

Fecha de recepción: marzo 2022

Fecha de aceptación: abril 2022

Versión final: mayo 2022

La Madera en Arquitectura. Identificación y Caracterización de la Madera Estructural en el Ecuador

Luis Barrera Peñafiel⁽¹⁾, Ana Llerena Encalada⁽²⁾
y Diego Proaño Escandón⁽³⁾

Resumen: El objetivo de este artículo es generar aportes conceptuales para analizar y caracterizar el uso de la madera como material bio basado, a partir del enfoque de Laranjeira & Menezes (2021). Las autoras centran sus esfuerzos en mostrar soluciones alternativas al consumo desmedido de materiales textiles y contribuir a la reducción de emisiones de carbono. Bajo esta perspectiva de sostenibilidad, este trabajo asume su metodología y la relaciona con el campo del diseño arquitectónico y la construcción, a través de la revalorización de la madera como material de construcción, ya que es “el único recurso natural renovable dotado de propiedades estructurales y el único elemento vivo que se emplea en construcción” (Kottas, [2016] en (Espinosa et al., 2018, p. V)). Se analiza la madera en base a los resultados obtenidos por Espinosa, et al. (2018) en el *Catálogo de madera estructural del Ecuador*, y en función del conocimiento de las características y propiedades del material, aprovechar y optimizar su empleo dentro de la arquitectura.¹

Palabras clave: biomaterial - materiales de construcción - madera - arquitectura - diseño - catalogación - estructura.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 214]

⁽¹⁾ Ingeniero Civil por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Arquitecto por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Master en Estructuras Arquitectónicas por la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Magister en proyectos Arquitectónicos por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Doctorando en Diseño por la Universidad de Palermo, Argentina. Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador, barrerap@uazuay.edu.ec

⁽²⁾ Arquitecta por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Magister en Tecnología en Arquitectónicos por la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Doctorando en Diseño por la Universidad de Palermo, Argentina. Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador, allerena@uazuay.edu.ec

⁽³⁾ Arquitecto por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Magister en proyectos Arquitectónicos por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Doctorando en Diseño por la Universidad de Palermo, Argentina. Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador, dproesa@uazuay.edu.ec

Introducción

Antecedentes y Justificación

A nivel mundial el consumo de energía y recursos naturales ha alcanzado magnitudes alarmantes. Los edificios de vivienda y comercio consumen aproximadamente el 40% de la energía final y generan un 36% de las emisiones totales de CO₂, el sector de la construcción consume el 30% de materias primas y genera el 25% de desechos sólidos (Sinha et al. 2016, p 1; Com 2008, p 9). Así mismo, las proyecciones muestran un déficit de agua del 40% para el año 2030 a nivel mundial ((2030 Water Resources Group, n.d.) en (C. E. Com, 2012, p. 2)), mientras tanto el sector de la construcción consume el 25% de este recurso (C. E. Com, 2012, p. 11; Sinha et al., 2016, p. 1).

Desde una visión ambientalmente responsable, es importante el uso de materias primas de fuentes renovables, como la madera, la cual durante su ciclo de vida no aumenta el CO₂ ambiental (Proaño et al., 2020, p. 114).

Antes de iniciar es preciso explicar algunos términos que pueden traer confusión, para ello utilizaremos las definiciones que plantean Lee & Congdon (2020). Los *biomateriales* son todos aquellos materiales que “tiene una asociación biológica no específica”, es decir, cualquier material que definiremos a continuación. Dentro de este gran grupo, están los materiales *bio basados*, aquellos que son “compuestos o derivados total o parcialmente de productos biológicos procedentes de la biomasa, incluidos los materiales vegetales, animales, marinos y forestales” (Vert et al., 2012, p. 381). Los materiales *biofabricados* se encuentran dentro del grupo de los bio basados y son aquellos que son “producidos por células vivas (como las de un mamífero) y microorganismos como una bacteria, fermentos y micelio” un ejemplo de ellos puede ser el nylon o la seda. Y finalmente, los materiales *biosintéticos* son “materiales poliméricos sintéticos compuestos, total o parcialmente, por compuestos bioderivados” (2020, December, p. 6). Así la investigación se centra en un biomaterial, bio basado de “sustancia dura y fibrosa de los árboles debajo de la corteza” (Ching & de Valicourt, 1997, p. 190): la madera.

