



OBJETIVO 4 – FUENTE DE VERIFICACIÓN 3

INFORME FINAL DE RESULTADOS Y ASIGNACIÓN DE UNA CLASE
RESISTENTE PARA LA MADERA DE PINO RESINADA DE ACUERDO CON LA
NORMA UNE-EN 338.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA,
Y ALIMENTACIÓN



PNDR
Programa Nacional
de Desarrollo Rural
2014-2020

INTRODUCCIÓN

El *Pinus pinaster* es una especie fundamental para el abastecimiento de la industria de transformación en todo el arco atlántico.

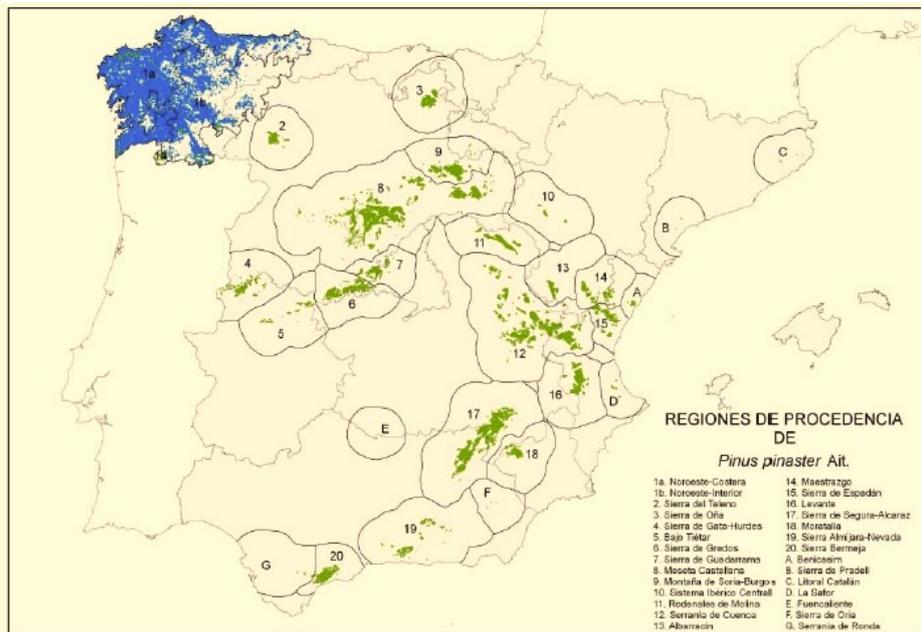


Figura 1. Regiones de procedencia para la especie *Pinus pinaster* (Alía et al. 2009).

La expansión de la especie en Galicia empieza en el siglo XVIII, sin embargo, no es hasta finales del siglo XIX cuando empieza a aumentar significativamente su superficie ocupada, derivada de las crecientes necesidades de la industria forestal, principalmente aserraderos, favoreciendo así la actividad repobladora. Hoy en día esta especie es utilizada para la mayoría de las repoblaciones de coníferas efectuadas en Galicia, ocupando un total de 217.281 ha de superficie según el 4º IFN (MARM, 2011).

De manera general, las repoblaciones de *P. pinaster* en Galicia están destinadas al sector maderero (Rodríguez Soalleiro *et al.*, 2007), que es una gran red que involucra a diversos actores dentro de la cadena de producción, desde pequeños propietarios, hasta pymes (aserraderos) y grandes empresas, todos beneficiados por el consumo sostenible. A pesar del recurso económico que suponen las masas forestales, el aprovechamiento maderero es una de las actividades más afectadas por los incendios forestales, unido además a diferentes plagas y enfermedades forestales, que en el último tiempo suponen un problema agravado a los incendios producidos fuera de capacidad de extinción, lo cual repercute en un desanimo por parte del inversor forestal, del pequeño silvicultor y de los comuneros, originando un aumento del abandono forestal (Calvo Silvana *et al.*, 2018).

