizados en la industria de cerchas.

2.2.5 Estructura de Costos

En una situación promedio de la industria, el costo de la materia prima concentra más de la mitad del costo total de producción de cerchas industrializadas. Esta alta incidencia se deriva de las características propias del producto y de su proceso de fabricación, donde queda en evidencia que las cerchas son un producto altamente intensivo en madera, al cual solo es necesario agregar algunos elementos metálicos para unir sus partes. De hecho, el ítem uniones o herrajes solo representa un 5% del costo, situándose en el quinto lugar de participación.

La mano de obra se ubica en segundo lugar, a gran distancia de la materia prima, con una participación del 21%. Esta participación es un proceso productivo relativamente intensivo en mano de obra, pero menos calificada que en procesos más sofisticados tecnológicamente.

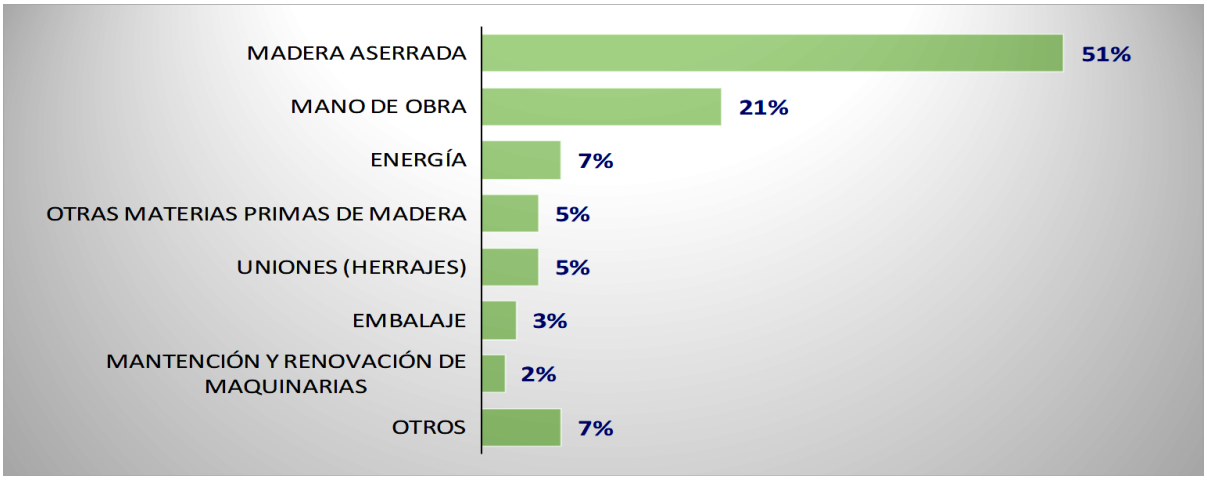


Figura N°40. Estructura de costos en la fabricación de cerchas industrializadas de madera

2.2.6 Problemas y Perspectivas

Se consultó a los productores de cerchas de madera acerca de los principales problemas que enfrentaron en sus negocios los años 2019 y 2020. A partir de un listado de 10 opciones, se les solicitó que marcaran las tres primeras preferencias. Esta información se valorizó de acuerdo a las prioridades señaladas por los productores, obteniéndose un índice de valoración para cada una de las 10 opciones.

Los resultados muestran que la disponibilidad de madera aserrada es el principal problema para esta industria. A una distancia considerable le siguen el alto precio de la madera aserrada, lo que pudo haber estado influenciado por el auge de demanda en tiempos de COVID, y la baja demanda de cerchas de madera.

Con respecto a las perspectivas de las empresas productoras de cerchas de madera, en general, la meta más destacada fue la diversificación de productos hacia otros distintos de las cerchas, lo cual podría llegar a afectar la producción futura de cerchas industrializadas, aunque es indudable que está pensado con el fin de encontrar mejores rentabilidades al negocio.

Sin embargo, en segundo lugar, se destaca la meta de aumentar la producción de cerchas, seguida de las perspectivas de mejorar la productividad e invertir en tecnologías de producción, todo lo cual conduce a alcanzar una mayor producción de cerchas, de mejor calidad y más rentable.

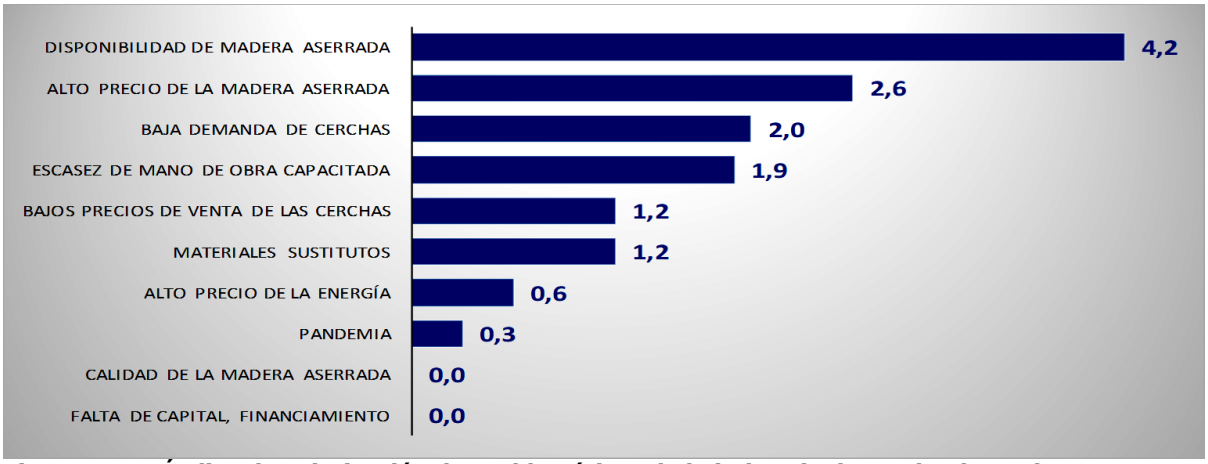


Figura N°41. Índice de valorización de problemáticas de la industria de cercha de madera

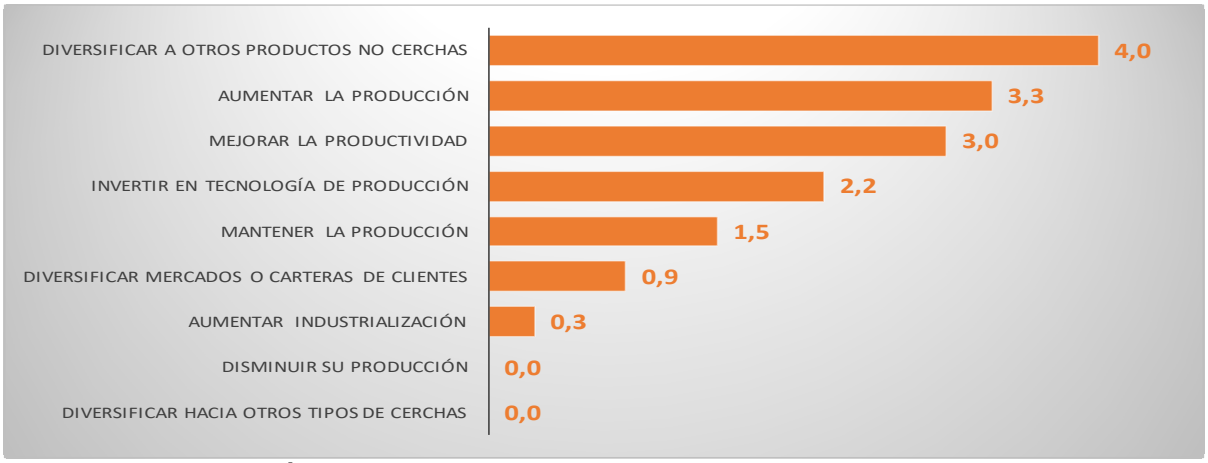


Figura N°42. Valorización de las perspectivas de la industria de cerchas de madera

Consultada finalmente la industria por las perspectivas del mercado de cerchas industrializadas de madera para los próximos 5 años, las respuestas coincidieron plenamente en los dos años de consulta. Un tercio estima que el mercado disminuirá, el segundo tercio piensa que se mantendrá y el tercer tercio anticipa que el mercado crecerá.

Entre las razones que avalan la disminución del mercado está la competencia con el metal y el auge de la construcción de edificios en desmedro de la construcción de casas, mientras que los que pronostican que el mercado se mantendrá se sustentan en la evolución de la construcción de viviendas sociales y, por último, las empresas que están optimistas y piensan que el mercado de cerchas crecerá, se basan en que prevén una recuperación significativa de la construcción habitacional.

2.3 Demanda de Cerchas

2.3.1 Caracterización de la Demanda desde Fuentes Primarias

El levantamiento de información de demandantes de cerchas industrializadas de madera considera los siguientes ítems, tanto en la encuesta aplicada, como en la pauta de conversación seguida para obtener información adicional de los entrevistados:

- Uso de cerchas. Según materialidad y tipo de proyecto
- Atributos de las cerchas de madera. En relación a otros materiales. Entre los atributos evaluados se consideró costo del material, costo de armado e instalación, trabajabilidad, propiedades mecánicas, durabilidad, disponibilidad de oferta, estandarización, factores ambientales, conocimiento del producto y otros a mencionar por el entrevistado.
- Tipos de cerchas de madera utilizadas. Fabricadas en obra, industrializadas armadas, industrializadas prefabricadas, según tipo de proyectos (habitacional, no habitacional)
- Nivel de satisfacción. Como ha sido la experiencia en el uso del producto
- Atributos de cerchas de madera industrializadas en relación a las fabricadas en obra. Costos, tiempos de ejecución, calidad, disponibilidad, estandarización, propiedades estructurales, otros.
- Factores de decisión para optar por el producto. Aspectos técnicos, económicos, exigencias de licitaciones o del demandante, otros.
- Años en la utilización del producto.
- Evaluación de la oferta del producto. Cantidad de oferentes, disponibilidad de volumen, calidad del producto, estandarización, diseños, servicios.
- Certificación y/o rotulado. Se consulta si el producto tiene algún tipo de certificación o rotulado, y qué importancia le asigna a este factor a futuro.
- Percepción sobre evolución de la demanda a mediano plazo. Se consulta sobre la evolución de la demanda por el producto en los próximos cinco años, a nivel de la empresa y a nivel nacional.

Se encuestó/entrevistó a un total de 14 empresas constructoras y oficinas de arquitectos. Solo una de estas empresas declaró no utilizar cerchas en sus proyectos.

En cuanto a la materialidad de las cerchas utilizadas, dos empresas utilizan solo cerchas de acero galvanizado, cuatro empresas usan solo cerchas de madera y siete empresas utilizan cerchas tanto de acero galvanizado como de madera.

Cabe señalar que no se hizo ninguna mención a la posibilidad de utilizar otro tipo de elementos para la estructura soportante de techumbres, ni tampoco cerchas de otros materiales más allá de la madera y el acero galvanizado, o una combinación de estos materiales con otros.

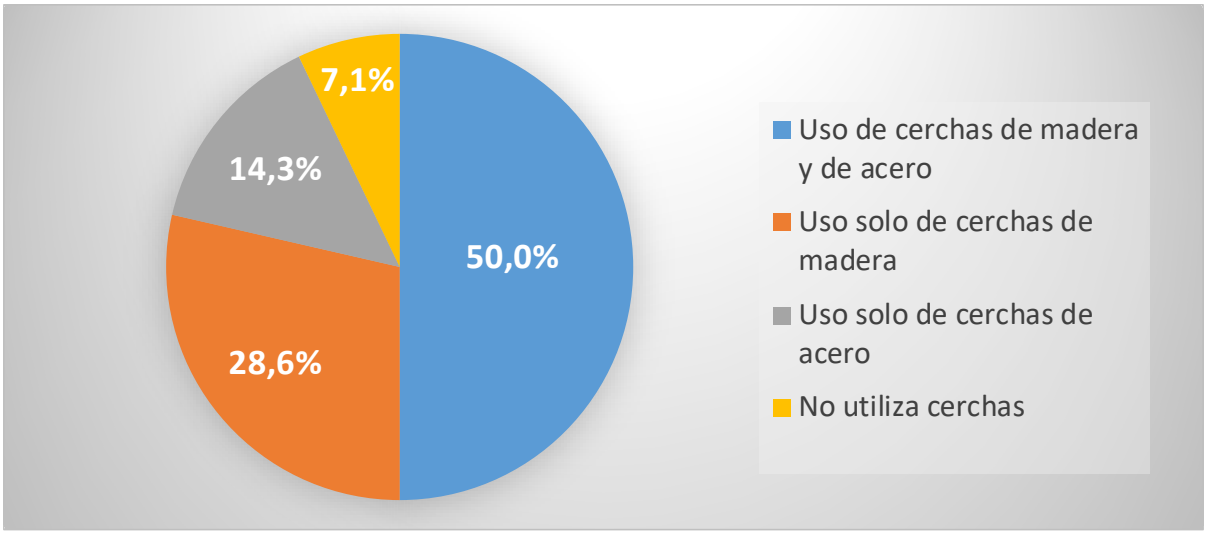


Figura N°43. Distribución de las empresas entrevistadas según materialidad de las cerchas que utilizan

Al consultar a los entrevistados respecto a ventajas o desventajas que reconocían en las cerchas de madera, en relación a otros materiales (fundamentalmente perfiles de acero galvanizado, comúnmente denominado "Metalcon"), destacan como ventajas de las cerchas de madera su costo como producto terminado o los menores costos de armado e instalación, cuando se fabrican en obra.

La trabajabilidad representa también un atributo reconocido en la madera en el 64% de los casos, mencionando entre otros aspectos que en el montaje de cerchas de acero se requiere de soldadura. No obstante, también se señaló que cada vez son menos los trabajadores con conocimientos de carpintería, mientras que. como resultado del avance en el uso de estructuras de acero en diferentes aplicaciones de la construcción, se han incrementado las aptitudes para trabajar con este material.

Los únicos atributos en los que las menciones de desventaja en el uso de cerchas de madera dominan son durabilidad y estandarización. La durabilidad es un atributo que se considera una condición desventajosa de la madera en relación a otros materiales, presentando un 36% de menciones como desventaja, un 27% de menciones como ventaja y 36% de menciones neutrales. Las empresas que desarrollan proyectos en localidades con climas costeros, manifestaban preferencia por la madera en comparación con las estructuras de acero, por la alta posibilidad de oxidación.

Por otra parte, un 55% de las empresas reconoce a la madera como un material ambientalmente más amigable, sin embargo, un 18% reconoció una desventaja en el uso de la madera en relación a este factor y un 27% no consideró que el uso de las cerchas de madera fuese una ventaja o desventaja desde la perspectiva ambiental. En general, la madera se reconoce como un material que contribuye a mejorar la huella de carbono, que disminuye la cantidad de residuos, que se requiere un menor uso de energía en su producción y que no experimenta procesos de oxidación. Como contrapartida, hubo algunas opiniones desfavorables en relación al uso de la madera, haciendo referencia a que se fomentaba el desarrollo de un monocultivo.

Más allá de la madera como material, las menciones que reconocen una ventaja en cuanto a las propiedades mecánicas del producto cerchas de madera alcanzan a un 36%, muy por sobre el 18% que considera que hay desventajas en el uso de este tipo de estructuras. No obstante, las opiniones que no reconocieron ventajas ni desventajas participan con el 45%. Algunos comentarios que atribuían ventajas de la madera en comparación al acero, mencionaban el comportamiento al fuego, el comportamiento sísmico y la mejor relación peso-resistencia.

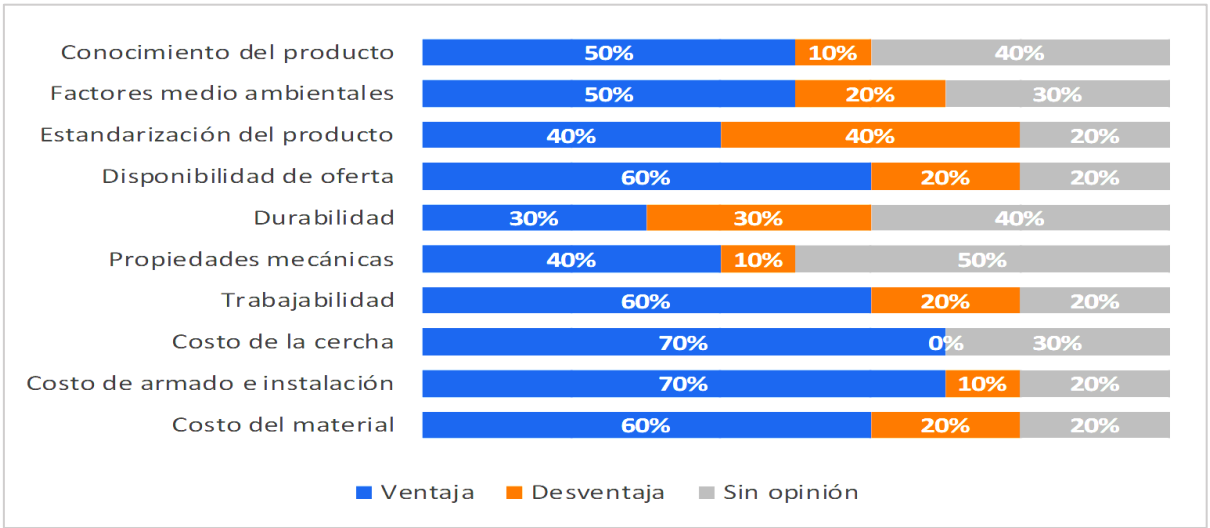


Figura N°44. Calificación de atributos de las cerchas de madera en relación a cerchas de otros materiales

De las 11 empresas que declararon utilizar cerchas de madera, cinco utilizan solo cerchas industrializadas, dos usan tanto cerchas industrializadas como fabricadas en obra y cuatro empresas declararon utilizar solo cerchas fabricadas en obra.

Entre las cerchas industrializadas es posible distinguir dos tipos, las que se entregan armadas y las que se entregan prefabricadas, en *kit* de piezas para armar con las correspondientes uniones y herrajes. De los siete entrevistados que declararon utilizar cerchas industrializadas, cuatro adquieren el producto armado y tres lo adquieren prefabricados.

A las empresas que declararon tener experiencia en el uso de cerchas industrializadas de madera, se les solicitó calificar una serie de atributos como ventaja o desventaja al utilizar estas cerchas en relación a las cerchas de madera que se fabrican en obra. Los resultados reflejan un alto nivel de opiniones favorables al uso de cerchas industrializadas en comparación a las cerchas fabricadas en obra. Sin embargo, algunos entrevistados manifestaron que las conveniencias de utilización del producto industrializado estaban relacionadas con la construcción de un número critico de viviendas de las mismas características, 30 a 50, dado que el diseño de cada cercha es particular para cada proyecto.