Es importante conocer de antemano las maderas con las que se cuenta a nivel local; como un aporte a la eficiencia energética este trabajo muestra una manera de entender, caracterizar, clasificar y mostrar los atributos físicos, mecánicos, estéticos y sensoriales de la madera del Ecuador, con el fin de brindar un material útil como punto de partida tanto para arquitectos como para diseñadores.

Metodología de la Investigación

Partiendo del estudio de Laranjeira & Menezes (2021), esta investigación toma su enfoque de sostenibilidad y metodológico para aplicarlo al estudio del *Catálogo de Madera Estructural del Ecuador*, con el fin de aprovecharlo en el campo del diseño arquitectónico y la construcción. El conocimiento empírico y creativo es valorado para la investigación de

biomateriales. Practice-led Research (PLR) y el Material Driven Design (MDD) sumado a la práctica del “hágalo usted mismo” (“Do It Yourself”, DIY), serán las metodologías usadas.

Practice-led Research (PLR)

Es una metodología particular, la cual sugiere que la investigación sea regida por la práctica, es decir, partir de los conocimientos empíricos y saberes ancestrales. Para Skains (2018) en el estudio de las artes y por ende del diseño, se separan de manera errónea la técnica, la motivación, el conocimiento y los referentes durante el análisis del objeto de estudio, cuando en realidad son parte de un todo (2018, p. 84). Esto, además, permite revisar los conocimientos pre-existentes, pasarlos por un proceso crítico y creativo, para finalmente, adquirir un empoderamiento sobre el objeto de estudio, una relación más íntima que lleva a la generación de nuevos conocimientos y con ello, nuevas propuestas de diseño (Laranjeira & Menezes, 2021, p. 3; Sullivan, 2009, Enero, p. 47).

Como veremos más adelante, en base a la experiencia de los investigadores y al conocimiento empírico de artesanos entrevistados, se pueden realizar modificaciones a los ensayos, adaptándolos a los equipos y materiales existentes.

Material Driven Design (MDD)

El Material Driven Design (MDD) al igual que la anterior metodología, tiene un enfoque de experimentación tentativa proponiendo a la práctica como método de investigación. Laranjeira & Menezes (2020) explican de manera clara en su investigación, que la práctica experimental permite tener un acercamiento más profundo y holístico del material, a través de su exploración, comprensión, manipulación y definición desde lo físico hasta la experiencia del usuario. Así el MDD desde la metodología propone cuatro pasos claros para analizar el material de estudio: caracterización, experimentación, interpretación y aplicación del material (Laranjeira & Menezes, 2021, p. 3).

En esta investigación se propone caracterizar la madera a través de los tres primeros pasos, pero no sólo desde una perspectiva funcional y utilitaria sino también sensorial.

El “material” también debe generar experiencias significativas en y más allá de su evaluación utilitaria. Esto requiere calificar el material no solo por lo que es, sino también por lo que hace, lo que nos expresa, lo que nos provoca y lo que nos hace hacer. (Karana, n.d.).

Desarrollo del Artículo

Caracterización del material

La madera es un material adecuado para el análisis dentro de este campo, no solo por sus características de sostenibilidad, sino como un material cuyo uso tiene una tradición histórica en campos muy diversos de la producción humana, además, sus propiedades físicas son altamente eficientes desde la perspectiva estructural y constructiva, “a lo largo del a historia, la madera, ha ostentado su versatilidad y adaptabilidad, constituyéndose como el material constructivo más polivalente utilizado por el hombre” (Barrera Peñafiel, 2017, p. 79)

La génesis de todo material conocido está en la naturaleza, “en el gran libro de la Naturaleza es donde encontramos la verdad que preside a todas las manifestaciones materiales; en él debemos, pues, leer para alcanzar la realización de una obra lógica.”(Cardellach, 1970, p. 5) “Las primeras construcciones tradicionales se construyeron con materiales naturales. Éstos eran vegetación, animales, rocas y piedras y, en caso del pueblo esquimal, hielo y nieve.”(Millais, 1997, p. 137)

La madera se ha ganado una posición preferencial dentro del campo de la arquitectura y el diseño, el entendimiento de su comportamiento, así como la comprensión de sus condiciones de empleo son el producto de siglos de experimentación.

