



Análisis comparativo de la normativa colombiana para construcción con madera, frente a 6 códigos internacionales

Comparative analysis of Colombian regulations for timber
construction, compared to 6 international codes.

Juan Francisco Guzman-Zabala¹

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Bogotá (Colombia)
Centro de Tecnología para la Construcción y la Madera (CTCM)
Grupo de Investigación CTCM SENA BOGOTÁ



Imagen: Archivos SENNOVA CTCM.

¹Ingeniero Forestal, Universidad del Tolima. Ibagué (Colombia)
Especialista en Sistemas de Información Geográfico, Universidad Antonio Nariño. Bogotá (Colombia)
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=OvKYC-sAAAAJ>
<https://orcid.org/0000-0001-5862-9045>
jfguzmanz@sena.edu.co

Resumen

Para la construcción de estructuras con madera, existe normativa que garantiza que todas las construcciones cumplan con un nivel mínimo de seguridad. Estos deben estar diseñados para proteger la salud pública, regular la seguridad estructural, el confort y el bienestar de los usuarios. El presente artículo tiene como objetivo identificar las fortalezas y debilidades de la normativa internacional frente a la colombiana. Se realizó un análisis comparativo de 7 códigos de construcción con madera implementados por 13 países, evaluando 6 variables a través de una escala de Likert de 1 a 5. La confiabilidad se halló aplicando el coeficiente del Alfa de Cronbach (α). Como resultado, se identificaron los países con mayor densidad de construcción en altura con madera del mundo y sus 23 edificios más representativos, se elaboró una gráfica radial que permitió identificar las fortalezas y debilidades para cada una de las normas evaluadas, con una confiabilidad alta del 0,94.

Palabras clave: Normativa, construcción, madera, comparativo, fortalezas, debilidades.

Abstract

For the construction of structures with timber, there are regulations that guarantee that all constructions comply with a minimum level of safety. These must be designed to protect public health, regulate structural safety, comfort and well-being of users. This article aims to identify the strengths and weaknesses of international regulations compared to the Colombian one. A comparative analysis of 7 timber building codes implemented by 13 countries was carried out, evaluating 6 variables through a Likert scale from 1 to 5. Reliability was found by applying the Cronbach's alpha coefficient (α). As a result, the countries with the highest density of construction in height with timber in the world and their 23 most representative buildings were identified, a radial graph was elaborated that allowed to identify the strengths and weaknesses for each of the evaluated standards, with a high reliability of the 0.94.

Keywords: Regulations, construction, wood, comparative, strengths, weaknesses.

Resumo

Para a construção de estruturas em madeira, existem normas que garantem que todas as construções cumpram com um nível mínimo de segurança. Estes devem ser projetados para proteger a saúde pública, regular a segurança estrutural, o conforto e o bem-estar dos usuários. Este artigo tem como objetivo identificar os pontos fortes e fracos da regulamentação internacional em comparação com a colombiana. Foi realizada uma análise comparativa de 7 códigos de construção em madeira implementados por 13 países, avaliando 6 variáveis por meio de uma escala Likert de 1 a 5. A confiabilidade foi encontrada pela aplicação do coeficiente alfa de Cronbach (α). Como resultado, foram identificados os países com maior densidade de construção em altura com madeira do mundo e seus 23 edifícios mais representativos, foi elaborado um gráfico radial que permitiu identificar os pontos fortes e fracos de cada um dos padrões avaliados, com alta confiabilidade do 0,94.

Palavras-chave: Regulamentos, construção, madeira, comparativo, pontos fortes, fracos.

Introducción

El servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) a través de su sede Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia) desde el año 2014 con la implementación del Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico (SENNOVA) ha desarrollado trabajos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico en el área de construcción con madera a través del grupo de investigación CTCM SENA Bogotá (Código del Grupo en Colciencias [COL0160287]) categorizado por COLCIENCIAS en el nivel C para la convocatoria 833 de 2018.

El presente trajo de investigación financiado por el CTCM hace parte de los resultados para la fase 2 (Análisis comparativo de la normativa colombiana para construcción con madera, frente a 6 códigos internacionales) de ejecución del proyecto: SmartPrefab, Construcción Modular con Madera. Proyecto que se encuentra en ejecución de su fase 3 (Definición de especies forestales para la construcción modular con madera en Colombia) para el año 2020 con el apoyo de empresas del sector industrial forestal como: Refocosta, Grupo la Primavera, Maderas del Oriente, Madeco, Alfamaderas y Geoguada.

En este trabajo se presenta el análisis comparativo de 7 códigos internacionales de construcción con madera, que incluye el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-10). Para ello se recurre a un análisis comparado entre las normas, teniendo en cuenta los principales factores que inciden para el buen funcionamiento de las estructuras.