En cuanto al ahorro de tiempo estimado en el armado e instalación de cerchas industrializadas en relación a las cerchas fabricadas en obra, las respuestas abarcan un rango muy amplio, desde 30% a 80% de ahorro en tiempo. Esto deja en evidencia que hay otros factores que influyen en el proceso y que se confunden al momento de determinar los tiempos específicos atribuibles a las cerchas, su fabricación y su instalación. Por otra parte, algunos demandantes mencionan que el producto industrializado les evita problemas de espacio, dado que en muchas obras no se dispone de lugares de acopio de madera o un espacio suficiente para la fabricación de las cerchas. La seguridad laboral en la obra, es otro aspecto que se destacó entre las ventajas de trabajar con el producto industrializado, en relación a la fabricación de cerchas en obra.

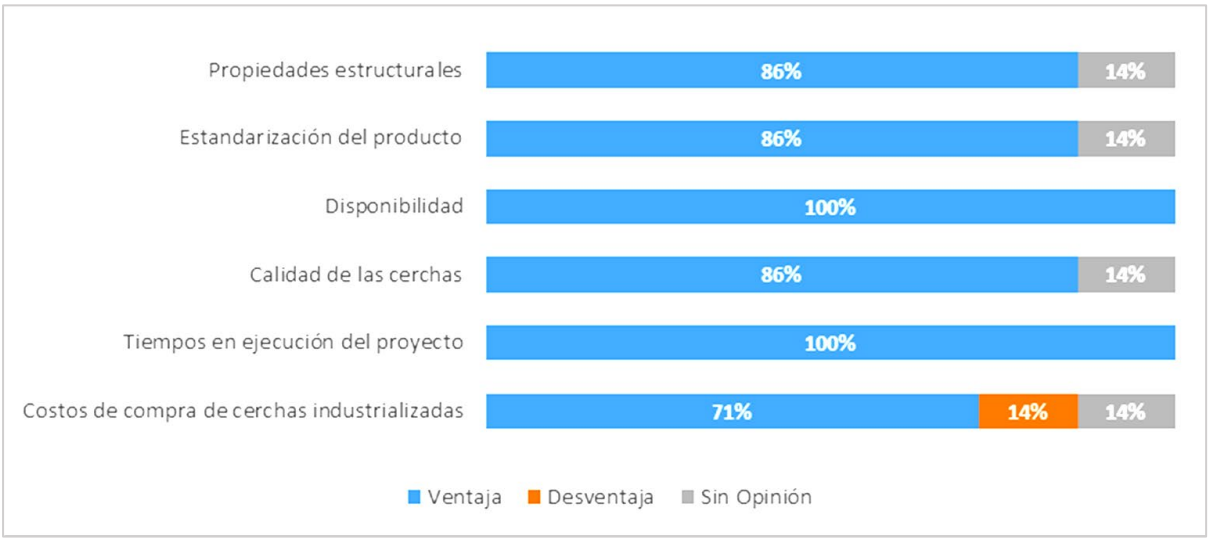


Figura N°45. Calificación de atributos de cerchas industrializadas de madera en relación a cerchas fabricadas en obra

Un aspecto que destaca entre los usuarios de cerchas industrializadas, es el alto nivel de satisfacción y fidelización con el producto. Al consultar como se evalúa la experiencia de utilización del producto en relación con las expectativas previas, en los siete casos la respuesta fue positiva o muy positiva. De estas siete empresas tres declararon utilizar este tipo de cerchas desde hace 25 años, es decir, desde

que se inició la producción en Chile; otras dos llevan 15 años utilizándolo, en un caso 9 años y una empresa que comenzó a utilizar cerchas industrializadas hace dos años.

Al realizar una consulta abierta referente a cuáles fueron los principales factores que los llevaron a tomar la decisión de optar por el uso del producto industrializado, predominaron factores económicos como el mayor costo del producto fabricado en obra y la reducción de plazos de ejecución del proyecto, y otros factores con la calidad, estandarización, confiabilidad en el producto, facilidades logísticas para el transporte, externalizar funciones y disminuir la cantidad de gente presente en la obra.

En relación a la existencia de algún tipo de certificación y/o de rotulado del producto, ningún entrevistado mencionó que los productos llegaran con algún tipo de rotulado. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados señalaron que las empresas oferentes de cerchas industrializadas disponen de una certificación, mencionando en algunos casos la certificación de calidad estructural, de impregnación y de resistencia al fuego.

Por último, se consultó a los entrevistados sobre su visión de la demanda de cerchas industrializadas de madera para los próximos cinco años, tanto a nivel de la respectiva empresa, como a nivel nacional. En el primer caso, predominó la visión de que la demanda se mantendrá (42,9% de las respuestas), mientras que el 28,6% espera un incremento de la demanda de su empresa y el 28,6% restante estima que la demanda se contraerá.

Los entrevistados reflejaron algo de mayor optimismo al proyectar la demanda de cerchas industrializadas a nivel nacional: 38,5% pronostica crecimiento, 38,5% pronostica disminución y 23,1% estima que se mantendrá en los niveles actuales.

Entre los argumentos destacados por quienes esperan un incremento en la demanda, se menciona que el uso de la madera en Chile se incrementará por factores ambientales y que, en la medida que se avance en industrialización y nuevas tecnologías para los productos de madera que se destinan a la construcción, la demanda de estos se incrementará.

Al mismo tiempo, las empresas que proyectan una contracción de la demanda argumentan que, en general, las cerchas constituyen un producto destinado a viviendas de dos aguas, tipo de arquitectura que estaría en retirada en segmentos de viviendas de mayor valor, aunque no en viviendas económicas. Las nuevas tendencias apuntarían hacia un mejor aprovechamiento del espacio y a techos en formato de "casetones" o estructuras planas estilo mediterráneo. Otros argumentos se refieren a la alta penetración de los perfiles de acero galvanizado en diferentes aplicaciones de la construcción, entre las que se incluyen las cerchas

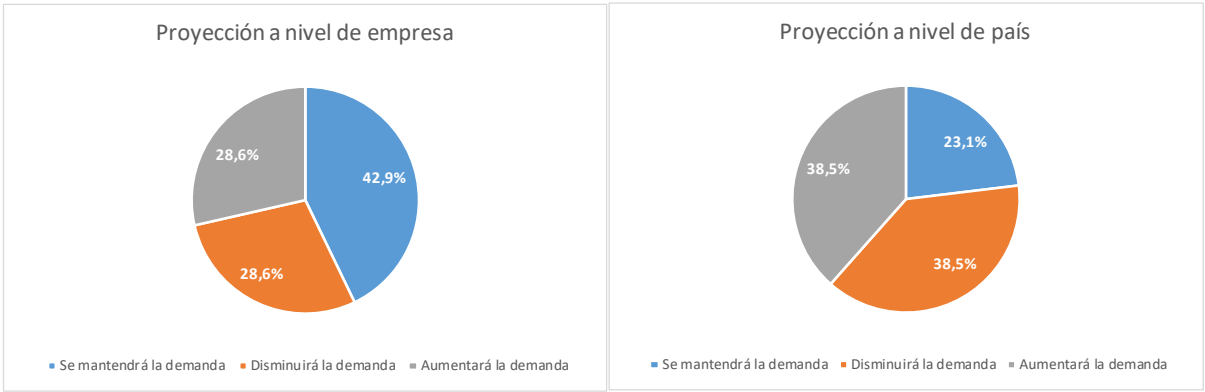


Figura N°46. Proyección de la demanda de cerchas industrializadas de madera por parte de los entrevistados

2.3.2 Caracterización de la Demanda desde Fuentes Secundarias

Con el fin de estimar lo que podría ser actualmente la demanda de cerchas de madera en el mercado nacional, considerando las fuentes secundarias de información disponibles, se calculó el volumen de madera aserrada contenido en las cerchas de madera que forman la estructura de las techumbres, supeditado a una serie de supuestos sobre el comportamiento de la realidad.

Partiendo con la información del INE sobre la superficie construida en Chile, que se basa en los permisos de edificación (INE, 2021), se seleccionó el segmento de las viviendas de 1 a 3 pisos, puesto que son estas edificaciones las que mayoritariamente tienen una techumbre que requiere de una estructura soportante como la que se logra con el uso de cerchas. Luego, para estimar la cantidad de madera aserrada contenida en las techumbres de estas edificaciones, fue necesario asumir la materialidad de ellas en base a la materialidad del muro, debido a que el permiso de edificación no entrega información del material predominante en la techumbre. Adicionalmente, se determinó un factor de conversión que relaciona la cantidad de madera aserrada contenida en las cerchas con la superficie construida de la obra, en m^3 de madera aserrada por m^2 construido.

Un antecedente a considerar cuando se habla de materialidad, se relaciona con el Formulario Único de Edificación (FUE), exigido por el INE y cuyo objetivo es esencialmente estadístico. Para el llenado del FUE se utilizan tablas predefinidas y codificadas para los distintos ítems que incluye. En el caso de los materiales predominantes en el muro, se debe señalar hasta un máximo de dos materiales, existiendo para ello una tabla predefinida. Estos son adobe, bloque cemento, hormigón, ladrillo, madera, metal panel preformado, panel ferro cemento, panel poliestireno expandible armado estucable y piedra. Si se ingresan dos materiales predominantes en el muro, se debe indicar el material que representa la mayor participación en la superficie total de la edificación, separando con un guión el segundo material predominante, por ejemplo, hormigón-madera; ladrillo-bloque cemento o metal panel preformado-hormigón.

