



CONCURSO

# INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

MEMORIAS, INVESTIGACIONES PATENTES,  
PROYECTOS DE TÍTULOS

La VII Versión del Concurso, tiene como objetivo destacar a aquellos alumnos de las carreras de ingeniería y construcción civil que hayan desarrollado o se encuentren desarrollando memorias de título, proyectos de título, investigaciones o patentes en torno a la madera.





Armando Delarze, Carolina Ramirez, Luis Soto-Cerda, Ricardo I. Castro

**Modelo estadístico predictivo  
de las propiedades mecánicas  
de la madera de pinus radiata  
(d. don) tratada térmicamente**

# Resumen



Gran parte de lo resultados, describen que el tratamiento térmico en **altas temperaturas**, influyen en la **disminución de las propiedades mecánicas**, alterando la **composición química**, debido posiblemente a la degradación de la hemicelulosa que conecta a las estructuras de celulosa y la lignina en la pared celular, y en **temperaturas bajas**, **segregando y colapsando** las paredes celulares, provocando un deterioro de la madera.

**Independiente al tiempo** a la cual permanece expuesta la madera.

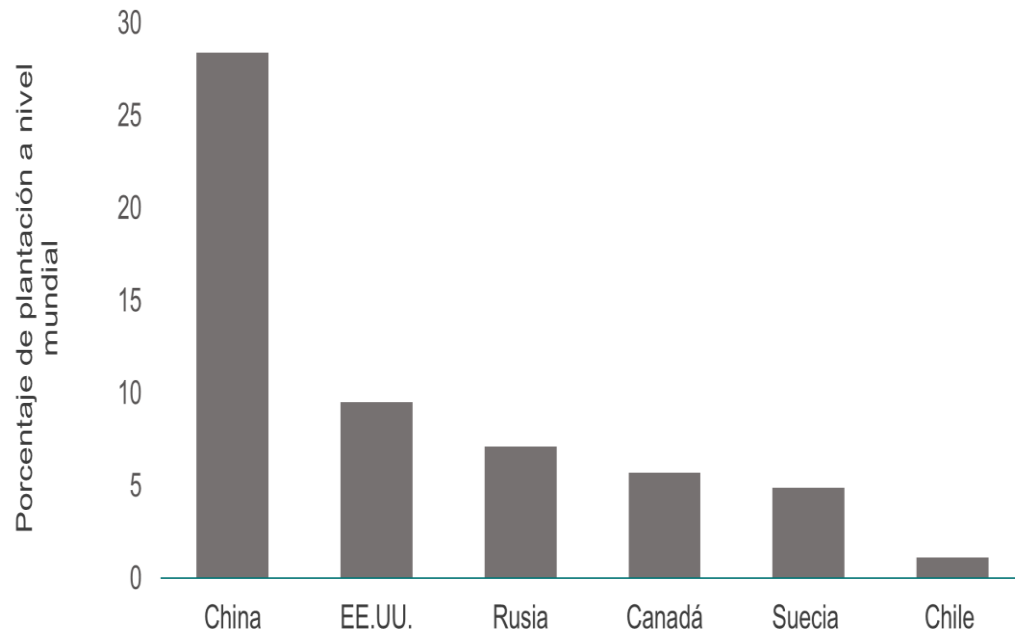




Gran parte de los resultados, describen que el tratamiento térmico en **altas temperaturas, influyen en la disminución de las propiedades mecánicas, alterando la composición química**, debido posiblemente a la degradación de la hemicelulosa que conecta a las estructuras de celulosa y la lignina en la pared celular, y en **temperaturas bajas , segregando y colapsando** las paredes celulares, provocando un deterioro de la madera.