Según Ramage *et al.* (2017) la madera para la construcción es uno de los muchos productos forestales utilizados en todo el mundo, empleado en edificios grandes y pequeños, sin embargo, Esquivias (2010) menciona que:

hasta el siglo XIX el uso de la madera como material constructivo fue habitual en la arquitectura, gracias a la disponibilidad, versatilidad, resistencia, propiedades mecánicas y facilidad de elaboración, transformación e instalación, cuyas técnicas de cálculo estructural eran conocidas desde la Antigüedad. (p. 1)

De igual manera Esquivias (2010) manifiesta que: El triunfo de la revolución industrial y la difusión del hierro restaron protagonismo a la madera, que hasta entonces se había utilizado para fabricar no sólo las cubiertas, cerramientos, pavimentos, carpinterías de armar y ciertas estructuras verticales de los edificios, sino también los canalones de desagüe y otros elementos subsidiarios. (p. 2)

Para Ramage *et al.* (2017) existe un amplio suministro mundial en el futuro previsible, y aunque existe una tendencia mundial hacia la deforestación, que generalmente se según FAO (2018) se debe más a procesos agrícolas que a la tala ilegal de madera. Sin embargo, la tala ilegal sigue siendo una preocupación constante.

Datos generados por Beech *et al.* (2017) sugieren que Colombia es el segundo país con mayor diversidad forestal en el mundo después de Brasil, con cerca de 5 776 especies forestales, que representan el 9.6% de todas las especies de árboles en el mundo. De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2018) para el año 2017, el 52% de la superficie de Colombia, estaba cubierta por Bosques, un total de 59 311 350 de hectáreas.

Este potencial forestal sugiere que Colombia podría ser potencia en construcción con madera, para lo cual en la actualidad Colombia, de acuerdo a Niglio y Mina (2014) posee la Norma de Diseño Sismo Resistente (NSR 10) que brinda información para el diseño sísmico de estructuras de madera, esta se puede utilizar en conjunto con la Norma Técnica Colombiana NTC 2500: "Uso de la Madera en la Construcción", que fue publicada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). La norma describe la madera como material de construcción, sus procesos industriales, tratamientos, requisitos de fabricación, montaje, transporte y mantenimiento de elementos de madera.

Para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) la madera usada para la construcción debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la misma, ya que esta madera debe ser apta para cumplir con funciones estructurales, siendo objeto de este trabajo, determinar las debilidades y fortalezas de la norma colombiana para la construcción con madera frente a la normativa internacional,

validando o no la hipótesis que permitirá determinar si es necesario o no una actualización más regular de la norma colombiana y si esto fomentará el crecimiento del sector forestal industrial en el país.

Autores como Silvestre y Arboleda (2015) han desarrollado trabajos similares a través del método comparativo. Por medio de este simple y práctico método, se busca estudiar o demostrar en paralelo “variables”, situaciones o aspectos que pertenecen a un mismo conjunto pero que difieren en algunos aspectos, estas diferencias llegan a ser el foco del examen. La meta con esta metodología es descubrir porqué los códigos son diferentes, identificando sus fortalezas, debilidades y similitudes entre estas.

El documento presenta la metodología de trabajo que se empleó para llevar a cabo la selección de los códigos de construcción con madera a estudiar, tomando en cuenta los países que lideran en la actualidad los proyectos de construcción con madera en el mundo. De igual manera presenta un análisis comparativo para las 6 variables a evaluar, definiendo las fortalezas y debilidades de cada una de las normas estudiadas, información que servirá de referente al lector a la hora de tomar decisiones en el diseño de elementos estructurales con madera.

Se presentan los resultados y sus correspondientes análisis, en el que se desglosan los componentes y las variables con sus respectivos diagnósticos. Finalmente, las conclusiones y las recomendaciones. Allí se sugieren acciones de tipo técnico para tener en cuenta en el momento de diseñar elementos estructurales y no estructurales con madera, así como estrategias de fomento para la construcción con madera en Colombia.

Metodología

Ubicación del proyecto

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), sede Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM), en la Ciudad de Bogotá (Colombia).

Para el proyecto se empleó la metodología modificada de (Arias, 2012; Lerma, 2016; Méndez,

2016), sobre investigación cuantitativa, a través del estudio de investigación descriptiva, empleando fuentes documentales primarias y secundarias, para lo cual se estableció un total de seis etapas descritas a continuación:

Determinación de la muestra

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico, tomando como base el total de países soberanos reconocidos actualmente por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con autogobierno y completa independencia, donde según la ONU (2019) para el año 2019 la muestra total correspondiente a 194 países.

Para determinar los países que formaron parte de la muestra, se llevó a cabo la investigación documental en fuentes secundarias sobre los edificios construidos con madera de más de 4 pisos o 12 metros de altura efectiva.

Distribución espacial

Para visualizar la distribución espacial de los edificios en el mundo se emplearon los Sistemas de Información Geográficos (SIG), con el objetivo de detallar las áreas con mayor densificación, empleando la herramienta Puntos de Calor del software libre QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) Versión 3.8.3; por su parte para el tipo de densidad se empleó la densidad de kernel como índice.

