

DESARROLLO DE UN INDICADOR INTEGRADO DE SUSTENTABILIDAD Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL PARA EL MERCADO DE VIVIENDAS DE MADERA APLICADO A CHILE CENTRAL¹

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SUSTAINABILITY AND STRUCTURAL SAFETY INDICATOR, APPLIED TO CENTRAL CHILE FOR THE WOODEN HOUSING MARKET

Rosemarie Garay-Moena

Magister en Ciencias e Industrias de la madera, Académica, Departamento de Desarrollo en Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-7662-9724>
rosemarie.garay@gmail.com

Miguel Castillo-Soto

Doctor en Recursos Naturales, Académico e Investigador, Laboratorio de Incendios Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-3880-9441>
migcasti@uchile.cl

Consuelo Fritz-Fuentes

Doctora en Biomateriales Forestales, Académica, Departamento de Desarrollo en Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-1803-620X>
cfritz@uchile.cl

Carlos Hernández Ortega

Ingeniero Forestal, Titulado, Universidad de Chile. Santiago, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-1620-0846>
carlos.hernandez.o@ug.uchile.

¹ Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) para el proyecto IT10003 " Propuesta de estándares en infraestructura crítica para viviendas localizadas en la interfaz urbano forestal"

RESUMEN

El mercado de viviendas en Chile, basado en madera, requiere una revisión complementaria en función de las ventajas competitivas que posee este material respecto a sus prestaciones técnicas y propiedades estructurales, para fortalecer el cumplimiento de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción [OGUC] chileno y los Códigos de Construcción Sustentables. En ese marco, el objetivo central de la presente investigación fue desarrollar un Indicador Integrado de Seguridad y Sustentabilidad (IISS) capaz de integrar aspectos normativos, sociales, territoriales y ambientales, conforme a las variables: (1) presentación, (2) sustentabilidad y (3) seguridad de una vivienda. Para esto, se recopiló información de 230 empresas constructoras en madera localizadas entre las regiones de Valparaíso y Los Ríos, en Chile Central; proceso en el que destacó la presentación del producto y la seguridad como insumos para aplicar la metodología de cálculo del IISS. Esta integración dio como resultado una clasificación de indicadores técnicos útiles para fomentar la utilización del material madera como opción constructiva que prevalezca o se complemente con otro tipo de materias primas.

Palabras clave

viviendas de madera, seguridad, sustentabilidad.

ABSTRACT

The wood-based housing market in Chile requires a complementary review that considers the competitive advantages of this material regarding its technical features and structural properties, to strengthen compliance with the Chilean General Urban Planning and Construction Ordinance (OGUC, in Spanish) and the Sustainable Building Codes. The purpose of this research was to develop an Integrated Sustainability and Safety Indicator (IISS, in Spanish), which integrates regulatory, social, territorial, and environmental aspects, considering (1) presentation, (2) sustainability, and (3) safety variables for wooden houses. For this, information was collected from 230 wood construction companies located between the regions of Valparaíso and Los Ríos, in Central Chile, where product presentation and safety were highlighted as inputs to calculate the IISS. This integration resulted in a classification of useful technical indicators to promote wood use as a construction option that prevails over or complements other building options.

Keywords

Wooden houses, Safety, Sustainability

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios (Domljan y Janković 2022, Soust-Verdague, Moya y Llatas, 2022, Harju, 2022; Luhas et al., 2021; Andac, 2020; Toppinen, D'amato y Stern, 2020; Bugge, Hansen y Klitkou, 2016; Ollikainen, 2014; Cai y Aguilar, 2013; Cai y Aguilar, 2014) han enfatizado en que el consumo de productos forestales es fundamental para mejorar y fomentar la calidad de vida de las personas, el desarrollo sostenible y la transición hacia economías circulares de base biológica. En este contexto, la madera como material de construcción destaca por sus propiedades sostenibles (Viholainen et al., 2021; Brusselaers, Verbeke, Mettepenningen y Buyesse, 2020), longevidad en uso (Luo, Mineo, Matsushita y Kanzaki, 2018), impacto positivo en el entorno de vida (Harju, 2022; Rhee, 2018; De Morais y Pereira, 2015), percepciones de estética (Lähtinen et al., 2021; Bhatta, Tiippana, Vahtikari, Hughes y Kytä, 2017) y propiedades de almacenamiento de carbono y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Lippke et al., 2011; Petersen y Solberg, 2005).

Desde este enfoque, se hace necesario contar en Chile con instrumentos para evaluar de forma objetiva las viviendas en madera que se comercializan, de manera de identificar las ventajas y desventajas que implica construir con este material, bajo el cumplimiento de criterios técnicos obligatorios y voluntarios. El problema identificado en Chile es que la coherencia de organismos públicos y privados responsables de fiscalizar qué se vende y cómo se instalan las viviendas de madera ofrecidas no está resuelta ya que no existen herramientas para que los consumidores sepan en qué fijarse al momento de la compra. Esta situación se debe a factores como el déficit habitacional (Fundación Vivienda, 2019; Vergara y Reyes, 2019), la escasez de oferta, aplicabilidad de subsidios vinculados al alza de precios y también por el efecto migratorio; la decisión de compra se realiza principalmente por precios accesibles y atributos visuales estéticos. En efecto, existe un importante número de viviendas que no está siendo inscrito y revisado. A esto se suma la falta de información a la que acceden los consumidores en cuanto a las bondades técnicas de la madera antes de realizar la compra de viviendas.

En el ámbito normativo chileno, de acuerdo a la ley de urbanismo y construcción D.F.L. N°458 de 1976, las edificaciones en madera, al igual que en otras materialidades, están obligadas a construir con sistemas inscritos y reconocidos por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. El cumplimiento de estas normas, así como de otras voluntarias contenidas en los códigos de construcción sustentables, entre las que destacan el análisis del ciclo de vida y la medición

de huella de carbono, resulta ser clave para acercar al sector productivo hacia estándares de habitabilidad más altos y, hasta ahora, no hay antecedentes que cuantifiquen cumplimiento de estas disposiciones en el mercado de construcción en madera (Castillo, Garay, Tapia, Garfias y Orell, 2020).