La incorporación de actividades complementarias (la recolección de frutos, hierbas medicinales, o la obtención de resina y miel) a la explotación maderera puede representar una mejora de la gestión y conservación de los montes, además de permitir generar actividades económicas periódicas creando un valor social añadido a las poblaciones beneficiadoras de dichos productos (Picos *et al.*, 2019). Una de las actividades complementarias recogidas para Galicia en el Decreto 73/2020, del 24 de abril, es el aprovechamiento resinero sobre tres especies de pino (*Pinus pinaster* Ait., *Pinus radiata* D. Don y *Pinus nigra* Arnold) antes del turno de corta. En este contexto, surge el interés de incluir la actividad resinera como un servicio ecosistémico añadido a la gestión de los montes gallegos, inicialmente planteados con un único aprovechamiento maderero.

El *Pinus pinaster* es la especie española del género que mejor se adapta al aprovechamiento resinero, principalmente por su elevada productividad y facilidad de extracción del producto.

La práctica de la resinación ha sido una actividad de gran importancia durante siglos en el medio rural español, caracterizada por la extracción de una sustancia natural y renovable (resina) (Martínez Chamorro, 2016), que da origen a diferentes sustancias (trementina y colofonia) aplicables en numerosos productos

de ámbito cotidiano, como en fragancias, sabores, gomas, en el caso de la trementina, y en fabricación de pinturas, adhesivos o materiales aislantes, en el caso de la colofonia (Martínez Carreira, 2021).

Aunque represente una actividad que tiene como objetivo añadir valor al monte, en Galicia, la resinación aún es una actividad residual, solo implementada en pequeñas áreas. El aprovechamiento resinero en la comunidad gallega presenta una serie de debilidades que dificultan el desarrollo del sector, desde la escasa disponibilidad de trabajadores en el oficio, pasando por el rechazo de los propietarios forestales ante los posibles efectos del aprovechamiento resinero en la calidad de la madera, hasta la falta de confianza por parte de la industria transformadora debido a posibles problemas en el manejo tecnológico del material (Camacho Rios, 2013). Dicha preocupación derivó, en las últimas décadas, en el desarrollo de diferentes estudios, con el objetivo de evaluar la posibilidad de compatibilización de la producción maderera con el aprovechamiento resinero. En las décadas de los 50 y 60 el Centro de Investigación Forestal de Lourizán (CIF Lourizán) llevó a cabo las primeras experiencias de resinación en Galicia, analizando su viabilidad económica y la compatibilidad con el aprovechamiento maderero.

El proyecto europeo SustForest Plus, llevado a cabo por iniciativas tanto públicas como privadas de España, Francia y Portugal, surgió con el objetivo general de resolver los retos que experimentaba el sector resinero en estos tres países. Uno de los objetivos específicos del proyecto fue evaluar la calidad de la producción de madera resinada para uso estructural, a través de la comparación de las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus pinaster* procedente de árboles resinados frente a madera procedente de árboles sin resinar (Fundación CESEFOR, 2019). El estudio concluyó que la resinación no produce pérdidas en las propiedades mecánicas (resistencia y rigidez) de la madera. En relación con el parámetro de densidad, sin embargo, se observa un aumento del valor en la madera procedente de pies resinados, lo que podría significar aportaciones positivas desde un punto de vista estructural. De manera general, el proyecto SustForest obtuvo valores característicos de las propiedades resistentes de la madera resinada dentro del rango esperado para la madera de *Pinus pinaster* española (EN 1912).

Objetivo

Considerando los aspectos mencionados, el presente Informe referente a la Fuente de Verificación 1 del Objetivo 4 del Grupo Operativo ACREMA tiene como objetivo presentar los resultados de clasificación visual y mecánica (aplicación de métodos no destructivos) a tablas de *Pinus pinaster* procedentes de pies resinados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado en los análisis presentados en el presente informe se obtuvo en dos parcelas de *Pinus pinaster* ubicadas en Galicia: Pantón, en la provincia de Lugo, y Caldas de Reis, en la provincia de Pontevedra. En cada parcela había disponibles pies que pasaron por proceso de resinación y pies que no pasaron (pies testigos).