La superficie total edificada de viviendas de 1 a 3 pisos en el año 2019, de 5.220.592 m^2, distribuida por materialidad predominante en el muro muestra que la madera es el material dominante.

Cuadro N°8. Superficie edificada de viviendas de 1 a 3 pisos según material predominante en el muro, obra nueva, año 2019

Material predominante en la estructura del muro	(m^2)	(%)
Madera	1.672.653	32,0
Ladrillo	850.492	16,3
Hormigón	604.047	11,6
Ladrillo - Madera	430.430	8,2
Ladrillo - Panel ferro cemento	414.485	7,9
Hormigón - Madera	227.581	4,4
Panel ferro cemento	220.696	4,2
Bloque cemento	183.514	3,5
Hormigón - Panel ferro cemento	169.956	3,3
Bloque cemento-panel ferro cemento	85.978	1,6
Metal panel preformado	81.514	1,6
Bloque cemento - Madera	51.704	1,0
Metal panel preformado - Ladrillo	36.904	0,7
Panel ferro cemento - Madera	27.766	0,5
Metal panel preformado - Hormigón	27.245	0,5
Hormigón - Ladrillo	23.396	0,4
Panel poliestireno expandible armado estucable	22.843	0,4
Adobe	17.490	0,3
Otros materiales (solos o combinados9	71.898	1,4
TOTAL	5.220.592	100,0

(Fuente: INFOR en base a INE, 2021)

Estimación de la Superficie Autorizada de Viviendas con Cerchas de Madera

Las viviendas de uno a tres pisos fueron segmentadas de acuerdo a su tamaño y número de pisos. Para efectos prácticos, y debido a la falta de información de factores de conversión que evalúen la cantidad de madera aserrada en las cerchas para viviendas de mayor tamaño, la superficie total autorizada se dividió en dos segmentos de tamaños: viviendas menores o iguales a 60 m^2 y viviendas mayores a 60 m^2. Esta cifra se estableció para fijar un límite entre aquellas viviendas que se edifican en el contexto de los subsidios habitacionales otorgados por el Estado y las que no. Para respaldar esta cifra límite, se recurrió a la información de las licitaciones públicas del Estado, en las cuales es posible advertir que las viviendas vinculadas a instrumentos de apoyo a las familias, en promedio, no sobrepasan los 60 m^2.

Como se señaló, las estadísticas del INE no disponen de información que permita conocer el material estructural de la techumbre de la vivienda. De acuerdo con algunos arquitectos consultados para el desarrollo de este estudio, los proyectos de viviendas con muros estructurales de madera que se construirán al amparo de instrumentos de subsidio habitacional (usualmente denominadas viviendas sociales), contemplan, con una alta probabilidad, que la techumbre será construida también en madera. De esta forma, se asumió que el 100% de las viviendas de superficie inferior a 60 m^2 tiene subsidio, y de estas, las que tienen muros de madera también tienen techumbre de madera.

Cabe señalar que en este segmento de viviendas (menores a 60 m^2) la estructura de la techumbre de madera puede ser en base a cerchas, costaneras y frontones o a una estructura simple de tijerales y costaneras. Este último tipo de diseño de techumbres es frecuente en viviendas de dos pisos con subsidio, ya que con esto se intenta maximizar el reducido espacio útil que tiene el segundo piso. De esta forma, la totalidad de la superficie autorizada de viviendas con muros de madera menores a 60 m^2 de 1 piso, se asumió con techumbre de cerchas de madera, mientras que, para las viviendas con muros de madera de dos a tres pisos se consideró también la existencia de techumbre de otros materiales (acero galvanizado principalmente).

El Cuadro N°9 se presenta la superficie autorizada en el año 2019 para las viviendas de uno a tres pisos, según tamaño y número de pisos, para los tres principales materiales predominantes en el muro: madera, hormigón y ladrillo. Al mismo tiempo, este cuadro entrega los porcentajes de la superficie autorizada, atribuibles a techumbres con cerchas de madera, de acuerdo a los supuestos mencionados anteriormente. Cabe señalar que también se consideró una participación, baja, a las cerchas de madera en la superficie construida de viviendas con muros de otras materialidades. En el caso de las viviendas mayores a 60 m^2, con muros de madera, se asumieron distintos porcentajes de superficie con cerchas de madera, el detalle se presenta en el Cuadro N°10

Cuadro N°9. Superficie autorizada de viviendas de uno a tres pisos, con muros de madera, hormigón y ladrillo, y proporción de la superficie con presencia de cerchas de madera en la techumbre

Tamaño unitario de la vivienda (m^2)	N° de Pisos de la vivienda	Material predominante en el muro			Material predominante en el muro		
		MADERA	HORMIGON	LADRILLO	MADERA	HORMIGON	LADRILLO
		Superficie total autorizada			Porcentaje de la superficie con cerchas de madera		
		(m^2)	(m^2)	(m^2)	(%)	(%)	(%)
Menor a 60		199.544	12.711	109.176	100	30	25
	2	181.070	50.830	40.691	80	30	25
	3	743	37.986	56	80	30	25
Mayor a 60	1	760.122	18.707	395.829	(**)	20	15
	2	506.314	442.135	292.127	(**)	20	15
	3	24.860	41.678	12.613	(**)	20	15
TOTAL		1.672.653	604.047	850.492			

(**): Proporciones se detallan en Cuadro N°10 (Fuente: INFOR en base a información de INE, 2021)

La superficie de viviendas con muros de madera de tamaño mayor a 60 m^2 se dividió en subtramos de tamaño de las viviendas por cada número de pisos, para reflejar la participación en el mercado nacional de los perfiles metálicos. Así, para viviendas de 1 piso, de 60 a 80 m^2, se consideró que el total de la superficie posee cerchas de madera; en viviendas de 80 a 100 m^2 se asumió que un 5% de la superficie tiene techumbre que no es de madera; viviendas entre 100 y 140 m^2, el 10% no es de madera; entre 140 y 300 m^2, el 15% y, finalmente, en las viviendas de tamaño mayor a 300 m^2, el 20% no usa madera en la techumbre.

Para las viviendas con muros de madera de superficie mayor a 60 m^2 de 2 y 3 pisos, la proporción de la superficie autorizada que se consideró con cerchas de madera fue rebajada en 10% respecto de las proporciones señaladas en los subtramos anteriores (Cuadro N°10).

Cuadro N°10. Superficie autorizada de viviendas, uno a tres pisos, muros de madera, tamaño mayor a 60 m^2 y porcentaje de la superficie con presencia de cerchas de madera en la techumbre

Tamaño unitario de la vivienda (m^2)	N° de Pisos de la vivienda	Subtramos de tamaño unitario (m^2)	Superficie autorizada (m^2)	Porcentaje de la superficie con cerchas de madera (%)
Mayor a 60	1	60-80	283.513	100
		80-100	177.166	95
		100-140	187.342	90
		140-300	94.694	85
		Mayor de 300	17.407	80
	2	60-80	135.715	90
		80-100	114.990	85
		100-140	106.730	80
		140-300	104.651	75
		Mayor de 300	44.228	70
	3	60-80	19.226	90
		80-100	279	85
		100-140	592	80
		140-300	3.207	75
		Mayor e 300	1.556	70
Total			1.291.296	

(Fuente: INFOR en base a información de INE, 2021)

Según comentarios de profesionales de la construcción, las viviendas con muros de hormigón o de ladrillo, son actualmente los principales segmentos del mercado habitacional donde se focalizaría el empleo de perfiles metálicos para la estructura de techumbres. En estas viviendas, los perfiles metálicos podrían ser más frecuentes de encontrar en la medida que aumentan los tamaños de dichas viviendas. Para reflejar ese hecho, se consideró que entre un 70 a 85% de la superficie autorizada posee estructura de perfiles metálicos.

Para el resto de las viviendas de las demás materialidades en el muro (de acuerdo al *ranking* del Cuadro N°8 y las combinaciones entre ellas) se asumieron diferentes porcentajes de superficie en las cuales

estarían presentes las cerchas de madera en la estructura de la techumbre. Dichos supuestos se basan en las apreciaciones y experiencias de especialistas del rubro de la construcción consultados.

Obtención del Factor de Conversión

Para la obtención de un factor que permitiera estimar el volumen demandado de cerchas de madera (equivalente en madera aserrada), a partir de la estimación de la superficie construida que utiliza este producto en la estructura de las techumbres se consideraron dos fuentes de información. La primera fueron los factores entregados directamente por la industria en base a sus propias estimaciones y, la segunda, consistió en el cálculo aproximado mediante cubicación de cerchas de madera, utilizando los planos de la estructura de techumbre de algunos proyectos seleccionados de licitaciones de viviendas. El resultado entregó factores en un rango de 0,014 - 0,02143 m^3 de madera aserrada en cerchas por m^2 construido.

En el Cuadro N°11, se presenta la estimación del volumen total de madera aserrada en cerchas, para la edificación habitacional de obra nueva del año 2019. Dicho volumen se sitúa en un rango de 34 mil a 52 mil m^3 de madera aserrada, lo que entrega una medida de la demanda actual de cerchas de madera.

Cabe hacer presente que la estimación incluye a todas las cerchas de madera, esto es: las cerchas fabricadas en obra, las cerchas industrializadas que están integradas a la construcción de viviendas y las cerchas industrializadas que se tranzan en el mercado.