**Independiente al tiempo** a la cual permanece expuesta la madera.

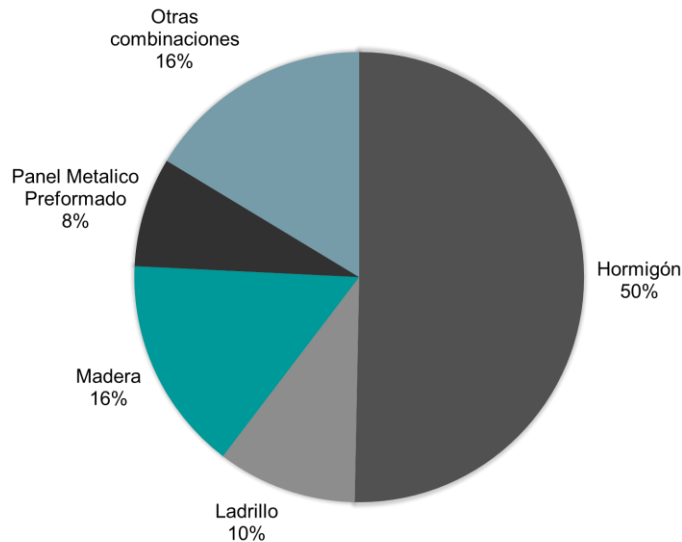
## Estado del Arte A nivel mundial



Las **plantaciones forestales** a nivel mundial abarcan una extensión de 279 millones de hectáreas. Donde los cinco países con mayor riqueza forestal son China, Estados Unidos, Rusia, Canadá y Suecia, juntos reuniendo más del 55% de la superficie total plantadas. **Chile se encuentra posicionado en el número 18 a nivel mundial con un 1,1%**

**La superficie del territorio nacional** equivale a más 75 millones de hectáreas, en donde existe una gran variabilidad de zonas en donde se da de forma natural los bosques, comprendiendo una superficie forestal cercana a los 18 millones de hectáreas, **esta cifra corresponde al 24% de la superficie del país.**

# Problemática y Justificación



La construcción en madera presenta desventajas frente a otros materiales, al ser un compuesto natural sensible a la degradación frente a condiciones climáticas cambiantes, donde presenta una menor durabilidad.

Cuando se expone la madera a temperaturas extremas, sus propiedades químicas y físicas experimentan cambios permanentes y su estructura se reforma. Cambios que se siguen presentando a medida que aumenta la temperatura

Pese a las bondades y beneficios ofrecidas en la construcción **no existe una industria desarrollada que potencie su uso.**

Las practicas intensivas de **manejo y mejoramiento genético** dentro de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, presentan un **efecto negativo** en la calidad de la madera, en **propiedades físicas y químicas**, que es particularmente problemático en el uso estructural.

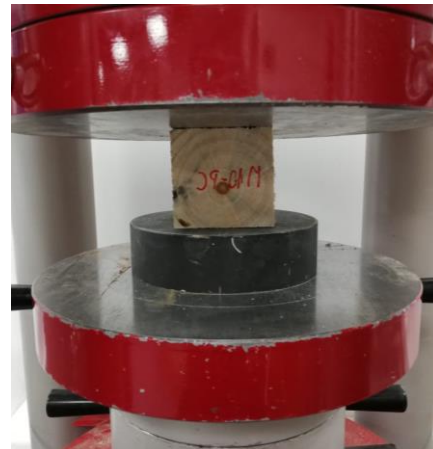
Ha sido fuente de motivación crear un modelo predictivo de las **características mecánicas de la madera bajo estos escenarios**, mediante el tratamiento térmico, permitiéndonos evidenciar y analizar su comportamiento

# Ensayos



Para el modelo estadístico se utilizó la metodología de superficie de respuesta, que es utilizada como un método de optimización de diversos sistemas.

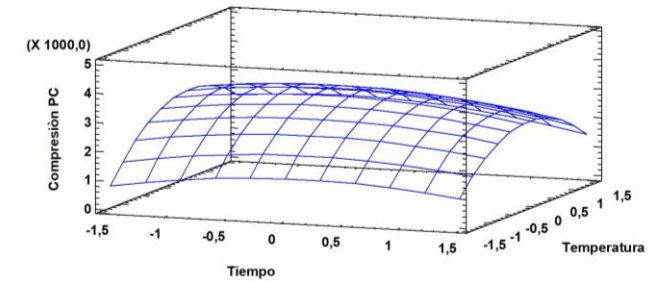
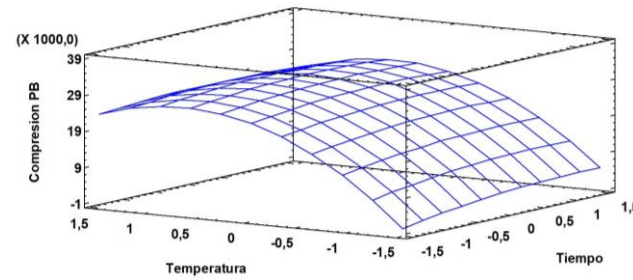
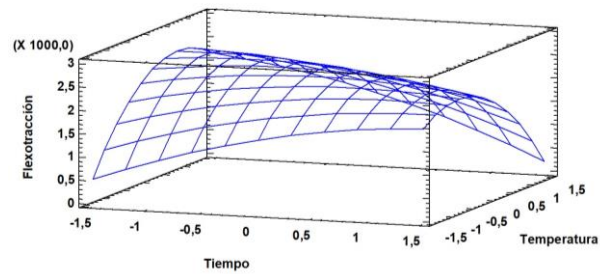
Su principal objetivo es optimizar la superficie de respuesta que se ve influenciada por los parámetros y consiste en una colección de métodos estadísticos y matemáticos.



