



# CLASIFICACIÓN DE LA MADERA PARA FINES ESTRUCTURALES

Mónica Ruy

# CONTENIDO



MADERA ESTRUCTURAL



MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN



G.O. ACREMA



RESULTADOS PRELIMINARES

# MADERA ESTRUCTURAL



# MADERA ESTRUCTURAL



## norma española

UNE-EN 1995-1-1

Abril 2016

Versión corregida, Septiembre 2016

TÍTULO

Eurocódigo 5

Proyecto de estructuras de madera

Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación

### 3.2 Madera maciza

(1)P Las piezas de madera deben cumplir con la Norma EN 14081-1.

NOTA Las clases resistentes de la madera se indican en la Norma EN 338.

# MADERA ESTRUCTURAL



## norma española

UNE-EN 14081-1

Mayo 2016

### TÍTULO

Estructuras de madera

Madera estructural con sección transversal rectangular  
clasificada por su resistencia

Parte 1: Requisitos generales

## 5.1 Resistencia estructural

### 5.1.1 Generalidades

La resistencia estructural incluye el módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la resistencia al esfuerzo cortante y la densidad.

La madera estructural debe clasificarse visualmente según el apartado 5.1.2 o mecánicamente según el apartado 5.1.3, y debe tener valores característicos para la resistencia a la flexión, a la tracción, a la compresión, al esfuerzo cortante, de módulo de elasticidad y densidad, de acuerdo con el método especificado en el apartado 5.1.2 o 5.1.3. Los valores característicos deben determinarse según la Norma EN 384.

# MADERA ESTRUCTURAL



**UNE**  
Asociación Española

Norma Española  
**UNE-EN 338**

Noviembre 2016  
Versión corregida, Febrero 2017

Madera estructural  
Clases resistentes

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 56 Madera y corcho, cuya secretaría corresponde a TIM.

**AIMA**

## 1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma europea establece un sistema de clases resistentes de uso general en el marco de las normas de cálculo estructural.

Para cada clase citada en la Norma EN 14081-1 aporta los valores característicos de las propiedades de resistencia y rigidez y los valores de densidad.

Esta norma es de aplicación para todas las especies coníferas y frondosas de utilización estructural, dentro del objeto y campo de aplicación de la Norma EN 14081-1.



**Características  
VISUALES O  
MECÁNICAS**

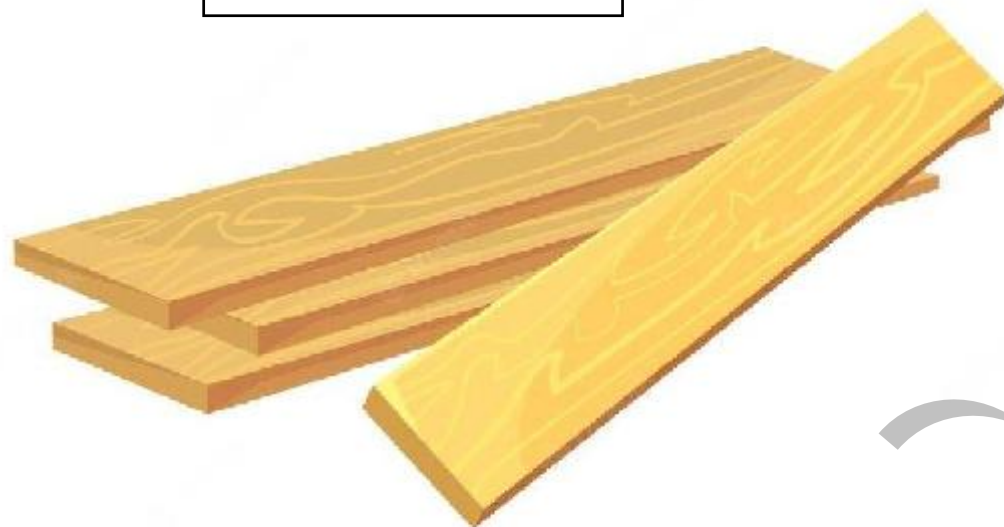


Tabla 1 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de exento; valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C33	C36	C39
Propiedades de resistencia en N/mm <sup>2</sup>												
Flexión	$f_{b,0}$	14	16	18	20	22	24	27	30	33	40	45
Trazo paralelo a la fibra	$f_{t,0}$	7,2	8,8	10	11,5	13	14,5	15,5	19	22,5	26	33,5
Trazo perpendicular a la fibra	$f_{t,90}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0}$	15	17	18	19	20	21	22	24	25	27	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90}$	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9
Corrosión	$f_{c,90}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Propiedades de rigidez en N/mm <sup>2</sup>												
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{0,050}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	6,7	7,4	8,0	8,4	9,0	9,7	10,3	11,0	11,7	12,4	14,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{0,050}$	0,28	0,27	0,28	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,42	0,47	0,53
Módulo de elasticidad medio	$E_{0,050}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,89	1,00
Densidad en kg/m <sup>3</sup>												
Densidad característica (5% percentil)	$\rho_{0,05}$	200	210	220	230	240	250	260	280	290	310	330
Densidad media	$\rho_{med}$	350	370	380	400	410	420	430	460	470	490	520





Tabla 1 - Clases restrictoras para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de exactos valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C33	C40	C45	C50
<b>Propiedades de resistencia en N/mm<sup>2</sup></b>													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	33	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	$f_{t,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	15	17	19	20	20	21	22	24	25	27	30	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	3,0	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	3,9
Carreacas	$f_{k1}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<b>Propiedades de rigidez en kN/mm<sup>2</sup></b>													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{m,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{m,0,05}$	5,7	6,1	6,0	6,1	6,7	7,1	7,7	8,0	8,7	9,1	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de elasticidad medio	$G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
<b>Densidad en kg/m<sup>3</sup></b>													
Densidad característico (5% percentil)	$\rho_k$	200	210	220	230	240	250	260	280	300	330	350	370
Densidad media	$\rho_{mean}$	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520



The diagram illustrates the process of wood classification. It starts with a circular icon on the left representing a forest. An arrow points from the forest to a stack of wood planks in the upper right. Another arrow points from the planks to a house icon in the lower right. A central text box contains the title.

**CLASIFICACIÓN  
VISUAL O MECÁNICA**

# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN VISUAL

**Medición de las singularidades** y características presentes en las piezas de madera, a partir de la cual se establece una **calidad visual** que se asigna a una **clase resistente**.



# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN VISUAL

### Características generales:

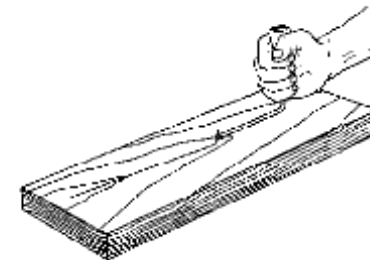
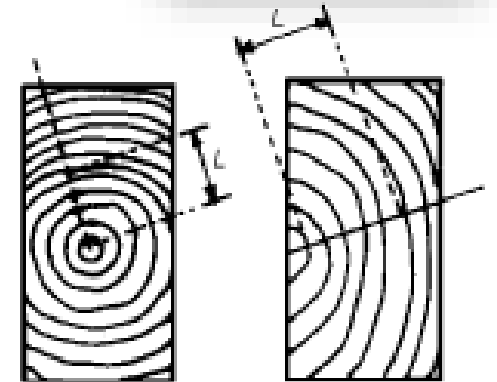
- contenido de humedad;
- densidad;
- dimensiones.

# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN VISUAL

### Singularidades ligadas a la anatomía de la madera:

- nudos;
- bolsas de resina;
- entrecasco;
- fendas;
- desviación de fibras;
- madera de reacción y juvenil;
- anillos de crecimiento.



# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN VISUAL

### Singularidades ligadas al aserrado de las piezas:

- gemas;
- médula.



### Alteraciones de tipo biológico

- hongos (azulado, pasmo, pudriciones, etc.);
- plantas parásitas (muérdago);
- insectos xilófagos.

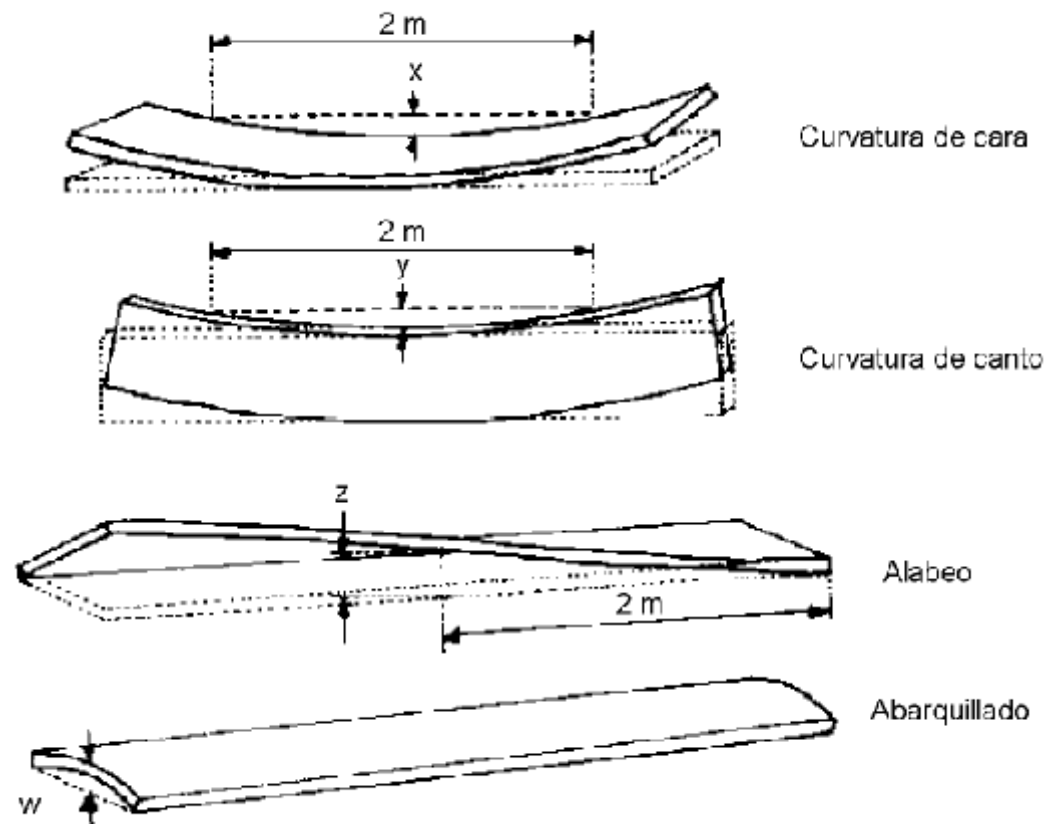
# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN VISUAL



### Deformaciones de las piezas

- curvatura de cara;
- curvatura de canto;
- abarquillado;
- alabeo.



CRITERIOS DE CALIDAD	ME-1	ME-2
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (b)	$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/3$ de "h"
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b)	$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO <sup>(1)</sup>		
Pino silvestre	$\leq 4$ mm	Sin limitación
Pino laricio	$\leq 3$ mm	Sin limitación
Pino gallego y pinaster	$< 8$ mm	Sin limitación
Pino insignis (radiata)	$< 10$ mm	Sin limitación
f	$f < 2/3$	$f < 3/5$
FENDAS	Las fendas de secado sólo se consideran si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m.	
De secado <sup>(2) (3)</sup>		
Rayo	No permitidas	
Heladura	No permitidas	
Abarrimiento	No permitidas	
ACEBOLLADURAS	No permitidas	
BOLSAS DE RESINA y ENTRECASCO	Se admiten si su longitud es menor o igual que 1,2 "h"	
MADERA DE COMPRESIÓN	Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
DESVIACIÓN DE LA FIBRA	1:10 (10%)	1:6 (16,7%)
GEMAS		
longitud	$< 1/4$ de "L"	$< 1/3$ de "L"
dimensión relativa	$g < 1/4$	$g < 1/3$
MÉDULA <sup>(4)</sup>	Admitida No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
ALTERACIONES BIOLÓGICAS		
- Múrdago ( <i>V. album</i> )	- No se admite	
- Azulado	- Se admite	
- Pudrición	- No se admite	
- Galerías de insectos xilófagos	- No se admiten	
DEFORMACIONES MÁXIMAS <sup>(4) (3) (1)</sup>		
- Curvatura de cara	10 mm (para una longitud de 2 m)	20 mm (para una longitud de 2 m)
Curvatura de canto	8 mm (para una longitud de 2 m)	12 mm (para una longitud de 2 m)
Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)
Abanquillado	sin limitación	sin limitación
<p>(1) Estos criterios sólo se consideran cuando se comercializa en húmedo.</p> <p>(2) Estos criterios no se consideran cuando la clasificación se efectúa en húmedo.</p> <p>(3) Reducidas a un 20% de contenido de humedad.</p> <p>(4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque pueden corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.</p>		





CRITERIOS DE CALIDAD	ME-1	ME-2
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (h)	$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/3$ de "h"
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b)	$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO <sup>(1)</sup>		
Pino silvestre	$\leq 4$ mm	Sin limitación
Pino laricio	$\leq 3$ mm	Sin limitación
Pino gallego y pinaster	$< 8$ mm	Sin limitación
- Pino insignis (radiata)	$< 10$ mm	Sin limitación
FENDAS	$f < 2/5$	$f < 3/5$
De secado <sup>(2) (3)</sup>	Las fendas de secado sólo se consideran si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m.	
Rayo	No permitidas	
Heladura	No permitidas	
Abatimiento	No permitidas	
ACEBOLLADURAS	No permitidas	
BOLSAS DE RESINA y ENTRECASCO	Se admiten si su longitud es menor o igual que 1,2 "h"	
MADERA DE COMPRESIÓN	Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
DESVIACIÓN DE LA FIBRA	1:10 (10%)	1:6 (16,7%)
GEMAS		
longitud	$< 1/4$ de "L"	$< 1/3$ de "L"
- dimensión relativa	$g < 1/4$	$g < 1/3$
MÉDULA <sup>(4)</sup>	Admitida No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
ALTERACIONES BIOLÓGICAS		
- Muerdago ( <i>V. album</i> )	- No se admite	
- Azulado	- Se admite	
- Pudrición	- No se admite	
- Galerías de insectos xilófagos	- No se admiten	
DEFORMACIONES MÁXIMAS <sup>(2) (3) (4)</sup>		
- Curvatura de cara	10 mm (para una longitud de 2 m)	20 mm (para una longitud de 2 m)
Curvatura de canto	8 mm (para una longitud de 2 m)	12 mm (para una longitud de 2 m)
Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)
Abanquillado	sin limitación	sin limitación

(1) Estos criterios sólo se consideran cuando se comercializa en húmedo.

