



Paneles de madera CLT desarrollo innovador de construcción sostenible

José Daniel Jaramillo Ramos 1103028

Docente: Juan Carlos Castro Medina

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL**

Agosto de 2022

RESUMEN

Se establece un material constructivo hecho en madera que actualmente está generando una propuesta de valor en el mercado internacional y local colombiano. Este valor agregado se logra gracias a que el material permite diseños más estéticos o personalizados para el cliente, se obtienen tiempos de entrega más cortos, generando mayor innovación y confort en comparación con los sistemas convencionales en concreto y acero.

Innovación: Resultado de Innovar.

Innovar: Proceso que permite convertir demandas en valor añadido utilizando conocimiento existente.

INTRODUCCION

En el primer capítulo utilizando la investigación y el conocimiento aprendido en el curso internacional “misión en gestión de la innovación” donde se determinó el significado de innovar e innovación, junto con un modelo de negocio innovador. Se aplica en un problema de la ingeniería civil y la arquitectura en Colombia donde se utilizan estructuralmente principalmente los mismos materiales, concreto y acero. Ante esta problemática se propone el uso de madera estructural de ingeniería buscando satisfacer las demandas globales y locales tales como la inmediatez y la consciencia medio ambiental se propone utilizar más la madera desde el diseño estructural hasta el diseño arquitectónico para la construcción de infraestructura en Colombia pues en la actualidad las nuevas tecnologías en madera comienzan a entregar comportamientos y resistencias similares a las del concreto.

En el segundo capítulo se enuncian estas nuevas tecnologías que corresponden a los paneles de madera contra laminadas CLT (Cross Laminated Timber) porque *“Debido a la orientación en cruz de cada una de sus capas longitudinales y transversales, se reducen a un mínimo irrelevante los grados de contracción y dilatación de la madera a nivel de los tableros, mientras que la carga estática y estabilidad de la forma mejoran considerablemente.”* (Jorge calderón 2017). Los bloques de madera CLT son conocidos como el concreto del futuro porque estructuralmente puede alcanzar al menos la misma resistencia estructural que este, brindando incluso mayores grados de flexibilidad.

En el tercer capítulo se analiza como el CLT gracias a sus características satisface las diferentes demandas enunciadas en el capítulo uno pues es un material que su textura y viveza van de la mano con la cultura ambientalista, su industrialización permite promover la reforestación pues si aumenta la demanda de madera a nivel mundial de igual manera aumenta su producción, su industrialización también permite realizar piezas exactas desde el diseño, facilitando su transporte y montaje por lo cual se alcanzan tiempos cortos respecto a la construcción en concreto, 1 m³ de hormigón pesa aproximadamente 2700 kg, mientras que 1 m³ de CLT pesa 400 kg. *“Mientras la etapa de proyecto puede demorar un poco más, el montaje es de una velocidad*

sorprendente: en el caso de una casa de 200 m², el montaje puede demorar 5 días y ocupar una mano de obra mínima (alrededor de 4 personas instruidas)” (Jorge calderón 2017). El CLT como material estructural permite alturas elevadas y luces incluso mayores que las ofrecidas por el sistema de pórticos en concreto. Por último, se analizan sus desventajas en el mercado colombiano.

OBJETIVOS

Identificar las ventajas y desventajas que tienen los bloques de madera CLT como material de ingeniería, analizando sus características térmicas, acústicas, sismo resistentes, de montaje, estructurales y contra el fuego.

Analizar la economía que ofrece el material CLT y su montaje respecto a los sistemas de construcción convencionales en Colombia.

Mostrar el valor agregado que genera este material innovador en construcción sostenible al responder a tendencias de mercado globales por su impacto ambiental y social.

ALCANCE

Los bloques de madera CLT transforman la madera natural reforestada en madera estructural de ingeniería, permitiendo realizar proyectos de construcción residencial, comercial o institucional, se pueden diseñar proyectos de gran escala y edificaciones en altura.

El uso de CLT contribuye a disminuir la huella de dióxido de carbono pues desde su producción se incentiva el crecimiento de bosques lo cual genera más oxígeno y captura de dióxido de carbono, evitando el calentamiento global y protegiendo los bosques nativos a favor del ecosistema, hasta su montaje pues la madera almacena carbono en los edificios en lugar de emitirlos a la atmosfera.