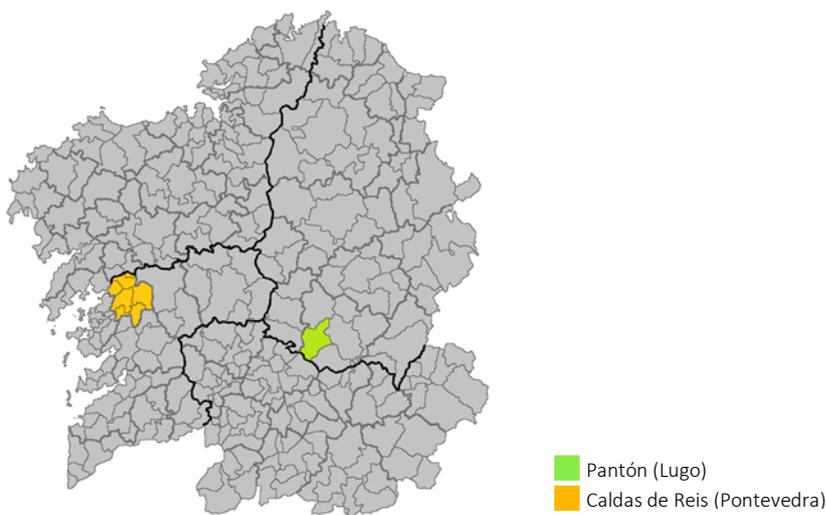


Figura 2. Localización de las parcelas de *Pinus pinaster* objeto de estudio en este proyecto.

Se ensayaron un total de 240 piezas de cuatro submuestras diferentes, definidas en la Tabla 1. Para los análisis de los resultados se consideraron dos poblaciones: tablas procedentes de pies resinados (Muestras 01 y 03) y de pies testigos (Muestras 02 y 04). Previamente a los procesos de clasificación visual y ensayos mecánicos, las tablas se acondicionaron en un ambiente con temperatura y humedad controlados hasta alcanzar la humedad de equilibrio (12%).

Tabla 1. Muestra, procedencia y tamaño del muestreo.

Procedencia	Árbol de Origen	Muestra	Nº de Piezas
Panton	Resinado	01	60
	Testigo	02	60
Caldas de Rei	Resinado	03	60
	Testigo	04	60

Clasificación Visual

Las piezas se calificaron visualmente de acuerdo con los criterios desglosados en la Tabla 2. Estos criterios cumplen con los requisitos de las limitaciones por características reductoras de resistencia (EN 14081-1: 2019) y se refieren a los establecidos en Norma UNE 56544 para la madera estructural de coníferas de calidad visual ME-2.

Tabla 2 Especificaciones para la clasificación visual de la madera de coníferas con sección rectangular.

CRITERIOS DE CALIDAD		
Nudos		
Diámetro sobre la cara (h)		$d \leq 1/2$ de h
Diámetro sobre el canto (b)		$d \leq 2/3$ de b
Anchura máxima del anillo de crecimiento		No se admiten
Fendas	De secado	$f \leq 3/5$ Sólo se consideran si su longitud es mayor que 1 metro o $1/4$ de L
	De rayo, heladura o abatimiento	No se admiten
Acebolladuras		No se admiten
Bolsas de resina y entrecasco		Se admiten si su longitud es menor o igual que $1,5 \times h$
Desviación de la fibra		1:6 (16,7%)
Gemas		
	a longitud	$\leq 1/3$ de L
	a dimensión relativa	$g \leq 1/3$
Médula		
Alteraciones biológicas		
	Muérdago (V. álbum)	No se admite
	Azulado	Admitido
	Pudrición	No se admiten
	Galerías de insectos xilófagos	No se admiten
Deformaciones		
	Curvatura de cara	20 mm (para una longitud de 2 m)
	Curvatura de canto	12 mm (para una longitud de 2 m)
	Alabeo	2 mm (para una longitud de 2 m y por cada 25 mm de "h")
	Abarquillado	Admitido

La os criterio presentados en la Tabla 2 cumplen con los requisitos impuestos por el Anexo A de la Norma EN 14081-1 (2019). La medición de características se realiza de acuerdo con la Norma EN1309-3 (2018).

Ensayos mecánicos y cálculos

Los ensayos de caracterización mecánica se han realizado en el laboratorio de la Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural (PEMADE), en Lugo, de acuerdo con los requisitos de la Norma EN 408 (2011). Las pruebas se realizaron desde junio de 2022 hasta noviembre de 2022.

Las probetas, simplemente apoyadas, se cargaron a flexión sobre dos puntos simétricos. La carga se aplicó con una velocidad constante. La velocidad de avance de la cabeza de carga nunca superó los (0,003 h) mm/s. El dispositivo de carga utilizado permitió la medición de la fuerza con una precisión del 1% de la carga aplicada a la probeta. Se determinó el módulo de elasticidad global. Para ello se midió la deformación w en el centro del borde traccionado.