Determinación de las variables de medición

Para determinar la magnitud del fenómeno (variables), se desarrolló una tabla en Excel en la que se describen los principales contenidos para cada uno de los 7 códigos estudiados.

Elaboración de la escala de medición

Para la cuantificación de cada variable cualitativa, se usó una escala tipo Likert, de cinco niveles (de 1 a 5). Donde 1. No existe; 2. En construcción; 3. Formalizado; 4. Implementado y 5. Operando bajo control, con unas definiciones conceptuales de cada valor, acorde a los requerido para el proyecto.

Aplicación de la escala

Para ello se empleó una matriz analítica, partiendo del análisis de las fortalezas, debilidades y similitudes

entre los códigos para el uso y aplicación de la construcción con madera en el mundo y Colombia.

Fiabilidad estadística

Se empleó el coeficiente Alpha de Cronbach (α), que según Virla (2010) determina la precisión con la que los ítems de la escala miden el constructo en el estudio. El resultado deberá ser superior a 0,8 y fue calculado a partir de la Ecuación 1. Se obtuvo a partir de la covarianza (intercorrelaciones) entre ítems de una escala, la varianza total de la escala, y el número de reactivos que conforman la escala.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Yi}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

Ecuación 1

Donde:

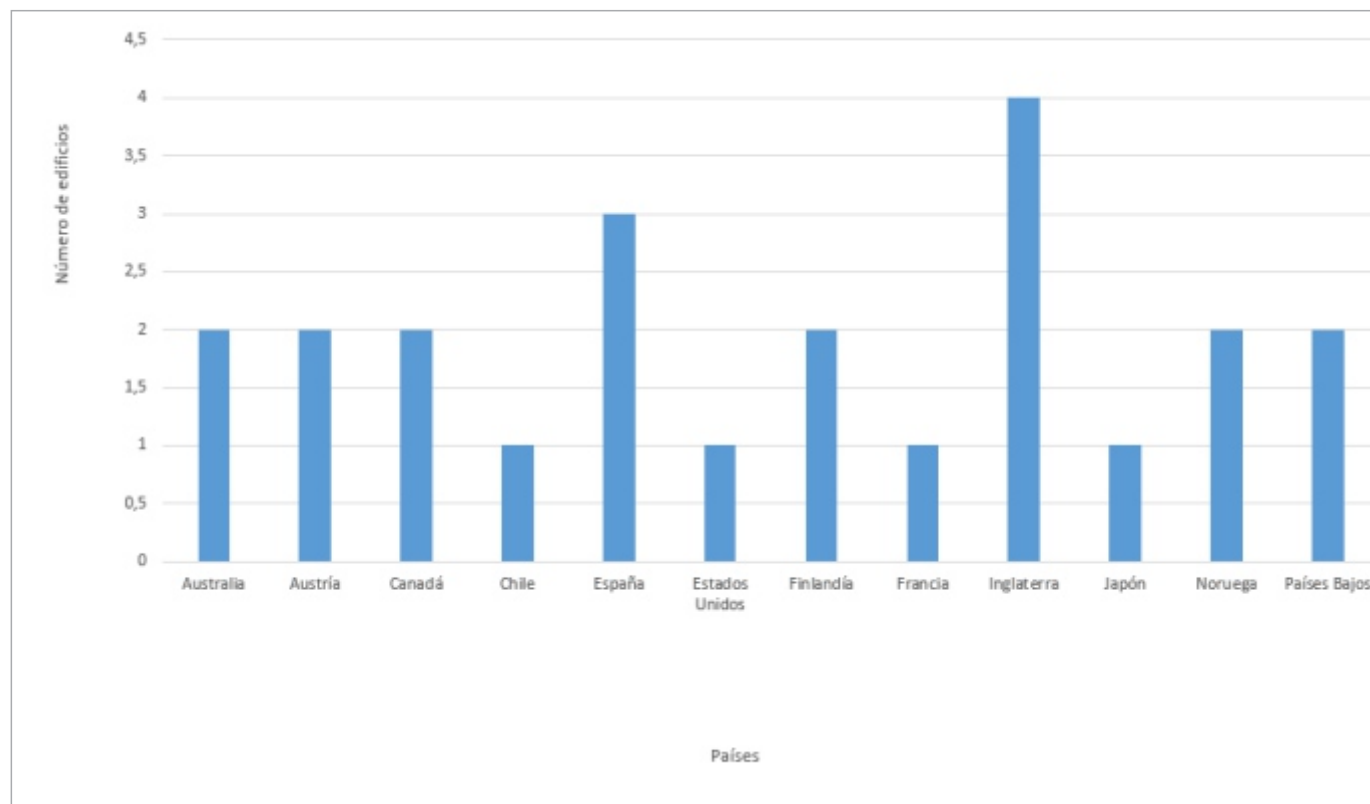
- K = Número de ítems en la escala.
- $\sigma^2 Y_i$ = Varianza del ítem i.
- $\sigma^2 X$ = Varianza de las puntuaciones observadas de los individuos.

