

# MODELO DISEÑO ESQUEMÁTICO OPTIMIZADO DE EDIFICACIONES PREFABRICADAS EN MADERA

## Abstract

El objetivo de esta investigación consiste en desarrollar un modelo de optimización que permita obtener el diseño preliminar estructural y prefabricado de edificios de marco plataforma como apoyo para diseñadores. Para esto, fue necesario identificar las variables estructurales y de panelización relevantes para el diseño y que estas fueran compatibles con el flujo de trabajo BIM. El modelo de optimización propuesto incorpora un modelo estructural (gravitacional y sísmico) y tiene como función objetivo minimizar el costo de materiales y la cantidad de paneles. Su esquema de resolución combina técnicas de programación entera y heurísticas. La validación del modelo se hizo en base a un caso de estudio, el cual consiste en un hotel de 4 pisos. Los resultados son incorporados en un modelo BIM, el que contiene la información de las soluciones constructivas, cantidad de muros de corte, anclajes y cantidad de pies derechos de borde que cumplen con las verificaciones estructurales según NCh1198, SDPWS2015 y NCh 433, además de parámetros de información relevantes para la prefabricación.

Como conclusión, el algoritmo permite diseñar un edificio a partir de una planta arquitectónica, considerando las variables de prefabricación y las verificaciones estructurales y cuyo resultado es representado a través de un modelo BIM. El modelo de optimización tiene el potencial para ser implementado en un sitio web para que diseñadores puedan utilizarlo para evaluar sus proyectos en madera de una manera rápida y eficiente.

## 1. Introducción

En los últimos años, se han investigado diversas estrategias que buscan aumentar la eficiencia y la productividad dentro de la industria de la construcción, así como también desarrollar sistemas constructivos más sustentables que sean amigables con el medio ambiente. Es aquí donde la madera aparece como un actor relevante, puesto que:

- Permite sistemas constructivos **prefabricados** e **industrializados**, siendo esto una de sus principales ventajas (Santana-Sosa & Fadai, 2019).
- Estos sistemas implican beneficios como: **disminución** de tiempos en obra, **menor** cantidad de **residuos** en terreno, aumento de la **calidad** y **seguridad**, etc. (Gann, 2010).
- Posee una **baja huella ambiental** en varias etapas del ciclo de vida y su uso conlleva beneficios como la **captura de carbono** (Bukauskas et al., 2019).

En base a esto, el propósito y alcance de este trabajo consiste en apoyar la toma de decisiones de actores dentro la industria de la construcción (arquitectos, ingenieros, constructores, entre otros) que desean ejecutar un proyecto de edificación en madera. Para esto, el flujo de trabajo propuesto consiste en que un usuario que desee ejecutar un proyecto de edificación, ingrese información geométrica y no geométrica al modelo, el cual le entregará el diseño esquemático del proyecto, con su verificación estructural, junto a un modelo BIM. La figura 1.1 muestra el flujo de trabajo que se siguió.

## 3. Verificación Estructural

El modelo de optimización considera el diseño estructural del edificio, por lo cual es necesario identificar las variables estructurales, los modelos estructurales y las verificaciones que serán incluidas dentro del modelo de optimización.

### 3.1 Variables Estructurales

Las variables estructurales de muros y losas son:

- Variables para diseño gravitacional: pies derechos/vigas (grado estructural, escuadría y distanciamiento).
- Variables para diseño a corte: tablero arriostrante, clavos, anclajes y cantidad de pies derechos de borde.

Las variables para el diseño gravitacional se encuentran definidas por las soluciones constructivas, mientras que las variables para diseño a corte deben ser determinadas por el modelo. Para reducir las variables de diseño a determinar por el modelo se aplican las siguientes simplificaciones:

- Losas no serán diseñadas a corte.
- Todos los muros son gravitacionales, y el modelo seleccionará aquellos que adicionalmente sean de corte.
- Los muros utilizarán clavos 8d cada 50 mm.

### 3.2 Modelos Estructurales

Los modelos estructurales necesarios para determinar las solicitaciones son los siguientes:

- **Modelo gravitacional**  
Consiste en la determinación de áreas tributarias y luces máximas a partir de la segmentación de losas según los muros que posea la planta arquitectónica.
- **Modelo sísmico**  
Análisis no matricial que consiste en distribuir los cortes de los pisos proporcionalmente a la rigidez de cada muro. La rigidez se obtiene a partir de la expresión del SDPWS 2015. Se realiza análisis estático según NCh433.

$$K_{eq} = \left( \frac{2}{3} \cdot \frac{H^3}{EA_{eff} L^2} + \frac{H}{G_a L} + \frac{H^2}{L \cdot L'} \cdot \frac{1}{K_{Anclaje}} \right)^{-1}$$

### 3.3 Verificación Estructural

Para que el modelo pueda diseñar el edificio se deben incluir las verificaciones estructurales, lo que consiste en determinar las solicitaciones y resistencias. Las solicitaciones se determinan a partir del modelo estructural, mientras que las resistencias se determinan aplicando las normativas de diseño NCh1198, SDPWS 2015 según las variables estructurales. Finalmente se debe cumplir que:

$$\text{Solicitaciones} \leq \text{Resistencias}$$

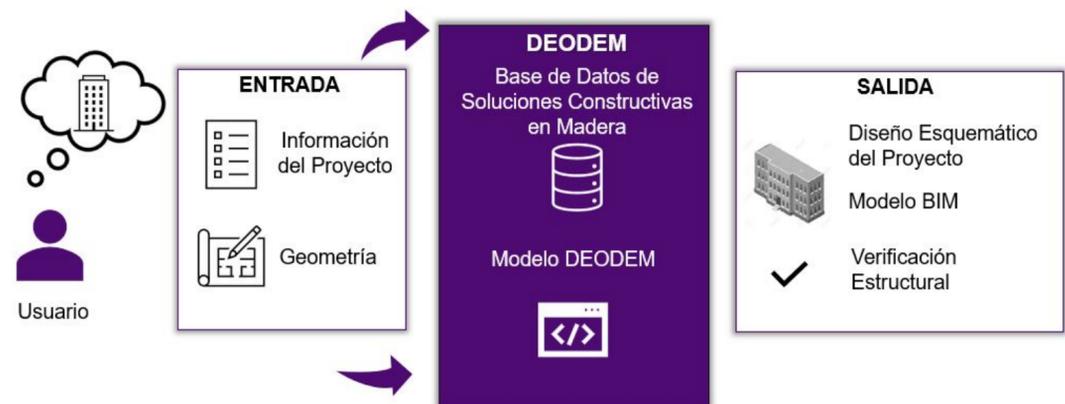


Figura 1.1: Flujo de trabajo del proyecto.

## 2. Metodología

La metodología de este trabajo plantea un objetivo general, el cual se basa en desarrollar un modelo de optimización para el diseño estructural y prefabricado de edificios en madera para apoyar a los diseñadores. A partir de este objetivo se plantean dos objetivos específicos:

1. Identificar los datos relevantes asociados al proceso constructivo prefabricado y a las verificaciones estructurales para proyectos de edificación en madera que sean compatibles con flujos de trabajo BIM
  2. Desarrollar un modelo de optimización integral que permita resolver el diseño estructural de una edificación en madera bajo el sistema constructivo industrializado.
- Posteriormente, para cada objetivo específico se plantean distintas actividades, las cuales se ejecutaron en base a distintos métodos, siempre complementado en base a la revisión de literatura. El siguiente esquema muestra un resumen de la metodología:

