

# NORMALIZACIÓN DE LA MADERA DE PINO PONDEROSA

## Un paso esencial para su uso en la construcción de viviendas

Gonzalo Caballé<sup>1\*</sup>, Alfredo Guillaumet<sup>2</sup>, Juan Pablo Diez<sup>1</sup>, Alejandro Martínez-Meier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTA - EEA Bariloche, Área Forestal, Laboratorio de Ecología, Ecofisiología y Madera (LEEMA)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto

Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles (GIDEC)

\*caballe.gonzalo@inta.gob.ar

---

**El pino ponderosa, la especie forestal más plantada en Norpatagonia, acaba de ser incorporada en los Suplementos del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (INTI-CIRSOC 601) y por lo tanto tiene el aval normativo para la construcción de viviendas. Así, su madera puede ser utilizada como material estructural en planes de viviendas u obras particulares, generando importantes circuitos económicos en la región.**

---

### Introducción

El pino ponderosa es la especie más usada en forestaciones en Patagonia Norte, con alrededor de 96 mil hectáreas implantadas en Neuquén, Río Negro y Chubut. Luego de cuatro años de trabajo conjunto entre instituciones del ámbito público y privado, se logró incorporar su madera al Reglamento Argentino de Estructuras de Madera elaborado por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para ser utilizada como material estructural en edificaciones.

El reglamento INTI-CIRSOC 601 entró en vigencia en 2016 con la intención de presentar una normativa nacional clara para el diseño de estructuras de madera y promover su uso en construcción. Presenta todas las disposiciones y requisitos relativos al comportamiento mecánico de las estructuras de madera. Brinda un marco reglamentario

obligatorio para el diseño estructural con madera manteniendo los mismos principios utilizados en otros reglamentos CIRSOC; como el Reglamento Argentino de Estructuras de Acero CIRSOC 301 o el Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201. El Reglamento se ajusta a la situación del país en cuanto al tipo de secciones comúnmente empleadas y comercializadas y a las especies forestales más utilizadas (pino elliotti, pino taeda, eucaliptus grandis, álamo). Asimismo, involucra el uso estructural para componentes de madera aserrada, madera laminada encolada y otros productos derivados de la madera.

En 2018 la Secretaría de Vivienda y Hábitat del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Viviendas de la Nación emitió la resolución 3-E/2018 que reconoce por primera vez al entramado de madera (Figura 1) como sistema de construcción tradicional, colocando a la madera en igualdad de condiciones respecto al hormigón o el acero. A partir de ese momento, los entes ejecutores que

financian soluciones habitacionales están habilitados para presentar proyectos de viviendas con entramado de madera si las especies utilizadas están incorporadas en el CIRSOC 601. Por lo tanto, la inclusión del pino ponderosa en el Reglamento CIRSOC 601 permitirá el empleo de esta especie en planes de viviendas nacionales, provinciales o municipales, e incluso en obras particulares, sin la necesidad de solicitar un certificado de aptitud técnica (CAT).

## El proceso de inscripción

El proceso de inscripción de una especie nueva al Reglamento CIRSOC 601 debe cumplir con ciertos requisitos. El primero es definir la población objeto de estudio (especie y procedencia), luego ensayar su madera en base a normas vigentes y finalmente proponer un método de clasificación según valores característicos de las propiedades físicas y mecánicas.



Figura 1: Sistema constructivo de entramado en madera.

En nuestra región, la promoción de la actividad forestal basada en especies exóticas de rápido crecimiento comenzó en la década del '70 pero fue con los regímenes de promoción implementados durante la década del '90 (Dec. N 2773/92 y Ley 25.080/99) cuando la actividad logró cierto desarrollo. Por este motivo, aproximadamente el 70 % de la superficie forestada se encuentra en edad de raleo comercial (20-30 años) siendo escasa la superficie en turno de corta final (Figura 2).

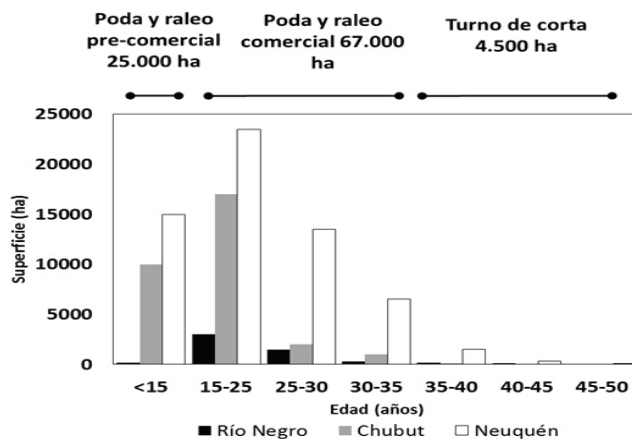


Figura 2: Distribución en clases de edad de las forestaciones con pino ponderosa establecidas en Neuquén, Río Negro y Chubut (Actualizado a 2019 a partir de Loguercio y Deccechis 2006).