(2) Estos criterios no se consideran cuando la clasificación se efectúa en húmedo.

(3) Efectuada a un 20% de contenido de humedad.

(4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque pueden corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.

Tabla 1 - Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm <sup>2</sup>													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	$f_{t,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	10	12	13	15	17	19	21	24	28	33	38	43
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Carreante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Propiedades de rigidez en kN/mm <sup>2</sup>													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{0,05,mean}$	9,0	9,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05,k}$	8,7	8,1	8,0	8,4	8,7	7,1	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{0,05,mean}$	0,23	0,27	0,29	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de elasticidad medio	$E_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad en kg/m <sup>3</sup>													
Densidad característica (5% percentil)	$\rho_k$	270	310	320	330	340	350	360	380	390	430	440	430
Densidad media	$\rho_{mean}$	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520



## ESPECIES RECOGIDAS EN NORMA (España)

Especie	Calidad visual	Clase resistente
<i>Pinus pinaster</i>	ME-1 / ME-2	C24 /C18
<i>Pinus radiata</i>	ME-1 / ME-2	C24 /C18
<i>Eucalyptus globulus</i>	MEF	D40
<i>Eucalyptus nitens</i>	MEF	C35/T24
<i>Castanea sativa</i>	MEF	D27



# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN MECÁNICA



Empleo de una **máquina** o **equipo de clasificación**, el cual determina la clase resistente de la madera a través de la **medición de sus propiedades** con diferentes técnicas (vibración, ultrasonidos, flexión)



# CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA

## CLASIFICACIÓN MECÁNICA



### Análisis de Vibración - Propiedad Indicadora (IP) - N/mm<sup>2</sup>

$$IP = \frac{(2f_0l)^2 \rho}{1 - 0,01(u - 12)} 10^{-6}$$

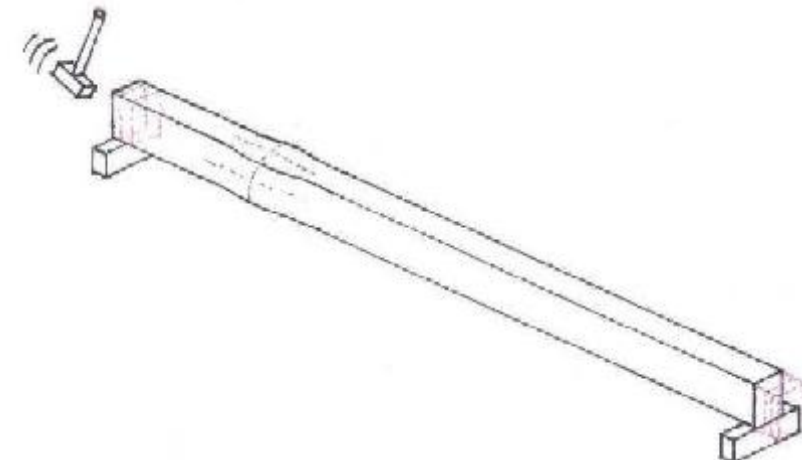
donde

$f_0$  es la frecuencia medida (primer modo de vibración longitudinal) en Hz;

$l$  es la longitud medida de la madera, en m;

$u$  es el contenido de humedad de la madera, en %;

$\rho$  es la densidad de la madera, en kg/m<sup>3</sup>;



# PROPIEDAD INDICADORA (IP)

Tabla 1 - Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C33	C40	C45	C50
<b>Propiedades de resistencia en N/mm<sup>2</sup></b>													
Tensión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	33	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	$f_{m,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{m,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
Carretera	$f_{k,0}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<b>Propiedades de rigidez en kN/mm<sup>2</sup></b>													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{m,0,med}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{m,0,k}$	4,7	5,1	6,0	6,4	6,7	7,1	7,7	8,0	8,7	9,1	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{m,90,med}$	0,28	0,27	0,29	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54
Módulo de corte medio	$G_{med}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
<b>Densidad en kg/m<sup>3</sup></b>													
Densidad característica (5% percentil)	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	$\rho_{med}$	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520



Tabla D.1 – Ajustes para las clases C basados en la frecuencia y en la densidad

Marca de procedencia <sup>a</sup>	Especies	Dimensiones de Madera autorizadas <sup>b</sup> (mm)	Clase o combinación de clases	Valor del modelo	Comentarios y requisitos complementarios
				IP	
AD, AL, AT, BA, BE, BG, BY, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FO, FR, GB, GI, GR, HR, HU, IE, IM, IS, IT, LI, LT, LU, LV, MC, MD, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, RU <sup>c</sup> , SE, SI, SK, SM, TR <sup>c</sup> , UA, VA	Picea <i>Picea abies</i> Abeto <i>Abies alba</i>	32 ≤ t <sub>n</sub> ≤ 55 85 ≤ b <sub>n</sub> ≤ 240 Área mínima de la sección de 3 600 mm <sup>2</sup>	C24	10 300	Requisitos de clasificación
			C18	9 660	Temperatura de la madera: > -10 °C.
			C24	11 600	Contenido de humedad:
			C18	9 660	<p>Cuando la máquina mide el contenido de humedad de cada pieza y ajusta los parámetros del modelo para determinar la clase.</p> <p>El contenido de humedad de cada pieza debe estar comprendido entre el 6% y el 22%.</p> <p>Cuando la máquina no mide el contenido de humedad, pero el operador introduce un valor medio del lote y la máquina ajusta en consecuencia los parámetros del modelo para determinar la clase.</p> <p>El valor medio del contenido de humedad del lote debe estar comprendido entre el 8% y el 22%, y ninguna pieza del lote puede desviarse en más de un 4% respecto a la media.</p> <p>Cuando no hay medición del contenido de humedad.</p> <p>El contenido de humedad de cada pieza debe estar comprendido entre el 8% y el 15%.</p> <p>o</p>

