

CALIFICACIÓN DE VIVIENDAS PREFABRICADAS EN MADERA BASADA EN ATRIBUTOS DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO, COMPLEJIDAD Y SUSTENTABILIDAD EN CHILE CENTRAL

PREFABRICATED WOODEN HOUSING QUALIFICATION BASED ON REGULATORY COMPLIANCE, COMPLEXITY, AND SUSTAINABILITY IN CENTRAL CHILE

CLASSIFICAÇÃO DE MORADIAS PRÉ- FABRICADAS DE MADEIRA COM BASE EM ATRIBUTOS DE CONFORMIDADE REGULATÓRIA, COMPLEXIDADE E SUSTENTABILIDADE NA REGIÃO CENTRAL DO CHILE

Rose Marie Garay-Moena

Magíster en Ciencias e Industrias de la Madera
Académica, profesora asociada, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza
Universidad de Chile, Santiago, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-7662-9724>
rgaray@uchile.cl (Autora de Correspondencia)

Susana Graciela Benedetti-Ruiz

Licenciada Ciencias Forestales
Directora de proyectos
Instituto Forestal, Santiago, Chile
<https://orcid.org/0009-0000-2217-3568>
sbenedet@infor.cl



RESUMEN

El estudio revisa los antecedentes publicados por fabricantes de viviendas prefabricadas en madera en Chile central. La metodología indaga en medios digitales de venta y servicio de impuestos internos. Utiliza los atributos de cumplimiento normativo-técnico, complejidad y sustentabilidad para calificar las viviendas prefabricadas en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana. Un 83% de empresas son "constructoras-fabricantes", 83% están legalmente constituidas. La complejidad revela que, para proyectos de mayor envergadura, 54% tienen nivel bajo, 35% nivel medio y 11% nivel alto. Hay debilidades en cumplimientos normativos y en información técnica para los potenciales clientes, siendo la sustentabilidad el atributo menos destacado, ya que pocas explicitan datos como huella de carbono, reciclaje de materiales o certificaciones voluntarias para diferenciarse en el mercado. Por tanto, se concluye que faltan acciones para potenciar a este sector productivo, con potencial de industrialización, incorporando gestión y reglamentación, con lo que disminuiría la inseguridad territorial por autoconstrucción.

Palabras clave

viviendas de madera, ventas por internet, seguridad, sustentabilidad

ABSTRACT

This study reviews the background information published by manufacturers of prefabricated wooden housing in central Chile. The methodology carries out the investigation using digital sales and internal tax service media. It uses regulatory-technical compliance, complexity, and sustainability to rate prefabricated homes in Chile's Valparaíso, O'Higgins, and Metropolitan regions. 83% of the companies are "construction-manufacturers", while 83% are legally constituted. As for complexity, it is revealed that, for larger projects, 54% have a low level, 35% have a medium level, and 11% have a high level. There are weaknesses in regulatory compliance and in technical information for potential clients, with sustainability being the least prominent attribute, as few explain data such as carbon footprint, recycling of materials, or voluntary certifications to differentiate themselves in the market. It is concluded that there is a lack of actions to strengthen this productive sector, which has industrialization potential, by incorporating management and regulation, which would reduce the territorial insecurity for self-construction.

Keywords

wooden homes, online sales, safety, sustainability

RESUMO

O estudo analisa as informações publicadas pelos fabricantes de casas de madeira pré-fabricadas na região central do Chile. A metodologia explora os meios de vendas digitais e o sistema tributário nacional. Ela usa os atributos de conformidade técnico-regulatória, complexidade e sustentabilidade para classificar as casas pré-fabricadas nas regiões de Valparaíso, O'Higgins e Metropolitana. 83% das empresas são "construtoras-fabricantes" e 83% são legalmente constituídas. A análise revela que, no caso dos projetos maiores, 54% têm um nível baixo, 35% um nível médio e 11% um nível alto. Há deficiências na conformidade regulatória e nas informações técnicas para clientes potenciais, sendo a sustentabilidade o atributo de menor destaque, pois poucas empresas fornecem dados como pegada de carbono, reciclagem de materiais ou certificações voluntárias para se diferenciar no mercado. Conclui-se, portanto, que faltam ações para aprimorar esse setor produtivo, com potencial de industrialização, incorporando gestão e regulamentação, o que reduziria a insegurança territorial decorrente da autoconstrução.

Palavras-chave:

casas de madeira, vendas pela internet, segurança, sustentabilidade.

INTRODUCCIÓN

FACTORES DE VULNERABILIDAD QUE INTERACTÚAN ANTE DESASTRES

Existe un fuerte vínculo entre el déficit habitacional provocado por problemas de mercado, falta de oferta como por la ocurrencia de desastres y la proliferación de soluciones constructivas de distintos niveles de calidad. Mientras el Estado intenta resolver las necesidades de viviendas, se generan de manera continua nuevas necesidades en un ciclo sin fin, sólo algunas soluciones estarían siendo reguladas por la normativa asegurando así, una habitabilidad que dé cuenta de una solución que perdure en el tiempo.

Cuando se trata de prevenir que los eventos naturales extremos se conviertan en desastres, se requiere de acciones en todo el ciclo del riesgo, idealmente antes de la ocurrencia de un evento (UNDRR, 2015). Esto implica destinar tiempo a planificar y proveer recursos para acciones que disminuyan o eviten el aumento de riesgos existentes (Lacambra et al., 2015). siendo un aporte a la mitigación, preparación, respuesta o recuperación. En tal sentido, tener claridad de quienes y dónde se encuentra la población en riesgo ayuda a tomar decisiones para disminuir el impacto de futuros eventos y generar comunidades más resilientes. En Chile, esta perspectiva ha quedado institucionalizada en la Ley N.º 21.364 del año 2021 que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, creando el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED). Esta normativa se enfoca en la prevención, sin embargo, entre las necesidades a cubrir falta aún implementar operacionalmente la gestión de suministro de viviendas para lograr respuestas oportunas y efectivas, por ejemplo, la responsabilidad de este organismo obliga a asegurar el suministro de viviendas de emergencia regulado por la Res. 1448 Exenta (BCN, 2023c) que igualmente mantienen su carácter de provisorias, con implicancias directas en soluciones definitivas que sí disminuyen el déficit habitacional. En este sentido, la industria de construcción prefabricada en madera ofrece una opción, cuya visibilización se presenta en el siguiente artículo.