La madera se ha convertido en un material confiable y cotidiano, “es uno de los primeros materiales en utilizarse con fines estructurales en la historia de la humanidad, la experiencia manifiesta en su obtención, manipulación, transformación, así como, el posterior desarrollo de métodos constructivos con madera, son milenarios” (Barrera Peñafiel, 2017, p. 78).

En el campo de la arquitectura, el consumo de materiales en la construcción es muy elevado, y por lo tanto su condición de economía se traduce en la necesidad de contar con una abundante disponibilidad de materia prima en la naturaleza, y de manera simultánea que los procesos de explotación y fabricación sean asequibles, si a estas condiciones netamente físicas sumamos las variables culturales, históricas, sociales y geográficas encontraremos que el abanico de materiales que cumplen con este conjunto de requisitos es muy reducido. Es preciso conocer las propiedades y características del material ya que de esta manera conoceremos también sus potencialidades y limitaciones. Asumiendo que cada material posee su propio carácter, dialéctica y conducta, así como sus propiedades mecánicas, dando lugar a una técnica constructiva (Barrera Peñafiel, 2017, p. 53).

Hoy, que tenemos alcanzada la plena posesión del principio estructural, al ceñir con nuestra mirada el panorama inmenso de la Arquitectura, señalamos como obras más perfectas aquellas que tienen más felizmente encontradas sus formas resistentes y que, acusándolas con rasgos más precisos, exteriorizan la definición de su equilibrio y hablan, digámoslo así, claramente a las facultades analíticas de nuestro espíritu, satisfaciéndole de un modo entero. (Cardellach, 1970, pp. 5–6).

Experimentación del material

Se debe tener presente que la madera es un material de composición heterogénea y su comportamiento es anisotrópico, como manifiesta Espinosa et al. (2018), los factores y variables son muy diversos como la especie de madera, su lugar de crecimiento, el clima, la edad de corte, el grado de humedad, la dirección de las fibras, entre muchos otros factores. Sin embargo, “no solo la madera y otras formas de celulosa son técnicamente eficientes, sino que también tienen un éxito fantástico, cualquiera que sea el criterio cuantitativo por el que se las juzgue.” (Gordon Amais, 2002, p. 159).

Conocedores de la historia milenaria que acompaña a este material, se debe hacer conciencia que la estandarización y sistematización de parámetros no tiene más de 300 años. La búsqueda de alcanzar mayor certeza y aproximación al comportamiento de un material, nos permite optimizar su empleo y garantizar mayor seguridad en una edificación. “Para construir cualquier estructura, sea una silla o un puente, es imprescindible que esté compuesta por un material adecuado. Es decir, un material que al menos tenga las propiedades estructurales necesarias. Las dos propiedades básicas son: Resistencia y rigidez.” (Millais, 1997, p. 133).

Se deberá exigir la resistencia necesaria para soportar las acciones permanentes, variables y accidentales presentes en la edificación; la rigidez será la necesaria para que, en la tarea del transporte de cargas no se sufran deformaciones excesivas, deberá ser lo suficientemente durable para persistir dentro de un período de vida útil que se demandará para la edificación; y será lo suficientemente económico, para que permita la viabilidad del proyecto. (Barrera Peñafiel, 2017, p. 53).

Las propiedades físicas y mecánicas más importantes a considerar en la madera como material constructivo son: densidad, contenido de humedad, módulo de elasticidad principal, módulo de cortante principal, resistencias a flexión, resistencia a tracción paralela a la fibra, resistencia a tracción perpendicular a la fibra, resistencia a compresión paralela a la fibra, resistencia a compresión perpendicular a la fibra y resistencia al corte. Todos estos parámetros son el resultado de diferentes ensayos que se realizan de manera estandarizada en un laboratorio.

Por otro lado, existen propiedades que no corresponden a la resistencia o a la rigidez del material, sino que se preocupan más de los factores constructivos y expresivos del material, estas propiedades que se consideran de carácter arquitectónico son: resistencia al agua, resistencia a xilófagos, resistencia frente a factores ambientales, textura, vetado, brillo y color. De aquí los tres primeros pueden realizarse en laboratorio o están directamente relacionados con las propiedades físicas del material, mientras que los restantes tienen un carácter más subjetivo y se pueden definir mediante simple observación.