Resultados

La muestra seleccionada correspondió a 12 países (ver Figura 1) diferentes a Colombia, para un total de 13 países, equivalente al 6,7% sobre los 194 países de la muestra total.

Figura 1

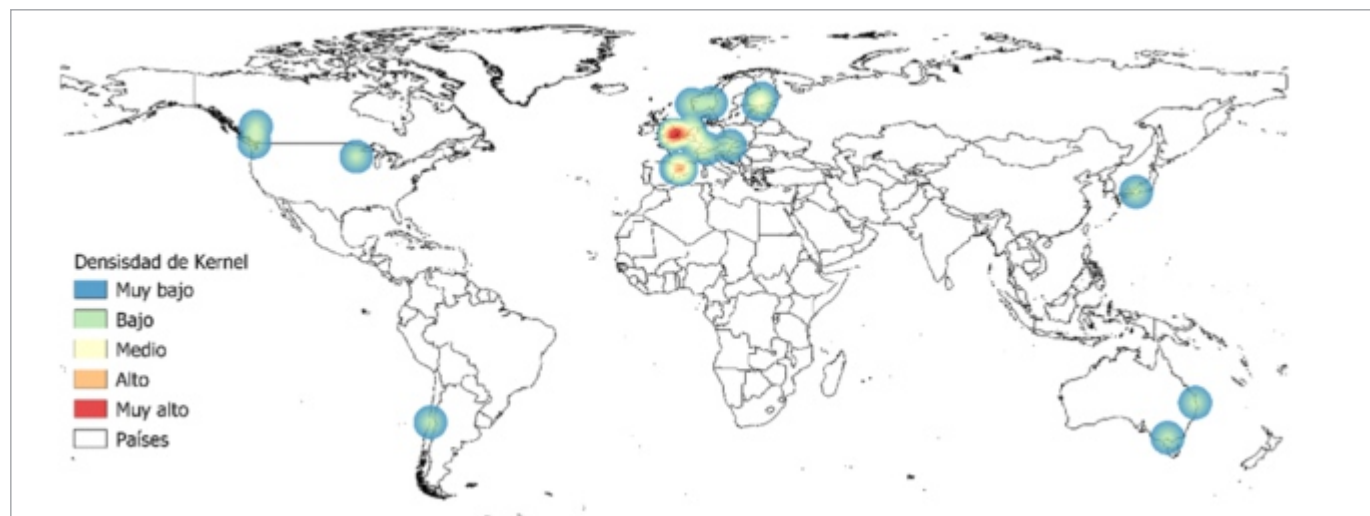
Países del mundo que poseen edificios construidos con madera de más de 4 pisos.
Fuente: elaboración propia (2019) CC BY NC



Nota: Se identificaron un total de 23 edificios construidos con madera, ubicados en 12 países (Australia, Austria, Canadá, Chile, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Inglaterra, Japón, Noruega y Países Bajos). Inglaterra y España registran mayor cantidad de edificios construidos con madera en la actualidad (ver Figura 1).

Figura 2

Densidad de la construcción con madera en el mundo para edificios de más de 4 pisos.
Fuente: elaboración propia (2019) CC BY NC



Se identificaron 6 variables comunes: 1. Seguridad frente al fuego, 2. Productos de madera para la construcción, 3. Diseño, 4. Herrajes y uniones, 5. Ejecución, control y mantenimiento y 6. Gobierno.

El edificio más alto construido hasta el momento es la Torre Mjøsa (ver Figura 3) ubicada en la ciudad

de Brumunddal, al norte de Oslo, en Noruega. Con una altura efectiva de 85,4 metros (18 pisos), los sistemas constructivos más empleados para la construcción son el Glued Laminated Timber (Glulam) o en español Madera Laminada Encolada y el Cross Laminated Timber (CLT) o en español Madera Laminada Cruzada.

Figura 3

Edificios construidos con madera en el mundo desde el año 2008.
Fuente: elaboración propia (2019) CC BY NC



Se identificaron un total de 7 códigos de construcción con madera, que son empleados por los 13 países. Así mismo, se definieron y evaluaron 6 componentes:

Componente 1.

Seguridad frente al fuego, frente a este ítem el país que mejor posee estándares de calidad y control es Estados Unidos (ver Figura 4), por el contrario, la normativa que menos estandarización posee es la colombiana, es aquí donde Colombia debe enfocar todo el esfuerzo en estandarizar los procedimientos para el diseño de elementos estructurales y no estructurales contra el fuego, las metodologías de ensayo, los mecanismos de inspección en fábrica y certificación de la obra.

Componente 2.