Ilustración 1 edificio en CLT Italia (Stora Enso 2017)

ANTECEDENTES

Un rascacielos en 10 semanas

En Estados Unidos se levantó un edificio de oficinas en la ciudad de Minneapolis, en el estado de Minnesota, creado por el famoso arquitecto Michael Green. tiene una superficie de 21.000 m² de oficinas y espacios comerciales. Utiliza componentes de madera para techos, pisos, columnas, vigas y muebles. Como resultado de la estructura de madera, se construyó en menos de 10 semanas, todo un récord. (José Luis Cieri 2021)

Primera planta de madera laminada cruzada (CLT) en Sur América:

Actualmente, el aserradero con sede en Tacuarembó, Uruguay, procesa 140.000 m³ de pino. El proyecto incluye el aumento inmediato de la capacidad de secado del aserradero, duplicando la producción a 250.000 m³ y, por tanto, la exportación de madera procesada a partir del tercer trimestre de 2021. La inversión de Arboreal contribuirá así a la generación de *valor agregado* de los recursos forestales de Uruguay, impulsando la

actividad industrial en el norte del país y promoviendo el desarrollo de la construcción ambientalmente sostenible.

"Uruguay tiene recursos forestales muy competitivos", comenta Abergo como presidente de Arboreal. "Cuando imaginamos el futuro, vemos la madera en masa como una solución para reducir las emisiones de CO₂ de aquí a 2030. El sector de la construcción es responsable de casi el 40% de los gases de efecto invernadero; esta planta es el primer paso para reducir y secuestrar el CO₂. Tenemos que empezar a pensar en nuestras casas como grandes almacenes de CO₂". (Notifix 2021)

Edificio de estacionamientos en madera CLT:

El Glenwood CLT Garaje es el comienzo de un nuevo desarrollo del distrito más grande que contendrá un centro de conferencias, hotel, residencial, comercial, oficina, y un gran parque. El garaje se construirá enteramente de madera laminada en cruz (CLT), que se deja expuesta y visible al público. La hermosa estructura de madera de cuatro pisos demostrará que la madera CLT es viable para las estructuras de varios pisos y podría ser vital para el mantenimiento y el fortalecimiento de las economías locales en Oregon (DFM Directorio Forestal Maderero 2017)

Desarrollo del CLT:

Uno de los momentos más importantes en el desarrollo del CLT fue la celebración de los Juegos Olímpicos de invierno de 2006 en Turín. Para alojar a los periodistas que cubrían el evento se construyó el primer edificio modular de 4 plantas íntegramente en panel contralaminado de madera.

No fue hasta 2015 cuando la primera norma europea que regula la producción de CLT vio la luz. La norma EN 16351 supone un paso importantísimo en el camino de unificar la producción de los paneles contralaminados. (María Sánchez 2021)

Proyecto del Sena en Colombia: Casa en CLT, un aporte a las comunidades y el medio ambiente

Esta técnica tiene beneficios ambientales y fisicomecánicos. Ambientales, por su almacenamiento de CO₂, huella de carbono neutra, reforestación y renovación en el consumo de madera certificada como el Pino Pátula, Melina, Eucalipto Grandis y Acacia; fisicomecánicos, ya que, al ser una construcción con protección termoacústica, contra incendios, cuenta con resistencia a sismos, estabilidad dimensional, y constructivos por su construcción en seco por lo que requiere menor inversión en mano de obra, produce menor ruido en su proceso y tiene un menor costo. (El Sena 2021)

DESARROLLO

La innovación es el resultado del proceso de innovar en el cual se analizan las demandas y tendencias actuales del mercado, generando un modelo de negocio que satisfaga las necesidades del cliente y les genere un valor añadido que los fidelice con el negocio.

La agencia SDLI “sociedad de la innovación” se ha encargado de analizar estas demandas y tendencias actuales desarrollando un mapa de 10 mega tendencias para los próximos años que responden a los tres ejes principales del trabajo: el ámbito social, económico y tecnológico. Entre estas mega tendencias encontramos la conciencia medio ambiental, la digitalización, vida datificada, el slow lite que hace una referencia a un escape de lo cotidiano, bienestar integral y la cultura de la inmediatez.

La fabricación de la madera CLT (cross laminated timber) consiste en paneles de madera que se fabrican en capas cruzadas y puestas entre sí, las cuales adquieren estabilidad estructural gracias a su acomodación en cruz de por lo menos tres capas. formar un tablero requiere entonces mínimo tres capas y así sucesivamente dependiendo de la necesidad tres, cinco o siete reduciendo la dilatación del tablero final, en la ilustración 2 se aprecia cómo puede variar el número de capas y el grosor de las mismas, arriba un tablero de tres capas y abajo un tablero de cinco capas más gruesas. La proporción de adhesivo utilizado entre capas no supera el 1% y tiene un impacto ambiental bajo, pues

estos contaminan al ser evaporados producto del fuego. Esta estructura del CLT le permite alcanzar las resistencias a compresión del concreto y superarlo en flexibilidad.