A raíz de la forma de uso e instalación de parte de las viviendas prefabricadas en Chile, es clave contar con instrumentos de planificación y ordenamiento territorial que

incluyan las áreas de riesgo, sin embargo, en municipios que no poseen los recursos para implementar planes de envergadura mayor, se suele ver afectada la vida de las personas que deben ser evacuadas de áreas de riesgo de manera preventiva. Un ejemplo de ello es la expansión urbana en zonas expuestas a amenaza de incendios forestales, la que no está considerada explícitamente en la Ordenanza de Urbanismo y Construcciones (OGUC, 2017), según el artículo que define las "zonas no edificables" y las "áreas de riesgo" (Artículo 2.1.17). En dirección correcta a buscar soluciones integrales, algunos Planes Reguladores Comunes (PRC) y ordenanzas municipales incluyen a los incendios forestales e implementan medidas con distanciamientos, fajas cortafuegos, red hídrica, eliminación de combustibles y materiales inflamables, cambiando revestimiento a resistencia al fuego no menor a una clasificación F-180 (González-Mathiesen & March, 2023). Mientras el Proyecto de Ley que redacta el Servicio Nacional Forestal, en su Artículo N°3 define zonas de interfaz urbano forestal y establece que deben ser identificadas en los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial y en Planes Reguladores Intercomunales y Comunes, aunque es todavía débil en medidas preventivas para las edificaciones ya existentes. El propósito de hacer notar este tema en este artículo se debe a que, en estas áreas es donde se observa la existencia de viviendas prefabricadas y resulta urgente reflexionar sobre cambios en la política pública con una mirada global y sistémica de cómo adaptar el habitar al cambio climático, lo que no sólo depende de cada municipio en su territorio, sino que, debe ser impulsado a nivel país.

Déficit habitacional

Un análisis para cada región (Tabla 1) permite mayor claridad de la situación y si esto se vincula a los resultados que presenta la investigación sobre las distintas oportunidades que el mercado ofrece para satisfacer las necesidades, se podría generar un círculo virtuoso en lugar de uno vicioso.

El déficit cuantitativo calculado con la Encuesta Casen 2022, desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile, (MDSF, 2024), muestra que la cifra asciende a 552.046 viviendas nuevas por construir. Las regiones con mayor cantidad de hogares con problemas de asequibilidad en el año 2022 corresponden a las regiones

Tabla 1. Situación de viviendas por regiones. Fuente: Elaboración de las autoras con datos obtenidos del Reporte regional 2023 (BCN, 2023d)

O'Higgins	Metropolitana	Valparaíso
1.03 millones Hab (proyectado a 2024), Superficie 16.387 km ²	8.420.729 Hab (proyectado a 2024), Superficie 15 403,2 km ²	2.025.693 hab. (proyectado a 2024) Superficie* 16.396,1 km ²
N.º de Viviendas totales 354.324 (99.909 rurales). Déficit habitacional. 21.980 viviendas	N.º de Viviendas totales 2.378.490 (92.339 rurales). Déficit habitacional 504.770 viviendas	N.º de Viviendas totales 788.830 (79618 rurales). Déficit habitacional sin campamentos 102 mil viviendas y con campamentos (255) 136 mil viviendas. Viviendas afectadas último incendio de enero 2024: 8.188

* Superficie Chile Continental: 756 770 km²

más pobladas del país: Metropolitana (504.770 hogares) y Valparaíso (90.043). Mientras que la distribución regional de los hogares en campamentos, según el Catastro 2022 realizado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU (2023), muestra que la mayor cantidad se ubica en Valparaíso (25,6%) y Metropolitana (18,6%).

CAPACIDAD PRODUCTIVA DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Aunque no existe un levantamiento de capacidades de construcción de viviendas prefabricadas en madera, ya que ningún organismo chileno público o privado es responsable de hacerlo, es cuestión de observar la materialidad con la que se implementan las viviendas de emergencia, temporales, segundas viviendas del tipo cabañas y modulares para percibir que la demanda existe y, por tanto, la oferta va en aumento.

El análisis sobre viviendas usadas abordado en INFOR (2021) para 68.466 viviendas localizadas en todas las regiones del país con datos de la encuesta Casen de del año 2017 (Ministerio de Desarrollo Social y familiar, 2018), indica que, un 38,1% son construidas principalmente en madera. Siempre en una posición de menor calidad al recorrer los rangos de tamaño, agudizada en segmentos inferiores a 40 m² es decir, cada 100 viviendas de madera presentes en el país, 23 tienen menos de 40 m², mientras que, en ladrillo y hormigón, llegan a 12 y 13 unidades, respectivamente. Los datos proporcionados evidencian que, la materialidad se relaciona al nivel de pobreza de las familias y el tamaño de la vivienda.

La madera es el material más utilizado para viviendas de diferentes estratos socioeconómicos (Harju, 2022; Hidalgo et al. 2022), por ser "la solución sustentable del futuro en edificaciones en el mundo" (Green y Taggart, 2020; Bascuñán, 2021; Pacini, 2021; Garay et al., 2022). Más asequible en zonas rurales por disponibilidad y por escaso acceso a subsidios estatales (González Méndez, 2022). Erróneamente se disminuyen costos al abastecer el mercado con viviendas que no responden, desde su fabricación, a atributos de sustentabilidad, como la eficiencia energética y la baja huella de carbono, en este sentido el aislamiento térmico de las viviendas es obligatorio.