Se trazaron los gráficos de carga/deformación utilizando los datos obtenidos durante los ensayos. De los ensayos a flexión se obtienen valores de módulo de elasticidad y resistencia. Se calcula el módulo de elasticidad local a flexión ($E_{m,l}$) según la Ecuación 1:

$$E_{m,l} = \frac{al_1^2(F_2 - F_1)}{16l(w_2 - w_1)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- a** es la distancia entre el punto de carga y el apoyo más próximo, en mm;
- l** es la luz del ensayo, en mm;
- F₂ - F₁** es el incremento de carga en newtons en la recta de regresión con un coeficiente de correlación de 0,99 o mejor;
- w₂ - w₁** es el incremento de la deformación correspondiente a F₂ - F₁, en mm.

Se calcula la resistencia a flexión (f_m) según la Ecuación 2:

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

- a** es la distancia entre el punto de carga y el apoyo más próximo, en mm;
- F** es la máxima carga, en N;
- b** es la menor dimensión de la sección transversal, en mm;
- h** es la mayor dimensión de la sección transversal, en mm.

Para las piezas con ancho inferiores a 150 mm y densidad menor o igual a 700 kg/m³ fue necesario ajustar los valores de resistencia a flexión dividiendo por un factor de corrección (k_h), calculado según la Ecuación 3.

$$k_h = \text{Min} \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^2, 1,3 \right\} \quad \text{Ecuación 3}$$

Una vez realizados los ensayos a flexión, se determinó la densidad (ρ) y la humedad de las probetas sobre rebanadas extraídas de cada una de ellas. Cada una de las rebanadas fue tomada de la sección completa, sin incluir singularidades tales como nudos, corteza o bolsas de resina. Se pesaron las rebanadas inmediatamente después de haberlas tomado y a continuación se introdujeron en la estufa a una temperatura de 103±2°C. Se mantuvieron en la estufa, realizando pesadas, hasta que la diferencia de masa entre dos pesadas sucesivas realizadas en un intervalo de 2 horas fuera menor del 0,1% (EN 13183-1/2002).

Los valores de módulo de elasticidad y de densidad se corrigieron a las condiciones de humedad de referencia (12%), establecidas en la norma EN 384 (2016), de forma individual, según las ecuaciones 4 y 5:

$$E_{m,0,12\%} = E_{m,0,u}(1 + 0,01(u - u_{ref})) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\rho_{12\%} = \rho_u(1 - 0,005(u - u_{ref})) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- E_{m,0}** es el módulo de elasticidad en flexión;
- ρ** es la densidad;
- u** es el contenido de humedad en el momento del ensayo (8% ≤ u ≤ 18 %);
- u_{ref}** es el contenido de humedad de referencia (u_{ref} = 12%).

El valor característico se determinó a un nivel de confianza del 75%, según EN 14358 (2016). Se realizó el cálculo paramétrico del percentil 5. Los datos de resistencia a la flexión presentaron distribución lognormal y los datos de densidad presentaron distribución normal.

Los valores característicos de los parámetros utilizados para la designación de clases de resistencia (EN 338) se calcularon a partir de los percentiles 5 de los valores de resistencia a la tracción ($f_{05,i}$) y densidad ($\rho_{05,i}$) y el valor medio del módulo de elasticidad (\bar{E}_i), de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma EN 384 (Ecuaciones 6, 7 y 8).

$$f_{t,0,k} = \min \left(1, 2f_{05,i,\min}; \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i f_{05,i}}{n} \right) * k_n \quad \text{Equation 6}$$

Donde:

$f_{05,i}$	es el valor del 5º percentil de la resistencia de la submuestra i ;
$f_{05,i,\min}$	es el menor valor del 5º percentil de las resistencias de las i submuestras;
n	es el número de submuestras;
n_i	es el número de probetas de la submuestra i ;
n_s	es el número total de probetas;
k_n	es el factor de ajuste del número de submuestras ¹ .

$$E_{0,mean} = (\min (1, 1\bar{E}_{i,\min}; \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i \bar{E}_i}{n}) * k_n) / 0,95 \quad \text{Equation 7}$$

Donde:

\bar{E}_i	es el valor medio del módulo de elasticidad de la submuestra i ;
$\bar{E}_{i,\min}$	es el menor valor medio del modulo de elasticidad de las i submuestras.

$$\rho_k = \min \left(1, 1\rho_{05,i,\min}; \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i \rho_{05,i}}{n} \right) * k_n \quad \text{Equation 8}$$

Donde:

$\rho_{05,i}$	es el valor del 5º percentil de la densidad de la submuestra i ;
$\rho_{05,i,\min}$	es el menor valor del 5º percentil de las densidades de las i submuestras.