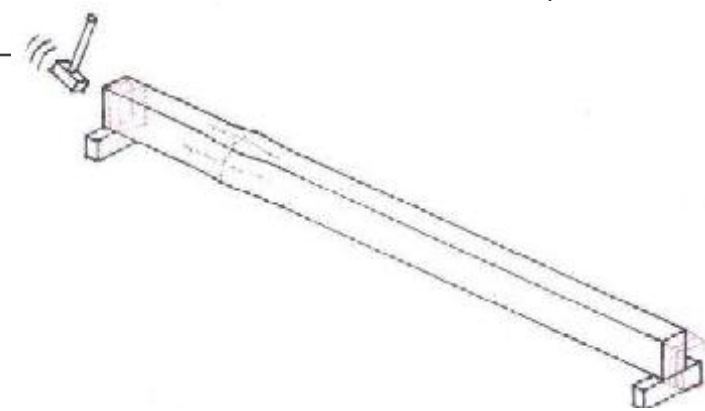


Tabla D.1 – Ajustes para las clases C basados en la frecuencia y en la densidad

Marca de procedencia <sup>a</sup>	Especies	Dimensiones de Madera autorizadas <sup>b</sup> (mm)	Clase o combinación de clases	Valor del modelo	Comentarios y requisitos complementarios
				IP	
AD, AL, AT, BA, BE, BG, BY, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FO, FR, GB, GI, GR, HR, HU, IE, IM, IS, IT, LI, LT, LU, LV, MC, MD, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, RU <sup>c</sup> , SE, SI, SK, SM, TR <sup>c</sup> , UA, VA	<i>Picea</i> <i>Picea abies</i> Abeto <i>Abies alba</i>	32 ≤ t <sub>n</sub> ≤ 55 85 ≤ b <sub>n</sub> ≤ 240 Área mínima de la sección de 3 600 mm <sup>2</sup>	C24	10 300	Requisitos de clasificación Temperatura de la madera: > -10 °C. Contenido de humedad: Cuando la máquina mide el contenido de humedad de cada pieza y ajusta los parámetros del modelo para determinar la clase. El contenido de humedad de cada pieza debe estar comprendido entre el 6% y el 22%. Cuando la máquina no mide el contenido de humedad, pero el operador introduce un valor medio del lote y la máquina ajusta en consecuencia los parámetros del modelo para determinar la clase. El valor medio del contenido de humedad del lote debe estar comprendido entre el 8% y el 22%, y ninguna pieza del lote puede desviarse en más de un 4% respecto a la media. Cuando no hay medición del contenido de humedad. El contenido de humedad de cada pieza debe estar comprendido entre el 8% y el 15%. 0
			C18	9 660	
			C24	11 600	
			C18	9 660	

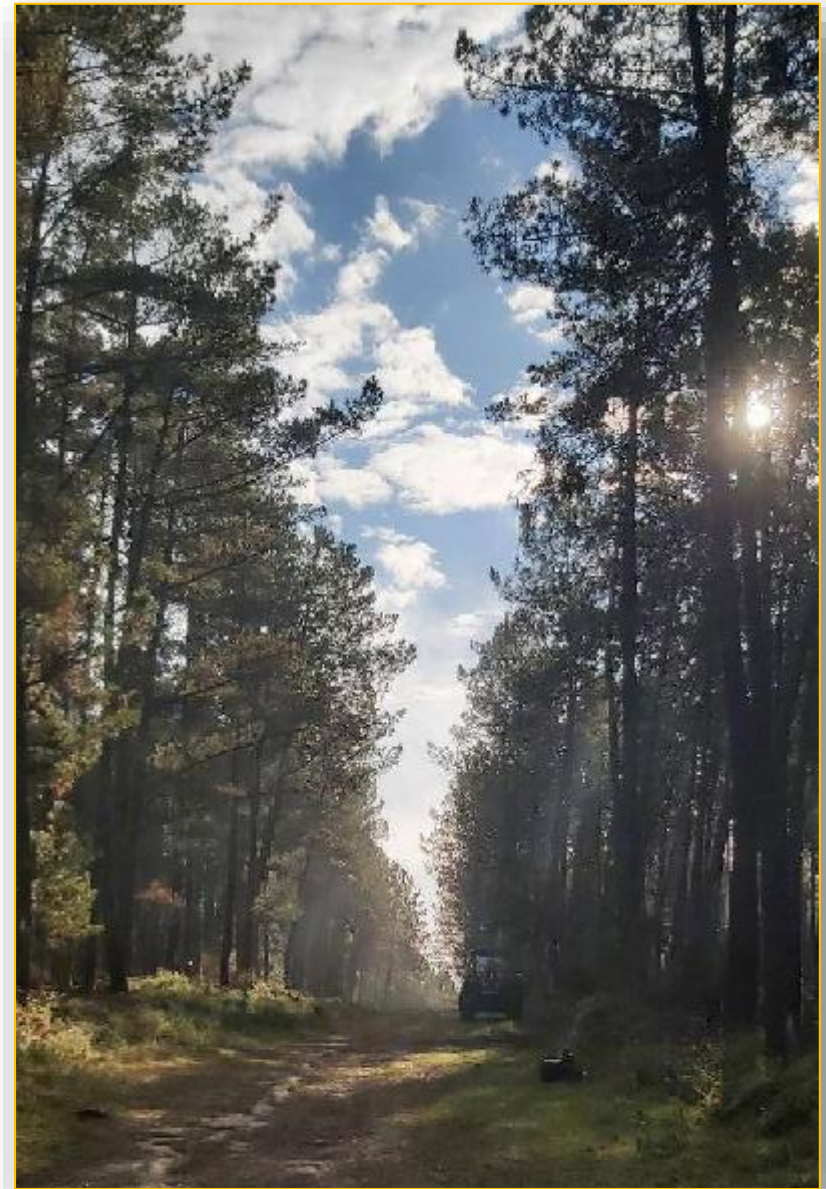
Tabla 1. Clases resistentes para maderas suizas basadas en ensayos de flexión de cuatro valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm <sup>2</sup>													
Flexión	f <sub>m,k</sub>	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	f <sub>t,k</sub>	7,0	8,0	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	f <sub>90,k</sub>	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	f <sub>0,k</sub>	15	17	18	19	20	21	22	23	25	27	29	30
Compresión perpendicular a la fibra	f <sub>90,k</sub>	2,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,1
Carácter	f <sub>0,10</sub>	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
Propiedades de rigidez en kN/mm <sup>2</sup>													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	E <sub>0,05,m</sub>	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% sobrevuelo)	E <sub>0,05,k</sub>	4,7	5,1	6,0	6,6	6,7	7,1	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	E <sub>0,05,m,90</sub>	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,42	0,47	0,50	0,53
Módulo de corchete medio	G <sub>0,05,m</sub>	0,44	0,50	0,52	0,57	0,63	0,67	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad en kg/m <sup>3</sup>													
Densidad característica (5% sobrevuelo)	ρ <sub>k</sub>	290	310	320	350	340	350	360	380	390	400	420	430
Densidad media	ρ <sub>med</sub>	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520