La autoconstrucción y la instalación de viviendas en un mismo sitio genera hacinamiento (Hidalgo et al. 2022; González Méndez, 2022; Martínez Gamboa, 2022). El mercado privado ofrece diversas tipologías constructivas, calidades, plazos de entrega, desde kit para armar hasta servicios de instalación completos llave en mano. El cuestionamiento es acerca de quién controla y fiscaliza la correcta ejecución del trabajo, adicionalmente, la recepción final de obra no siempre ocurre.

Entre los proveedores existen consolidadas oficinas de arquitectura y/o constructoras, que dan cumplimiento a especificaciones técnicas (EETT) normadas que abarcan incluso la recepción final de obra. En otros casos, se

accede sólo a habitabilidad subestándar, donde los indicadores de sustentabilidad y seguridad rara vez existen y son valorados (Garay et al. 2021a). Dado que, la construcción en materialidades como ladrillo y hormigón, generan 35% de residuos a nivel global, consumen el 20% de agua y emiten casi el 40% de gases de efecto invernadero, la sustentabilidad no debe ser opcional, ya que la construcción en madera mundialmente se está enfrentando eficientemente. Para incentivar este proceso de adopción de construcción sustentable en Chile, se ha tomado como ejemplo el trabajo del instituto internacional Living Future, quien lanzó el año 2006 el programa de construcción verde más riguroso y sostenible del mundo: el Living Building Challenge, de este modo 20 edificios a nivel global aspiran conseguir una certificación "Net Zero Energy Building" (NZEB) (ILFI, 2024; Madera 21, 2023). Hasta ahora, la construcción estructural en madera no accede a edificación en altura, salvo algunos edificios creados con efecto demostrativo, o corporativos, con gran posibilidad de crecimiento. (Ugarte et al, 2018; Wenzel y Guindos. 2024).

El estudio Indaga en los atributos de cumplimiento normativo-técnico, complejidad y sustentabilidad que los fabricantes de viviendas prefabricadas ofrecen, a través de medios digitales ello permite entender que es lo que reciben los potenciales clientes de información y sugerir cuáles de éstas deberían ser mejoradas.

METODOLOGÍA

Se obtuvo material bibliográfico de carácter científico-técnico disponible en formato digital, como también desde las bases de datos de libros y revistas suscritas por la Universidad de Chile, tales como Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Springer, además de literatura y recursos de información provenientes del motor de búsqueda Google Académico, lo que permitió dar contexto a la importancia del estudio y el estado del arte. Estos documentos bibliográficos fueron almacenados en el gestor bibliográfico Mendeley. Para registrar los productos se utilizaron palabras clave en español, realizando la búsqueda, a través de Google en páginas web, Instagram, Facebook, LinkedIn. El siguiente paso fue constatar la existencia formal de la empresa en el Servicio de Impuestos Internos (SII), georreferenciando su ubicación y verificando el rol y que los datos de contacto correspondieran efectivamente a la actividad. Este trabajo generó un registro que incluyó a 88 empresas, eliminando sólo a aquellas que no contaban con información formal.

Fue relevante la revisión exhaustiva de las fuentes digitales para la bibliometría y el análisis descriptivo de los productos del mercado nacional clasificados como casas, viviendas prefabricadas o modulares en madera, las que son ingresadas a los motores de búsqueda de las bases de datos acompañadas de operadores booleanos para generar diferentes combinaciones entre ellas. Se generó a partir de esta base de datos, un registro en el programa Microsoft Excel, donde se compiló información

Tabla 2. Atributos (Complejidad, Cumplimiento normativo, Sustentabilidad) y escala Likert. Fuente: Elaboración de las autoras.

Atributo	Variables	Nivel de la variable	Calif.
I: Complejidad	A: Experiencia del fabricante o constructora	No menciona	1
		<5 años	2
		5-15 años	3
		16-25 años	4
		>25 años	5
	B: Diversidad de la oferta: N°, diseño y sofisticación de Modelos	No menciona	1
		<5	2
		5-10	3
		11-15	4
		>15	5
	C: Diversidad de tamaños de viviendas	No menciona	1
		<40m²	2
		40-72m²	3
		73-120m²	4
		>120m² o a medida	5
	D: Formalidad, iniciación de actividades y registro en el Servicio de Impuestos Internos	Informal	1
		Formal	5
	E: Posibilidad de venta con subsidio habitacional otorgado por el Estado	No	1
		Si	5
	F: Participación convenio marco, licitaciones públicas y/o integración a gestión inmobiliaria	No	1
Si		5	
II: Cumplimiento normativo vigente (CNV)	A: Resistencia sísmica	no	1
		si	5
	B: Resistencia al fuego	no	1
		si	5
	C: Confort térmico	no	1
		si	5
	D: Confort acústico	no	1
		si	5
	E: Dimensiones mínimas	no	1
		si	5
	F: Hermeticidad al agua	no	1
		si	5
	G: Hermeticidad al aire	no	1
		si	5
	I: Protección de materiales para su Durabilidad	no	1
		si	5

Atributo	Variables	Nivel de la variable	Calif.
III: Sustentabilidad	A: Materialidad estructural de la edificación	No menciona	1
		Híbrida	3
		Madera	5
	B: Reducción de Riesgos incendios forestales, sismos, cambio climático.	No menciona	1
		Al menos una	3
		Dos o más	5
	C: Bioeconomía Reducir– Reusar–Reciclar (RRR)	No menciona	1
		Al menos una	3
		Dos o más	5
	D: Eficiencia energética, agua, autogeneración, reutilización	No menciona	1
		Al menos una	3
		Dos o más	5
	E: Otros del código voluntario construcción sustentable (MINVU, 2023)	no	1
		si	5

de empresas fabricantes de viviendas prefabricadas para las tres regiones analizadas.