Asimismo, la falta de estandarización y disponibilidad de información técnica se corrobora en la escasez de productos comercializados bajo la Norma Chilena NCh1207 de clasificación visual para madera elaborada de pino radiata, situación que fue revisada y ratificada en el proyecto del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de Chile (IT16i10003), referido a estándares en infraestructura crítica para viviendas localizadas en áreas de interfaz urbano forestal. Allí se formularon las bases técnicas para el primer diseño de un sistema integrado de indicadores de seguridad y calidad para infraestructuras basadas en madera, y se cotejaron los estándares chilenos con normas extranjeras con base en la premisa de establecer condiciones comparables entre un país y otro (Castillo et al., 2020). A partir de esta experiencia, Garay, Pfenniger, Castillo y Fritz (2021a) presentaron una propuesta de IISS a fin de destacar las ventajas competitivas de elementos y componentes en madera para la construcción, es decir, de resaltarlas ante las exigencias que tiene el mercado comprador, de modo que pudieran ser incluidas por el mercado de proveedores para posicionar a la madera como un producto confiable y estandarizado.

Específicamente, el indicador integrado de seguridad y sustentabilidad (IISS) constituye un valor que se obtiene mediante un modelo analítico de evaluación aplicado a un producto, considerando cuáles son los criterios que describen las ventajas competitivas de distintas tipologías constructivas. Como se mencionó anteriormente, el IISS ha sido creado para otros productos de madera y publicado en investigaciones previas, entre ellas el Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera (CLEM CIMAD 2019) y la Conferencia mundial sobre ingeniería de la madera (WCTE 2021). Asimismo, el IISS es un indicador integrado que permite evaluar aspectos técnicos, normativos, sociales y ambientales que condicionan la sustentabilidad y seguridad, además de la presentación de los productos. De esta forma, se da importancia a la calidad y las prestaciones de estos elementos para la vivienda y se contribuye a que las personas vivan en condiciones seguras.

El análisis actual del mercado de viviendas basadas en madera, indica que el sector productivo tiene las potencialidades necesarias para avanzar con una oferta ajustada a las normas constructivas, debido a ventajas tales como la baja huella de carbono (en comparación con otros materiales), la capacidad de

industrialización, la adopción de estándares nacionales e internacionales, la eficiencia sísmica, térmica y acústica. Medir y transparentar los atributos técnicos de la madera permite reforzar sus vulnerabilidades, por ejemplo, empleando maderas preservadas según riesgo de exposición, otorgando protección contra el fuego y la biodegradación, así como otras amenazas vinculadas al lugar de emplazamiento (Garay, Castillo y Tapia, 2021b), los que deben ser considerados desde el diseño, y evaluando anticipadamente cada situación de forma individual. Paralelamente, existen tareas pendientes relacionadas a instalación y puesta en servicio de viviendas de acuerdo al emplazamiento, condiciones de riesgo propias de la naturaleza y aumento de la demanda poblacional. En este sentido, muchas normas chilenas actualmente declaran estos aspectos, pero no poseen peso legal que permita su fiscalización en los planes de obras.

METODOLOGÍA

El material de estudio corresponde a un conjunto de viviendas de madera basadas en procesos de manufactura procedentes de 230 empresas del rubro localizadas en las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos y Metropolitana. El método consistió en la identificación y catastro de empresas oferentes de viviendas de madera a través de sus páginas web, a lo cual le siguió la creación de registros sobre tipologías constructivas y sus caracterizaciones individuales (basada en la información relevante entregada por la empresa para su producto), clasificadas bajo tres criterios: (1) presentación (Pt); (2) sustentabilidad (St); y (3) seguridad (Sg), los que se explican y detallan en la Figura 1A. El atributo Pt involucra la presentación del producto y la empresa, pero además abarca los servicios y la postventa del producto. Este atributo es explicitado dado que las empresas deben entregar un servicio postventa que deje conforme al consumidor y que sea eficiente en la entrega de soluciones en caso de cualquier inconveniente. El atributo St está basado en los estándares y certificaciones constructivos que debiesen adoptarse, tales como, hermeticidad, huella de carbono, análisis de ciclo de vida, en la calidad de los procesos y su eficiencia e innovación, y en las características acústicas y térmicas de las viviendas de madera ofrecidas. Finalmente, el atributo Sg contempla aquellos aspectos relacionados a la durabilidad de las viviendas y especialmente su comportamiento frente al fuego, incluidos en la OGUC. 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.

Tras completar el registro, correspondió la determinación de los valores de IISS para las distintas

viviendas ofrecidas en las regiones de estudio. Así, se procedió a delimitar el planteamiento para el indicador integrado denominado IISS, fundado en los antecedentes normativos disponibles y la información procedente desde el registro. Para su desarrollo, se utilizó el método analítico de Saaty (2001), quien plantea una secuencia de cálculos basados en una combinación de criterios que caracterizan la asociatividad matemática entre variables y sus relaciones cruzadas, lo que da como resultado una matriz de consistencia que en su conjunto aporta a la descripción de la variable dependiente, en este caso IISS. Esta metodología se utiliza a partir de las investigaciones publicadas por Garay, Tapia, Castillo, Fernández y Vergara (2018); Garay et al. (2021a); Garay et al. (2021b); Garay, Pfenniger y Castillo (2021c).

La determinación del IISS se inició con la aplicación de una Evaluación Multicriterio (EMC) o Método Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty (2001), el cual es empleado en la toma de decisiones de múltiples criterios y variables de estudio para la selección de un conjunto de criterios basados en distintas alternativas (Figura 1B). Esta metodología permite: (1) identificar las partes del sistema; (2) reconocer el peso de las partes del sistema; (3) identificar los vínculos entre las partes; y (4) proponer una solución racional. Igualmente, se fundamenta en tres principios: en la construcción de las jerarquías, el establecimiento de prioridades y la consistencia lógica. Todo ello se vuelve necesario a fin de evitar una evaluación arbitraria sustentada en prejuicios.

DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES

La definición oportuna de criterios y variables permitió identificar los atributos y sus interacciones de acuerdo con el esquema de la Figura 1B. Estos atributos fueron determinados como resultado de análisis y observaciones en terreno, como también de páginas web de empresas constructoras de viviendas de madera, y aluden al tipo de materiales utilizados, al mercado que abarcan y al contexto económico, social y ambiental en el que se desenvuelven dichas empresas.

Estos criterios se estructuran en tres ejes principales que se detallan en la Figura 1A: (1) Presentación; (2) Seguridad y (3) Sustentabilidad. Dado que el IISS tiene por objetivo fomentar el uso de la madera y resaltar el valor de las ventajas estructurales y técnicas de la misma, resulta de interés valorar las estrategias de marketing de la empresa y sus servicios postventa, por lo tanto, la Presentación (Pt) busca identificar los componentes informados más relevantes que resaltan la percepción positiva de la madera para una exitosa captación de clientes; la Seguridad (Sg) y Sustentabilidad (St) se evalúan por la presencia de los componentes técnicos declarados, observados o verificados a partir de las normas de construcción de la OGUC y códigos de construcción sustentables del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile.