Atributos físicos, mecánicos, estéticos y sensoriales

Si bien en el Ecuador se puede encontrar una gran cantidad de especies arbóreas maderables, a través de las metodologías MDD y PLR se establecieron algunos parámetros de

selección o filtros que redujeron el extenso universo de muestras de especies para fines estructurales.

Como resultado de esta selección se obtuvieron importantes datos en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de las 40 maderas estructurales del Ecuador, datos inéditos además, que permiten profundizar en el conocimiento de este material como método creativo.

Densidad

Dentro de los factores físicos y mecánicos necesarios para cumplir con la condición estructural de la madera, el primer requisito es su valor de densidad que se relaciona directamente con la dureza de la misma. En la Norma Ecuatoriana de la Construcción, dentro del capítulo de Estructuras de Madera (NEC-SE-MD), se considera a la densidad del material como requisito para clasificarla como madera estructural, exigiendo una densidad mínima de 400 kg/m^3 . En el estudio de Espinosa et al. (2018) y como resume la Figura 1, obtenemos que: solamente tres maderas se encuentran por debajo de la mínima densidad exigida, sin embargo, por su uso arraigado en la tradición constructiva y guiados por la práctica PLR, se decide dejarlas dentro del grupo de maderas estructurales. Mientras que el resto se agrupan de la siguiente forma: tres especies tienen una densidad entre los $400 - 499 \text{ kg/m}^3$, siete especies entre $500 - 599 \text{ kg/m}^3$, once entre $600 - 699 \text{ kg/m}^3$ y cinco entre $700 - 799 \text{ kg/m}^3$, y finalmente once especies tienen valores superiores a 800 kg/m^3 de densidad.

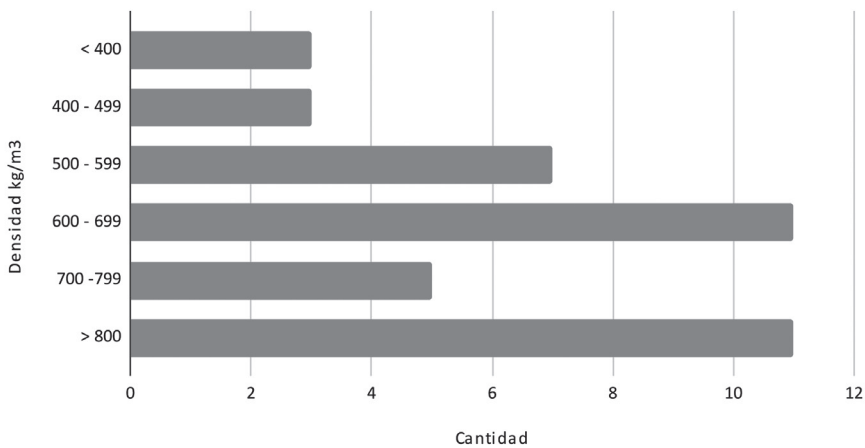


Figura 1. Clasificación de las maderas según su densidad kg/m^3

Clase Resistente

Siguiendo con la determinación de los factores físicos y mecánicos de cada tipo de madera y con base en la metodología sugerida en el artículo *Strength Grading of the Structural Timber* (Baltrušaitis & Pranckevičienė, 2003, pp. 284–285), Espinosa et al. (2018) determinó la densidad de las muestras a una humedad aproximada del 12%, estableciendo el módulo de elasticidad de la madera en base a un ensayo de flexión no destructivo UNE-EN 408:2004, y derivado de relaciones matemáticas establecidas en función del esfuerzo aplicado y la deformación obtenidos en probetas dimensionalmente proporcionadas en relación al tamaño de la prensa de ensayo del laboratorio. Con el valor del módulo de elasticidad establecido, se asume la clasificación de clase resistente determinadas en el Eurocódigo 5 de Porteous & Kermani (2013)³. La clasificación de las maderas según su clase resistente la podemos den en la Figura 2