El modelo Box-Behnken consiste en un diseño de segundo orden esférico, giratorio o casi giratorio, que se basa en el diseño factorial de tres niveles, este consiste en un punto central y puntos medios en los bordes de un cubo.



# Resultados

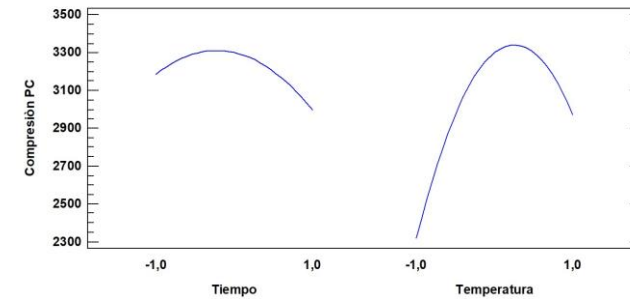
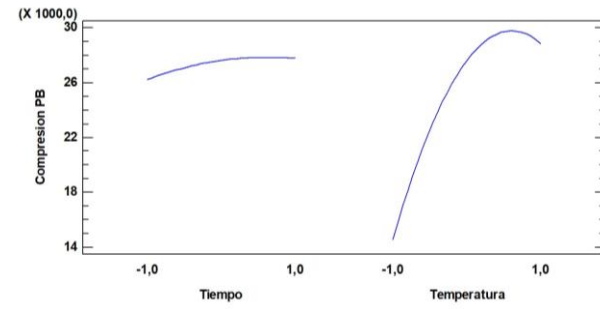
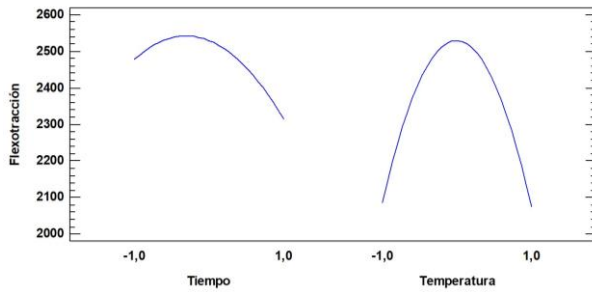


La grafica de superficie de respuesta estimada, nos muestra el comportamiento de las variables en el proceso.

Las menores resistencias se alcanzan a temperaturas extremas (-20 y 155 ° C), y el máximo de resistencia mecánica se alcanza en la temperatura promedio cercana a los 90 ° C.