Consecuentemente, para realizar la inscripción del pino ponderosa en el Reglamento CIRSOC 601 se optó por seleccionar forestaciones en edad de raleo comercial, que son las que actualmente abastecen al mercado local. Se tuvo en cuenta también, que estuviesen ubicadas en sitios de calidad productiva II y III que representan la superficie mayoritaria. Teniendo en cuenta estas características, se seleccionaron tres forestaciones próximas a la ciudad de San Carlos de Bariloche ubicadas en la cuenca de Arroyo del Medio. En cada caso, se realizó una caracterización estructural evaluando la distribución de diámetros y altura de los árboles y luego se efectuó un raleo. El material obtenido del raleo fue enviado al Aserradero GW de San Carlos de Bariloche donde se procesaron las trozas para obtener tablas y vigas aserradas. Finalmente, el material aserrado se envió al laboratorio del Grupo de Investigación

y Desarrollo de Estructuras Civiles (GIDEC) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto, donde se realizaron los ensayos destructivos de caracterización.

La aptitud de la madera para uso estructural se define en la normativa nacional e internacional a partir de la densidad y de dos propiedades mecánicas: la resistencia y la rigidez. Los valores de resistencia y de rigidez se obtienen a partir de un ensayo destructivo a flexión. Se coloca una muestra de madera apoyada en dos puntos cercanos a sus extremos y en la zona central se aplica una carga que aumenta progresivamente hasta alcanzar la rotura de la muestra (Figura 3). La normativa establece que en este ensayo se empleen muestras de madera de tamaño comercial, incluyendo todos sus defectos. Es decir, en las mismas condiciones en las que luego será empleada en una construcción.

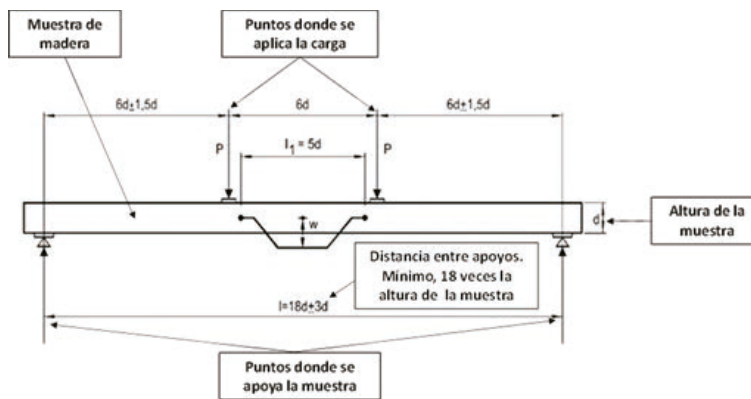


Figura 3: Esquema e imagen del ensayo estático a flexión según Norma UNE-EN 408.  $w$ : deformación (mm),  $P$ : carga (kg).

En el caso del pino ponderosa, para realizar los ensayos de flexión se rompieron 440 muestras repartidas en diferentes escuadrías, desde tablas de 1x4 pulgadas hasta tirantes de 2x6 pulgadas, en todos los casos en largos superiores a 2,5 m. Los ensayos se realizaron siguiendo las Normas Españolas UNE-EN 384 (2010) y UNE-EN 408 (2012) que son similares a las Normas Argentinas IRAM 9663 (2013) y 9664 (2013). Antes de realizar las roturas, se efectuó un relevamiento de las singularidades (dimensión de los nudos, dimensión de los anillos de crecimiento, presencia de médula, inclinación de las fibras y rajaduras, entre otros) de cada muestra de madera en base a los lineamientos de la Norma IRAM 9662-3 (2015) de clasificación visual de las tablas por resistencia. Como resultado de estos ensayos, se obtuvo para cada muestra, un valor de resistencia de rotura en flexión,

llamada también Módulo de Rotura (MOR) y el Módulo de Elasticidad (MOE). Los valores de MOR y MOE se relacionaron posteriormente con las singularidades que presentaba cada muestra.

### Características estructurales de la madera de pino ponderosa

Realizados los ensayos sobre todas las muestras, se logró agrupar a la madera de pino ponderosa en tres clases. La Clase 1, que conforma la clase de mayor calidad estructural, representó aproximadamente el 15 % del total de la muestra ensayada. La Clase 2, con características estructurales de menor prestación, representó un 47 % de la muestra y el resto quedó comprendido en una clase no estructural para usos de vista (D, machimbre o revestimientos internos) (Tabla 1).