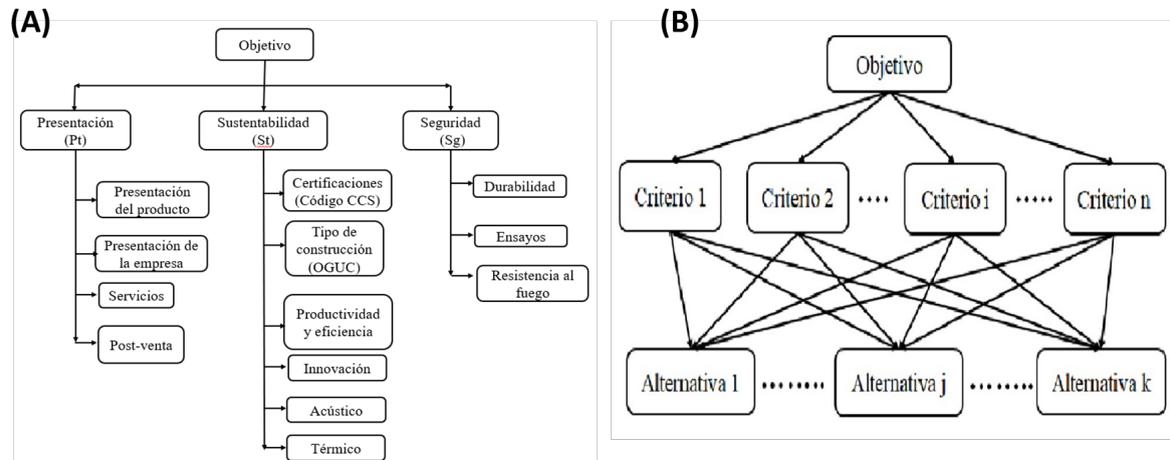


Figura 1. (A) Esquema planteado del Indicador Integrado de Seguridad y Sustentabilidad. (B) Estructura de modelación tipo en la metodología EMC. Fuente: Elaboración de los autores a partir de Saaty (2001).

1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrema	Fuerte			Moderado			Igual	Moderado			Fuerte			Extrema		
Menos importante								Más importante								

Tabla 1. Escala de establecimiento de prioridades. Fuente: Fuente: Elaboración de los autores en base a Saaty (2001).

n=3	Presentación (Pt)	Sustentabilidad (St)	Seguridad (Sg)
Presentación (Pt)	1	1/A ₂₁	1/A ₃₁
Sustentabilidad (St)	A ₂₁	1	1/A ₃₂
Seguridad (Sg)	A ₃₁	A ₃₂	1

Tabla 2. Ejemplo de matriz de comparación por pares, donde A₂₁, A₃₁ y A₃₂ son los posibles puntajes asignados y "n" es la cantidad de variables. Fuente: Fuente: Elaboración de los autores en base a Saaty (2001).

ASIGNACIÓN DE PUNTAJE

Siguiendo con el segundo principio del método, a cada elemento se le asigna un valor a partir de una escala propuesta por Saaty (Tabla 1), que refleja su peso, importancia relativa o magnitud de preferencia. La asignación se efectúa mediante un consenso a valor promedio designado por un panel de expertos del área de la construcción (en este caso 2 académicos, 2 empresarios y un representante de gobierno, anónimos todos), quienes respaldan la normativa e ingeniería pertinentes al tema, apoyan con bibliografía *ad hoc*, así como revisan el análisis derivado de páginas web de 230 empresas del rubro.

La designación de estos pesos sigue la metodología de comparación por pares del mismo autor, es decir, en el que se establece una relación de importancia de un factor respecto a otro. Estos fueron presentados en

una matriz cuadrada, con un número de filas y columnas determinados por la cantidad de factores a ponderar, tal como se observa en la Tabla 2.

Luego se determina el *eigen vector* o *vector propio* de la matriz, que representa el orden de prioridad de los factores. Para ello, se normalizan los valores de los puntajes o pesos establecidos anteriormente, mediante la división de cada valor de la matriz de comparación con la suma total de los valores de la columna que es correspondiente al valor, como muestra la ecuación 1, lo cual da como resultado lo expresado en la Tabla 3.

$$N(A_{ij}) = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_{ij}} \quad (1)$$

Donde:
 N(A_{ij}) = Valor normalizado del juicio en matriz de criterios de la fila "i" en la columna "j".

n=3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Peso Final
Factor 1	N(1)	N(1/A21)	N(1/A31)	$\sum N(A1i)/n = \beta_1$
Factor 2	N(A21)	N(1)	N(1/A32)	$\sum N(A2i)/n = \beta_2$
Factor 3	N(A31)	N(A32)	N(1)	$\sum N(A3i)/n = \beta_3$

Tabla 3. Matriz normalizada. Fuente: Elaboración de los autores

Tamaño de la matriz (N)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio (Ri)	0	0,6	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5

Tabla 4. Valor índice de consistencia aleatorio. Fuente: Elaboración de los autores en base a Saaty (2001).

A_{ij} = Valor del juicio en la matriz de criterios de la fila "i" en la columna "j".

Al sumar las filas de los valores normalizados, se obtiene el *eigen vector* principal

$$\text{Eigenvector principal} = \sum_{i=1}^n N(A_{ij}) \quad (2)$$

Se normaliza el *eigen vector* principal dividiendo el resultado en la cantidad de criterios en la matriz, de lo que resulta la matriz de la ecuación 2 (Saaty, 2001). Este último resultado es un valor porcentual que representa el valor del peso de cada factor de las variables.

Para confirmar la validez en la asignación de puntajes o importancia relativa de estos pesos finales se procede al cálculo de Razón de consistencia (Rc), haciendo uso de la ecuación 3.

$$(Rc = Ic/Ri) \quad (3)$$

Donde:

Rc: Razón de consistencia (Rc),

Ic: Índice de consistencia (Ic),

Ri: Índice aleatorio, un valor contenido en una tabla creada en el Oak Ridge National Laboratory el cual es característico para matrices desde 1 hasta 15 (Tabla 4).

Mientras que el Ic, es un valor obtenido a partir de la ecuación 4:

$$Ic = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) \quad (4)$$

Donde:

n = número de factores de la matriz

λ_{\max} = calculado a partir de la sumatoria de los valores resultantes del producto del eigenvector principal (β_1, β_2 y β_3) con la matriz de asignación de puntajes.