Tras la identificación de las empresas se analizaron los productos ofrecidos, utilizando como guía los atributos y variables consignados en la Tabla 2. El estudio caracterizó “viviendas prefabricadas” de 88 empresas fabricantes legalmente constituidas con operaciones en las regiones de O’Higgins, Valparaíso y Metropolitana de Chile. El análisis se basa en la descripción explícita que realizan de sus propios productos, también por la observación de imágenes que muestran como evidencia de algunos atributos de manera inequívoca. Esta estrategia permitió identificar los productos de viviendas en madera disponibles en el mercado nacional, posteriormente describir las variables a observar para los atributos de complejidad, cumplimiento normativo-técnico y sustentabilidad.

Con la información recopilada, se creó un directorio digital de empresas y se seleccionaron y calificaron los modelos de viviendas ofrecidas considerando los atributos y variables que detalla la Tabla 2, en los casos en que existía una gama superior a tres modelos, se eligieron los tres más representativos para acotar el registro y el cálculo de calificación. De esta manera, la nota de calificación corresponde a un número adquirido de manera conjunta para todos los productos en una empresa, considerando la cantidad de atributos observados (sin ponderar) presentados en una escala Likert de 1 a 5 niveles, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto, estos niveles son descritos en la Tabla 3.

La calificación se basa en tres criterios: (1) Complejidad (C); (2) Cumplimiento normativo vigente (CNV) y (3) sustentabilidad (S). El atributo C., involucra la experiencia del fabricante, así como la diversidad de su oferta en cuanto a tipos, modelos,

Tabla 3. Pauta de indicadores basada en atributos, según cantidad y calidad expresados en escala Likert. Fuente: Elaboración de las autoras

Calidad de atributos (basado en tabla 1)	Descripción y Cantidad de atributos para cada producto (mínimo uno, máximo tres por empresa, seleccionados entre los modelos ofrecidos)	Calif.
No menciona	No menciona información acerca de las características pese a ser una empresa formal no menciona CNV en sus productos. Sin información de sustentabilidad. Productos sin imágenes en medios digitales de difusión. Complejidad baja: sin experiencia o no indicada, sin ventas mediante licitaciones o subsidio, sin descripción de tecnología y/o certificación	1
Atributos sin diferenciar	Menciona sólo una de estas características: dimensiones y número de modelos disponibles, declara CNV en confort térmico y/o en acústico, resistencia sísmica o al fuego. Menciona alguna información de sustentabilidad. Es posible determinar nivel de complejidad por los modelos y proyectos publicados, perteneciendo a este nivel sólo si llega a Complejidad media. Empresa formal, evidencia uso de tecnología en sus productos, exhibe imágenes y describe técnicamente modelos disponibles. No indica venta con subsidio ni poseer certificaciones	2
Atributos claramente identificables	Menciona de dos a cuatro de estas características: dimensiones y número de modelos disponibles declara CNV en confort térmico y en acústico, resistencia sísmica o al fuego. Menciona alguna información de sustentabilidad. Es posible determinar nivel de complejidad por los modelos y proyectos publicados, perteneciendo a este nivel sólo si llega a Complejidad media. Empresa formal, usa tecnología, exhibe imágenes y descripción de modelos disponibles. No indica venta con subsidio ni poseer certificaciones.	3
Atributos con explicación técnica de relevancia	Menciona de Tres a cinco de estas características: dimensiones y número de modelos disponibles declara CNV en confort térmico y en acústico, resistencia sísmica o al fuego. Se destaca por la información de sustentabilidad. Describe con adecuado detalle técnico los productos y presenta planos y fichas de materiales de construcción. Se logra diferenciar capacidad de desarrollar proyectos y productos de mayor complejidad y flexibilidad, ajustable a necesidades del cliente. Incluye temas de sustentabilidad conectando con las necesidades actuales. A este grupo pertenecen las que han sido registradas por DITEC como Industrializadoras.	4
Atributos significativamente destacados	Menciona más de cinco de estas características dimensiones y número de modelos disponibles declara CNV en confort térmico y en acústico, resistencia sísmica o al fuego. Se destaca por la información de sustentabilidad. Empresa formal, usa la tecnología más alta disponible en el país, exhibe imágenes y descripción de modelos disponibles. Indica venta con subsidio y posee algún tipo de certificaciones.y posee un nivel sobresaliente en indicadores de sustentabilidad con reconocimiento internacional	5

tamaños presentación del producto y la experiencia de la empresa, también formalidad, aceptación de subsidios, participación en convenio marco y servicios de postventa del producto. El CNV., está basado en que los productos demuestren de forma explícita el cumplimiento de normas técnicas relevantes como las variables que se detallan en la Tabla 2, las que se vinculan a aspectos relacionados a la durabilidad y especialmente a su comportamiento frente a sismos y fuego, incluidos en la OGUC. Finalmente, los atributos S., de Sustentabilidad se refieren a variables que se destaquen respecto a estándares y certificaciones que han adoptado, tales como, medición de huella de carbono, análisis de ciclo de vida, bioeconomía, calidad de los procesos, eficiencia e innovación y mejoramiento de características acústicas y térmicas de las viviendas, más allá del CNV.

El registro de información incorpora y describe la presencia o ausencia de esta información para las viviendas ofrecidas, así como su detalle y explicaciones pertinentes.

El proceso de calificación se simplificó al promediar los tres atributos con la misma importancia, se aclara este aspecto por que se tuvo presente el modelo de indicadores publicado por Garay et al. (2022) en el que se consideró una mayor o menor ponderación de un atributo respecto a los otros, considerando una compleja matriz multicriterio.

En la tabla 3 se expone la pauta de indicadores, agrupando las variables de cada atributo considerado en la tabla 1 (complejidad, cumplimiento normativo, sustentabilidad) expresados en escala Likert de 1 a 5.