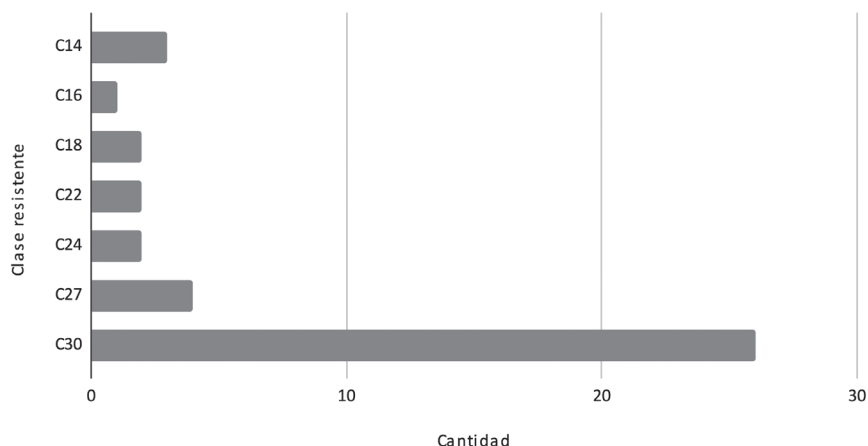


Figura 2. Clasificación de las maderas según su clase resistente

Resistencia y Usos de la Madera

Además del uso estructural, constante en la totalidad de las maderas estudiadas, se encuentran otras aplicaciones de las mismas en la elaboración de mobiliario y carpinterías en general. Algunas de ellas incluso tienen aplicaciones interesantes en la construcción de instrumentos musicales, navíos, carrocerías, etc.

Con el fin de perfeccionar futuras aplicaciones en los ámbitos antes descritos, se sistematizó el cómo se encontraba su resistencia a diferentes factores del ambiente. Como se puede revisar en la Figura 3, se obtuvo que: en cuanto al agua más del 50%, tiene una alta resis-

tencia. En cuanto a las plagas, un 50% tiene una resistencia media, mientras que otro 35% tiene una alta resistencia. Finalmente, en cuanto a otros factores externos como el clima, la radiación UV, la humedad, ataques químicos, etc, se obtuvo que las maderas estudiadas tienen una resistencia media.

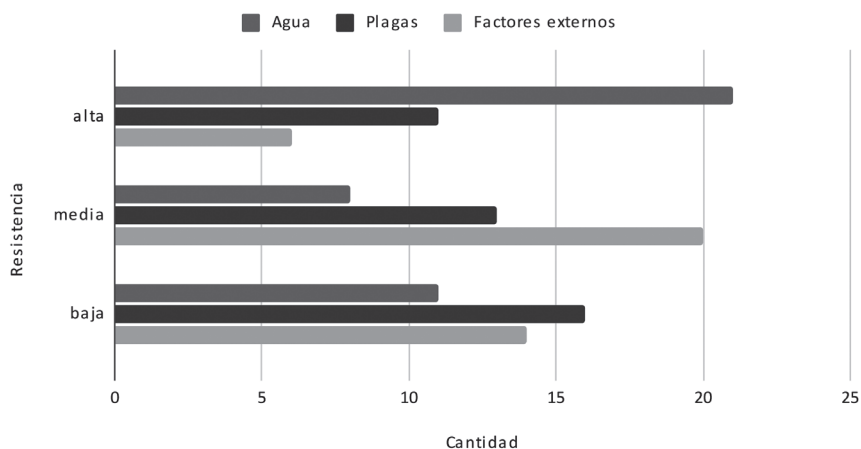


Figura 3. Resistencia al agua, plagas y factores externos

Color y Brillo

Como punto adicional del estudio, la catalogación registra las características y cualidades arquitectónicas de la madera, como el color, brillo, textura y veteado. En conjunto, el conocimiento sobre estos temas, sumados a los factores físicos y mecánicos, permitirán a los usuarios tomar una buena decisión acerca del tipo de madera estructural adecuada para un determinado proyecto, en una determinada región del Ecuador.

En cuanto al color, lo deseable es que se propenda al uso de la madera al natural, sin necesidad de recurrir a tintes u otros tratamientos que puedan comprometerla con el tiempo. Entre albura, duramen y veteado el estudio pudo distinguir hasta 28, 27 y 21 variaciones de color respectivamente, demostrando la enorme riqueza estética de este material.

En cuanto al brillo, como indica la Figura 4 más del 50% cuentan con un brillo medio y medio-alto, mientras que las demás se reparten entre un brillo bajo y medio-bajo.

