

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA DE EDIFICIO EN CLT, ENFOCADO EN ESTRUCTURA, CONSTRUCCIÓN Y APORTE DE CO₂

Abstract

El presente proyecto de título correspondió a la evaluación técnico económica de un edificio de 6 pisos a ser realizado en Madera contralaminada (CLT), basándose en la información obtenida de un proyecto real construido en Hormigón Armado en la ciudad de Valdivia.

La propuesta se fundamentó en establecer un proyecto realista estructuralmente, además de definir elementos constructivos en base a CLT - para losas y muros - que cumplieran con la Reglamentación térmica, acústica e ignífuga. Finalmente se calculó el tiempo y el costo requerido para la ejecución del proyecto, además del aporte de Co₂ en las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto.

La **evaluación estructural** se realizó en base al método dinámico y estático, acorde a los aspectos normativos pertinentes, donde se obtuvieron deformaciones máximas de entre 25 y 48% del máximo permitido; los elementos más solicitados en flexión y cizalle son demandados en menos de un 20% de su capacidad máxima.

El **cumplimiento de los aspectos térmicos, acústicos e ignífugos** se definieron en función de los resultados de los ensayos canadienses y del cálculo manual según corresponda, donde el CLT tipo E1/V2 - con espesor de 17,5 cm - presenta excelentes niveles de resistencia acústica, térmica e ignífuga; en estos 2 últimos casos se requiere la incorporación de una capa de aislación interior para cumplir con los requisitos acústicos asociados al concepto de "elemento separador entre unidades" y de las exigencias de la zona térmica 5 correspondiente a Valdivia.

La **evaluación de las actividades críticas, en costo directo y gastos generales**, demostró que el valor de la propuesta en madera contra laminada aumenta en un 13,14% con respecto al costo del edificio original y el plazo se reduce a un 37,97% del definido en la programación original.

El **edificio proyectado en madera contralaminada produce 237 TonCO₂ equivalente** considerando el total del aporte asociado a las fases denominadas extracción y fabricación de materiales, transporte y construcción / montaje de obra gruesa; en comparación del edificio original, construido mayoritariamente en Hormigón Armado, que produce 702TonCO₂eq en las mismas fases indicadas.

Finalmente, se logró establecer que el proyecto original construido principalmente de Hormigón Armado en la ciudad de Valdivia, puede ser realizado en madera contralaminada bajo los aspectos normativos, estructurales y constructivos indicados, además de generar un aporte de CO₂ menor en las fases estudiadas del ciclo de vida del proyecto.

Introducción

Antecedentes y revisión del tema: La construcción de proyectos de edificios en altura en Madera es una tendencia mundial, en Reino Unido, se comenzará a construir un proyecto residencial de 300 m de altura¹, mientras que este año, en Canadá, se terminará de construir un edificio de 18 pisos; a su vez la firma de ingeniería más importante en el mundo, ARUP, comenzará a construir otro proyecto residencial de 21 pisos en Ámsterdam². Las ventajas señaladas por diversas fuentes indican que las fundaciones son más pequeñas, debido al menor peso de la estructura en comparación con el Hormigón Armado y por otra parte la huella de carbón se reduce en un 60-75%³.

La utilización de la Madera en proyectos de gran altura se ha desarrollado, en parte, debido a los avances tecnológicos como el "CLT" (Cross Laminated Timber), que cuenta con un alto nivel de rigidez y resistencia, utilizado generalmente en forma de paneles para muro, techo y piso; por otra parte los avances en torno a la laminación de Madera como el "Glulam" (Glued Laminated Timber) que se usa principalmente en pilares y vigas; estos 2 ejemplos generalmente se prefabrican y se llevan a obra listos para ser ensamblados mediante uniones especiales para las solicitaciones y para los distintos tipos de Madera existentes⁴.



1-<http://www.cam.ac.uk/research/news/timber-skyscrapers-could-transform-londons-skyline>

2-<http://www.economist.com/news/science-and-technology/21706492-case-wooden-skyscrapers-not-bar-king-top-tree>

3-<http://www.economist.com/news/science-and-technology/21706492-case-wooden-skyscrapers-not-bar-king-top-tree>

4-https://www.researchgate.net/post/What_are_the_advantages_of_cross_laminated_timber_compared_to_glulam_and_solid_wood