Tabla 4: casas prefabricadas evaluadas y nivel de escala Likert, según región. Fuente: Elaboración de las autoras

Región	Empresas calificadas*	Cantidad de empresas por nivel de la escala Likert	Calif.
Valparaíso	16	1	1
		7	2
		8	3
Metropolitana	61	5	1
		29	2
		23	3
		4	4
O'Higgins	10	2	1
		4	2
		4	3

*La cantidad de productos calificados fue entre 1 y 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se presenta las unidades evaluadas por tipologías de casas prefabricadas que se ubican en cada escala Likert alcanzada para cada región.

La industria de casas prefabricadas, de acuerdo con lo observado, se caracteriza por un nivel medio de complejidad, esto es, la mayoría de las empresas son

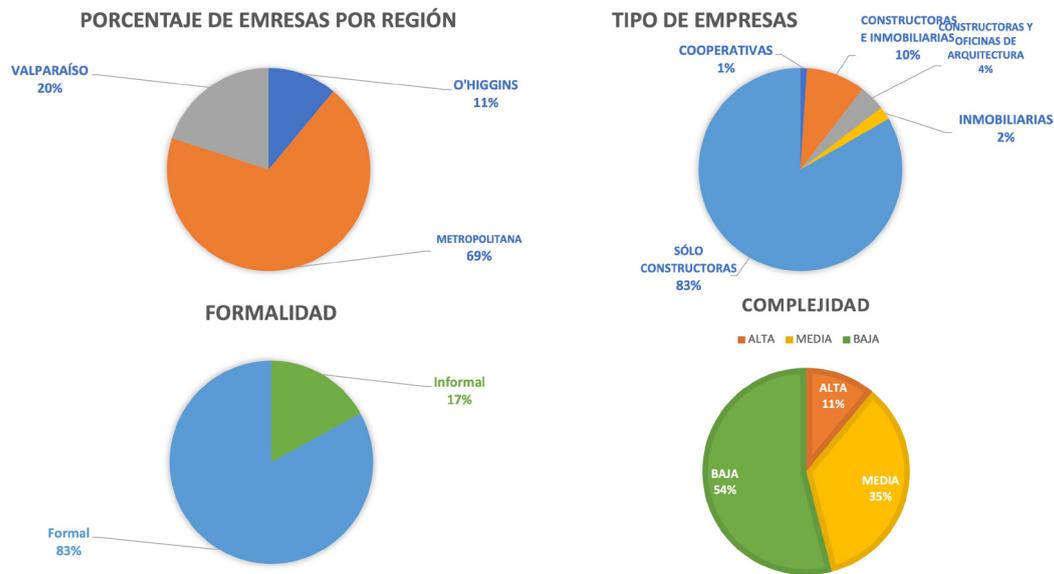


Figura 1. Evaluación de Productos “Casas prefabricadas” para las tres regiones. Fuente: Elaboración de las Autoras

capaces de producir viviendas con estándares adecuados a las exigencias, sin embargo, esta oferta no es la que se privilegia, dado que, al no existir siempre la obligatoriedad de demostrar cumplimientos técnicos, estos son obviados en acuerdo con los compradores posiblemente con el propósito de abaratar costos y disminuir dificultades asociadas a la instalación. Además, el estudio muestra que existe la posibilidad de acceder a la modalidad de venta de kit para armar, o bien la vivienda armada, pero sin instalación por lo que los usuarios pueden tomarla, de esta forma, la empresa fabricante de las casas se dedica preferentemente a fabricarlas y no asume siempre la responsabilidad de la instalación, por tanto, queda bajo la responsabilidad del comprador las consecuencias si se trasgreden normas o se cometen errores. Hay que tomar en cuenta que la recepción final de obra podría realizarse o no de todas maneras, las direcciones de obra municipal se basan sólo en los documentos presentados y no en inspecciones *in situ* para su aprobación (Garay et al. 2021b; INE 2023; Quinzacara 2021; BCN, 2023b).

Existe un grupo importante de empresas que, obtienen una calificación baja, lo que resulta preocupante cuando el escenario actual de déficit habitacional lleva a las personas a buscar soluciones urgentes y de bajo costo, encontrándose en este mercado el espacio para resolver temporalmente y de manera precaria las necesidades de viviendas, I formándose un círculo vicioso de insatisfacción y demanda por soluciones definitivas, donde las viviendas temporales se vuelven la “normalidad”, aumentando con ello los campamentos o el hacinamiento al instalar viviendas adicionales en el mismo espacio que originalmente era destinado a una sola casa. Al respecto se debe tener presente que, desde noviembre del año 2023, a través de la resolución Exenta 1448 en que se obliga a quienes provean viviendas de emergencia a cumplir con estándares mínimos (BCN, 2023c). Consecuentemente, se espera que en el futuro cercano ocurra que viviendas que

se establezcan en el territorio nacional, cumplan estándares de acuerdo al lugar donde están emplazadas y que el entorno se adecúe para su habitabilidad, principalmente en relación con la accesibilidad y disminución de la exposición a amenazas.

Sólo cuatro de las empresas obtuvieron productos de nivel alto con puntaje “4”, debido a que cuentan con capacidad de industrialización y digitalización, emplean tecnología BIM para la planificación de las soluciones individuales como de conjuntos habitacionales. Es muy probable que mediante adecuaciones algunas de las empresas calificadas en nivel “3” puedan realizar un aporte al establecer articulaciones, requisitos, inspecciones de procesos y productos ya que, de acuerdo con la evaluación realizada se observa que estas acciones son necesarias.

En la Figura 1, se presenta la distribución porcentual de empresas por región, además de señalar los tipos de empresas, la formalidad y complejidad observada.

La mayor cantidad de empresas se encuentran en la Región Metropolitana con 69%, Valparaíso con un 20% y Libertador Bernardo O’Higgins con un 11%. El tipo de empresa que predomina son constructoras que alcanzan el 83% de la muestra estudiada. En cuanto a la formalidad un 83% de empresas son formales y un 17% son informales (esta condición se verificó para las empresas evaluadas en registro de SII). Por otro lado, el nivel de complejidad más frecuente (corresponde al 54% mientras que un 35% de ellas es de nivel medio y de alta complejidad alta es sólo de un 11% de estas empresas, esto de acuerdo con información otorgada en sus medios de ventas de los productos ofertados y por la búsqueda en fuentes oficiales como mercado público y licitaciones.