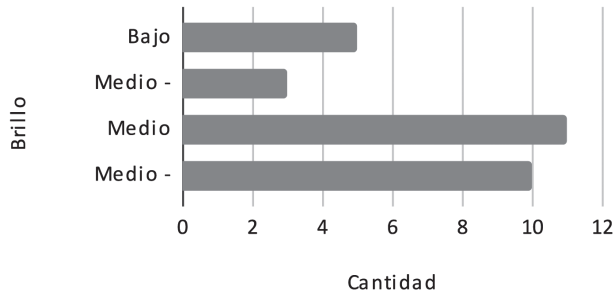


Figura 4. Brillo de las maderas

Textura y Veteado

Siguiendo con el análisis arquitectónico de las maderas y como indica la Figura 5, se tiene que un gran porcentaje presenta una textura entre fina, media-fina y media, treinta maderas en total. Las demás, casi comparten en número texturas media-gruesa y gruesa.

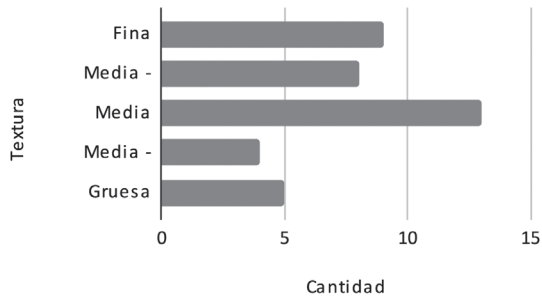


Figura 5. Textura de las maderas

Así mismo, en cuanto al veteado, como se puede ver en la Figura 6, los veteados horizontal y tangencial son en la mayoría medianamente marcados. Seguidamente las maderas presentan veteados muy marcados y poco marcados respectivamente.

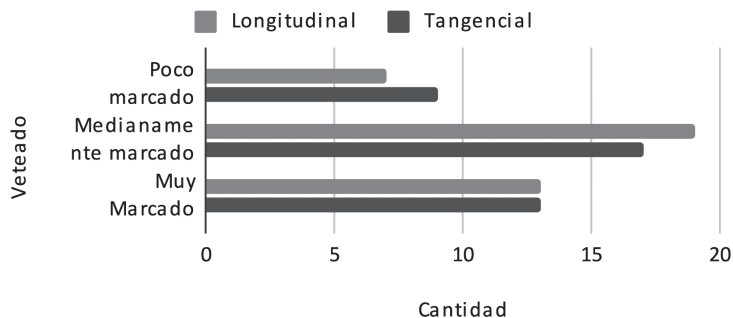


Figura 6. Veteado de las maderas

Conclusiones

Como se puede apreciar las metodologías PLR y MDD muestran la importancia de la práctica para el conocimiento de un material, respaldado en el uso y las tradiciones constructivas. La madera como material de construcción cumple no solamente con los requerimientos físicos y mecánicos que una obra arquitectónica requiere, sino que además su dialéctica responde al carácter perceptivo del usuario, relacionándolo sensorialmente como un producto de la naturaleza. Sobre todo satisface las condiciones de sostenibilidad, bajo consumo energético y respeto al medio ambiente.





Así la madera nos muestra un posible camino de análisis y aprovechamiento de un material, conociendo su composición, sus propiedades y características, “la celulosa es un ejemplo de la producción estandarizada de la naturaleza. Aunque las plantas varían mucho en su forma, función y apariencias generales, la molécula de celulosa es la misma en todas. Puede variar ligeramente en largura y en su disposición física, pero estas cuestiones son asuntos de detalle; la química es la misma.” (Millais, 1997, p. 159).

El campo del diseño es muy variado y extenso, y puede aprovechar a la madera como un material polivalente y flexible cuyas aplicaciones pueden estar presentes en cualquier ámbito del diseño. Así, se puede aprovechar la experiencia ganada en la práctica y experimentación de este material como punto de partida para el análisis y caracterización de nuevos materiales y con ello nuevos sistemas constructivos.

Notas

1. Los datos del Desarrollo del Artículo (dentro del apartado Atributos Físicos, Mecánicos, Estéticos y Sensoriales), pertenecen a un estudio realizado en el marco de la Universidad del Azuay, con la participación de los siguientes autores: Espinosa Abad, P. A., Barrera Peñafiel, L., Proaño Escandón, D., & Arpi Crespo, E.
2. Se excluyen fuentes fósiles.
3. Tabla de propiedades físicas y mecánicas de la madera según la clasificación por clases resistentes del Eurocódigo 5.