Cuadro N°11. Volumen total estimado de madera aserrada en cerchas, en la edificación habitacional de baja altura (viviendas de uno a tres pisos)

Tamaño unitario de la vivienda (m^2)	N° de Pisos de la vivienda	MADERA	HORMIGON	LADRILLO	LOS DEMÁS MATERIALES
		Volumen de madera aserrada			
		(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
Menor a 60	1	2.794 – 4.276	53 – 82	382 - 585	358 - 536
	2	2.028 – 3.104	213 - 327	142 - 218	611 - 916
	3	8 – 13	160 - 244	0 - 0	0 - 0
Mayor a 60	1	10.008 – 15.319	52 - 80	831 – 1.272	1.681 – 2.519
	2	5.806 – 8.887	1.238 – 1.895	613 - 939	6.613 – 9.911
	3	301 - 461	117 - 179	26 - 41	48 - 72
TOTAL		**20.945 – 32.060**	**1.833 – 2.807**	**1.994 – 3.055**	**9.311 – 13.954**
TOTAL GENERAL			**34.083 - 51.876**		

2.4 Aspectos de Comercialización

De acuerdo a la información de las seis empresas productoras de cerchas industrializadas de madera que se comercializan en el mercado nacional, el principal canal de comercialización de sus productos está constituido por las empresas constructoras, donde se destina casi el 90% de la producción de cerchas, medida en m^3 de madera aserrada. En segundo lugar, pero a gran distancia, se ubican las ventas a particulares con el 8% de la producción, y en tercer lugar se ubican las cadenas de distribución

de materiales para la construcción con solo un 3%. Esta distribución no muestra cambios entre los años 2019 y 2020.

Existe un volumen de producción de cerchas industrializadas que corresponde a fábricas de cerchas integradas con empresas constructoras, cuya producción es específica para los requerimientos de los proyectos de construcción de ese grupo empresarial, por lo que es un volumen que no ingresa al mercado y no fue considerado en el levantamiento de información de los productores de cerchas.

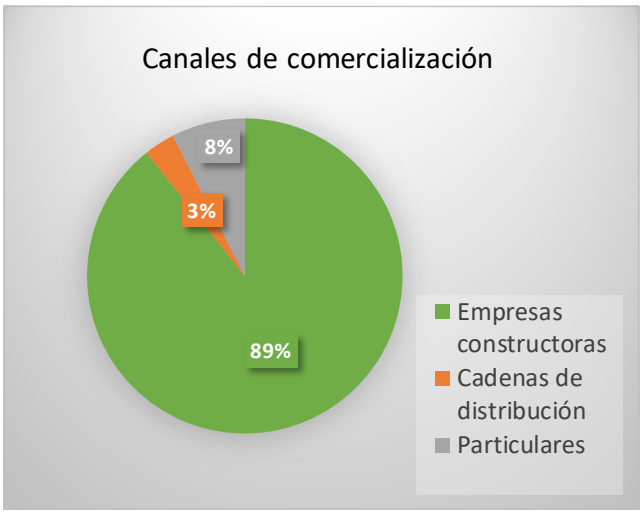


Figura N°47. Destino de la producción de cerchas industrializadas de madera que se transan en el mercado

En entrevistas a demandantes de cerchas industrializadas, una empresa constructora señaló que cuenta con una planta de cerchas para sus requerimientos, pero el resto señaló que compran cerchas directamente a los fabricantes, no existiendo intermediarios o cadenas de comercialización como en el caso de otros materiales de construcción.

También se destacó que las compras se realizan a través de pedidos a los productores, con especificaciones propias de cada proyecto, siendo muy poco común la compra de material para *stock*. Esta opinión resultó totalmente coincidente con la información entregada por los oferentes o productores de cerchas industrializadas. El hecho de que cada proyecto requiera de especificaciones dimensionales y de diseño arquitectónico específico, de acuerdo a lo informado por oferentes y demandantes, da cuenta de que no parece factible un cambio en la modalidad de comercialización en el corto y mediano plazo.

Por otra parte, de acuerdo a la opinión de demandantes de cerchas industrializadas, al evaluar diferentes aspectos del mercado de este producto con notas de 1 a 7, donde 1 es muy malo y 7 es muy bueno, ninguno de los factores evaluados obtuvo un promedio de calificación sobre 6, pero tampoco bajaron de la calificación 5.

Considerando las calificaciones y comentarios entregados en entrevistas, se reconoce que se trata de un mercado con un número muy reducido de oferentes. Además, las empresas que desarrollan proyectos en regiones manifestaron una alta concentración de los oferentes en la Región Metropolitana. En general, no señalaron que haya limitaciones en el volumen de producción respecto de sus demandas.

La calidad de los productos es considerada satisfactoria, así como el nivel de estandarización de estos, haciendo referencia principalmente a calidades y propiedades estándares, no así al tipo de producto, que es específico para cada proyecto.

En relación al servicio entregado por los oferentes, los demandantes destacaron ciertos problemas con los plazos de entrega, pero en general se califica como un servicio satisfactorio. Se consultó por los diseños de los productos, este aspecto que no fue incluido en Figura N°48 debido al bajo nivel de respuestas. En general los entrevistado consideraron que no aplicaba una evaluación debido a que los diseños normalmente provienen del demandante de acuerdo a las especificaciones requeridos para cada proyecto. Se mencionó una crítica en cuanto a que existían pocas propuestas innovadoras por parte de los fabricantes en cuanto a diseños de cerchas más acordes con nuevas tendencias de la arquitectura.

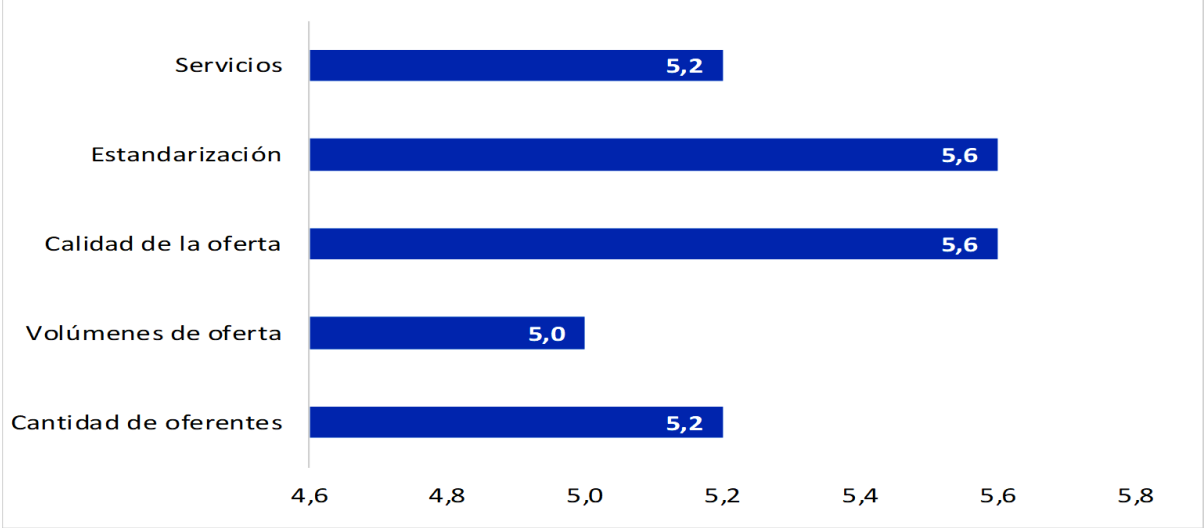


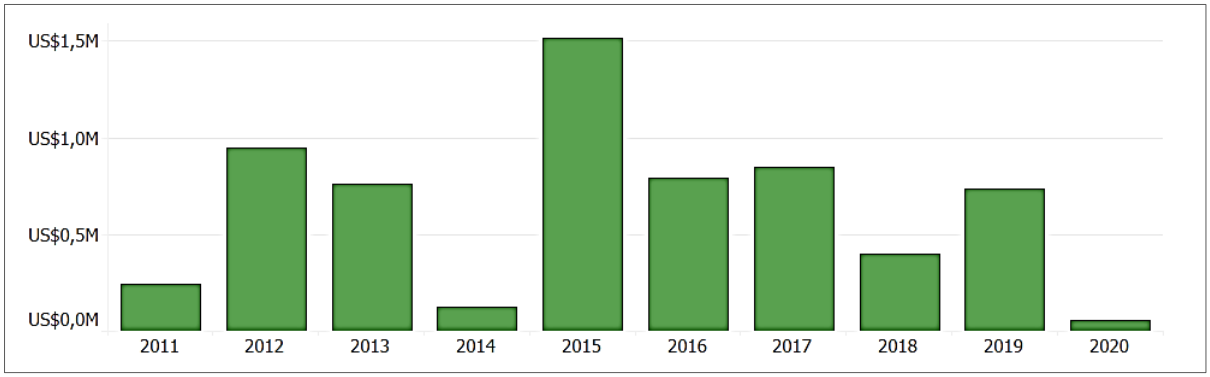
Figura N°48. Evaluación de la oferta de cerchas industrializadas de madera, por parte de las empresas demandantes

3. COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA

Mediante una reclasificación de los datos de comercio exterior proporcionados por el Servicio Nacional de Aduanas, se seleccionó la información correspondiente a los productos de ingeniería en madera para un periodo de 10 años, encontrándose principalmente transacciones de madera laminada encolada (en vigas, pilares o cerchas), vigas *I-Joist* y, en menor medida, vigas LSL (*Laminated Strand Lumber*)