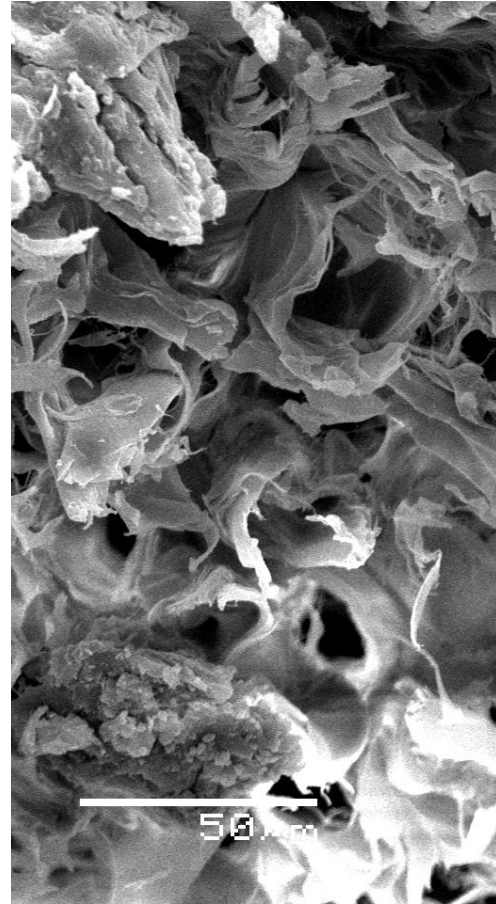


# Resultados



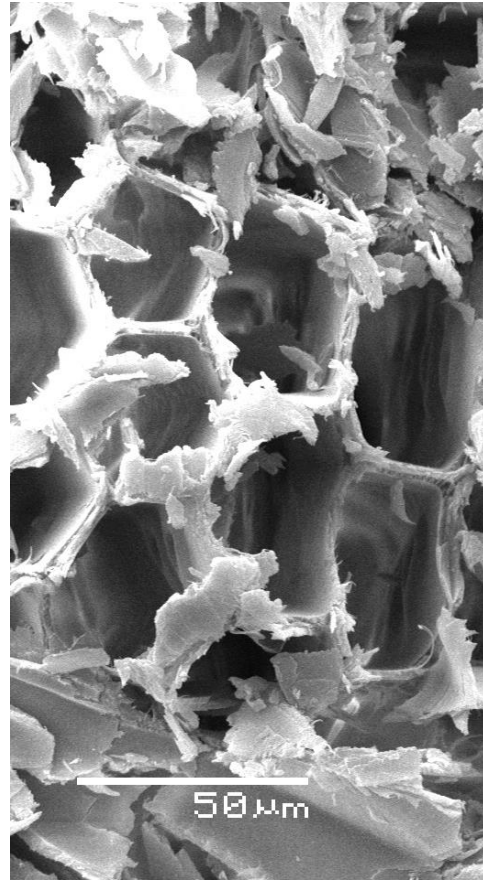
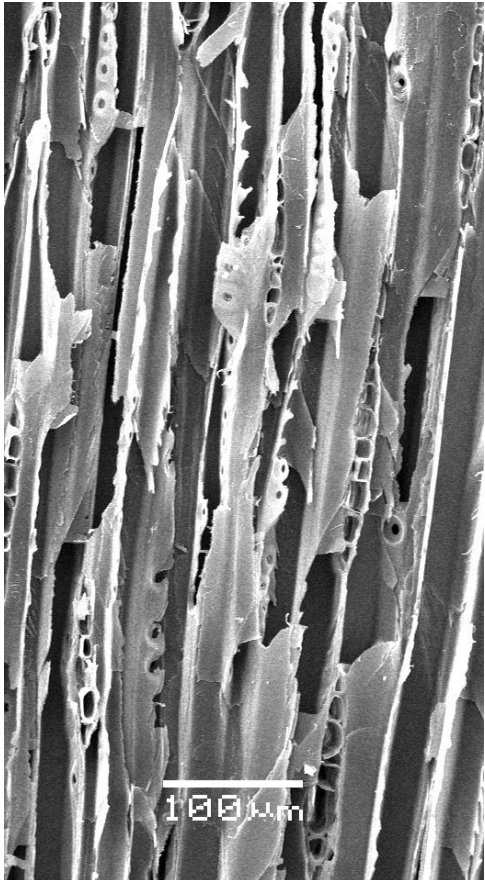
La grafica de efectos principales, se emplea para examinar las diferencias entre las medias de nivel para los efectos de los factores de tiempo y temperatura. Donde se comprueba que, se obtiene una mayor resistencia a una temperatura promedio y a cortos periodos de tiempo.

# Resultados



A temperaturas iguales o inferiores a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  se origina el proceso de **cristalización del agua extracelular en la madera**. Este proceso provoca un daño que se manifiesta cuando la temperatura del tejido de la estructura del árbol cae por debajo de un valor crítico (dato no especificado) que **conduce a una situación fisiológica irreversible o al funcionamiento incorrecto de las células de la madera.**

# Resultados



1. **Corte tangencial, (sobre 150 °C) se observa:**

- **Colapso del parénquima radio medular en algunos tramos, y desprendimiento de algunas paredes de las traqueidas, especialmente en aquellas que contienen punteaduras seriadas.**

2. **Corte transversal, Se aprecia:**

- **Conservación de la estructura del xilema y de la unión entre elementos de las paredes celulares de los elementos conductores.**
- **Desprendimientos menores de punteaduras.**

# Conclusiones

- El **tratamiento térmico** efectuados sobre la madera, **influye en la disminución de las propiedades mecánicas y altera la composición química**, independiente al tiempo a la cual permanece expuesta la madera.
- La **degradación de los componentes** de la madera, podría ser sólo consecuencia de las **temperaturas por sobre los 70 °C**.
- La exposición a **temperaturas bajo los 0 °C no altera su composición química, pero sí afecta a sus propiedades mecánicas**, debido a la formación de cristales de hielo (intracelular y extracelular), segregando y colapsando las paredes celulares de la madera.
- La madera de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, frente a la de *Pinus radiata* D. Don, es **tres veces** superior en esfuerzos a flexotracción, **dos veces** superior en compresión paralela a la fibra y **cuatro veces** superior en compresión perpendicular a la fibras de la madera