Es así como a partir de la metodología planteada por Saaty (2001), para valores mayores o iguales a 0,10 los juicios de valor deben ser revisados, ya que no son lo suficientemente consistentes para establecer los pesos.

Para asegurar la correcta aplicación del método AHP es que esta combinación debe hacerse tanto a nivel de criterios como de variables dentro del criterio (nivel 1 y 2, respectivamente).

CÁLCULO DE IISS

El cálculo del IISS consiste en la sumatoria del producto de los valores porcentuales (pesos o importancia relativa) entre los criterios (nivel 1) y sus respectivas variables (nivel 2), y un puntaje adicional asignado de 1 a 5, en el que 1 representa la peor situación para el producto evaluado y 5, la mejor. Cada nivel es detallado y descrito en una planilla de evaluación.

$$\text{IISS} = C_1 * V_1 * P_1 + C_1 * V_2 * P_2 + \dots + C_2 * V_1 * P_1 + C_2 * V_2 * P_2 + \dots + C_3 * V_1 * P_1 + C_3 * V_2 * P_2 + \dots \quad (5)$$

Donde:

C_i : valor decimal o porcentual de los criterios generales (Pt, St y Sg)

V_i : Valor decimal o porcentual de la variable incluida en el criterio general.

P_i : Puntaje asignado a la variable de estudio, siendo 1 menor cumplimiento a 5 el de mayor cumplimiento.

De este modelo se puede definir como un "peso local" (V_i en el modelo) al valor porcentual o importancia relativa de la variable por sí sola dentro de su criterio respectivo, y como un "peso global" al producto $C_i \times V_i$, el cual da cuenta de su importancia en todo el modelo.



Figura 2. Secuencia metodológica para ponderación y evaluación de consistencia IISS. Fuente: Elaboración de los autores.

Descripción	Intervalos		
Bajo	1	-	2,33
Medio	2,33	-	3,67
Alto	3,67	-	5,00

Tabla 5. Intervalo de caracterización para el IISS. Fuente: Elaboración de los autores.

	Presentación	Seguridad	Sustentabilidad
Presentación	1	2	3
Seguridad	0,5	1	2
Sustentabilidad	0,33	0,5	1

Tabla 6. Matriz de pares cruzados para los niveles de los tres criterios (Pt; Sg; St). Fuente: Elaboración de los autores.

PONDERACIÓN Y EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA IISS

En esta etapa, se estableció la siguiente jerarquía, basada en la información recopilada y analizada de las 230 empresas consultadas:

Presentación (Pt); Seguridad (Sg); Sustentabilidad (St)

La clasificación de la información entregada por cada empresa para su producto es clasificada en función de esos tres criterios, según la importancia con la que se exponen y describen a través de internet como medio de difusión y adquisición de bienes y servicios, con poder de sugestión a partir de estímulos visuales, así como poder de aprendizaje (de Lourdes, 2006). Para ello es que la página web debe cumplir con distintos parámetros de accesibilidad (Varas, Agüero, Guzmán y Martínez, 2015), cuyo énfasis debe estar puesto en la identificación de los componentes más relevantes, entre ellos los tecnológicos, cumplimientos técnicos y de sustentabilidad, que forman parte de la cadena de producción. Se utilizó este método debido a las dificultades de acceso directo originadas por la pandemia del COVID 19.

En cuanto al criterio asociado a seguridad, se consideran las propiedades estructurales, frente a sismos y fuego

como más relevantes, dada la importancia que los usuarios le otorgan a ellas, sobre todo en el contexto nacional, propenso a presentar sismos e incendios (Castillo, *et al.*, 2020, Garay *et al.*, 2021a). A esto se suma que las empresas, especialmente las pequeñas (Pymes), aún consideran que la construcción sustentable implica un sobrecosto, que el cliente no puede pagar (Fajardo, 2014; Hatt, Saelzer, Hempel y Gerber, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

APLICACIÓN DEL INDICADOR INTEGRADO DE SEGURIDAD Y SUSTENTABILIDAD (IISS)

Modelación, ponderación y evaluación de consistencia IISS

La modelación del problema está representada en la Figura 1, jerarquizada desde el primer nivel de criterios generales hacia el segundo nivel de variables que se han considerado para determinar el nivel de cumplimiento de los productos ofrecidos por las empresas.

La secuencia de pasos para el cálculo del IISS se expone en la Figura 2.

	Presentación del producto	Presentación de la empresa	Servicios	Servicio post venta
Presentación del producto	1	0,5	2	3
Presentación de la empresa	2	1	3	5
Servicios	0,5	0,33	1	2
Post venta	0,33	0,2	0,5	1

Tabla 7. Matriz de pares cruzados para los niveles de variables del criterio Pt. Fuente: Elaboración de los autores.

	Certificaciones *(CCS, CEV)	Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	Productividad/ eficiencia	Innovación (construcción sustentable)	Confort acústico	Acondic. térmico
Certificaciones *(CCS, CEV)	1	0,20	0,25	0,33	0,5	0,5
Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	5	1	2	3	4	3
Productividad/ eficiencia	4	0,50	1	2	3	2
Innovación (construcción sustentable)	3	0,33	0,5	1	0,5	0,5
Confort acústico	2	0,25	0,33	2	1	0,5
Acondic. térmico	2	0,33	0,5	2	2	1

Tabla 8. Matriz de pares cruzados para los niveles de variables del criterio St. Fuente: Elaboración de los autores.
 *CCS: Códigos de Construcción Sustentable y/o CEV: Certificación energética viviendas.

Se presenta el intervalo de caracterización para el IISS en tres niveles (Tabla 5) y se elabora la matriz de comparación de criterios generales (Tabla 6).

Como se indicó en la metodología, el procedimiento requiere de la determinación de la Razón de consistencia, la cual arroja un valor de 0,9%, es decir, alta consistencia en la valoración de los criterios, por lo que el modelo se considera como aceptado.

El IISS resultante se compara en tres matrices de pares cruzados (una por cada criterio Pt, Sg y St, explicadas en las Tablas 7, 8 y 9, de acuerdo con el valor mínimo a máximo posible de obtener, el valor IISS resultante es clasificado como Bajo, Medio o Alto (según rangos de Tabla 5), dependiendo del cumplimiento de los criterios, respectivamente (ejemplos de cálculo en Figura 4).

La matriz de comparación para Pt arroja una Rc del 0,65%, esto es, alta consistencia en la valoración de los datos, por lo que el modelo es aceptado.