Table 1.3 Strength and stiffness properties and density values for structural timber strength classes, (in accordance with **Table 1**, of BS EN 338: 2003

Strength class	Characteristic strength properties (N/mm ²)						Stiffness properties (kN/mm ²)				Density (kg/m ³)		 Bending parallel to grain: f_m and E_0  Shear: f_v and G  Tension or compression parallel to grain: $f_{t,0}$, $f_{c,0}$ and $E_{0,0}$  Tension or compression perpendicular to grain: $f_{t,90}$, $f_{c,90}$ and E_{90}
	Bending	Tension 0	Tension 90	Compression 0	Compression 90	Shear	Mean modulus of elasticity 0	5% modulus of elasticity 0	Mean modulus of elasticity 90	Mean shear modulus	Density	Mean density	
	($f_{m,k}$)	($f_{t,0,k}$)	($f_{t,90,k}$)	($f_{c,0,k}$)	($f_{c,90,k}$)	($f_{v,k}$)	($E_{0,mean}$)	($E_{0,05}$)	($E_{90,mean}$)	(G_{mean})	(ρ_k)	(ρ_{mean})	
Softwood and poplar species	C14	14	8	0.4	16	2.0	1.7	7.0	4.7	0.23	0.44	290	350
	C16	16	10	0.5	17	2.2	1.8	8.0	5.4	0.27	0.50	310	370
	C18	18	11	0.5	18	2.2	2.0	9.0	6.0	0.30	0.56	320	380
	C20	20	12	0.5	19	2.3	2.2	9.5	6.4	0.32	0.59	330	390
	C22	22	13	0.5	20	2.4	2.4	10.0	6.7	0.33	0.63	340	410
	C24	24	14	0.5	21	2.5	2.5	11.0	7.4	0.37	0.69	350	420
	C27	27	16	0.6	22	2.6	2.8	11.5	7.7	0.38	0.72	370	450
	C30	30	18	0.6	23	2.7	3.0	12.0	8.0	0.40	0.75	380	460
	C35	35	21	0.6	25	2.8	3.4	13.0	8.7	0.43	0.81	400	480
	C40	40	24	0.6	26	2.9	3.8	14.0	9.4	0.47	0.88	420	500
Hardwood species	C45	45	27	0.6	27	3.1	3.8	15.0	10.0	0.50	0.94	440	520
	C50	50	30	0.6	29	3.2	3.8	16.0	10.7	0.53	1.00	460	550
	D30	30	18	0.6	23	8.0	3.0	10.0	8.0	0.64	0.60	530	640
	D35	35	21	0.6	25	8.4	3.4	10.0	8.7	0.69	0.65	560	670
	D40	40	24	0.6	26	8.8	3.8	11.0	9.4	0.75	0.70	590	700
	D50	50	30	0.6	29	9.7	4.6	14.0	11.8	0.93	0.88	650	780
	D60	60	36	0.6	32	10.5	5.3	17.0	14.3	1.13	1.06	700	840
	D70	70	42	0.6	34	13.5	6.0	20.0	16.8	1.33	1.25	900	1080

Subscripts used are: 0, direction parallel to grain; 90, direction perpendicular to grain; m, bending; t, tension; c, compression; v, shear; k, characteristic.

Referencias Bibliográficas

2030 Water Resources Group. (n.d.). *Charting our water future*. http://www.mckinsey.com/client_service/sustainability/latest_thinking/charting_our_water_future

Baltrušaitis, A. & Pranckevičienė, V. (2003). Strength Grading of the Structural Timber. *Materials Science*, 9(3), 284–287.

Barrera Peñafiel, L. (2017). *La incidencia de la estructura en el proceso proyectual arquitectónico: una aproximación a través de la obra de Javier García-Solera y David Gallardo Llopis* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28123>

Cardellach, F. (1970). *Filosofía de las Estructuras: Filiación racional de las formas resistentes empleadas en la ingeniería y en la arquitectura histórica y moderna*. Editores Técnicos Asociados, S. A.