G.O. ACREMA

**ADAPTACIÓN DE LA ACTIVIDAD RESINERA  
A MASAS DE PINO CON FINES  
PRODUCTORES MADEREROS**



## ¿ACTIVIDAD RESINERA?



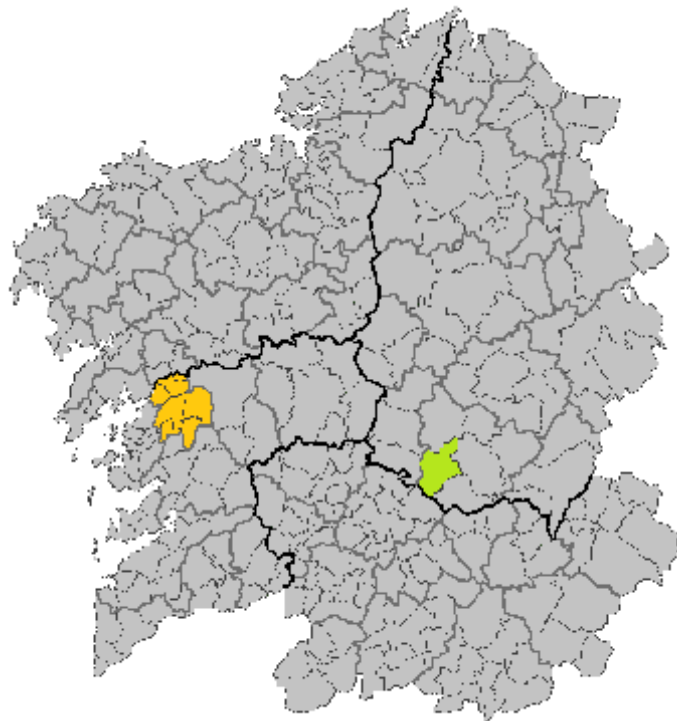
# OBJETIVO

## COMPATIBILIZAR LA PRODUCCIÓN DE **RESINA** CON LA PRODUCCIÓN DE **MADERA** DE CALIDAD PARA USO **ESTRUCTURAL**



# ACTIVIDADES

Identificación de material, aserrado, secado y elaboración del plan de ensayos (**finalizado**)

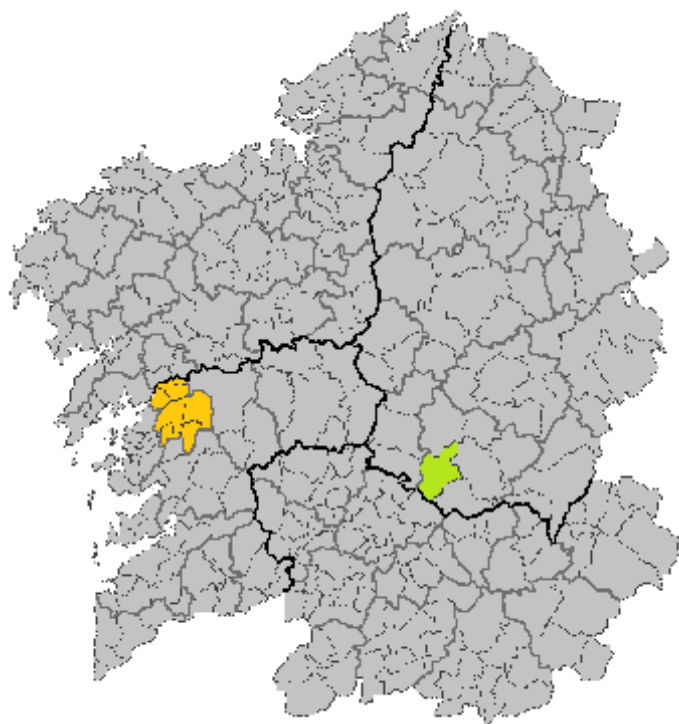


Localización de las parcelas de Pinus pinaster objetos de estudio.  
Amarillo: Caldas de Rei. Verde: Pantón.



# ACTIVIDADES

Identificación de material, aserrado, secado y elaboración del plan de ensayos (**finalizado**)



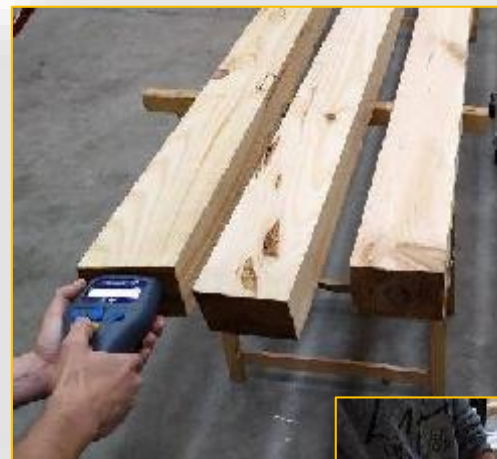
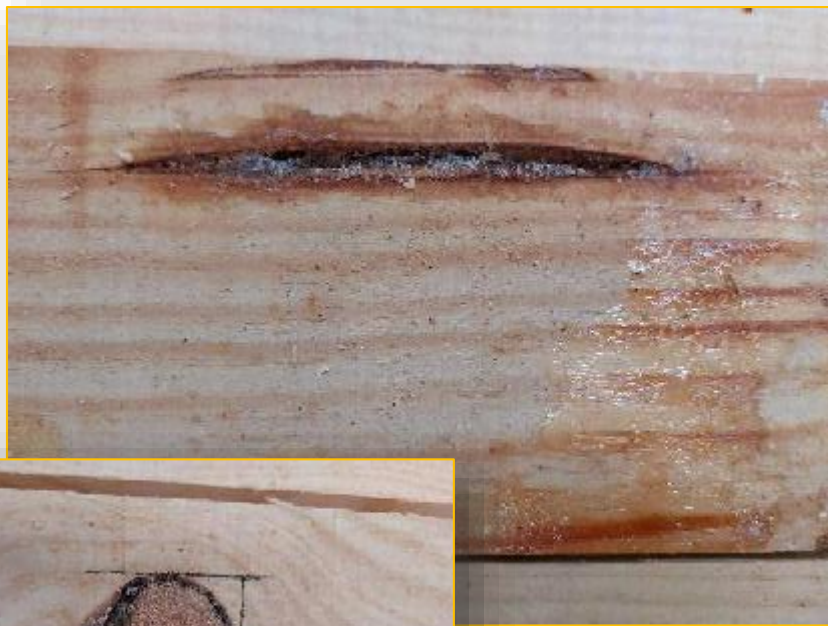
# ACTIVIDADES

Identificación de material, aserrado, secado y elaboración del plan de ensayos **(finalizado)**



# ACTIVIDADES

Acondicionamiento del material, clasificación visual y ensayos no destructivos (**finalizado**)



# ACTIVIDADES

Ensayos mecánicos destructivos (en proceso)





# ACTIVIDADES

## Ensayos mecánicos destructivos (en proceso)

Tabla 1 – Clases resistentes para maderas cumbreras basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C11	C16	C18	C20	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
<b>Propiedades de resistencia en N/mm<sup>2</sup></b>												
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	24	27	30	35	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	$f_{t,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	15	17	18	19	20	21	22	24	26	27	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	3,0
Caricaste	$f_{k,car}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,3	4,0	4,0
<b>Propiedades de rigidez en kN/mm<sup>2</sup></b>												
Módulo de elasticidad medio en tensión paralela a la fibra	$E_{0,05,par}$	7,0	8,0	9,2	9,6	10,6	11,0	11,6	13,0	14,0	16,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en tensión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05,k,par}$	4,7	5,4	6,2	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{0,05,perp}$	0,28	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37	0,38	0,40	0,48	0,50	0,53
Módulo de elasticidad medio	$G_{med}$	0,44	0,50	0,56	0,57	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	1,00
<b>Densidad en kg/m<sup>3</sup></b>												
Densidad característica (5% percentil)	$\rho_k$	390	316	326	330	340	350	360	380	390	410	430
Densidad media	$\rho_{med}$	360	370	380	370	370	370	370	370	370	370	370