Productos de madera para la construcción, frente a este ítem el código de construcción europeo (Euro Código 5) es el que más adelantos tiene frente a los nuevos productos de madera como CLT y GLULAM, lo que se ve reflejado en la densidad de edificaciones construidas que posee en la actualidad Europa (ver Figura 2). De los 23 edificios construidos en la actualidad de más de 4 pisos, 16 (69,6%) corresponden a Europa. Por el contrario, Chile posee la normativa que menos contempla dentro de sus códigos los nuevos materiales, sin embargo, Sepúlveda (2019) informa que en la actualidad se encuentra llevando investigaciones sólidas en diseño e implementación, siendo el primer país en Latinoamérica que ha construido un edificio con madera, la Torre Experimental Peñuelas (ver Figura 3) con 6 pisos, 20 metros de altura efectiva. Colombia se verá afectado benéficamente de este esfuerzo que está llevando a cabo Chile, ya que la norma colombiana de construcción en su título G contempla como referente al código chileno de construcción.

Componente 3.

Diseño, Estados Unidos presenta la mayor ventaja competitiva respecto a diseño de elementos estructurales con madera (ver Figura 4), de la mano de McGraw-Hill, una compañía que según el Jones Institutional News (2012) fomenta las ciencias del aprendizaje y es una de las "tres grandes" editoriales educativas que ofrece contenido educativo, software y servicios personalizados para la educación de Pre-K

a postgrado. Tanto la normativa como los productos de mercado del país presentan detalles de diseño y construcción, siendo un país que según Valdiviezo (2013) posee un gran arraigo de construcción con madera desde la época de la colonia.

A pesar de que Colombia también posee un gran arraigo ancestral en la construcción con madera de acuerdo con Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT) (1982) desde la época de la colonia, nunca se desarrolló la industria debido a la llegada del ladrillo, el acero y el concreto, siendo estos hoy en día un monopolio en el país.

Componente 4.

Herrajes y uniones, sorprendentemente la norma Latinoamericana posee el mayor detalle sobre los diseños para construcción con madera cuando a herrajes y uniones se refiere (ver Figura 4), en contraposición la norma chilena es la norma que menos información tiene disponible, lo cual posee congruencia, ya que al ser un país parte del Acuerdo de Cartagena, emplea la norma latinoamericana como base para esto, permitiendo reducir esfuerzos en este área y enfocándolos en otros puntos como el desarrollo de nuevos productos de madera y su utilización en la construcción.

En este aspecto la NSR10 presenta suficientes detalles normativos y técnicos para los diseños tradicionales de 2 pisos, pero que no están actualizados a los nuevos materiales para la construcción desarrollados para la industria como elementos de uniones y herrajes para la construcción modular y rápida con CLT o GLULAM.

Componente 5.

Ejecución, control y mantenimiento, Estados Unidos posee el mayor detalle sobre cómo llevar a cabo el proceso control y seguimiento en obra, que incluye procesos de auditoría y certificación para la obra terminada. Seguidamente del Euro código 5 que incluye aspectos como: control de la fabricación, de la ejecución en factoría, en obra y control después de la finalización de la estructura.

Por otro lado, la norma colombiana solo incorpora como elemento de control a la Universidad Nacional,

durante el proceso de aval de los esfuerzos admisibles u otra entidad extranjera con percentil del 5%, y las indicaciones para el mantenimiento son incipientes además de que no incluye los nuevos materiales de construcción como el CLT, GLULAM entre otros.

Componente 6.

Gobierno, sin duda Australia posee la mejor política de incentivo para construcción con madera que se ve reflejada en la capacidad organizacional del Estado para facilitar el acceso a la norma, dispone de múltiples páginas web como www.woodsolutions.com.au para la formación y la descarga de contenido totalmente gratis, incluyendo el envío de material técnico y educativo al domicilio, si así lo desea el usuario.