- Ching, F. D. K. & de Valicourt, C. S. (1997). *Diccionario visual de arquitectura*. Gustavo Gili Barcelona.
- Com, C. de las C. E. (2008). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN: Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20 %. *202113*, 22.
- Com, C. E. (2012). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa /* COM/2012/0673 final */. *202113*, 29.
- Espinosa Abad, P. A., Barrera Peñafiel, L., Proaño Escandón, D., & Arpi Crespo, E. (2018). *Catálogo de madera Estructural del Ecuador* (Universidad del Azuay (ed.); 1ra Edición). Universidad del Azuay.
- Gordon Amais, J. E. (2002). *La Nueva Ciencia de los Materiales* (Segunda). Celeste Ediciones.
- Karana, E. (n.d.). *A METHOD TO DESIGN FOR MATERIAL EXPERIENCES*. MATERIAL DRIVEN DESIGN. Retrieved November 29, 2021, from <http://materialsexperienceslab.com/material-driven-design-method-mdd>
- Laranjeira, M. A. & Menezes, M. dos S. (2021). *Uma reflexão sobre metodologias para a investigação do design de materiais biofabricados*.
- Lee, S. & Congdon, A. (2020, December). *Undersanding "Bio" Materials Innovations: a primer for the fashion industry*.
- Millais, M. (1997). *Estructuras de edificación* (1ra Edición). Celeste Ediciones, S. A.
- Porteous, J. & Kermani, A. (2013). *Structural Timber Design to Eurocode 5*. John Wiley & Sons.
- Proaño, D., Llerena, A., Arpi, E., Ochoa, P., Carrión, M., Hermida, C., Idrovo, D., Durán, M., Barrera, L., Coronel, F. & Gonzalez, C. (2020). *33+1 Claves para un nuevo modelo de vivienda sostenible en el Ecuador* (Universidad del Azuay (ed.)).
- Sinha, R., Lennartsson, M. & Frostell, B. (2016). Environmental footprint assessment of building structures: A comparative study. *Building and Environment*, *104*, 162–171.
- Skains, R. L. (2018). Creative Practice as Research: Discourse on Methodology. *Media Practice and Education*, *19*(1), 82–97.
- Sullivan, G. (2009, Enero). *Making space: The purpose and place of practice-led research* (pp. 40–65).
- Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K. H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., Rinaudo, M., & Schué, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC recommendations 2012). *Pure and Applied Chemistry*, *84*(2), 377–410. <https://doi.org/10.1351/PAC-REC-10-12-04>

Abstract: The objective of this article is to generate conceptual contributions to analyze and characterize the use of wood as a bio-based material, based on the approach of Laranjeira & Menezes (2021). The authors focus their efforts on showing alternative solutions to the excessive consumption of textile materials and contributing to the reduction of carbon emissions. Under this perspective of sustainability, this work assumes the methodology

and relates it to the field of architectural design and construction, through the revaluation of wood as a construction material, since it is “the only renewable natural resource endowed with structural properties and the only living element used in construction” (Kottas, [2016] in (Espinosa et al., 2018, p. V)). Wood is analyzed based on the results obtained by Espinosa, et al. (2018) in the *Catalog of structural woods of Ecuador*, and depending on the knowledge of the characteristics and properties of the material, take advantage of and optimize its use within architecture.¹

Keywords: biomaterial - building material - timber - architecture - design - cataloging - structure.

Resumo: O objetivo deste artigo é gerar contribuições conceituais para analisar e caracterizar o uso da madeira como material de base biológica, com base na abordagem de Laranjeira & Menezes (2021). Os autores concentram seus esforços em mostrar soluções alternativas para o consumo excessivo de materiais têxteis e contribuir para a redução das emissões de carbono. Nesta perspectiva de sustentabilidade, este trabalho assume a sua metodologia e relaciona-a com o domínio do projeto arquitetônico e da construção, através da revalorização da madeira como material de construção, visto ser “o único recurso natural renovável dotado de propriedades estruturais e único vivente elemento usado na construção” (Kottas, [2016] em (Espinosa et al., 2018, p. V)). A madeira é analisada com base nos resultados obtidos por Espinosa, et al. (2018) no *Catálogo de madeiras estruturais do Equador*, e dependendo do conhecimento das características e propriedades do material, aproveitar e otimizar seu uso dentro da arquitetura.¹

Palavras chave: Biomateria - material de construção - madeira - arquitetura - design - catalogação - estrutura.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por su autor]