¹ Aunque hayan sido estudiadas apenas 2 submuestras de cada población (madera procedente de pies resinados y de pies no resinados), se considera k_n como 1 pues el objetivo del informe es comparar resultados de las poblaciones y no definir una nueva clase para la especie (*Pinus pinaster*).

RESULTADOS

Clasificación visual

La Tabla 3 y la Tabla 4 presentan un resumen de los resultados obtenidos por la clasificación visual de las tablas de *Pinus pinaster*, según los criterios establecidos en la Tabla 2.

Tabla 3. Número y porcentaje de tablas clasificadas como madera estructural (ME-2) y de rechazos para la población de tablas procedentes de pies resinados.

Sub-SAMPLE	ME	Rejected
	nº (%)	nº (%)
Muestra 01	42 72%	16 28%
Muestra 03	24 40%	36 60%
Total	66 56%	52 44%

Los datos referentes a la población de tablas procedentes de pies resinados (Tabla 3) indican un rechazo medio del 44% de toda la muestra, variando entre el 28% (Muestra 01) y el 60% (Muestra 03). En general los rechazos se dieron debido a presencia de nudos.

Tabla 4. Número y porcentaje de tablas clasificadas como madera estructural (ME-2) y de rechazos para la población de tablas procedentes de pies testigos.

Sub-SAMPLE	ME	Rejected
	nº (%)	nº (%)
Muestra 02	49 84%	9 16%
Muestra 04	24 40%	36 60%
Total	73 62%	45 38%

Para la población de tablas procedentes de pies testigos (Tabla 4), hubo un rechazo medio de 38% de toda la muestra, variando entre el 16% (Muestra 01) y el 60% (Muestra 03). Los rechazos se dieron debido a presencia de nudos, como en el caso de las tablas de tablas resinadas. Para las dos poblaciones, se aprecian diferencias significativas entre los resultados obtenidos en las dos parcelas de estudio (Pantón y Caldas de Reis), sin embargo, el comportamiento de las muestras resinada y testigo es muy semejante. En el Anexo A se presentan las distribuciones de nudos en la zona crítica de ensayo para las dos poblaciones.

Mechanical testing and determination of characteristic values

La **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** y la Tabla 6 muestran los valores característicos de la resistencia y el módulo de elasticidad a flexión y de la densidad obtenidos para la madera de *Pinus pinaster* (resinado y testigo), según las normas EN14358 (2016) y EN 384 (2018).

Tabla 5. Evaluación de los valores característicos, según EN 384 (2018), para población de *Pinus pinaster* resinado clasificada visualmente como madera estructural (ME-2).

Characteristics of the resin <i>Pinus pinaster</i> sub-samples classified as ME	ME2	MC on testing (%)		Bending strength (N/mm ²)				Modulus of elasticity (N/mm ²)		Density (kg/m ³)		
		Nº of test pieces	Mean	COV	Mean	COV	P/NP ^a	$f_{05,i}$	\bar{E}_i	COV	Mean	COV
Muestra 01	42	16,3	6%	51,1	21%	P	32,2	11105	18%	556	5%	505
Muestra 03	24	14,7	3%	49,1	27%	P	27,5	10258	21%	569	3%	516
Mean and COV for the grade	66	15,7	7%	50,3	3%			10797	6%	561	2%	

a Application of parametric or non-parametric calculations in accordance with Standard EN 14358 (2016)

Tabla 6. Evaluación de los valores característicos, según EN 384 (2018), para población de *Pinus pinaster* testigo clasificada visualmente como madera estructural (ME-2).