3.1 Importaciones

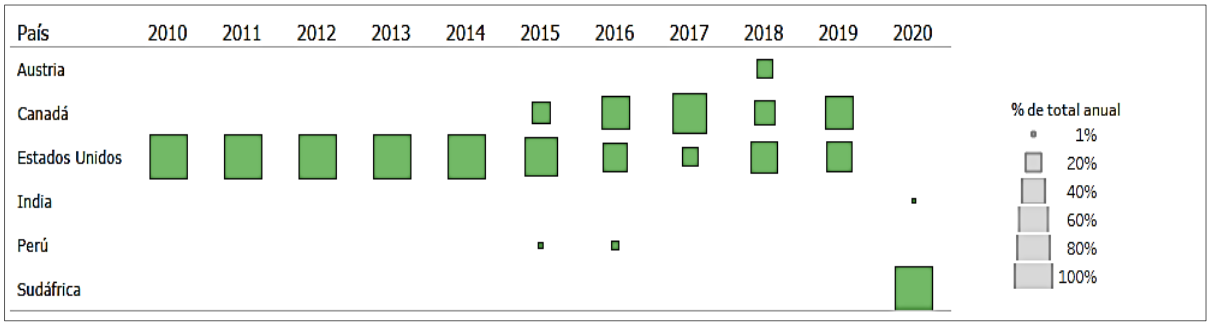
En el periodo comprendido entre los años 2011 y 2020, se encontraron importaciones para tres categorías de productos de ingeniería en madera: vigas *I-Joist*, vigas LSL y madera laminada encolada (MLE).



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°49. Evolución del monto importado de productos de ingeniería en madera, periodo 2011-2020

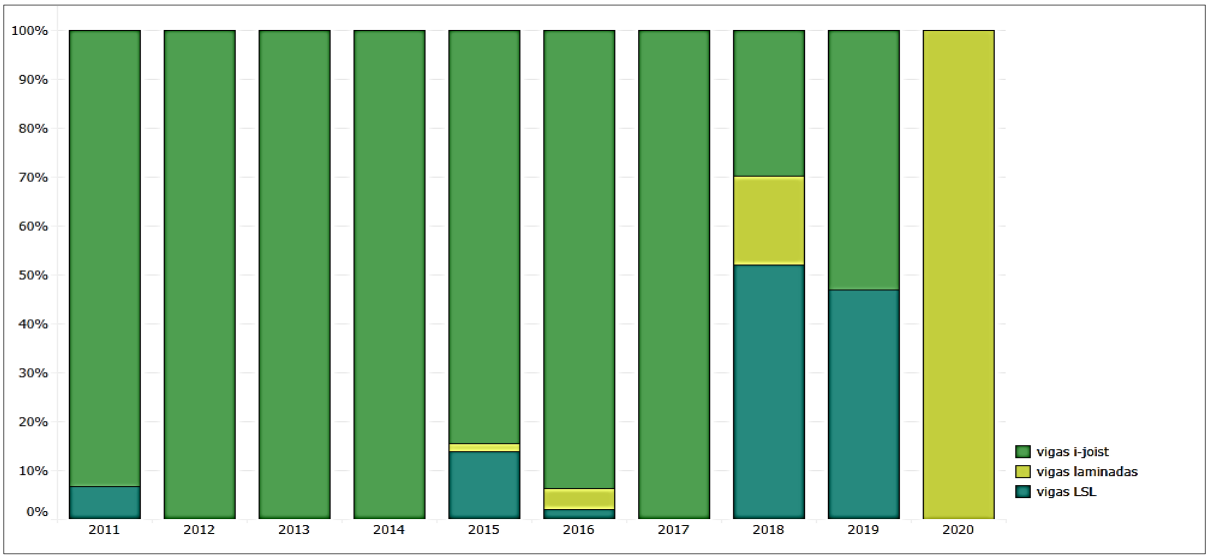
El monto importado de los productos de ingeniería en madera ha sido variable en el tiempo, respondiendo a los vaivenes anuales de la oferta y la demanda. La primera caída significativa del período ocurrió en el año 2014, llegando a US$123.072 (98 t), con una disminución de 84%. Sin embargo, en el año 2015 la importación de estos productos alcanzó su monto máximo (US$1,51 millones, 1.320 t), mientras que en el año 2020 se reportó la menor importación del periodo, con solo US$57.693 (77 t).



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°50. Participación anual en el monto importado de productos de ingeniería en madera según país, período 2010-2020

Como se observa en la Figura N°50, los productos de ingeniería en madera se han importado desde seis países. Entre estos se destaca la larga y estable presencia de Estados Unidos y, en menor medida, de Canadá. Las importaciones desde los otros cuatro proveedores solo han sido esporádicas: Austria participó como proveedor de madera laminada encolada en el 2018, con US$72,3 mil, equivalentes a 32 t, mientras que con el mismo producto India y Sudáfrica participaron por primera vez el año 2020.



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°51. Distribución anual del monto importado de productos de ingeniería en madera según tipo, período 2011-2020

Vigas *I-Joist*

Este tipo de vigas es lejos la de mayor participación en las importaciones, alcanzando el 100%, o una cifra levemente inferior, hasta el año 2017, con un promedio anual de 468 t importadas. Las empresas importadoras han sido Louisiana Pacific Chile y Canada House, en tanto que los países de origen son Canadá y Estados Unidos.

Vigas LSL

La importación de las vigas LSL no ha sido constante, en el período analizado hay registros en cinco años, con un promedio anual de 189 t, siendo el 2016 el año más bajo con 24 t y el 2019 el más alto con 389 t. Esta viga no se encuentra disponible en el mercado chileno, ha sido importada en pequeñas cantidades únicamente por Louisiana Pacific Chile desde Estados Unidos, probablemente para usos específicos y pedidos de particulares.

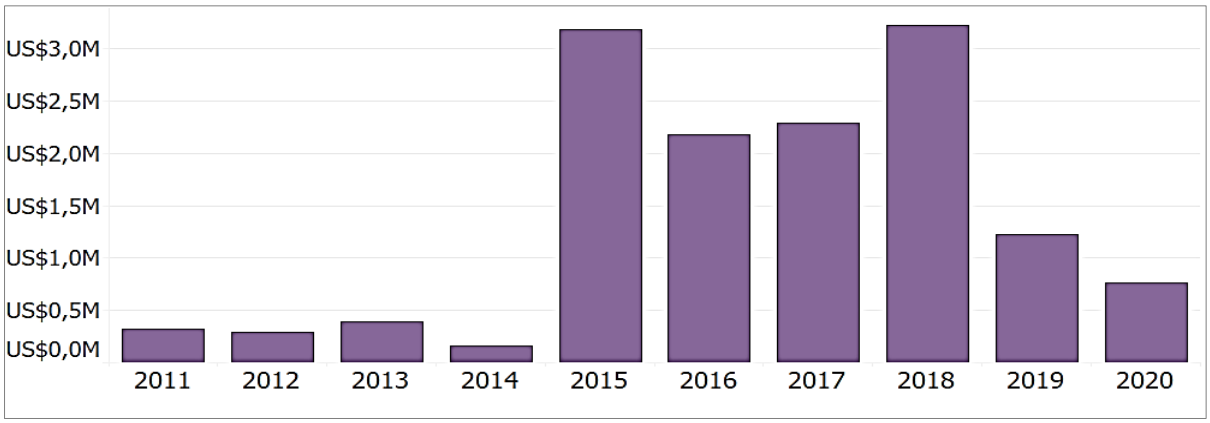
Madera laminada encolada (MLE)

Presentes en pequeñas transacciones en el periodo, la MLE alcanza su máximo valor de importación en el año 2020 con 77 t (US$57,7 mil).

Las importaciones de los tres productos mencionados registraron un récord el año 2015, cuando alcanzaron a 1.320 t, sin embargo, la mayor parte del período la cifra anual a estado en torno a las 600 t. Antes del año récord, EEUU era el único proveedor, pero a partir de ese año comenzó Canadá a destacar como un proveedor relevante, siendo notorio el hecho de que en el año 2020 no hubo compras a estos dos proveedores.

3.2 Exportaciones

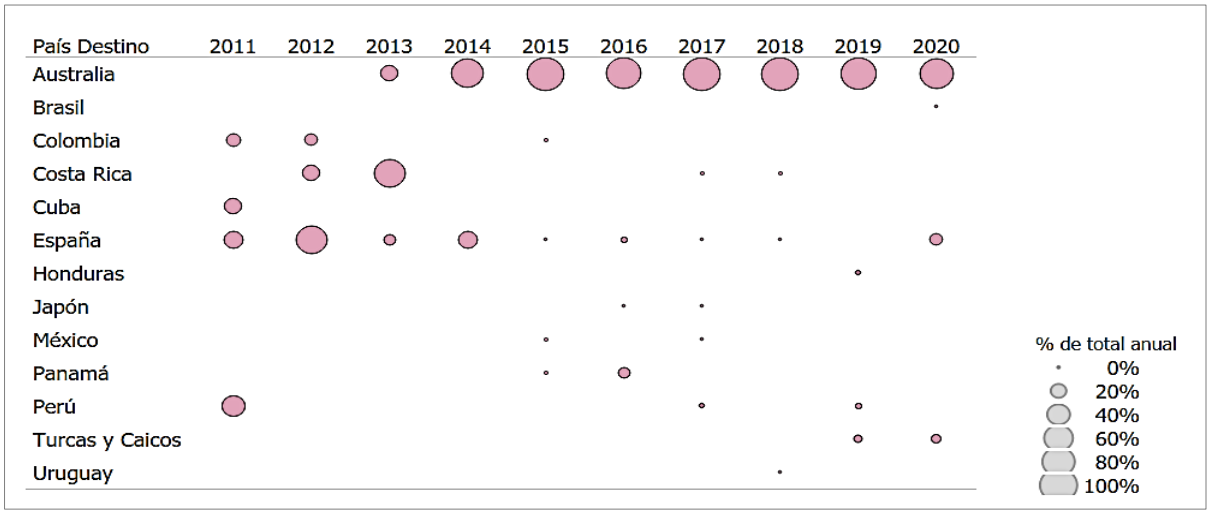
En los últimos 10 años, periodo comprendido entre el 2011 y 2020, las exportaciones de productos de ingeniería en madera totalizaron US$14,0 millones, distinguiéndose claramente tres etapas: los cuatro primeros años del período con niveles muy bajos de exportación; los años 2015 a 2018 con un importante salto respecto de los años anteriores, con exportaciones anuales superiores a US$ 2 millones, y los dos últimos años del período el monto exportado volvió a bajar significativamente, pero no a niveles tan inferiores como en la primera etapa. Cabe señalar que el auge de la etapa intermedia se debió se debió principalmente a los envíos de vigas de MLE a Australia.



