

# MODELO DE PLACA PARA MADERA ASERRADA CON PRESENCIA DE ZONAS NUDOSAS

## Abstract

Este artículo presenta un modelo computacional basado en Python de una placa de madera de la especie *Pinus Radiata* D. Don cultivada en Chile. Se considera el efecto de áreas nudosas para la simulación de rigidez y resistencia en una placa simplemente apoyada sometida a flexión fuera del plano evaluando la falla con los criterios de Von Mises normalizado y Tsai-Wu. El modelo computacional se implementa con base en la teoría de placas de Reissner-Mindlin, considerando un modelo ortótropo rectangular para simular el comportamiento de la madera. Cuando la relación del área nudosa (KAR) alcanza su valor máximo, 1, la rigidez y la resistencia disminuyen en un 19 % y un 56 %, respectivamente. Mediante el método Monte-Carlo se simulan 500 placas de madera distribuyendo aleatoriamente las longitudes de los entrenudos y verticilos, lo que muestra una diferencia del 14% en el desplazamiento vertical. Se concluye que el modelo numérico de código abierto pudo capturar el efecto de las áreas nudosas en el comportamiento de flexión de los elementos de madera. El siguiente paso involucra las calibraciones de los parámetros de entrada del modelo numérico a partir de los resultados de prueba.

## 1. Introducción

La construcción de madera es una de las alternativas evaluadas por la industria de la construcción chilena para eventualmente reemplazar las construcciones de hormigón y acero. Sin embargo, en comparación con el hormigón y el acero, aún existe una falta de conocimiento sobre el comportamiento de los productos de madera elaborados con pino radiata cultivado en Chile y el efecto de sus defectos naturales en sus propiedades mecánicas. Este artículo tiene como objetivo contribuir al desarrollo de un modelo de placa de código abierto basado en Python que permita cuantificar los efectos de las áreas nudosas en el comportamiento de flexión de los elementos de madera.

## 2. Modelo Computacional

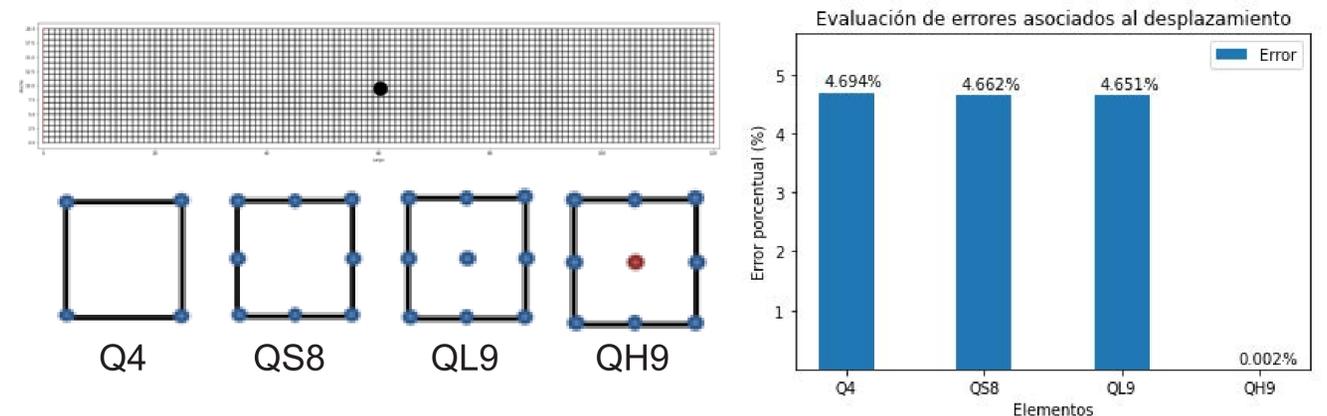
### 2.1 General

Dado que la placa es un elemento particular de los sólidos tridimensionales, debido a que su espesor es menor en comparación a sus otras dimensiones, es posible crear una geometría de placa independientemente del espesor pero analizando con exactitud los esfuerzos de la placa a través de la teoría de placas.

En el artículo se presenta un modelo de elementos finitos para la flexión de placas basado en la teoría de placas de Reissner-Mindlin para pequeñas deformaciones elásticas [1,2].

### 2.2 Tipos de Elementos Considerados

Para verificar la precisión del modelo, se implementaron cuatro elementos diferentes: Q4, QS8, QL9 y QH9 [3]. El rendimiento y el mallado de las placas implementadas con diferentes elementos se compararon con las soluciones analíticas [4]. El elemento QH9 muestra la mejor precisión debido a la adición de un "resorte" que elimina los mecanismos espurios [3]. Los siguientes pasos de esta investigación se llevaron a cabo con el elemento QH9.



## 3. Metodología

Para todos los casos se calcularon los campos de desplazamiento y deformación. Posteriormente, para evaluar el comportamiento de la placa se utilizaron criterios de falla ya que la interacción de esfuerzos en el elemento es compleja. En este trabajo, se seleccionaron los criterios de Von Misses Normalizados y Tsai-Wu [5].

### 3.1 Efecto de la Zona Nudosa

Para cuantificar la precisión del modelo, se simuló una prueba virtual de un elemento de madera representativo de 120x20x6,5[cm] hecho de pino radiata cultivado en Chile (ver Figura 1). Se consideró una ley ortótropa rectangular para la madera constitutiva, considerando las propiedades de la referencia [5]. El modelo se consideró simplemente apoyado y cargado uniformemente con 4 [N/cm<sup>2</sup>] en toda la superficie. La geometría del elemento se discretizó en elementos de 1x1 [cm]. Para incluir el efecto del área nudosa en el modelo, se consideraron franjas de longitud discreta cuyas propiedades se calcularon mediante una ecuación de regresión lineal determinada experimentalmente por la referencia [6] basada en el índice de área nudosa (KAR). Las dimensiones de las áreas nudosas (longitud del verticilo y del entrenudo) se determinaron mediante el estudio de la especie *Pinus Radiata* D. Don cultivada en Chile [7].