El criterio de Sustentabilidad (St) evalúa cumplimientos de mayor compromiso ambiental, donde es importante que la información esté disponible, aunque los clientes potenciales no siempre pueden asumir los costos asociados (Hatt *et al.*, 2012). Existe interés por criterios de sustentabilidad, sin embargo, frecuentemente, terminan dando mayor preferencia de compra en función de costos bajos, de modo que se define la jerarquía de selección siguiente: Tipo de construcción > Productividad y eficiencia > Eficiencia > Acond. Térmico > Acústico > Certificación.

La matriz de comparación para St arroja una Rc 4,2%, o sea, alta consistencia en la valoración de los datos, de manera que el modelo se estima aceptado.

Respecto al criterio de Seguridad (Sg), y debido a la recurrencia de incendios y a la presunción de cumplimiento de resistencia sísmica, se privilegian parámetros normativos de protección contra el fuego por sobre las demás, lo que se relaciona con un tema social arraigado en la población de temor a

Seguridad	Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	Ensayos (OGUC)	Resistencia al fuego (OGUC, MINVU)
Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	1	2	0,50
Ensayos (OGUC)	0,50	1	0,33
Resistencia al fuego (OGUC, MINVU)	2	3	1

Tabla 9. Matriz de pares cruzados para los niveles de variables del criterio Sg. Fuente: Elaboración de los autores.

Criterio	Peso	Variables	Local	Global	Puntaje
Presentación	0,539	Presentación del producto	0,2718	0,1465	1 a 5
		Presentación de la empresa	0,4824	0,2600	1 a 5
		Servicios	0,1575	0,0849	1 a 5
		Servicio post venta	0,0883	0,0476	1 a 5
Sustentabilidad	0,164	Certificaciones (transparencia)	0,0667	0,0198	1 a 5
		Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	0,4000	0,1189	1 a 5
		Productividad/ eficiencia proceso	0,2667	0,0793	1 a 5
		Innovación (construcción sustentable)	0,0667	0,0198	1 a 5
		Acústico	0,0667	0,0198	1 a 5
		Acondicionamiento térmico	0,1333	0,0396	1 a 5
Seguridad	0,297	Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	0,2973	0,0487	1 a 5
		Ensayos (transparencia)	0,1638	0,0268	1 a 5
		Resistencia al fuego	0,5390	0,0883	1 a 5

Tabla 10. Pesos o ponderaciones locales y globales de los criterios y variables. Fuente: Elaboración de los autores.

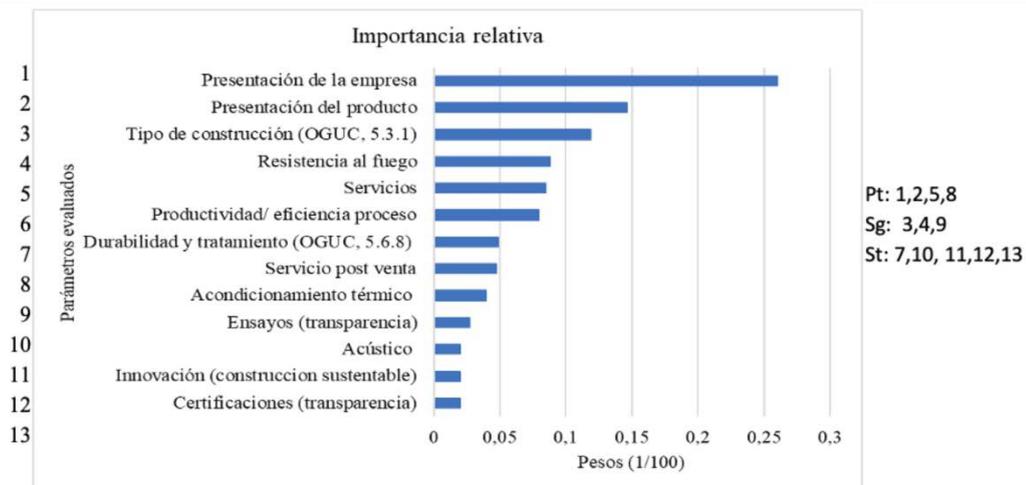


Figura 3. Evaluación de importancia relativa de parámetros. Fuente: Elaboración de los autores.

A) Ejemplo de cálculo IISS, valorización "ALTA"					B) Ejemplo de cálculo IISS, valorización "MEDIA"				
Empresa	Imagen producto	Descripción	Otras Observaciones		Empresa	Imagen producto	Descripción	Otras Observaciones	
Construkit		Casa Base, modalidad prefabricado	Se destaca por la publicidad de los tratamientos e innovación del proceso: eficiencia		Construkit		Modalidad industrializada, panel SIP	Empresa se destaca los tratamientos empleados a las piezas que utiliza	
Variable	Ptaje	Peso global	Producto		Variable	Ptaje	Peso global	Producto	
Presentación del producto	3	0,146	0,44		Presentación del producto	4	0,146	0,586	
Presentación de la empresa	4	0,260	1,04		Presentación de la empresa	3	0,260	0,780	
Servicios	3	0,085	0,25		Servicios	2	0,085	0,170	
Servicio post venta	2	0,048	0,10		Servicio post venta	2	0,048	0,095	
Certificaciones (Código CCS)	3	0,020	0,06		Certificaciones (Código CCS)	2	0,020	0,020	
Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	5	0,119	0,59		Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	1	0,119	0,119	
Productividad/ eficiencia proceso	5	0,079	0,40		Productividad/ eficiencia proceso	5	0,079	0,079	
Innovación (construcción sustentable)	5	0,020	0,10		Innovación (construcción sustentable)	2	0,020	0,020	
Acústico	4	0,020	0,08		Acústico	2	0,020	0,020	
Acondicionamiento termico	4	0,040	0,16		Acondicionamiento termico	2	0,040	0,040	
Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	4	0,049	0,19		Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	4	0,049	0,049	
Ensayos (transparencia)	4	0,027	0,11		Ensayos (transparencia)	2	0,027	0,027	
Resistencia al fuego	3	0,088	0,26		Resistencia al fuego	3	0,088	0,088	
SUMA	49	1	3,78		SUMA	34	1	2,09	

C) Ejemplo de cálculo IISS, valorización "BAJA"

Empresa	Imagen producto	Descripción	Otras Observaciones	
Casas Entrelagos		Vivienda prefabricada, formato kit completo	Sin observación	
Variable	Ptaje	Peso global	Producto	
Presentación del producto	2	0,146	0,29	
Presentación de la empresa	2	0,260	0,52	
Servicios	3	0,085	0,25	
Servicio post venta	2	0,048	0,10	
Certificaciones (Código CCS)	1	0,020	0,02	
Tipo de construcción (OGUC, 5.3.1)	3	0,119	0,36	
Productividad/ eficiencia proceso	3	0,079	0,24	
Innovación (construcción sustentable)	4	0,020	0,08	
Acústico	1	0,020	0,02	
Acondicionamiento termico	3	0,040	0,12	
Durabilidad y tratamiento (OGUC, 5.6.8)	3	0,049	0,15	
Ensayos (transparencia)	1	0,027	0,03	
Resistencia al fuego	1	0,088	0,09	
SUMA	29	1,000	2,26	

Figura 4. Ejemplos de cálculo de IISS según el tipo de valorización: (A) nivel "alto"; (B) nivel "medio", y (C) nivel "bajo". Fuente: Elaboración de los autores.

los sismos y a los incendios, por ello se establece la siguiente jerarquía de selección: Resistencia al fuego > Durabilidad y tratamiento > Ensayos

La matriz de comparación para Sg arroja una Rc del 1%, alta consistencia en la valoración de los datos, por lo tanto, el modelo es aceptado.

Finalmente, los pesos locales y globales son presentados en la Tabla 10.

La importancia relativa de los parámetros evaluados refleja el orden de prioridades bajo el cual las distintas acciones correctivas deben estar enfocadas. Es así como, desde la asignación de pesos hasta la obtención de los pesos globales y locales, se obtuvo que los parámetros de "presentación del proyecto", el "tipo de construcción" y las acciones respecto a la Resistencia al fuego tuvieron mayor importancia relativa en el estudio (Figura 3).

Empresa	Imagen producto	Descripción	Pt	St	Sg	Otras Observaciones	IISS	valor
Construkt		Casa Base, modalidad prefabricado	1,829	1,387	0,567	Se destaca por la publicidad de los tratamientos e innovación del proceso: eficiencia.	3,78	Alto
Casas Calera de Tango		Vivienda llave en mano, modalidad prefabricada	2,175	1,030	0,465	Se destaca por un proceso de escala, ofreciendo desde un kit básico y ascendiendo a modalidad de llave en mano.	3,67	Alto

Tabla 11. Aplicación IISS, ejemplo de indicador de valor "Alto". Fuente: Elaboración de los autores a partir de la información entregada por las empresas evaluadas.

Empresa	Imagen	Descripción	Pt	St	Sg	Otras Observaciones	IISS	valor
Constructora ROKAR		Vivienda tradicional	1,886	0,971	0,340	Buena presentación. Falta descripción más detallada sobre materialidades de la vivienda. Falta detallar innovaciones o tipos de certificado.	3,20	Medio
		Construcción modular	1,886	1,09	0,340		3,32	Medio
Easywood		Modalidad industrializada, panel SIP	1,716	1,209	0,513	Empresa se destaca por los tratamientos empleados a las piezas que utiliza.	3,44	Medio
Fundación vivienda		Mediagua, vivienda prefabricada	1,796	0,595	0,164	Se destaca por la presentación de la empresa, pero no por la de sus productos.	2,55	Medio
Decocasas		No especifica	1,210	1,030	0,164	Destaca por su sustentabilidad y diseño o uso de sus materiales para generar confort acústico y térmico.	2,40	Medio

Tabla 12. Aplicación IISS, ejemplo de indicador de valor "Medio". Fuente: Elaboración de los autores a partir de la información entregada por las empresas evaluadas.

Empresa	Imagen	Descripción	Pt	Sg	St	Otras Observaciones	IISS	valor
Constructora ARQOS		Modelo rústico	1,51	0,54	0,16	Riesgo de incendio por sobrecarga de combustible.	2,21	Bajo
Casas Entrelagos		Vivienda prefabricada, formato kit completo	1,16	0,83	0,26	Sin observación.	2,26	Bajo
Constructora Rinconada Ltda.		Vivienda prefabricada, SIP y SmartPanel	0,90	0,97	0,16	No presenta página web propia; se encuentra asociada a una página ministerial (SERVIU).	2,04	Bajo
Constructora ROA	Sin imagen de muestra	Asociado a página comercial	0,76	0,63	0,16	Asociado a página comercial.	1,55	Bajo
Casas Rucaray		Constructora	1,33	0,71	0,26	Solo página de Facebook.	2,31	Bajo

Tabla 13. Aplicación IISS, ejemplo de indicador de valor "Bajo". Fuente: Elaboración de los autores a partir de la información entregada por las empresas evaluadas.

GENERACIÓN DEL INDICADOR INTEGRADO DE SEGURIDAD Y SUSTENTABILIDAD (IISS)

Una vez finalizados los pasos metodológicos expuestos, es posible exponer el modelo resultante, el cual puede ser aplicado en la evaluación de viviendas publicadas en páginas web de empresas constructoras en madera, y luego en observaciones en terreno. La Figura 4 muestra ejemplos de cómo se aplicó la metodología para el cálculo de IISS a partir de una valoración clasificada como "alta", "media" y "baja", según corresponda.

APLICACIÓN IISS

Para la aplicación del modelo se consideraron las situaciones más representativas inspeccionadas (230 empresas desde sus páginas web), las cuales se resumen en las Tablas 11, 12 y 13.

En las tablas previas se exponen ejemplos de tipologías de viviendas y se describen aquellas con indicador de evaluación "Alto" (Tabla 11), lo cual se explica mayormente porque estas presentaron puntajes altos

en el criterio Pt, superiores en esta categoría a empresas con indicador "Medio", y se destacaron en Sustentabilidad (St), gracias a determinados aspectos informados como materiales de ahorro energético (ventanas termopanel) y uso de ciertas innovaciones (estabilizadores de madera de origen orgánico).

Con indicador "Medio" se clasificaron aquellas tipologías que obtuvieron un alto valor en el criterio Pt (Tabla 12); evaluación en la que resaltaron atributos significativos de la empresa (por sobre la descripción de los productos), como: trayectoria, sistema de ventas, memorias anuales con detalles de producción, entre otras. A lo anterior, se contraponen una menor claridad en sustentabilidad y seguridad, ya que se vieron declaradas las virtudes ambientales de sus maderas, pero no la participación de algún tipo de certificación que las avalara. Mientras algunas empresas son más fuertes en declarar sustentabilidad, otras lo son en declarar seguridad, al trabajar con madera tratada o diseñando estructuras reforzadas de alto cumplimiento normativo.