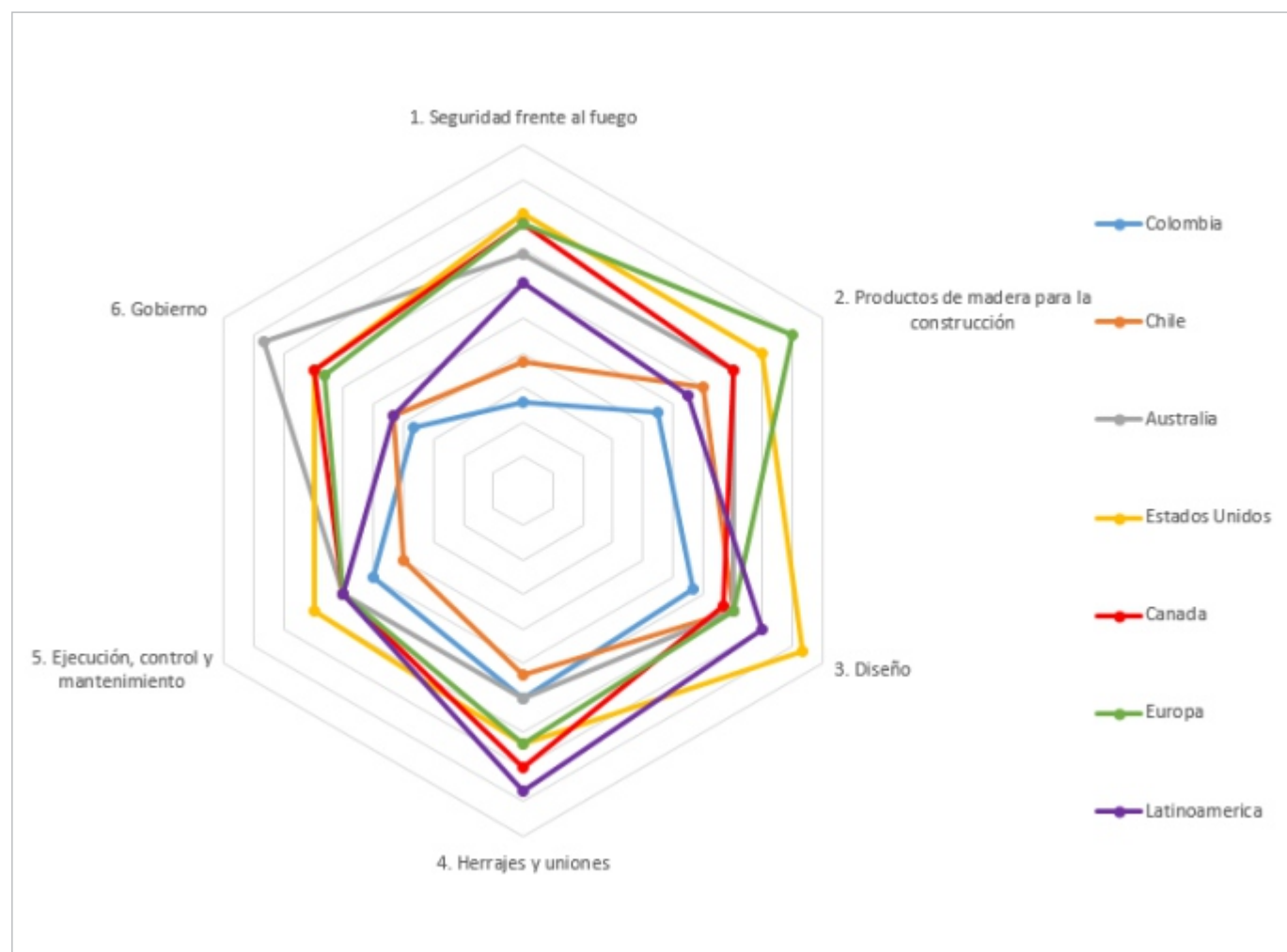
Concursos nacionales como el Australian Timber Design Awards 2019, que incentivan la participación de las universidades, institutos de investigación, empresas, profesionales entre otros actores del sector forestal y maderero del país hacen que Australia tenga una de las mejores políticas de gobierno, actualizando anualmente desde 1996 el código de construcción (NCC, en inglés).

Se aplicó el análisis del Alfa de Cronbach a los resultados obteniendo un valor de 0,94 lo que de acuerdo con el instrumento quiere decir que la consistencia o confiabilidad de los resultados obtenidos para la aplicación del instrumento es Alto.

Figura 3

Edificios construidos con madera en el mundo desde el año 2008.

Fuente: elaboración propia (2019) CC BY NC



Discusión

La presente investigación permitió cumplir con el objetivo de identificar las fortalezas y debilidades de la normativa internacional frente a la colombiana. Igualmente permitió validar la hipótesis planteada por el proyecto de que Colombia requiere una actualización más permanente de su normativa para construcción con madera, que permita incorporar de manera más regular los avances tecnológicos, el desarrollo de nuevos productos y materiales para la construcción.

Hoy en día la normativa colombiana solo posee la NSR-10 que rige desde hace ya 10 años, sin embargo, se evidenció que los países con mayores avances en materia de construcción con madera llevan a cabo una actualización no mayor a 3 años, incluso países como Australia lleva a cabo una actualización de su código cada año desde 1996.

A pesar de que la metodología siguió una revisión minuciosa de las principales regulaciones implementadas en el mundo para construcción con madera por los países que poseen el mayor número en la actualidad de estructuras con más de 4 pisos y la estadística permitió conocer la confiabilidad del instrumento empleado en el proceso de revisión y análisis, el estudio no incluyó regulaciones de países como Japón donde de acuerdo con Bulut y Gürani (2018) arquitectos como Shigeru Ban han resaltado la construcción con madera modular sin herrajes ni uniones metálicas, algo casi impensable en los sistemas actuales de construcción modular hoy en día, que durante siglos y antes de la invención de los tornillos, elementos de fijación, los artesanos japoneses empleaban entonces complejas uniones para conectar las diferentes piezas de madera en las estructuras y vigas, generando una estética única que permitiría aportar grandes métodos a los sistemas de construcción modular actuales.