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°52. Evolución del monto exportado de productos de ingeniería en madera, período 2011-2020

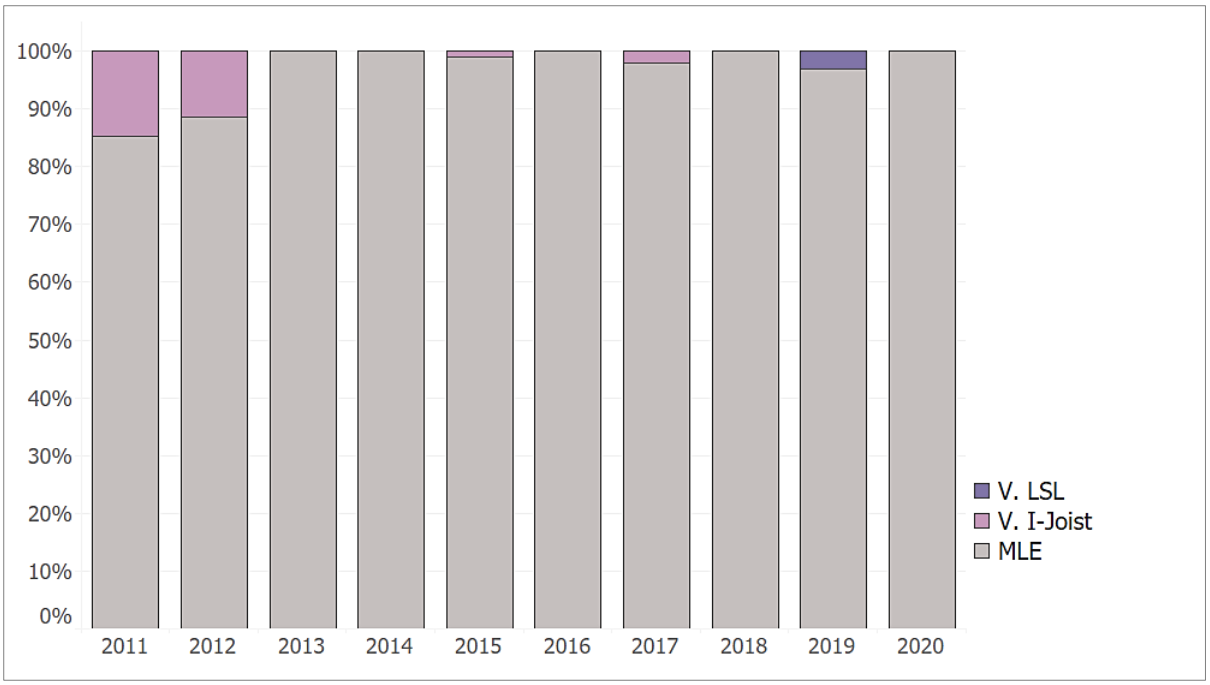
Los productos de ingeniería en madera fueron enviados a 13 mercados, con un promedio de cuatros destinos por año. En la Figura N°53 se observa que a partir del año 2014 Australia concentra más del 80% del monto exportado por Chile, llegando en el 2020 a 80,6% de participación, con el retorno de algunas ventas menores al mercado español.



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°53. Participación anual en el monto exportado de productos de ingeniería en madera según país, período 2011-2020

De acuerdo al tipo de producto exportado, en la Figura N°54 se presenta la distribución anual del monto exportado, quedando en evidencia el liderazgo de la madera laminada encolada, que domina ampliamente, y las erráticas apariciones de las importaciones de vigas *I-Joist* y LSL.



(Fuente: INFOR, en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas)

Figura N°54. Distribución anual del monto exportado de productos de ingeniería en madera según tipo, período 2011-2020

Madera laminada encolada (MLE)

Las exportaciones de MLE en vigas, pilares o cerchas, se encuentran presentes durante todo el periodo de análisis, alcanzando su máximo valor en el año 2018 con 1.978 t, equivalentes a US$3,2 millones, que disminuyeron a US$0,8 millones en el 2020. Ocho empresas han exportado vigas laminadas, pero no todas han participado en forma permanente y algunas solo han realizado un envío.

En la alta participación de la madera laminada encolada en las exportaciones del rubro, sus principales destinos también son Australia, seguido de lejos por España, aunque en el período analizado los productos de MLE se han enviado a 13 países. Durante el 2020, la madera laminada encolada registró exportaciones por un monto total de US$767.408.

Vigas *I-Joist*

Las vigas *I-Joist* han sido exportadas por Louisiana Pacific Chile S.A., registrando envíos intermitentes entre los años 2011 y 2017, acumulando exportaciones por US$159.428, equivalentes a 103 t. Los destinos de estas vigas fueron Colombia y Perú.

Vigas LSL

El único registro observado para estas vigas es del año 2019, con envíos a Perú por un total de US$37.555.

4. MAPA DE LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE INGENIERÍA EN MADERA

En el mapa que se presenta a continuación se han ubicado las plantas de productos de ingeniería en madera que operaban en Chile al año 2021. Esto incluye a 14 plantas de madera laminada encolada (MLE), ocho plantas de cerchas industrializadas de madera y una planta de vigas *I-joist*. Se observa que las plantas de MLE tienen presencia en seis regiones del país, concentrándose en las regiones Metropolitana (7) y en menor medida en la del Biobío (3), mientras que las plantas productoras de cerchas tienen presencia en seis regiones, desde Coquimbo hasta Los Lagos, con tres de ellas localizadas en la región Metropolitana.