Las razones por las cuales algunas empresas, responsables de la información que entregan de sus productos, resultaron con un indicador "Bajo" (Tabla 13), se pueden resumir en los siguientes tres puntos: 1) No poseen página web propia y son referenciadas por otras fuentes; solo entregan datos de identificación y contacto: teléfono o mail. 2) Están asociadas a una página institucional o hacen uso sólo de medios sociales como Facebook, sobresaliendo por dar información de precios, especificaciones técnicas mínimas e imagen de productos. 3) Tienen página web básica, equivalente a un blog en línea, con galería de imágenes de sus proyectos, sin verificación de condiciones técnicas o de diseño; solo exponen datos de contacto.

La aplicación del IISS reviste gran importancia, porque puede implementarse para cubrir necesidades que están siendo incorporadas en otros países, como los impactos por catástrofes y seguridad de las viviendas y sus usuarios (Castillo et al., 2020), para lo cual se requiere encontrar acuerdos y mejorar las coberturas desde las compañías aseguradoras.

Además, al asegurar una vivienda podría llevar a desarrollar una cultura de mantenimiento, con cargo a ese seguro para que las instalaciones estén funcionando correctamente, de manera que aumente la durabilidad y la resiliencia de las viviendas ante eventos naturales. Asimismo, si las condiciones de habitabilidad son las

adecuadas, se reducirían los riesgos de salud de los presentes y futuros usuarios. Desde el punto de vista económico, se puede mencionar que las inspecciones adecuadamente realizadas pueden incrementar el valor de compra hasta en un 40%, por lo que los bancos estarían más inclinados a participar en la entrega de préstamos (Dolan, 2018).

Por último, las viviendas bien aseguradas también constituyen una estrategia de marketing que puede ir complementada con una apropiada promoción de los atributos de una vivienda de madera, lo cual persuadiría al público a optar por este tipo de estructuras.

El sector constructivo en madera se encamina a grandes avances. Medidas rápidas y certeras permitirán su inclusión en el mercado de construcción sustentable, es decir, mediante la adopción progresiva de los códigos de construcción sustentables.

El análisis aquí planteado tiene implicancias sobre los requisitos a implementar para instalar viviendas en zonas de incendios forestales, similares a las estrategias de Australia, Canadá y Estados Unidos, donde la normativa contempla exigencias acordes con la ubicación, exposición y riesgo. En Chile, falta avanzar en fiscalización para la instalación y el aseguramiento de viviendas, aunque se debe reconocer ciertos progresos en el área hospitalaria y edificación en altura, donde la inclusión de certificaciones LEED o *Passive house* ha posibilitado la incorporación de exigencias superiores. Lamentablemente estos avances no llegan a las viviendas más comunes, como las de todos los chilenos.

Ante situaciones de catástrofe, los expertos proponen que el código de construcción debería estar a la par de las acciones de inspección dentro de la obra, como ocurre en países como Estados Unidos, Japón Nueva Zelanda, donde las leyes apoyan las inspecciones al inicio, durante y al final de la obra y cuyos costos asociados son parte de los permisos de construcción, los cuales representan un 0,5% o menos de la obra total (Dolan, 2018).

Vincular el IISS a estas inspecciones puede ser un beneficio más, ya que al asegurarse de que las instalaciones estén apropiadamente efectuadas, aumenta la durabilidad y la resiliencia de las viviendas ante eventos que desencadenen desastres y facilita las relaciones de compraventa y compañías aseguradoras. En la misma línea, si las condiciones de habitabilidad son las adecuadas, se reducen los riesgos a la salud de los usuarios.

Por todas estas razones y más, se puede sostener que el sector constructivo en madera se encamina hacia grandes adelantos, por lo que las medidas deben adoptarse rápida y certeramente para que este material y todos quienes trabajan con él sean incluidos en dichos procesos. Se cuenta con materiales y profesionales capacitados; se requiere colaboración, inclusión y asesoramiento tecnológico para ello.

CONCLUSIÓN

La integración de criterios de presentación, sustentabilidad y seguridad para la generación de un indicador combinado de IISS para las viviendas de madera fabricadas en la zona central de Chile, permite valorar las prestaciones técnicas, estructurales y de aplicabilidad de la vivienda de madera, como producto altamente competitivo en la oferta constructiva en un contexto de mercado creciente y cada vez más diverso.

El grado de importancia de las distintas variables y sus coeficientes técnicos (expresados en escalas de ranking y priorización entre opciones constructivas basadas en madera) posibilitó, en consecuencia, obtener un orden jerárquico o ranking de opciones de utilización del material madera bajo las actuales restricciones normativas, de instalación y procesos post venta, en las condiciones de operación habituales para los territorios habitables en Chile Central.

El IISS constituye un aporte a la evaluación de viviendas y tendría mayor significancia si se complementara con una evaluación *in situ* para verificar otros factores y aportar al mejoramiento del encadenamiento productivo mediante acuerdo de estrategias.

Los resultados permiten jerarquizar a los productos de empresas que fabrican las viviendas en madera de acuerdo a tres atributos necesarios para que los consumidores compren de manera informada, sin dejarse llevar solo por las características estéticas de las viviendas. Debido a la falta de calidad técnica y a la escasa claridad de información en cuanto a cumplimientos de la OGUC, códigos sustentables y/o certificaciones de vivienda sustentables (CVS) no adoptadas aún por el mercado chileno, la aplicación de este indicador puede contribuir a la categorización de las viviendas disponibles, a partir de la cual los consumidores pueden enfrentarse a decisiones de compra donde temas como tratamientos de preservación, aislamiento térmico y protección contra el fuego, sistemas constructivos estandarizados, sustentabilidad de

procesos, sean valorados y cuantificados, tanto por el cliente como por el fabricante .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andac, T. (2020). Consumer attitudes toward preference and use of wood, woodenware, and furniture: A sample from Kayseri, Turkey. *BioResources*, 15(1), 28–37. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.15.1.28-37>

Bhatta, S. R., Tiippana, K., Vahtikari, K., Hughes, M. y Kytä, M. (2017). Sensory and emotional perception of wooden surfaces through fingertip touch. *Frontiers in Psychology*, 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00367>

Brusselsaers, J., Verbeke, W., Mettepenningen, E. y Buyesse, J. (2020). Unravelling the true drivers for eco-certified wood consumption by introducing scarcity. *Forest Policy and Economics*, 111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.1020>

Bugge, M. M., Hansen, T. y Klitkou, A. (2016). What is the bioeconomy – A review of the literature. *Sustainability*, 8(7), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8070691>

Cai, Z. y Aguilar, F. X. (2013). Meta-analysis of consumer's willingness-to-pay premiums for certified wood products. *Journal of Forest Economics*, 19, 15–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2012.06.007>

Cai, Z. y Aguilar, F. X. (2014). Corporate social responsibility in the wood products industry: US and Chinese consumers' perceptions. *Forest Products Journal*, 64(3/4), 97–106. DOI: <https://doi.org/10.13073/fpj-d-13-00059>

Castillo, M., Garay, R., Tapia, R., Garfias, R. y Orell, M. (2020). *Metodología de evaluación de infraestructuras críticas en zonas de riesgo de incendios forestales*. Repositorio Académico. Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173421>

De Lourdes, M. (2006). *Desarrollo de páginas web como recurso para facilitar el aprendizaje*. Universidad Rafael Belloso Chacín, Venezuela. Recuperado de <file:///C:/Users/Charlos/Downloads/Dialnet-DesarrolloDePaginasWebComoRecursoParaFacilitarElAp-2719448.pdf>.