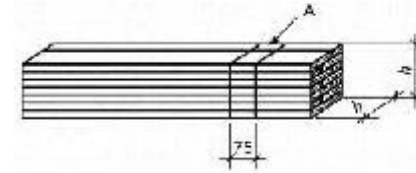
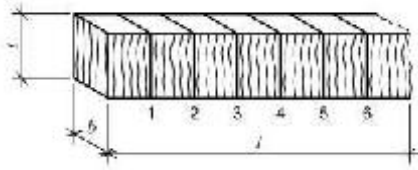
# ACTIVIDADES

Fabricación de productos laminados y estudio del encolado (a continuación)



# ACTIVIDADES

Fabricación de productos laminados y estudio del encolado (a continuación)



**Cortante de línea de cola**



**Ensayos de delaminación**

# RESULTADOS PRELIMINARES

PIES RESINADOS				
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	10190	10997	49	573
Desv. Est.	1756	2089	12	26
C.V.	17,23%	18,99%	24,93%	4,58%

PIES NO RESINADOS (testigos)				
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	9914	10450	50	573,0
Desv. Est.	1628	1761	10	25
C.V.	16,42%	16,86%	20,34%	4,39%

## RESULTADOS PRELIMINARES

COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS INTERVALO DE CONFIANZA	
MOE <sub>GLOBAL</sub>	-340,604; 893,633
MOE <sub>LOCAL</sub>	-156,369; 1250,85
MOR	-5,05406; 3,05865
densidad	-9,65271; 9,65271

Quando el **intervalo de confianza** para la diferencia entre las medias contiene el valor 0, **no existe una diferencia estadísticamente significativa** entre las medias de las dos muestras al 95,0% de nivel de confianza.