Ilustración 2 Stora Enso 2017

La Madera Laminada Cruzada (CLT) es un panel de madera que típicamente consta de tres, cinco o siete capas de la madera de construcción de dimensión orientada en ángulos rectos entre sí y luego pegada para formar paneles estructurales con resistencia excepcional, estabilidad dimensional, y rigidez.” (DFM Directorio Forestal Maderero 2017).

El CLT es un desarrollo innovador en construcción sostenible, consciente de la crisis ambiental y la consciencia que debemos tener todos, utiliza un método constructivo amigable con el medio ambiente. Satisfaciendo la tendencia de la conciencia medio ambiental. La madera utilizada en la elaboración de CLT proviene de explotaciones forestales, social, ecológicas y económicamente responsables, al tratarse de un recurso renovable, con bajo consumo energético en el proceso de fabricación y que almacena carbono en los edificios en lugar de emitirlo a la atmósfera la madera contra laminada tiene un alto valor ecológico además su fabricación promueve el empleo formal en zonas rurales, motivando la siembra de nuevos bosques favoreciendo la zona campesina en cuanto a lo ecológico y económico.

Los paneles son personalizados para cada proyecto, el ancho, grosor, número de capas y otras propiedades se diseñan y fabrican para cada edificio, la longitud de los paneles está limitada por las restricciones de transporte. Los espacios para puertas o ventanas, así como los canales de electricidad, tuberías y los diferentes acabados son planificados con anterioridad y cortados por el fabricante, los distintos componentes se analizan y fabrican en líneas de control numérico, de esta forma se minimizan los errores, la mano de obra y los tiempos en obra, logrando una precisión exacta en los elementos constructivos, control de los procesos y el desperdicio de material. Además, los paneles de madera son compatibles con las distintas formas de uniones utilizadas con acero en carpintería convencional, su montaje es muy sencillo gracias a la flexibilidad de la madera y no depende del clima satisfaciendo otra mega tendencia la cultura de la inmediatez.

“La madera, el material de construcción del futuro, no deja de ganar relevancia en esta utilización. En nuestra sociedad hay una creciente concientización en pro del ahorro de recursos. Esto y el progreso técnico han devuelto al punto de mira el material de construcción más antiguo de la humanidad. El origen de todo hay que buscarlo en el bosque, que provee el material. El mayor uso de la madera ha llevado en nuestras urbes y pueblos al surgimiento de «bosques auxiliares», que asumen una importante función de sumidero de carbono que favorece el medio ambiente. La construcción con madera contralaminada constituye una aportación importante a la protección del clima y el medio ambiente.” (Stora Enso 2017).

La madera fue utilizada estructuralmente hasta que se comenzó a utilizar acero y concreto a finales del siglo XIX, durante el siglo XX una serie de incendios termino limitando la construcción en madera para esa época, a finales del siglo XX e inicios del siglo XXI la gran oferta y baja demanda de madera en Australia los llevo a invertir en estudios que dieron como resultado el CLT y las primeras edificaciones de este, de esta forma el CLT acaba con la principal preocupación a la hora de construir con madera que son los incendios, *“El fuego en la madera avanza a una razón de 0.7 a 0.8 milímetros por minuto. Si un muro de CLT tiene 100 mm, terminaría de consumirse luego de más de 2 horas, incluso si hablamos de madera no tratada. Este proceso de carbonización es la*

reacción natural del árbol para protegerse a sí mismo.” (Jorge Calderon 2017), este producto se inventó aproximadamente hace 30 años, pero es en la última década que ha comenzado su auge a causa de las políticas de mitigación de los efectos del cambio climático y su aporte en la huella de carbono una tonelada de cemento produce una tonelada de dióxido de carbono, una tonelada de CLT tiene la capacidad de almacenar o hasta eliminar dos toneladas de CO₂, además los paneles en su fabricación necesitan menos energía que la fabricación de concreto, acero y aluminio. Como se compara en la ilustración 3 las diversas soluciones constructivas en términos de consumo energético (GJ/m²) para su elaboración y producción.