En la Tabla 5 se expone una descripción de los aspectos

Tabla 5. Aspectos considerados en el precio aditivo de las Casas Prefabricadas basadas en la agregación de criterios técnicos y/o servicios adicionales. Fuente: Elaboración de las Autoras.

Descripción de la calificación asignada	Calif.
Caracterización mínima del producto: materialidad, superficie, precio y sólo ofrece KIT para armar. Ofrece flete con costo adicional por Km a recorrer	1
Caracterización adecuada del producto, agrega planos, detalles constructivos del KIT, hay claridad de lo que incluye y lo que no, ofrece flete con costo adicional para traslado del kit o de casas llave en mano, pero no indica aislamiento térmico	2
Ofrece todo lo anterior, además ofrece servicio con cobros por separado de instalaciones o externaliza la instalación (maestros para contactar) desligándose de responsabilidades. Ofrece aislamiento térmico a pedido	3
Ofrece todo lo anterior, posee y demuestra experiencia y claridad de un producto instalado. Incluye aislamiento térmico	4
Ofrece todo lo anterior, es la opción más confiable, aunque su precio es más alto, se puede constatar que se trata de una solución habitacional que cumple con los criterios de la OGUC, incluido aislamiento térmico y más códigos de construcción sustentables (CCS)	5

considerados para establecer los precios de comercialización de las casas prefabricadas, la escala Likert fue asignada según atributos entregados tras cotizaciones on line, la que se realizó con el propósito de conocer detalles de cómo suelen desagregar los valores, partiendo desde un kit básico, incluyendo como complemento la aislación, considerando costos extras por traslado, instalación con o sin conexiones sanitarias hasta servicio completo llave en mano . Esta información da cuenta de la forma de comercialización que se utiliza, agregación de valor según cada pedido. Se usó para verificar que las empresas están tomando en cuenta de forma explícita el cumplimiento de la normativa vigente respecto por ejemplo al aislamiento térmico de las viviendas, un criterio técnico obligatorio de acuerdo con OGUC desde el año 2007 para todas las viviendas nuevas. Los resultados muestran que, la mayoría de las empresas de la muestra ofrecen este y otros servicios con cobro separado adicionales al kit básico, que es cotizado de forma independiente con lo que los compradores pueden optar por no incluirlo.

El propósito de este estudio fue aplicar una versión más simple de indicadores que el IISS publicado previamente por Garay et al. (2022), tras reflexionar respecto a la vulnerabilidad y falta de sustentabilidad del habitar al no tomar en cuenta las condiciones territoriales, instalando viviendas en áreas de riesgo, exposición a sismos, volcanes, incendios forestales entre otras amenazas sin comprender su importancia. Esta investigación pretende poner la atención sobre la oferta de viviendas prefabricadas en madera para tres regiones de Chile central: Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins. Los resultados, posiblemente, se extrapolen a la mayor parte del territorio latinoamericano y, por tanto, corresponde profundizar en la oportunidad que tiene este sector productivo de gestionar procesos que demuestren sustentabilidad, preparación y acciones preventivas asociadas a la nueva forma de habitar que está provocando el cambio climático.

En términos generales se constata que existe en la mayoría de las empresas el uso de elementos dimensionados en madera, aunque incumplen el uso de madera tratada según

la NCh 819 (INN, 2019) incluida en la OGUC, lo que se puede afirmar luego de haber hecho seguimiento visual a los productos y percatar que no hay evidencia de que se considere madera tratada con preservante o de maderas modificadas. También hay marcadas diferencias en cuanto a la capacidad tecnológica e incorporación de digitalización utilizando BIM de las empresas analizadas, aspectos sobre los que no se profundizó, pero sí se observó mediante el tipo de productos y soluciones que ofrecen, en las que declaran de forma explícita el uso de tecnologías, digitalización o uso de diseño por computador o similares destacándose pocas por sobre la mayoría en esta característica. De acuerdo con las cifras generales entregadas en la Tabla 3, existen en la región metropolitana 23, en Valparaíso 8 y en O'Higgins 4 empresas que fueron calificadas en nivel 3 de la escala Likert, ello implica que son empresas que potencialmente pueden fabricar y suministrar viviendas con algunas exigencias adicionales.

La División Técnica (DITEC) del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, ha anunciado el marco legal que regulará a las industrializadoras con las que va a operar para disminuir el déficit habitacional (BCN, 2023a). Desde el sector de la construcción en madera se encuentran autorizadas 4 empresas, con proyectos para viviendas sociales y edificios de mediana altura, que avanzan en el cumplimiento normativo, utilizando tecnología y BIM en los procesos productivos, además de coordinar la industrialización en fábrica y hacer posible el encadenamiento con otros proveedores. De esta manera, potencialmente, hacer crecer el mercado de viviendas en madera en Chile y desarrollarlo incluso como producto de exportación para Latinoamérica.

Como parte de soluciones integrales, se espera interacción entre energía, diseño sísmico y de otros criterios técnicos relevantes como resistencia al fuego, por ello es importante tener presente que esta investigación presenta como hallazgo que el cumplimiento de la normativa técnica no está siendo fiscalizado cuando estas viviendas son adquiridas en el mercado privado, del mismo modo lo advierte Martínez Gamboa, (2022), quien como hallazgo

de su evaluación respecto de los subsidios térmicos del programa de protección al patrimonio familiar y sus efectos en la superación de la pobreza energética en Chile, señala que, “no existe una focalización en los hogares más vulnerables y responsabiliza una gestión deficiente de los encargados del programa en conjunto con una asignación de subsidios térmicos con metas disconformes de acuerdo con los recursos entregados, en forma indirecta, sectorizada y sin monitoreo y fiscalización adecuados”(p. 2). Además, asegura que se agregan a los problemas derivados de la descentralización de instituciones públicas, la falta de una caracterización y focalización de beneficiarios con pertinencia territorial y transversal de pobreza energética. (Martínez Gamboa, 2022)

Bajo la lógica del análisis de ciclo vida, al construir con madera y protegerla, se necesitaría cortar menos bosques para construir y/o calefaccionar, habría menos necesidad de transporte, se alargaría la vida útil, disminuiría la necesidad de reciclar, reponer y re-usar hasta 3 ó 4 veces más si la madera está correctamente tratada.

Exponer y describir esta industria pretende explicitar la capacidad productiva existente, haciendo las adecuaciones para cumplir las normas, fortaleciendo a los usuarios y lo que sea necesario para hacer de este sector productivo, un actor más integrado, próspero y útil para la sociedad.

La base de la investigación en el mundo hasta ahora, se ha limitado a la identificación del comportamiento real, tecnología de construcción y factores de diseño que influyen en el confort térmico y el consumo de combustible en las viviendas, dejando de lado aspectos de ubicación, accesibilidad y otros factores que afectan el acceso a vivienda, a pesar que, hay cada vez mayor asincronía entre las necesidades y los ritmos del Estado (Pena et al., 2022; Mendiá, 2022; Felmer, 2018).

Finalmente, es preocupante que la seguridad en el territorio según exposición a amenazas, hasta ahora no se integra en la normativa, aunque se perciben cambios, faltan acciones como por ejemplo, visibilizar ventajas desde el análisis de ciclo de vida, respecto al destino final de los materiales de construcción, siendo este un punto donde la madera suele ser mejor, pero que en un mercado aún poco sofisticado de casas prefabricadas no se destaca como atributo. Por ello se invita a promover estos tres elementos: Reducir – Re-usar – Reciclar (R – R – R).

CONCLUSIÓN

Esta industria se caracteriza por proveer viviendas con modalidades Kit para armar, armadas y en menor medida llave en mano, por lo que se circunscribe preferentemente, 83% de ellas a fábricas-constructoras, más que a inmobiliarias, aunque ambas participan en el abastecimiento de soluciones habitacionales y por ello debiesen estar articuladas y reguladas por el Estado, a

través de acciones para potenciar al sector productivo, especialmente de remanufactura, el que actualmente está concentrado en ofrecer productos y no ha logrado articularse a ser parte de un ecosistema mayor que incida en la construcción sustentable, ya que posee capacidades de industrialización.

La mayor cantidad de empresas entre las estudiadas, se encuentra en la Región Metropolitana con un 69%, le sigue la región de Valparaíso con un 20% y finalmente la región de O’Higgins con un 11%. En cuanto a la formalidad se tiene un 83% de empresas formales y un 17% de informales

Un 54% tiene baja complejidad, el 35% nivel medio y 11% es de alta complejidad, lo que da cuenta del nivel de preparación de las empresas para enfrenar mercados con mayores exigencias para cumplimiento de criterios técnicos, plazos, costos.

La evaluación global de las 88 empresas arrojó que el 2,7% obtuvo nivel 1, el 37,5% obtuvo nivel 2, el 58,6% nivel 3 y sólo un 1,1% se ubicó en nivel 4, ninguna de ellas obtuvo nivel 5.

Es relevante disponer de esta información para provocar interés en estas empresas por aportar mayor información técnica a los clientes respecto a sus productos sobre todo en relación a los cumplimientos normativos vigentes, además de destacar aspectos ambientales, algunos posiblemente existan y no se destacan y en otros casos habría que realizar adecuaciones para ir satisfaciendo la demanda acorde con los requerimientos que anualmente va en aumento.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo cuenta con el apoyo del Instituto Forestal y la Corporación de Fomento de la Producción-CORFO a través 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”. 18FITP-89376. Se agradece al Instituto Forestal por proveer los recursos y participar en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bascuñán Reyes, D. (2021). *Tecnologías constructivas para la protección frente al fuego en edificios de madera de mediana y gran altura* [Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/2117/349387>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (BCN). (2023a). Resolución 59 EXENTA. Establece condiciones y mecanismos de aprobación de proyectos de viviendas industrializadas tipo y fija el procedimiento para revisión de proyectos que incorporen el uso de viviendas industrializadas tipo, desarrollados en el marco de los programas habitacionales fondo solidario elección de vivienda DS n°49 (V. Y U.) De 2011, y de habitabilidad rural DS n°10 (V. Y U.), de 2015. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1188149&f=2023-01-23>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (2023b) Ley N° 21364 Establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sustituye la Oficina Nacional de Emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, y adecúa normas que indica. <https://>

www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1163423

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (30, junio 2023d). *Reporte Regional 2023*. https://www.bcn.cl/siit/reportesregionales/reportes_final.html?anno=2023&cod_region=13

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2023c). Resolución 1448 Exenta. Promulgado por el Ministerio Del Interior Y Seguridad Pública; Subsecretaría Del Interior; Servicio Nacional De Prevención Y Respuesta Ante Desastres; Dirección Nacional En la que se establece estándares de habitabilidad de viviendas de emergencia. Promulgación:25-OCT-2023. <https://bcn.cl/3gyt7>

Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional, CASEN (2022). *Encuesta Casen 2006-2022* [Archivo PDF]. https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Resultados_Vivienda_Casen_2022.pdf

Felmer, G. (2018). *Prototipos de Viviendas de Bajo Consumo Energético para Diferentes Regiones de Chile* [Tesis doctoral, Universidad Abierta]. <https://doi.org/10.21954/ou.ro.0000d358>

Garay Moena, R., Castillo Soto, M., Fritz Fuentes, C., y Hernández Ortega, C. (2022). Desarrollo de un indicador integrado de sustentabilidad y seguridad estructural para el mercado de viviendas de madera aplicado a Chile central. *Revista Hábitat Sustentable*, 12(1), 8-23. <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.01.01>