# RESULTADOS PRELIMINARES

## COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS

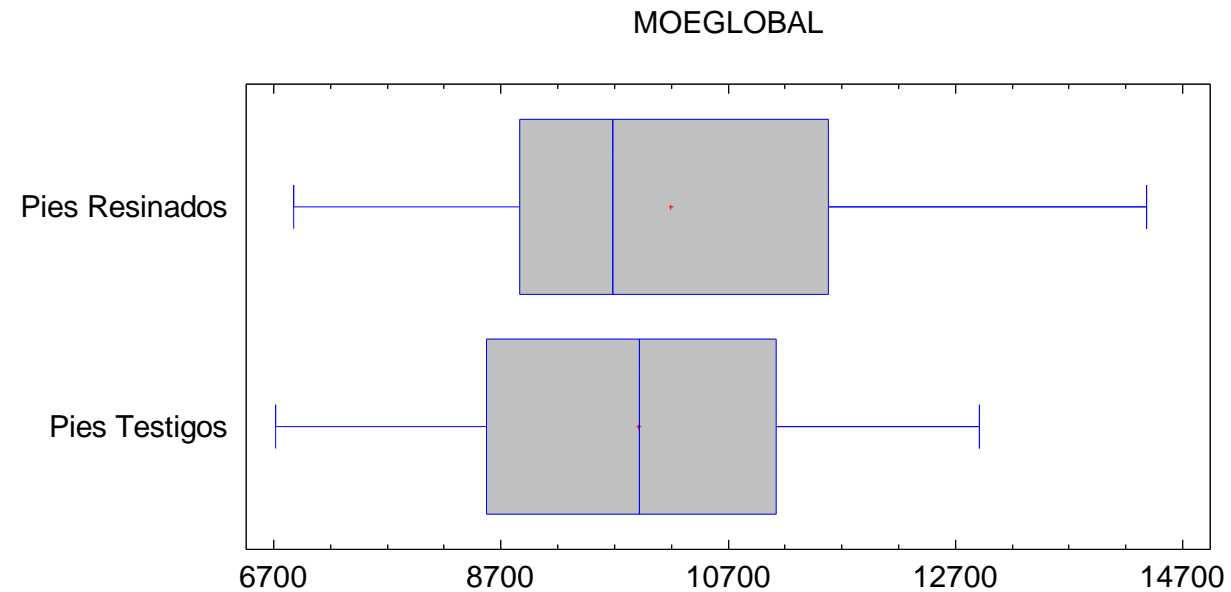
### INTERVALO DE CONFIANZA

$MOE_{GLOBAL}$  -340,604; 893,633

$MOE_{LOCAL}$  -156,369; 1250,85

MOR -5,05406; 3,05865

densidad -9,65271; 9,65271



# RESULTADOS PRELIMINARES

## COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS

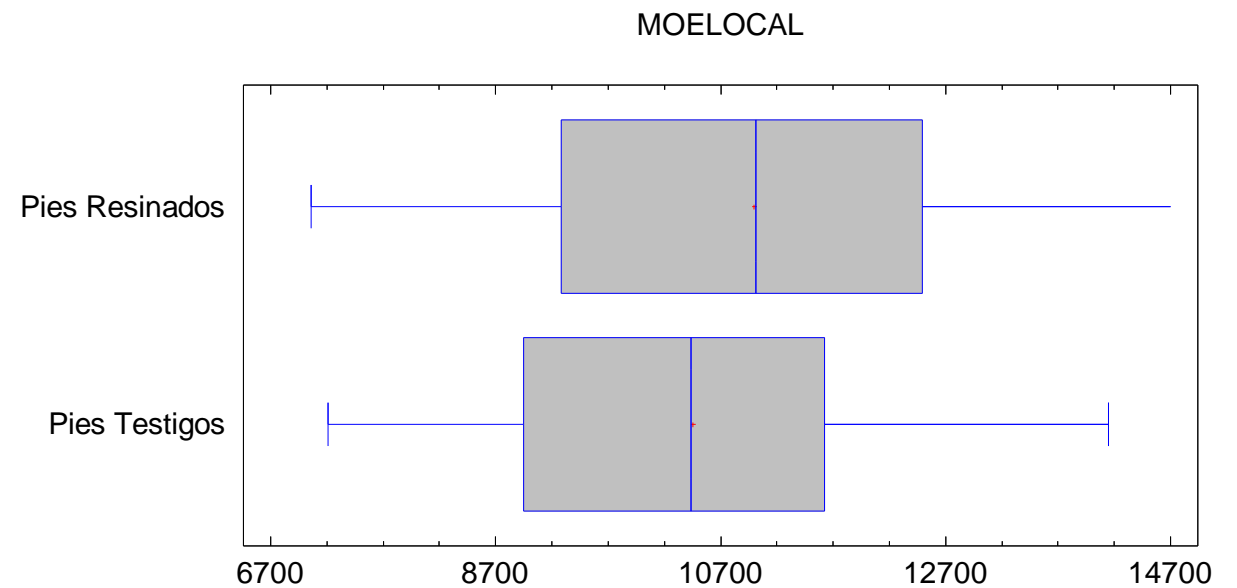
### INTERVALO DE CONFIANZA

$MOE_{GLOBAL}$  -340,604; 893,633

$MOE_{LOCAL}$  -156,369; 1250,85

MOR -5,05406; 3,05865

densidad -9,65271; 9,65271



# RESULTADOS PRELIMINARES

## COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS

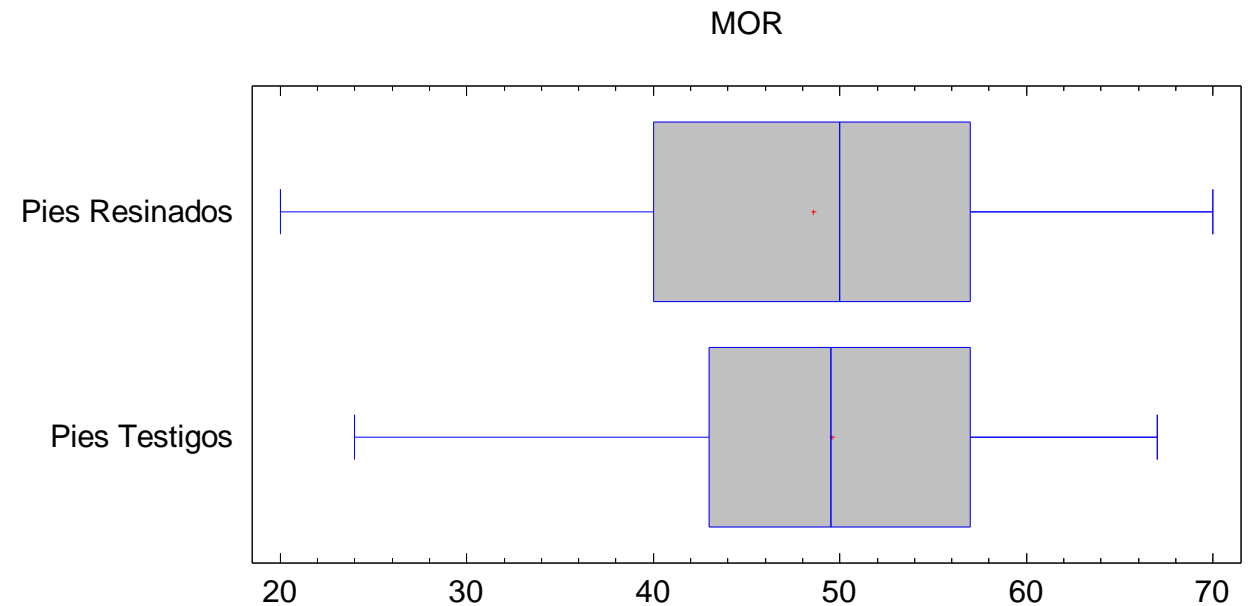
### INTERVALO DE CONFIANZA

$MOE_{GLOBAL}$  -340,604; 893,633

$MOE_{LOCAL}$  -156,369; 1250,85

MOR -5,05406; 3,05865

densidad -9,65271; 9,65271





# RESULTADOS PRELIMINARES

## COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS

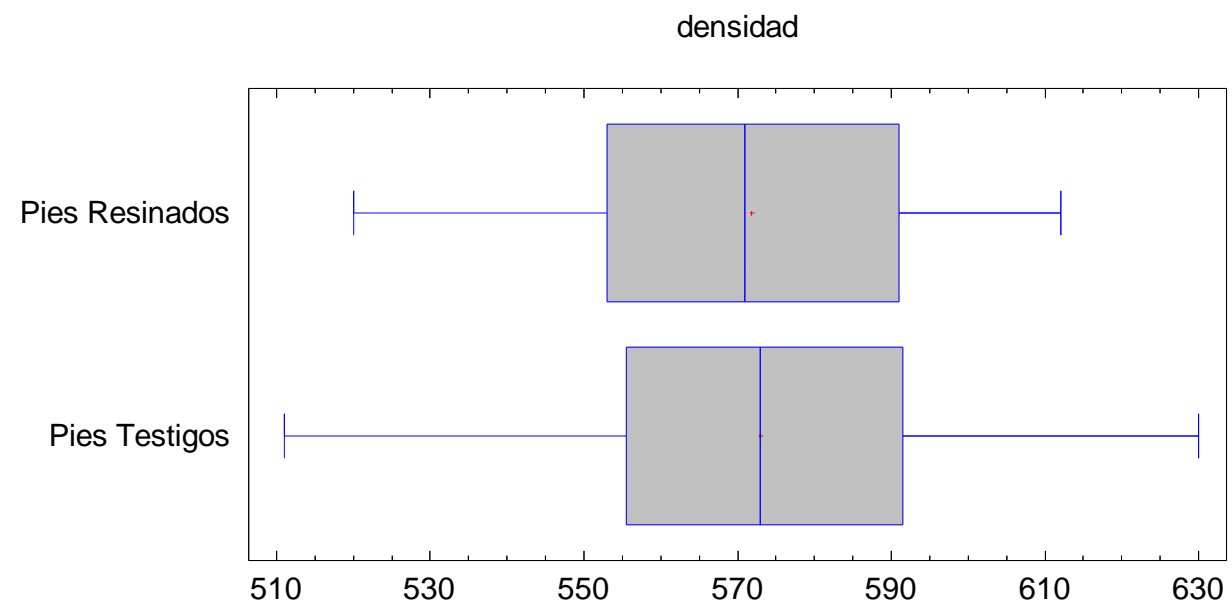
### INTERVALO DE CONFIANZA

$MOE_{GLOBAL}$  -340,604; 893,633

$MOE_{LOCAL}$  -156,369; 1250,85

MOR -5,05406; 3,05865

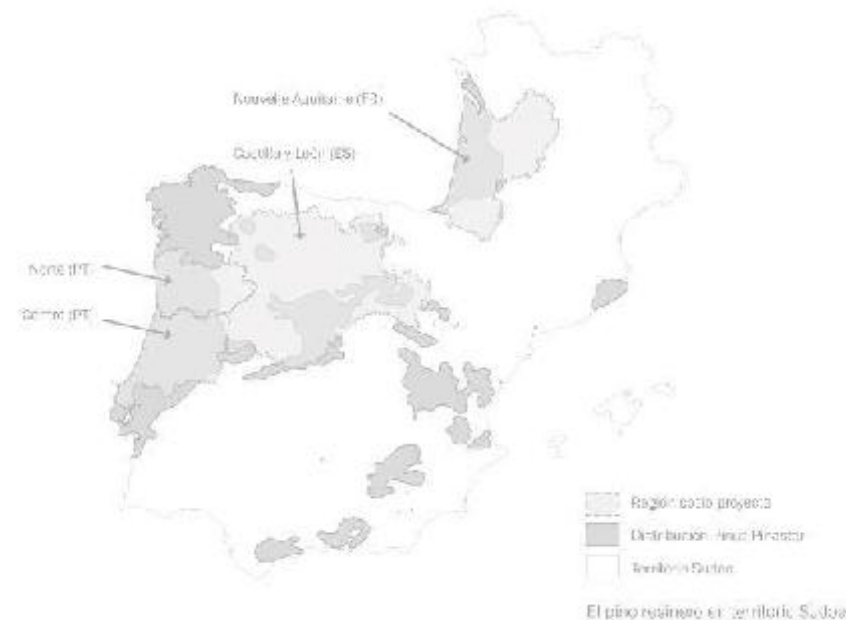
densidad -9,65271; 9,65271



# RESULTADOS PRELIMINARES

**TABLA 1: RESULTADOS COMPARACIÓN PROPIEDADES FÍSICAS RESINADAS VS NO RESINADAS**

Variable	Unidades	No resinadas	Resinadas
Nº de piezas	--	51	42
Contenido de humedad	%	13,3 (1,4)	13,9 (1,2)
Densidad al 12%	Kg/m <sup>3</sup>	481 (38)	565 (106)
Resistencia a Flexión	N/mm <sup>2</sup>	35,1(10,2)	34,3 (13,7)
Elasticidad Local	kN/mm <sup>2</sup>	9,4 (1,9)	9,1 (2,4)
Elasticidad Global	kN/mm <sup>2</sup>	9,6 (1,9)	9,1 (1,7)