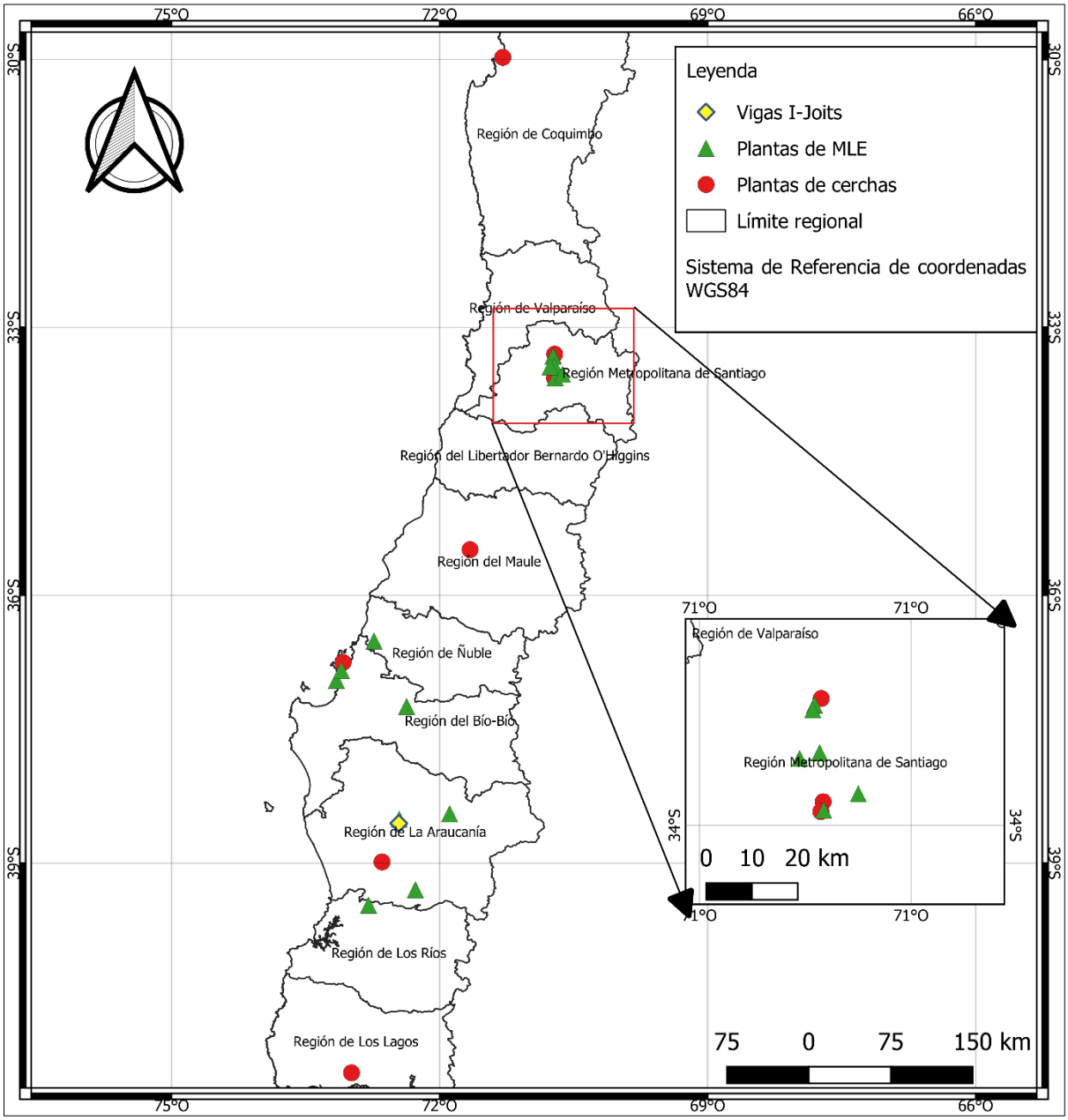


Figura N°55: Ubicación geográfica de las plantas de PIM

5. CONCLUSIONES

La industria de productos de ingeniería en madera de Chile está constituida por un número relativamente pequeño de empresas: 14 de madera laminada encolada, una de vigas I-Joist y seis de cerchas industrializadas. La producción de CLT (madera contralaminada) ha tenido algunos actores esporádicos, pero comienza a consolidarse a partir de la creación de Niuform, un *joint venture* entre las empresas CMPC y Cortelima, para la producción de CLT y MLE.

El producto más importante por el número de empresas que participan, pero sobre todo por su larga trayectoria de fabricación en el país, que data desde los años 1960, es la madera laminada encolada. Sin embargo, esta industria no ha logrado avanzar a niveles superiores de desarrollo principalmente por los problemas culturales asociados al uso de madera y sus productos en la construcción, lo que en definitiva se traduce, tal como lo señalan las empresas encuestadas, en una baja demanda de MLE.

De acuerdo a información de INFOR, obtenida de los catastros realizados a esta industria en los años 2020 y 2021, la producción de MLE llegó en el año 2020 a 22.092 m^3, de los cuales el 15,3% fue exportado, quedando en el mercado local una oferta de 18.723 m^3, a lo que hay que agregar unos 50 m^3 importados.

Sin embargo, estimaciones de la demanda por MLE realizadas para los fines del presente estudio de mercado y que se explican con detalle en páginas anteriores, indican que, en el segmento de la construcción no habitacional, donde su uso actual es más frecuente, habría un mercado potencial para 176.800 m^3 de madera laminada encolada. Esta demanda excede en más de nueve veces el actual nivel de oferta del producto en el mercado local.

Aunque el auge de la construcción en madera en el mundo y su correlato en Chile, ha estimulado la actividad de las industrias de la madera y de la construcción con madera, las cifras mencionadas permiten concluir que esto no es suficiente para alcanzar aumentos significativos de la actividad en el corto y mediano plazo, y que probablemente lo que se necesita es un impulso más decidido de parte de las políticas públicas.

Con todo, el 71,4% de las empresas de MLE pronostican que en los próximos cinco años el mercado de este producto de ingeniería en madera en Chile crecerá, optimismo que debería canalizarse hacia la consolidación de una industria de nivel internacional.

El 76% de la producción de MLE es de madera de pino radita, el 23% de pino oregon y el 1% de otras especies. Las cerchas industrializadas de madera se fabrican en un 100% con pino radiata.

La producción de cerchas industrializadas de madera alcanzó en el año 2020 a 13.020 m^3, lo que, de acuerdo a factores de conversión entregados por los productores, representa unas 220 mil unidades de cerchas. Cabe reiterar que esta es la producción de cerchas de madera que se fabrican en una industria y se transan en el mercado chileno a través de sus propios canales de comercialización; por lo tanto, no incluye a las cerchas que se fabrican en obra o que se fabrican en una industria integrada verticalmente a proyectos de construcción.

Estimaciones realizadas en el contexto de este estudio, señalan que la demanda por cerchas de madera en viviendas de baja altura (1 a 3 pisos) estaría en un rango de 34.083 a 52.876 m^3 de madera aserrada en cerchas, lo que deja en evidencia que mientras los niveles de construcción de viviendas de baja altura no aumenten, el espacio de crecimiento para la industria de cerchas industrializadas de madera debería darse por un desplazamiento de las cerchas de madera fabricadas en obra, pero también podría darse por competencia con otros materiales, por ejemplo, con el acero galvanizado.

REFERENCIAS

Allan, K. y Phillips, A., 2021. Comparative cradle-to-grave life cycle assessment of low and mid-rise mass timber buildings with equivalent structural steel alternatives. Sustainability 2021, 13, 3401. https://doi.org/10.3390/su13063401.

Arauco, 2021. Hilam. [En línea] Disponible en https://www.arauco.cl/chile/marcas/hilam/ [Consulta 15 de octubre 2021]

Argüeso, B., 2019. Cerchas de Madera. Maderea. [En línea] Disponible en https://www.maderea.es/cerchas-de-madera/ [Consulta: 3 de mayo de 2021]

CORMA, 2004. La construcción de viviendas en madera. Corporación de la Madera. Editorial Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. 635p.

CORMA, 2011. Madera Laminada: Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Corporación de la Madera. Editorial Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. 239p.

EASY, 2021. Tienda online. [En línea] Disponible en https://www.easy.cl/ [Consulta 15 de octubre 2021]

FEA, 2017. Global Outlook for Engineered Lumber Products. Forest Economic Advisors. LLC.

Holzkurier, 2020. Die größten BSH-Hersteller 2019. [En línea] Disponible en https://www.holzkurier.com/holzprodukte/2020/09/brettschichtholz-produktion-2019.html. [Consulta 12 de septiembre 2021]

Imperial, 2021. Tienda Digital. [En línea] Disponible en https://www.imperial.cl/ [Consulta 15 de octubre 2021]

INE, 2021. Bases de datos de permisos de edificación, años 2002 al 2019. [En línea]. Disponible en https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion [Consulta: 20 de agosto de 2021]

INFOR, 2000. Optimización de la capacidad resistente de cerchas prefabricadas de madera. Instituto Forestal. 27p. INFOR 2000

INFOR 2020. El Mercado de la Madera Aserrada para uso estructural en Chile. Santiago, Chile. Instituto Forestal (INFOR). 115p

INFOR, 2021a. Madera y construcción: Hacia una Simbiosis Estratégica. Instituto Forestal. 213p.

INFOR, 2021b. La Industria del Aserrío 2021. Instituto Forestal. 124p.

INN, 1989a. Madera laminada encolada estructural: Vocabulario :Nnorma chilena oficial NCh 2151.OF89, Instituto Nacional de Normalización . Chile.

INN, 1989b. Madera – Madera aserrada – determinación del módulo de elasticidad en flexión – método de ensayo no destructivo (NCh N° 2149). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 7p. INN, 1989

INN, 1991a. Madera laminada encolada - Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata. (NCh N° 2150). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 11p.

INN, 1991b. Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata. (NCh N° 2165). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 31p.

INN, 2003. Madera Preservada - Madera - Pino radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias. (NCh N° 2824). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 9p.

INN, 2006. Madera - Construcciones en madera - Cálculo. (NCh N° 1198). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 214p.

INN, 2013. Madera laminada encolada estructural - Requisitos, métodos de muestreo e inspección (NCh N° 2148). Instituto Nacional de Normalización Santiago, Chile. 17p.

MAFF, 2018. The Statistical Yearbook of MAFF. [En línea]. Disponible en: https://www.maff.go.jp/e/data/stat/index.html [Consulta: 14 de junio de 2021]

Mercado Público, 2021. Plataforma transaccional de Chile Compra. [En línea]. Disponible en www.mercadopublico.cl [Consulta: 18 de agosto de 2021]

MINVU, 1976. Decreto con Fuerza de Ley N°458. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de abril de 1976.

MINVU, 1992. Decreto Supremo N°47. Chile. Ordenanza General de La Ley General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 19 de mayo de 1992.

SODIMAC, 2021. Tienda Online. [En línea] Disponible en https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/ [Consulta 15 de octubre 2021]

UNECE /FAO. 2019. Forest Products Annual Market Review, 2018-2019. UNITED NATIONS PUBLICATION. 136p

UNECE /FAO. 2020. Forest Products Annual Market Review, 2019-2020. UNITED NATIONS PUBLICATION. 94p



Creando Valor Forestal para Chile

INSTITUTO FORESTAL
SEDE DIAGUITA Juan Georgini Runi 1507, La Serena. Fono (56-51) 2362600
SEDE METROPOLITANA Sucre 2397, Ñuñoa. Casilla 3085, Santiago. Fono (56-2) 23667100
SEDE BIOBÍO Camino Coronel Km. 7,5 Concepción. Casilla 109 C, Concepción. Fono (56-41) 2853260
SEDE LOS RÍOS Fundo Teja Norte s/n, Valdivia. Casilla 385, Valdivia. Fono (56-63) 2335200
SEDE PATAGONIA Camino Coyhaique Alto Km. 4, Coyhaique. Fono (56-67) 2262500
OFICINA CHILOÉ Ernesto Riquelme 1212, Castro. Fono (56-65) 2633641
OFICINA COCHRANE Teniente Merino 463, Cochrane. Fono (56-9) 8831860

www.infor.cl
oirs@infor.cl