Otro país que quedó por fuera de la investigación y que se recomienda incluir en futuros trabajos es China. De acuerdo a Cui (2018) China posee una tradición ancestral en la construcción con madera, pasando desde las viviendas familiares hasta los palacios imperiales en el siglo XII, llegando a incorporar incluso conceptos de construcción modular en sus métodos de edificación y realizando ya desde esa época una clasificación de estructuras en ocho

clases, algo muy similar a lo que es manejado hoy en día por la normativa de países como: Australia, Canadá y Estados Unidos.

La construcción con materiales sostenibles es cada vez más una necesidad, la madera, una de las materias primas más ancestrales de acuerdo con Valdiviezo (2013) es hoy en día, más que nunca, una alternativa que toma cada vez más relevancia en el mundo. Arquitectos como Michael Green han demostrado que la construcción en altura es posible con ejemplos como la torre Brock Commons, que posee según Connolly *et al.* (2018) una altura efectiva de 53 metros (18 pisos) que hace parte hoy en día del campus de la Universidad de Columbia Británica, en Canadá.

Sin embargo, no solo basta con la voluntad de los arquitectos y otros profesionales del área, la normativa asociada debe estar claramente definida y estandarizada, más aún, debe responder a las necesidades del país, a sus condiciones geográficas, climatológicas, política, económica y social.

Autores como Negrini Mavila (2012) consideran el reglamento sismorresistente como una de las principales variables para la geografía Andina, tratando de ir acorde con las tendencias de análisis y diseño actuales. Para Negrini Mavila (2012) países tales como Canadá, México, Estados Unidos, entre otros, han ajustado los parámetros de análisis sísmico a las condiciones locales propias de cada país. De esta manera se obtienen cada vez códigos más eficientes.

Por fortuna, en todo el mundo se está trabajando incansablemente para dar respuesta a las necesidades técnicas, el aporte de los proyectos de investigación como base para la sustentación técnica es una de las principales fuentes de información en la elaboración de los códigos y su actualización.

Países como Australia llevan a cabo de manera anual la actualización de su código de construcción (National Construction Code of Australia [NCC], por sus siglas en inglés), posee portales web especializados para la consulta de la norma y revisión de los cambios desde su primera edición publicada en 1996. Posee igualmente un fuerte sistema de portales web especializados para la educación en temáticas de

construcción con madera, que oferta cursos gratuitos, información de eventos, casos de estudio, incluso ofrece secciones especializadas para educadores y la obtención de material para la formación que es enviado a sus hogares de manera gratuita, en contraposición a países como Colombia que actualizan su norma cada 10 años, en el mejor de los casos.

Colombia cuenta sin embargo con grandes avances en investigación en temas de construcción con madera llevados a cabo por universidades como la Universidad del Tolima, la Universidad Distrital, la Universidad Nacional, la Universidad Tecnológica de Pereira y el SENA desde 1886. Toda esta información ha servido para dar sustento técnico a la actualización de la NSR 10, en su título G, que permitirá posiblemente con su actualización en la NSR-20 dar paso en un futuro cercano a la construcción de estructuras con madera y otros materiales más sostenibles, llevando este campo a nuevas alturas.

Conclusiones

Desde la construcción del Centro Colombo Canadiense de la Madera en el año 1988 el SENA ha contribuido al sector de la construcción con madera en Colombia, habiendo facilitado los estudios inicialmente para 75 especies forestales maderables en conjunto con la Universidad Nacional sede Medellín que hacen parte aún hoy de la NSR-10. El presente proyecto siguiendo con los aportes anteriormente realizados al sector, logró establecer las 6 principales variables a considerar en todo proyecto de construcción con madera e identificar las fortalezas y debilidades de la norma colombiana frente a seis códigos internacionales empleados por los países con más altas tasas de construcción con madera con alturas superiores a los 4 pisos.

Lo anterior presenta una alternativa para la toma de decisiones frente a las 6 variables más esenciales establecidas en los diferentes códigos de construcción con madera en el mundo, con el objetivo de hacer más fácil para el profesional la toma de decisiones respecto a ¿Qué norma o código emplear para cada proceso?, lo anterior teniendo en cuenta que la

vigencia del presente estudio tendrá validez hasta la abolición de la NSR-10 e implementación de la NSR-20 proyectada para finales del año 2020.

Todos los códigos de construcción con madera desarrollados en el mundo poseen fortalezas y debilidades, identificarlas permitirá tener un referente claro en el momento que se deseen tener líneas base para el diseño de elementos estructurales y no estructurales en países que se encuentran en proceso de fomentar la construcción con madera como es el caso de Colombia.