• **Résultats des caractéristiques intrinsèques aux planches**

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Masse volumique moyenne	kg/m <sup>3</sup>	568	570
Teneur en humidité (séchage)	%	11,3	13,2

• **Résultats des tests sur les propriétés mécaniques des bois**

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Dureté Brinell	MPa	27,3	24,2
Module d'élasticité moyen ramené à 12%	MPa	10 869	11 058
Contrainte de rupture moyenne en flexion	MPa	44,0	50,4
PosiTest (avant vieillissement)	MPa	5,8	5,8
PosiTest (après 3 semaines de cycle QUV)	MPa	3,9	3,1

# RESULTADOS PRELIMINARES

**TABLA 1: RESULTADOS COMPARACIÓN PROPIEDADES FÍSICAS RESINADAS VS NO RESINADAS**

Variable	Unidades	No resinadas	Resinadas
Nº de piezas	—	51	42
Contenido de humedad	%	13,3 (1,4)	13,9 (1,2)
Densidad al 12%	Kg/m <sup>3</sup>	481 (38)	565 (106)
Resistencia a Flexión	N/mm <sup>2</sup>	35,1 (10,2)	34,3 (13,7)
Elasticidad Local	kN/mm <sup>2</sup>	9,4 (1,9)	9,1 (2,4)
Elasticidad Global	kN/mm <sup>2</sup>	9,6 (1,9)	9,1 (1,7)

• Résultats des caractéristiques intrinsèques aux planches

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Masse volumique moyenne	kg/m <sup>3</sup>	568	570
Teneur en humidité isométrique	%	11,3	13,2

• Resultats des tests sur les propriétés mécaniques des bois

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Dureté Brinell	MPa	27,3	24,2
<b>Module d'élasticité moyen ramené à 12%</b>	<b>MPa</b>	<b>10 809</b>	<b>11 056</b>
Contrainte de rupture moyenne en flexion	MPa	44,0	30,4
PosiTest (avant vieillissement)	MPa	5,8	5,8
PosiTest (après 3 semaines de cycle QUV)	MPa	3,9	3,1

	PIES RESINADOS			
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	10190	10997	49	573
Dev. Est.	1756	2089	12	26
C.V.	17,23%	18,99%	24,93%	4,58%

	PIES NO RESINADOS			
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	9914	10450	50	573,0
Dev. Est.	1628	1761	10	25
C.V.	16,42%	16,86%	20,34%	4,39%

# RESULTADOS PRELIMINARES

**TABLA 1: RESULTADOS COMPARACIÓN PROPIEDADES FÍSICAS RESINADAS VS NO RESINADAS**

Variable	Unidades	No resinadas	Resinadas
Nº de piezas	—	51	42
Contenido de humedad	%	13,3 (1,4)	13,9 (1,2)
Densidad al 12%	Kg/m <sup>3</sup>	481 (38)	565 (106)
<b>Resistencia a Flexión</b>	<b>N/mm<sup>2</sup></b>	<b>35,1(10,2)</b>	<b>34,3 (13,7)</b>
Elasticidad Local	kN/mm <sup>2</sup>	9,4 (1,9)	9,1 (2,4)
Elasticidad Global	kN/mm <sup>2</sup>	9,6 (1,9)	9,1 (1,7)

• **Résultats des caractéristiques intrinsèques aux planches**

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Masse volumique moyenne	kg/m <sup>3</sup>	568	570
Teneur en humidité isométrique	%	11,3	13,2

• **Resultats des tests sur les propriétés mécaniques des bois**

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Dureté Brinell	MPa	27,3	24,2
Module d'élasticité moyen ramené à 12%	MPa	10 869	11 058
<b>Contrainte de rupture moyenne en flexion</b>	<b>MPa</b>	<b>44,0</b>	<b>50,4</b>
PosiTest (avant vieillissement)	MPa	5,8	5,8
PosiTest (après 3 semaines de cycle QUV)	MPa	3,9	3,1

	PIES RESINADOS			
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	10190	10997	49	573
Desv. Est.	1756	2089	12	26
C.V.	17,23%	18,99%	24,93%	4,58%

	PIES NO RESINADOS			
	MOE <sub>GLOBAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOE <sub>LOCAL</sub> N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Media	9914	10450	50	573,0
Desv. Est.	1628	1761	10	25
C.V.	16,42%	16,86%	20,34%	4,39%

# RESULTADOS PRELIMINARES

**TABLA 1: RESULTADOS COMPARACIÓN PROPIEDADES FÍSICAS RESINADAS VS NO RESINADAS**

Variable	Unidades	No resinadas	Resinadas
Nº de piezas	—	51	42
Contenido de humedad	%	13,3 (1,4)	13,9 (1,2)
<b>Densidad al 12%</b>	<b>Kg/m³</b>	<b>481 (38)</b>	<b>565 (106)</b>
Resistencia a Flexión	N/mm²	35,1 (10,2)	34,3 (13,7)
Elasticidad Local	kN/mm²	9,4 (1,9)	9,1 (2,4)
Elasticidad Global	kN/mm²	9,6 (1,9)	9,1 (1,7)

• Résultats des caractéristiques intrinsèques aux planches

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Masse volumique moyenne	kg/m³	568	570
Teneur en humidité isométrique	%	11,3	13,2

• Résultats des tests sur les propriétés mécaniques des bois

Variable	Unité	Pin gemmé	Pin non-gemmé
Dureté Brinell	MPa	27,3	24,2
Module d'élasticité moyen ramené à 12%	MPa	10 869	11 058
Contrainte de rupture moyenne en flexion	MPa	44,0	30,4
PosiTest (avant vieillissement)	MPa	5,8	5,8
PosiTest (après 3 semaines de cycle QUV)	MPa	3,9	3,1

## PIES RESINADOS

	MOEGLOBAL N/mm²	MOELOCAL N/mm²	MOR N/mm²	Densidad kg/m³
Media	10190	10997	49	573
Dev. Est.	1756	2089	12	26
C.V.	17,23%	18,99%	24,93%	4,58%

## PIES NO RESINADOS

	MOEGLOBAL N/mm²	MOELOCAL N/mm²	MOR N/mm²	Densidad kg/m³
Media	9914	10450	50	573,0
Dev. Est.	1628	1761	10	25
C.V.	16,42%	16,86%	20,34%	4,39%

# CONCLUSIÓN PRELIMINAR



**COMPATIBILIZAR LA PRODUCCIÓN DE RESINA CON LA  
PRODUCCIÓN DE MADERA DE CALIDAD PARA USO  
ESTRUCTURAL**

28/2/2022





¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Mônica Ruy  
m.ruy@usc.es



Unión Europea  
Fondo Europeo Agrícola  
de Desarrollo Rural  
Sociedad rural que trabaja para el futuro



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN



**PNDR**  
Programa Nacional  
de Desarrollo Rural  
2014-2020