Tabla 1: Propiedades mecánicas y densidad para cada clase

Clase	MOR				MOE			Densidad			Cantidad
	$f_{m,m}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,075}^{(1)}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,k}^{(2)}$ N/mm <sup>2</sup>	COV %	$E_{m,g,m}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{m,05}$ N/mm <sup>2</sup>	COV %	$\rho_m$ Kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{05}$ Kg/m <sup>3</sup>	COV %	
1	28,8	18,9	14,4	35	6321	4097	32	382	341	11	41
2	17,1	9,6	8,2	35	4596	2303	30	392	337	10	132
D	16,0	7,8	6,6	36	4312	1986	35	389	336	11	100

$f_{m,m}$ : valor medio de la resistencia a la flexión.  $f_{m,075}$ : percentil 7,5 % de la resistencia a la flexión.  $f_{m,k}$ : valor característico de la resistencia a la flexión ajustado por el tamaño de la muestra (IRAM 9664 2013).  $E_{m,g,m}$ : valor medio del módulo de elasticidad global.  $E_{m,05}$ : percentil 5 % del módulo de elasticidad global, COV: coeficiente de variación expresado en %.  $\rho_m$ : valor medio de la densidad.  $\rho_{05}$ : percentil 0,05 % de la densidad. n: número. 1: clase 1. 2: clase 2. D: descarte, piezas que no califican en las clases 1 y 2. La resistencia a la flexión está ajustada a la altura de 150 mm (IRAM 9664 2013). El Módulo de Elasticidad y la densidad están ajustados a un contenido de humedad del 12 % (IRAM 9664 2013).

<sup>(1)</sup> Para la resistencia a flexión se determinó el percentil 7,5 % en lugar del 5 %, de esta manera es posible corregir los efectos negativos que originó la ubicación de los defectos siempre en la zona traccionada.

<sup>(2)</sup> Para obtener el valor característico se aplicó el ajuste por tamaño de muestra (Ks) que establece la norma IRAM 9664 (2013), para la clase 1 se determinó un  $K_s=0,77$ , para la clase 2 un  $K_s=0,85$  y para la clase D un  $K_s=0,84$ .

Las diferencias entre las clases de calidad estructural quedan definidas por los defectos o singularidades que presenta cada pieza. La nudosidad (tamaño y cantidad de nudos) fue uno de los factores con mayor efecto negativo sobre el MOR y el MOE. Así, aquellos nudos o conjuntos

de nudos que ocupan más de un tercio de la cara de la pieza, impiden que esa pieza alcance la Clase 1. Otra de las singularidades con gran importancia fue el espesor de los anillos de crecimiento. Anillos de crecimiento mayores a 12 mm tienen un efecto negativo sobre el MOE

y las piezas con estas características forman parte de la Clase 2. Si los nudos o conjunto de nudos ocupan más de dos tercios de la cara de la pieza o el ancho de los anillos de crecimiento es mayor a 16 mm, la pieza forma parte de la categoría D, no estructural, apta para usos de vista (Figura 4). Los valores admisibles y el método de clasificación

visual estructural de la madera del pino ponderosa se encuentran disponibles en el SUPLEMENTO 1 DEL REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA CIRSOC 601-2016 Edición 2020 (<https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/servicios-sectoriales/madera-y-muebles/cem>).



Figura 4: Tablas de pino ponderosa de la mejor calidad estructural y de calidad no-estructural. La tabla de clase 1 tiene nudos individuales menores a 1/3 del ancho de su cara, mientras que en la tabla de la clase D se observa la presencia de médula y los anillos de crecimiento de gran grosor.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la madera de pino ponderosa en edad de raleo comercial (20-30 años) es apta para su uso en construcción. Los valores de resistencia mecánica y densidad son algo inferiores a la madera de los pinos resinosos de Misiones (pino elliotti o taeda), siendo el MOE donde se dan las diferencias más notorias. En el futuro, cuando se utilice madera proveniente de ejemplares de mayor edad, estas diferencias serán inferiores o desaparecerán.

El déficit habitacional (nuevas viviendas, ampliaciones o mejoras) de las principales ciudades de la zona

cordillerana supera las 15 mil viviendas, con un crecimiento anual de 2.000 unidades. En una vivienda básica construida con madera se pueden emplear entre 5 y 10 m<sup>3</sup> de madera. Si parte del mencionado crecimiento anual del déficit se construyera con madera local de pino ponderosa, se podría generar un movimiento cercano a 20.000 m<sup>3</sup> anuales de madera, el equivalente a 2 años del “plan calor” de Bariloche, destino principal del pino ponderosa en la actualidad. Saltar del uso leñero al uso en construcción de viviendas, representaría un inmenso agregado de valor con gran impacto en el desarrollo local, multiplicando la creación de empleos de una manera genuina para un recurso que ya tenemos a disposición.

Bibliografía: Loguercio GA y Deccechis F (2006). Forestaciones en la Patagonia Andina: potencial y desarrollo alcanzado. Patagonia Forestal, XII(1):4-6 y XII(2):4-8.