5-https://en.wikipedia.org/wiki/Forestry_in_Chile

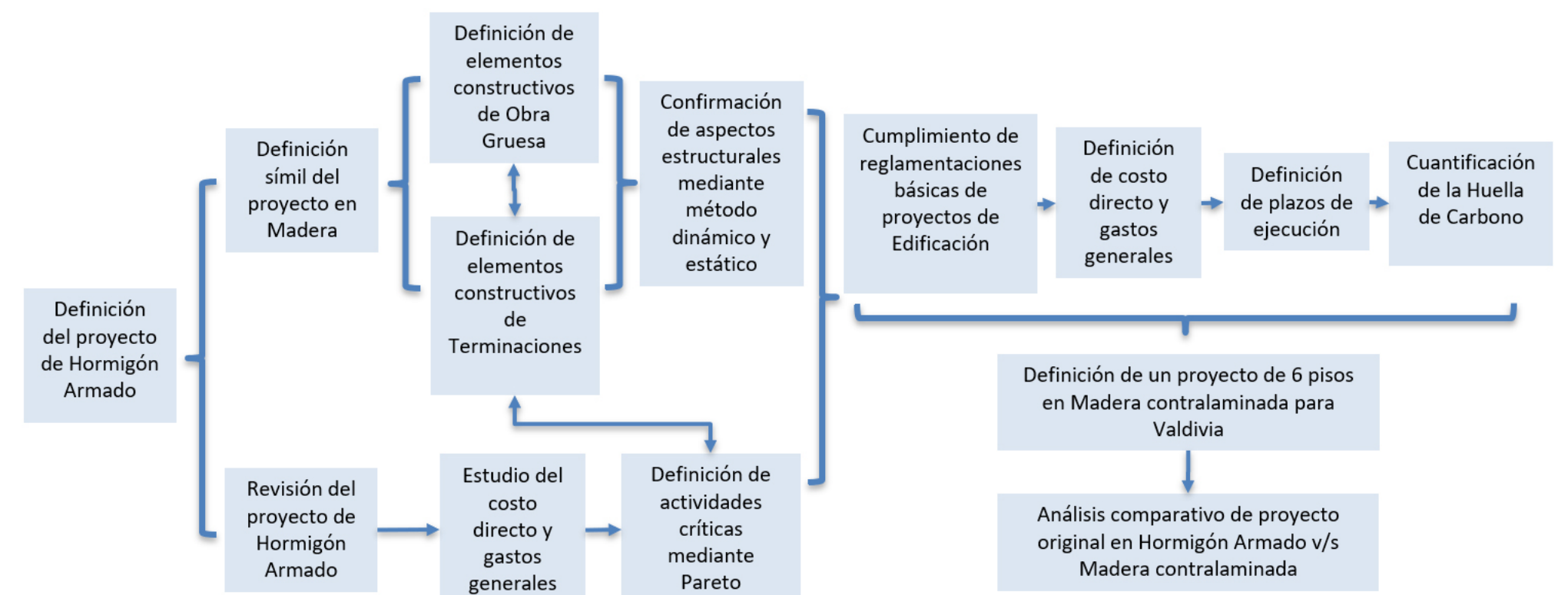
6-<http://Madera.uc.cl/>

Metodología

Descriptivo y correlacional, transversal, diseño no experimental, cuantitativo.

Establece relaciones entre variables cuantificadas.

Fases: Son 8 y se detallan en el siguiente flujograma:



Variables:

- **Deformación y resistencia ante diferentes estados de carga:** La primera variable es obtenida a partir del modelo realizado en ETABS y la segunda mediante cálculo estático, todo realizado en base a la NCh 433 y el DS 61. Medidos en mm y Ton.

- **Minutos de resistencia al fuego:** Obtenidos a partir de los valores indicados en la ASTM E119 y el libro "CLT Handbook" en su versión canadiense.

- **Índice de reducción acústica y Nivel de presión acústica de impacto:** Obtenidos a partir de los valores indicados en la ASTM E413 y E492, además del libro "CLT Handbook" en su versión canadiense. Se mide en decibeles.

- **Resistencia térmica:** Calculados manualmente en base a la metodología establecida en la NCh 453. Se mide en m²K/W.

- **Costos:** Definidos a partir de diversos estudios que establecen los valores que podría tener el CLT en Chile, los valores de procesos constructivos se establecen a partir del sistema de presupuestación propio de una empresa constructora. Medidos en UF y \$.

- **Plazo:** los valores de tiempo se establecen a partir del sistema de presupuestación propio de una empresa constructora y de los rendimientos recomendados en CLT Handbook" en su versión canadiense. Medidos en días.

- **Huella de carbono:** Obtenida a partir de las metodologías establecidas en la PAS2050 y la ISO14064. Medidos en TON CO₂ equivalente.

Con 14 edificios en El Morro se da el vamos a "era de la madera" en construcción social

Durante años la madera fue considerada un material de segunda para la construcción. Hoy, siguiendo el ejemplo de países desarrollados, se empiezan a derribar mitos. El primero en atravesar fue el sector público, pero expertos esperan que también se despierte el interés de los privados.



Importancia teórica: Entre las principales exportaciones de nuestro país está la Madera, donde un 70% de la producción forestal se envía a otros países, esto posiciona económicamente a la Industria maderera en el segundo lugar después de la minería, empleando además a más de 150.000 trabajadores⁵.

Por otra parte el Gobierno, en conjunto con Instituciones de Educación Superior, Empresas proveedoras, CORMA (Corporación Chilena de la Madera) entre otras, están generando iniciativas que incentiven el uso de este material en la Edificación de nuestro país; resultando por ejemplo en la construcción de la primera vivienda social en 2 pisos⁶.

Objetivos del trabajo: Proponer un edificio de Madera contralaminada de 6 pisos enfocado en estructura, construcción y aporte de CO₂

Objetivos específicos:

- Definir un proyecto de media altura, con el que se cuente con todos los antecedentes necesarios para la comparación.
- Establecer los aspectos normativos que inciden sobre las características técnicas del proyecto original y la versión en Madera.
- Proponer técnicamente el proyecto, considerando aspectos constructivos y estructurales, que permitan generar una propuesta realista
- Comparar los costos y el plazo, de las actividades críticas resultantes del proyecto definido en Madera con el original de Hormigón Armado.
- Realizar un análisis de la producción de la huella de carbono entre de la edificación de madera contralaminada.
- Evaluar los resultados comparativos de ambas propuestas.