Garay, R., Pfenniger, F., Castillo, M., y Fritz, C. (2021a). Quality and Sustainability Indicators of the Prefabricated Wood Housing Industry—A Chilean Case Study. *Sustainability*, 13(15), 8523. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13158523>

Garay Moena, R., Castillo Soto, M. y Tapia Zarricueta, R. (2021b). Viviendas ubicadas en áreas de riesgo de incendios forestales de interfaz. Un análisis territorial y normativo desde Chile. *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(46), 9523. <http://dx.doi.org/10.5821/ace.16.46.9523>

González-Mathiesen, C. y March, A. (2023). Long-established rules and emergent challenges: spatial planning and wildfires in Chile. *International Planning Studies*, 28(1), 37-53. <https://doi.org/10.1080/13563475.2022.2136629>

González Méndez, E. A. (2022). *Vivienda extendida, radicación y densificación: tipología de vivienda adecuada para núcleos familiares extensos de allegados, en barrios periféricos vulnerables* [Archivo PDF]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191687>

Green, M. y Taggart, J. (2020). *Tall wood buildings: Design, construction and performance*. Birkhäuser. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783035618860/html>

Harju, C. (2022). The perceived quality of wooden building materials—A systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Consumer Studies*, 46, 29– 55. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12764>

Hidalgo Dattwyler, R., Vergara Constela, C. D., Gutiérrez Aguilera, D., Capetillo Constela, C., y Alvarado Peterson, V. (2022). Su casa, su deuda. La política de vivienda chilena entre la financiarización, la subsidiariedad y la integración social. *Revista INVI*, 37(105), 1-44. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2022.63809>

International Living Future Institute, ILFI. (26 de mayo 2024). *ZERO ENERGY CERTIFICATION*. <https://living-future.org/zero-energy/>

Instituto Nacional de Estadísticas INE. (2023). *Permisos de Edificación*. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion>

Instituto Forestal, INFOR. (2021). *Madera y Construcción, hacia una simbiosis estratégica* [Archivo PDF]. <https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/estudios/madera-y-construccion-hacia-una-simbiosis-estrategica>

Instituto Nacional de Normalización, INN. (2019). *Madera preservada - Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo* (Norma NCH 819). <https://ecommerce.inn.cl/nch819201968329>

Lacambra, S.; Suárez, G.; Hori, T.; Durán, R.; Torres, A.; Osorio, C.; Khamis, M.; Visconti, E. (2015). Índice de Gobernabilidad y Políticas Públicas en Gestión de Riesgo de Desastres (iGOPP) 2020: Informe Nacional Chile. Banco Interamericano de Desarrollo, División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural

y Gestión de Riesgo de Desastres. IDB-TN-751. <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15466/indice-de-gobernabilidad-y-politicas-publicas-en-gestion-de-riesgo-de-desastres>

Madera 21. (1 de agosto 2023). *La madera se abre paso como alternativa en edificios "net zero"*. <https://www.madera21.cl/blog/2023/08/01/la-madera-se-abre-paso-como-alternativa-en-edificios-net-zero/>

Martínez Gamboa, M. (2022). *Evaluación de los subsidios térmicos del programa de protección al patrimonio familiar y sus efectos en la superación de la pobreza energética en Chile* [Archivo PDF]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/192414>

Mendia, S. (23 de junio de 2022). *Análisis territorial de la brecha habitacional y el déficit potencial comunal*. <https://urbanismosocial.cl/publicaciones/analisis-territorial-de-la-brecha-habitacional-y-el-deficit-potencial-comunal/>

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2018). *Síntesis de resultados Encuesta Casen 2017: vivienda y entorno* [Archivo PDF]. http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2017/Resultados_vivienda_casen_2017.pdf

Ministerio de Desarrollo Social y Familia (18 de marzo de 2024). *Base de datos Casen 2022 STATA* [Archivo PDF]. <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-2022>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU. (5 de mayo de 2023). *Avance Plan de Emergencia Habitacional*. <https://www.gob.cl/noticias/plan-de-emergencia-habitacional-casi-la-totalidad-de-las-260-mil-viviendas-comprometidas-ya-cuentan-con-subsidio-asignado/>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNDRR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* [Archivo PDF]. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, OGUC. (2017). *Resumen de modificaciones y rectificaciones de la ordenanza general de urbanismo y construcciones. Santiago, Chile* [Archivo PDF]. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/OGUC-Mayo-2020-D.S.-N%C2%B01-D.O.-29-05-2020.pdf>

Pacini, J. C. (2021). *Estructuras de madera: Diseño, cálculo y construcción*. Nobuko.

Quinzacara, E. C. (2021). El permiso de construcción desde la perspectiva del Derecho administrativo general. Análisis de sus principales problemas a nivel jurisprudencial. *Revista de Derecho Administrativo Económico*, (33), 33-70. <https://doi.org/10.7764/redae.33.2>

Pena, G., Kosut, J., Favre, F. (2022). Estudio interdisciplinario para la validación de criterios de diseño de eficiencia energética en los programas de vivienda [Archivo PDF]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31260>

TECHO-Chile (2023) *Catastro Nacional de Campamentos 2022-2023* [Archivo PDF]. <https://cl.techo.org/wp-content/uploads/sites/9/2023/03/CNC22-23.pdf>

Ugarte, J. J., Wiegand, E., Montaña, J., Cárcamo, S., y Delucchi, C. (2018). Light frame timber tower: Interdisciplinary design of prefabricated and anti-seismic 5-story experimental building. In *WCTE 2018-World Conf. Timber Eng* [Archivo PDF]. <https://madera.uc.cl/images/publicaciones/light-frame-timber-tower-interdisciplinary-design.pdf>

Wenzel, A., Vera, S., y Guindos, P. (2024). Energy and structural optimization of mid-rise light-frame timber buildings for different climates and seismic zones in Chile. *European Journal of Wood and Wood Products*, V82(4), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00107-024-02085-z>