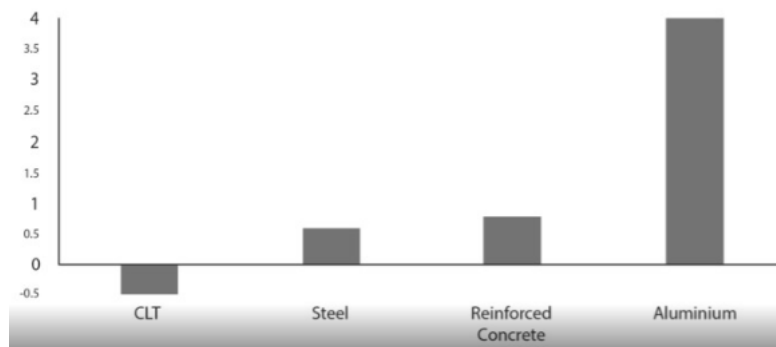


Ilustración 3 Holzbau, Rubner. Universidad de Trento, Italia (Jorge Calderon 2017)

La madera regula la humedad ambiental, absorbe sustancias nocivas del aire, reduce significativamente la energía estática y las emisiones de dióxido de carbono, creando de esta manera espacios limpios y amables, donde se potencian la calidad de los efectos ópticos. Los bloques de madera debido a la estructura cruzada entre sus capas funcionan como aislante de radiaciones electromagnéticas, permeabilidad al aire también tiene un buen aislamiento térmico, excelentes características acústicas pues posee un alto coeficiente de absorción acústica por su estructura porosa y sus características sismo resistentes superan al concreto porque el peso de la madera es menor con un mayor grado de flexibilidad. Permite altos niveles de seguridad, confort estético, térmico y acústico mejorando significativamente la calidad de vida.

La desventaja es que el CLT al ser un producto prefabricado e industrializado es más caro que el acero y el concreto, los diseños al no ser muy conocidos en el mercado

pueden resultar más costosos al igual que el transporte, necesaria, el instalado de electricidad, tubería y demás servicios. El montaje del propio material resulta costoso por la maquinaria necesaria. Los paneles de madera que quedan expuestos sufren por la humedad y el deterioro físico por el ambiente, para protegerla se utilizan pinturas minerales y aceites vegetales, requiriendo un mantenimiento preventivo cada cierto número de años que varían dependiendo del proveedor.

CONCLUSIONES

Las edificaciones en bloques de madera contra laminada CLT técnicamente supera las edificaciones convencionales con acero y concreto, en características térmicas, acústicas, sismo resistente, y en la facilidad en el sistema de uniones a la hora del montaje. Estructuralmente funciona igual que en las edificaciones de concreto, en cambio su comportamiento ante el fuego por la cantidad de humo generado puede dar complicaciones ante un incendio es por esto que se deben elaborar edificaciones con un alto grado de diseño y detalle en la protección contra incendios.

En el área económica el instalado de CLT puede ser más económico que otros sistemas convencionales sin embargo en Colombia por la baja oferta de esta tecnología y la poca mano de obra capacitada resultaría más costoso. Sin embargo, cuando el CLT se encuentre posicionado en el mercado local, los gastos directos se podrían reducir con los costos del material y los gastos indirectos como la maquinaria o personal capacitado también debería regularse con los precios de los sistemas convencionales. En Australia pioneros de este sistema constructivo CLT se logran construir edificios de media altura más económicos que con los sistemas convencionales.

En cuanto al impacto social y ambiental la respuesta del mercado sería positiva por su aporte en la huella de carbono y ahorro de energía además del confort con naturalidad que ofrece la madera, en Colombia no han sido muy utilizados los sistemas con prefabricados por un tema cultural por no ser sistemas muy rígidos como al que se está acostumbrado, es muy importante recalcar que se regule la producción de madera de

acuerdo a su demanda porque este es un recurso renovable pero dentro de un consumo controlado.

REFERENCIAS

- Viotto, U. (2013). *El tablero contralaminado. Actualidad de una alternativa para la media altura*. España.
- Calderón, J. (2017). *Proyectar, manufacturar y construir de forma sostenible con sistema de madera contralaminada, construcción con CLT aplicación en Chile*. Chile.
- SDLI (2020). *Mapa de tendencias*. España.
- Universtat politécnica de España. (2022). *Masterclass 1 formulación de retos innovadores, curso internacional misión en gestión de la innovación*.
- Fundacion Nantik Lum (2017) *Mi modelo de negocio CANVAS*. Madrid.
- Stora Enso Building and Living (2013). *CLT building solutions*. Suecia.
- Angeli, A. (2018). *Soluciones de alto desempeño para estructuras de madera laminada*. Chile.
- Stora Enso Division Wood Products (2017) *CLT technical brochure*. Suecia.