Characteristics of the no resin <i>Pinus pinaster</i> sub-samples classified as ME	ME2	MC on testing (%)		Bending strength (N/mm ²)				Modulus of elasticity (N/mm ²)		Density (kg/m ³)		
		Nº of test pieces	Mean	COV	Mean	COV	P/NP ^a	$f_{05,i}$	\bar{E}_i	COV	Mean	COV
Muestra 02	49	16,0	13%	51,3	19%	P	34,3	10683	16%	550	5%	499
Muestra 04	24	14,6	2%	52,1	18%	P	34,2	9438	18%	530	7%	457
Mean and COV for the grade	73	15,6	7%	51,5	1%			10274	9%	544	3%	

a Application of parametric or non-parametric calculations in accordance with Standard EN 14358 (2016)

Asignación de clases de fuerza

Para las tablas procedentes de los pies resinados, el valor característico de la resistencia a la flexión es de 30 N/mm²; el valor medio característico del módulo de elasticidad de la muestra es 10553 N/mm² y la densidad característica es 509 kg/m³.

Los valores característicos de resistencia a la flexión y densidad, así como el valor medio del módulo de elasticidad para piezas clasificadas como ME-2 superan los límites establecidos para la clase de resistencia C22 en la Norma EN 338 (2016), siendo en este caso el módulo de elasticidad la propiedad limitante de la especie. Los cálculos de los valores característicos para la población de pies resinados comparados con los requisitos para la clase asignada se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Pies resinados

Visual quality	Strength class	Characteristic strength					Characteristic modulus of elasticity					Characteristic density				
		N/mm ²					N/mm ²					kg/m ³				
		1,2 f _{05,i,min}	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i f_{05,i}}{n}$	k _n	f _k	Strength class requirement	1,1 $\bar{E}_{i,min}$	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i \bar{E}_i}{n}$	k _n	E _{m,mean}	Strength class requirement	1,1 $\rho_{05,i,min}$	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i \rho_{05,i}}{n}$	k _n	ρ_k	Strength class requirement
ME	C22	32,97	30,48	-	30	22	10935	10553	1	10553	10000	555	509	1	509	340

Para las tablas procedentes de los pies testigos, el valor característico de la resistencia a la flexión es de 34 N/mm²; el valor medio característico del módulo de elasticidad de la muestra es 10082 N/mm² y la densidad característica es 485 kg/m³.

Los valores característicos de resistencia a la flexión y densidad, así como el valor medio del módulo de elasticidad para piezas clasificadas como ME-2 superan los límites establecidos para la clase de resistencia C22 en la Norma EN 338 (2016), siendo en este caso el módulo de elasticidad la propiedad limitante de la especie. Los cálculos de los valores característicos para la población testigo comparados con los requisitos para la clase asignada se muestran en la Tabla 7.

Tabla 8. Pies testigos

Visual quality	Strength class	Characteristic strength					Characteristic modulus of elasticity					Characteristic density				
		N/mm ²					N/mm ²					kg/m ³				
		1,2 f _{05,i,min}	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i f_{05,i}}{n}$	k _n	f _k	Strength class requirement	1,1 $\bar{E}_{i,min}$	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i \bar{E}_i}{n}$	k _n	E _{m,mean}	Strength class requirement	1,1 $\rho_{05,i,min}$	$\frac{\sum_{i=1}^{ns} n_i \rho_{05,i}}{n}$	k _n	ρ_k	Strength class requirement
ME	C22	41,10	34,25	-	34	22	10117	10082	1	10082	10000	503	485	1	485	340

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la caracterización de tablas de dos poblaciones de *Pinus pinaster* (resinada y testigo) a través de ensayos de flexión, para evaluar la influencia de la actividad resinera en las propiedades resistentes de la especie.

Las muestras ensayadas procedentes de pies resinados presentaron una densidad característica igual a 509 kg/m³, una resistencia característica a tracción igual a 30 N/mm² y módulo de elasticidad medio de 10553 N/mm².

Las muestras ensayadas procedentes de pies testigos presentaron una densidad característica igual a 485 kg/m³, una resistencia característica a tracción igual a 34 N/mm² y módulo de elasticidad medio de 10082 N/mm².