De Morais, I. C. y Pereira, A. F. (2015). Perceived sensory characteristics of wood by consumers and trained evaluators. *Journal of Sensory Studies*, 30, 472–483. DOI: <https://doi.org/10.1111/joss.12181>

Dolan, J. (2018). La construcción en madera en Chile desde una perspectiva internacional. En *Feria Construcción en Madera (COMAD)*, organizada por Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Coronel, Chile. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=Stlzhnarc_Q.

Domljan, D. y Janković, L. (2022). Design of Sustainable Modular Wooden Booths Inspired by Revitalization of Croatian Traditional Construction and New User Needs Due to COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 14(2).

Fajardo, D. (2014). *Los atributos sustentables llegan al mercado inmobiliario*. Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.hubsustentabilidad.com/los-atributos-sustentables-llegan-al-mercado-inmobiliario/>

Fundación Vivienda (2019). *Informe 4 Déficit Habitacional y Censo*. Recuperado de <https://www.fundacionvivienda.cl/wp-content/uploads/2019/01/Informe-4-D%C3%A9ficit-Habitacional-y-Censo.pdf>

Garay, R., Castillo, M. y Tapia, 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). DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.16.46.9523>

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). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13158523>

Garay, R., Pfenniger, F. y Castillo M. (2021c). Prefabricated wood housing industry. Quality and sustainability indicators. En *World Conference on Timber Engineering (WCTE)*, Santiago, Chile (9 al 13 de agosto 2021).

Garay, R. M., Tapia, R., Castillo, M., Fernández, O. y Vergara, J. (2018). Habitabilidad de edificaciones y ranking de discriminación basado en seguridad y sustentabilidad frente a eventuales desastres. Estudio de caso: Viviendas de madera. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 2(2), 28-45.

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. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijcs.12764>

Hatt, T., Saelzer, G., Hempel, R. y Gerber, A. (2012). Alto confort interior con mínimo consumo energético a partir de la implementación del estándar "Passivhaus" en Chile. *Revista de la construcción*, 11(2), 123-134. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200011>.

Lähtinen, K., Häyrinen, L., Roos, A., Toppinen, A., Aguilar Cabezas, F. X., Thorsen, B. J., Hujala, T., Nyruud, A. Q. y Hoen, H. F. (2021). Consumer housing values and prejudices against living in wooden homes in the Nordic region. *Silva Fennica*, 55(2), 1–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.10503>

Lippke, B., Oneil, E., Harrison, R., Skog, K., Gustavsson, L. y Sathre, R. (2011). Life cycle impacts of forest management and wood utilization on carbon mitigation: Knowns and unknowns. *Carbon Management*, 2(3), 303–333. DOI: <https://doi.org/10.4155/cmt.11.24>

Luhás, J., Mikkilä, M., Kylkilahti, E., Miettinen, J., Malkamäki, A., Pätäri, S., Korhonen, J., Pekkanen, T.-L., Tuppurä, A., Lähtinen, K., Autio, M., Linnanen, L., Ollikainen, M., y Toppinen, A. (2021). Pathways to a forest-based bioeconomy in 2060 within policy targets on climate change mitigation and biodiversity protection. *Forest Policy and Economics*, 131, e102551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.1025>

Luo, W., Mineo, K., Matsushita, K. y Kanzaki, M. (2018). Consumer willingness to pay for modern wooden structures: A comparison between China and Japan. *Forest Policy and Economics*, 91, 84–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.12.00>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] (2018). *Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile*. Santiago: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional - DITEC. Recuperado de <https://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/>.

Ollikainen, M. (2014). Forestry in bioeconomy—Smart green growth for the humankind. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(4), 360–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.92>

Ordenanza General de Urbanismo y Construcción [OGUC] (2017). *Resumen de modificaciones y rectificaciones de la ordenanza general de urbanismo y construcciones*. Santiago, Chile.

Petersen, A. K. y Solberg, B. (2005). Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: A review of micro-level analyses from Norway and Sweden. *Forest Policy and Economics*, 7, 249–259. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1389-9341\(03\)00063-7](https://doi.org/10.1016/s1389-9341(03)00063-7)

Rhee, P. (2018). Beyond green: Environmental building technologies for social and economic equity. *Architectural Design*, 88, 94–101. DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.2326>

Saaty, T. L. (2001). Fundamentals of the Analytical Hierarchy Process. En D. L. Schmoldt, J. Kangas, G. A. Mendoza y M. Pesonen (Eds.), *The Analytic Hierarchy Process in natural resource and Environmental Decision Making* (Vol. 3, pp. 15-35). Países Bajos: Springer.

Soust-Verdaguer, B., Moya, L. y Llatas, C. (2022). Evaluación de impactos ambientales de viviendas en madera: El caso de "La Casa Uruguaya". *Maderas. Ciencia y tecnología*, 24. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2022000100410>

Toppinen, A., D'amato, D. y Stern, T. (2020). Forest-based circular bioeconomy: Matching sustainability challenges and novel business opportunities? *Forest Policy and Economics*, 110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.1020>

Varas, V., Agüero, A., Guzmán, A. y Martínez, M. (2015). *Importancia y beneficios de la accesibilidad web para todos*. Corrientes, Argentina. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49061/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Vergara, F. y Reyes, M. (2019). El acceso a la vivienda y la política habitacional en Chile: ¿estancados en la inequidad? *Revista CIS*, 16(26), 7-10.

Viholainen, N., Franzini, F., Lähtinen, K., Nyrud, A., Widmark, C., Roos, A., Hoen, H.F. y Toppinen, A. (2021). To build with wood or not to build? Citizen views on wood as a construction material. *Canadian Journal of Forest Research*, 51, 647–659. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0274>