El apoyo de las Instituciones gubernamentales y no gubernamentales es esencial para el desarrollo normativo, los países con mayores avances en materia de códigos son aquellos que poseen más de una entidad trabajando en temas técnicos, formativos y de promoción del sector.

Casos como el de Canadá, Australia, España y Estados Unidos que poseen centros de investigación para la madera, universidades, comités técnicos, y políticas de gobierno que enlazan las necesidades del sector, con el potencial productivo y económico del país, son las que hacen posible hoy en día los grandes avances en materia de construcción con madera y sus códigos de construcción asociados, en constante actualización, acorde a los cambios globales y nuevos desarrollos tecnológicos.

Para la fase tres del proyecto “SmartPrefab: Construcción Modular con Madera” que se está ejecutando en el año 2020 se proyecta la selección de las especies forestales maderables a priorizar para la construcción modular con madera en Colombia, priorizadas por el sector productivo, así mismo, se llevará a cabo un estudio de diagnóstico tecnológico del sector industrial forestal para la selección del sistema de construcción más acorde a las capacidades de tecnológicas del sector productivo. Una vez llevado a cabo este proceso se iniciará la fase cuatro para el año 2021 de diseño de elementos estructurales y no estructurales para construcción modular con madera, teniendo como base el presente estudio en la toma de decisiones respecto a ¿Qué norma emplear para cada uno de los aspectos de diseño?

Contribuciones y agradecimientos

El autor es el único responsable de la obra en todos los aspectos que condujeron a la elaboración de su publicación.

Referencias

- Arias, F. G. (2012). El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica (6.a ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Beech, E., Rivers, M., Oldfield, S., & Smith, P. P. (2017). GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. 36(5), 454-489. <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>
- Bulut, D., & Gürani, F. (2018). A study of shigeru ban's environmentally sensitive architectural design approach. Gazi University Journal of Science, 6, 147-157.
- Connolly, T., Loss, C., Iqbal, A., & Tannert, T. (2018). Feasibility Study of Mass-Timber Cores for the UBC Tall Wood Building. Buildings; Basel, 8(8). <http://dx.doi.org.bdigital.sena.edu.co/10.3390/buildings8080098>.
- Cui, Z. (2018). Un Tratado Chino del Siglo XII: la Construcción Modular en China [Universidad Politécnica de Madrid]. http://oa.upm.es/51839/1/TFG_Cui_Zhouop.pdf.
- Esquivias, B. B. (2010). «Pinares sin número». Apuntes sobre el uso de la madera como material arquitectónico*/"Pinares sin número". Notes on the use of wood as constructive material. Anales de Historia del Arte; Madrid, 20, 209-241.
- FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo—Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I9535ES/i9535es.pdf>
- IDEAM. (2018). Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) Colombia (p. 27). Recuperado de IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales website: http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/SMBYC3er_SEMINARIO_Nov018-compressed.pdf/e584d925-18d3-400f-8948-5d59ce455526.
- Jones Institutional News. (2012). MARKET TALK: For McGraw-Hill, No Wood Means No Bidding Woes. Dow Jones Institutional News; New York. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/2116157344/citation/DB903F9A1E414FAAPQ/1>.
- Lerma, H. D. (2016). Metodología de la investigación Propuesta, anteproyecto y proyecto (5.a ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Méndez, C. E. (2016). Metodología: Diseño y Desarrollo del proceso de Investigación con énfasis en ciencias empresariales (4.a ed.). México: LIMUSA.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). NSR-10—Título G - Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf>.
- Negrini Mavila, G. (2012). Análisis comparativo de la norma sismo resistente en estructuras de concreto armado. Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1378>.
- Niglio, O., & Mina, W. V. (2014). Reducción del riesgo sísmico para el patrimonio arquitectónico Una comparación entre experiencias de Colombia y Japón. Apuntes; Bogotá, 27(1), 106-123.
- ONU. (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf.
- PADT-REFORT (Ed.). (1982). Manual de diseño para maderas del grupo andino. Lima: Junta del Acuerdo de Cartagena.
- Ramage, M. H., Burridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., & Scherman, O. (2017).

The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333-359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>.

Sepúlveda, P. (2019). El edificio de madera más alto de América Latina que busca ser modelo de vivienda sustentable. *CE Noticias Financieras*, Spanish ed.; Miami. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/2181009375/citation/14DA9D0B7F824F66PQ/1>.

Silvestre, A., y Arboleda, E. E. (2015). Estudio comparativo de las normas técnicas para la

construcción de pavimentos flexibles en Colombia y Brasil (Universidad Libre Seccional Pereira). Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17107/ESTUDIO%20COMPARATIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valdiviezo, A. C. (2013). La Madera. ¿Una Alternativa Para Proteger El Medioambiente?/Wood: ¿An Alternative to Protect the Environment? *Revista de Arquitectura*; Bogotá, 15, 111-119.

Virla, M. Q. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2), 248-252.