Finalmente, para las dos poblaciones de *Pinus pinaster* (resinada y testigo) con una calidad visual ME-2 (Madera Estructural de Coníferas) se asigna a una clase resistente C22, conforme a la norma europea EN 338 (2016). La clasificación visual propuesta supone un 44% de rechazo del material resinado y un 38% de rechazo para el material testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alfá Miranda, R.; García del Barrio¹, J.M.; Iglesias Sauce, S.; Mancha Núñez, J.A.; de Miguel y del Ángel, J.; Nicolás Peragón, J.L.; Pérez Martín, F.; Sánchez de Ron, D. 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 363 p

Calvo Silvosa, A., Cristos Amarelo, M., Allo Rama, J. D., & Andrade Calvo, J. M. (2018). Creando valor de los usos complementarios del bosque gallego: caso de estudio de la Asociación de Resineros de Galicia. *Casos. Marketing Público y No Lucrativo.*, Vol 5, pp: 137-149.

Camacho Rios, P. (2013). Impulso del sector resinero en el medio rural: Proyecto de Cooperación "Resina y Biomasa". *II Simposio Internacional de Resinas Naturales.* (pp. 144-151) 16 al 18 de abril. Coca. Segovia.

EN 338: 2016. Structural timber. Strength classes. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 384: 2016+A1:2018/A2:2022. Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 408: 2010+A1:2012. Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 1309:2018. Round and sawn timber - Methods of measurements – Part 3: Features and biological degradations. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 1912:2012. Structural Timber - Strength classes - Assignment of visual grades and species. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 13183-1:2002. Moisture content of a piece of sawn timber - Part 1: Determination by oven dry method. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 14081-1:2016+A1:2019 Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section - Part 1: General requirements. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

EN 14358:2016. Timber structures - Calculation and verification of characteristic values. European Committee of Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

Fundación Cesefor (2019). Caracterización de la madera resinada de pino resinero ssp. *mesogeensis* para su promoción comercial. Memoria técnica de Proyecto SustForest. Accesible en: "<https://www.sust-forest.eu>". Último acceso: 04/01/2023.

Martínez Carreira, É., Cerviño Domínguez, F. J., Feijóo Álvarez, D., Gutiérrez Díaz, D., Lusquiños Torres, I., & Vilela Darriba, R. (2021). Manual sobre xestión integral de piñeiros. Sinergias Sostenibles Resiforest SL.

Martínez Chamorro, E. (2022). Mecanización da resinación. A potencialidade da pica circular mecanizada nos piñeirais de Galicia. *Revista O Monte*, pp. 34-37. Centro de Investigación de Lourizán (CIF de Lourizán).

Martínez Chamorro, E. (2016). Revisión de las primeras experiencias de resinación en Galicia (1950-1970). *Revista Galega de Economía*, vol 25, pp 73-86. Centro de Investigación de Lourizán (CIF de Lourizán).

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM) (2011). Cuarto Inventario Forestal Nacional. Comunidad Autónoma de Galicia. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal de MARM. Madrid. Accesible en: <https://www.miteco.gob.es>. Último acceso: 23/01/2023. Rodríguez Soalleiro, R. J., & Madrigal Collazo, A. (2007). Selvicultura de *Pinus pinaster* subesp. Atlantica. *Compendio de Selvicultura Aplicada*. INIA, 367-398.

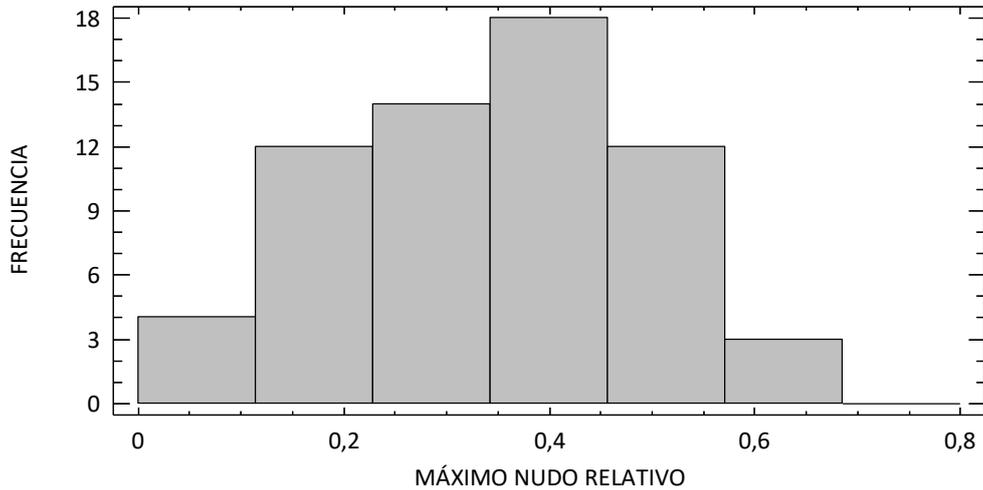
UNE 56544: 2013. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas. Asociación Española de Normalización (AENOR), Madrid, España.

ANEXOS

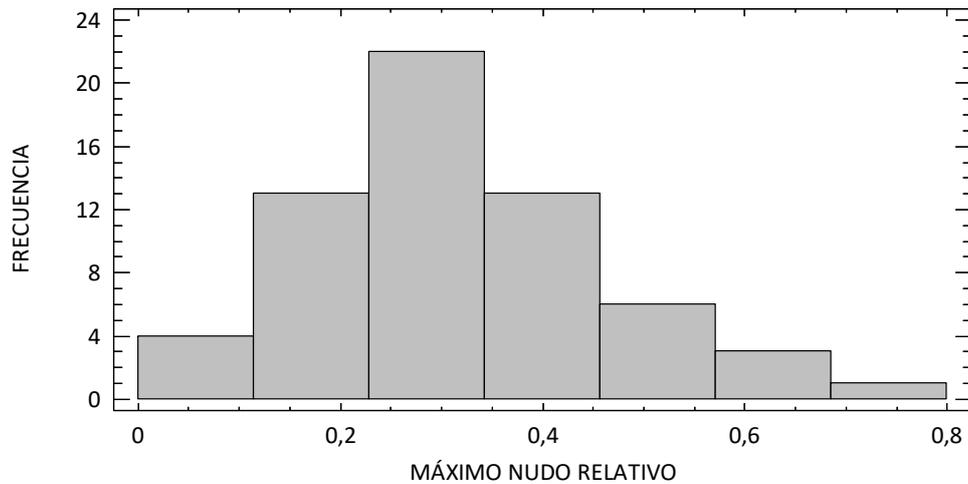
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE NUDOS Y DENSIDAD

Máximo nudo relativo: diámetro del nudo dividido por el ancho (nudos de cara) o por el grosor (nudos de canto). En el caso de grupo de nudos, el tamaño del nudo corresponde al diámetro del grupo. No se incluyen muestras sin nudos.

TABLAS RESINADAS

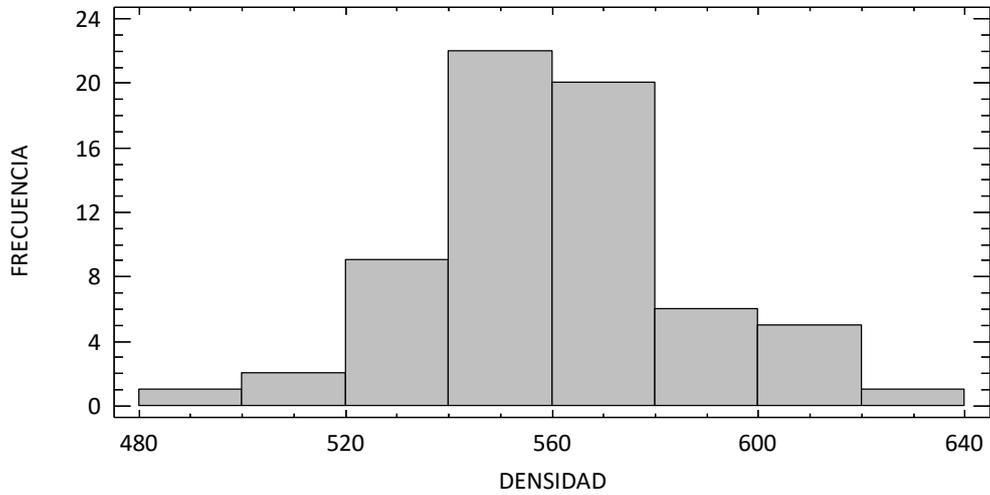


TABLAS TESTIGO



Densidad: densidad de corte de toda la sección cercana a la sección crítica (de referencia), ajustada al 12% de humedad, en kg/m³.

TABLAS RESINADAS



TABLAS TESTIGO

