

Características mecánicas de la madera de pino gallego

obtenidas a partir de ensayos con piezas de tamaño estructural.

J. Ortiz
J.J. Martínez
Departamento de Industrias Forestales
del INIA.

Este artículo constituye un avance del trabajo de Tesis Doctoral de J.J. Martínez que será presentado y defendido próximamente.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace apenas cinco años, las características físico-mecánicas de las maderas, se obtenían a partir de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos.

Esta metodología ha permitido y permite conocer la variabilidad de la calidad de la madera en función de las condiciones ecológicas y tratamientos selvícolas que hayan experimentado las masas forestales. Pero se simplifica demasiado cuando se quiere conocer su comportamiento estructural, al ser difícil trasvasar los resultados obtenidos por esta metodología a aplicaciones prácticas en las que los defectos y las dimensiones de las piezas tienen un efecto que no se cuantifica correctamente con el estudio de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos.

A medida que se ha ido progresando en el conocimiento del comportamiento mecánico de la madera en general, se ha visto la conveniencia de desarrollar otra sistemática. Utilizando piezas de dimensiones reales, con sus defectos correspondientes, se obtiene una aproximación a la realidad mucho más objetiva.

Con la aparición del EUROCODIGO nº 5 ESTRUCTURAS DE MADERA, que adopta el sistema de cálculo de los estados límites y con los trabajos que durante aproximadamente dos años ha estado realizando el COMITE DE NORMALIZACION CEN nº124, se ha sistematizado y normalizado todo el proceso de estudio y determinación de las propiedades físico-mecánicas a partir de piezas de tamaño real.

Este sistema exige un agrupamiento o clasificación por calidades previo a la realización de los ensayos, pero a su vez nos proporciona una información muy exhaustiva de la respuesta que un tipo de madera tiene frente a los distintos criterios de clasificación aplicados.

Esta forma de proceder, conducirá en definitiva a usar la madera en aquellas aplicaciones que mejor se adapten a sus características intrínsecas, o incluso actuar sobre las masas forestales, para modificar alguna de estas cuyo comportamiento no satisfaga unas determinadas necesidades.

De esta manera, siempre se podrán definir con mayor aproximación los criterios que verdaderamente tienen una importancia relevante en el comportamiento estructural de la madera, y llegar a sistemas de clasificación visual o mecánica, eligiéndose aquellos que tengan una respuesta más positiva tanto desde el punto de vista técnico, como económico.

1. OBJETIVOS

Los objetivos que se han marcado en el presente trabajo, se describen en los siguientes términos:

1º- Determinar las características físico-mecánicas de la madera de Pino gallego asociadas a una determinada calidad.

2º- Comparar la variación de estas características asociadas a una determinada calidad, con varias normas de clasificación visual, que se están utilizando actualmente en determinados países.

3º- Definir, si los resultados obtenidos lo requieren, una norma de clasificación propia para esta madera, ya que las exigencias actuales de mercado y el propio sector del aserrío así lo están demandando.

2. MUESTREO

El material utilizado para la realización del estudio, procedió de un muestreo realizado en toda Galicia, el cual a su vez fue consensuado entre la Confederación de Aserradores y Rematantes de Galicia y el Centro Forestal de Lourizán.

Se tomaron alrededor de 72 árboles en 12 parcelas, cuya localización se recoge en la figura nº1.

PROVINCIA	PARAJE
CORUÑA	LEMA - ARZUA
CORUÑA	PONTECESO -LACAIRON
CORUÑA	SAN SATURNINO
CORUÑA	BERGONDO - SAN FIZ
CORUÑA	VILACHA - MONFERO
PONTEVEDRA	LA CAÑIZA
PONTEVEDRA	VILLA DE CRUCES
PONTEVEDRA	NIGRAN
PONTEVEDRA	SALCEDA DE CASELAS
ORENSE	PIÑOR DE CEA
ORENSE	GOMENSEDE
LUGO	CERVO
LUGO	ALFOZ

FIGURA N.º 1.- Localización de los puntos de muestreo

2.1. TRONZADO DE LOS ÁRBOLES

Una vez apeado el árbol y desramado, se procedió a realizar el tronizado del fuste de acuerdo con el criterio que se describe a continuación:

1º Los árboles con número impar, partiendo de la base del fuste, se tronizaron alternativamente en trozas de 2.10 y 3.10 metros de longitud. Cada troza se marcó con el número del árbol y una letra (A,B,C,...etc)

2º Los árboles con número par, también partiendo de la base del fuste, se tronizaron alternativamente en trozas de 3.10 y 2.10 metros de longitud, marcándose como en el caso anterior. En la figura nº2 se presenta un esquema del criterio de tronizado utilizado.

De esta forma, la identificación de la troza, se puede realizar en cualquier momento. Así por ejemplo, la troza 23C, corresponderá al árbol nº 23, tendrá una longitud de 2.1 m, y estará situada entre los 5.2 y 7.3 m de altura; y la troza 22C, corresponderá al árbol nº22, tendrá una longitud de 3.1 m y estará situada entre los 5.2 y 8.3 m de altura del fuste.

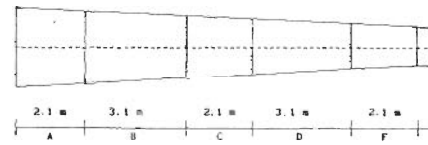
NUMERO DE PIEZAS ENSAYADAS	
TAMAÑO	PEQUEÑO 505
	GRANDE 367

FIGURA N.º 3.- Número de piezas ensayadas de cada tamaño

De las trozas de 2.1 m de longitud se obtuvieron piezas de madera aserrada de 50x110 mm de sección transversal, mientras que de las trozas de 3.1 m, se sacaron piezas de 60x160 mm de sección transversal.

En el aserrado, se han sobredimensionado un centímetro, tanto en grueso como en ancho los dos tamaños, para compensar las mermas producidas por el secado, y las pérdidas que se originan en el cepillado de las cuatro caras de cada una de las piezas.

ÁRBOL IMPAR



ÁRBOL PAR

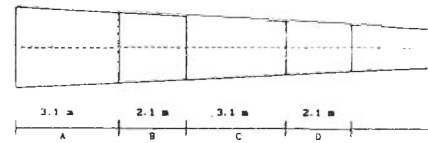


FIG N.º 2 : PROGRAMA DE TRONZADO APLICADO.

Pieza n.º 40A7	
x_e	
x_e	
zona central	zona extrema
posición..... 85	posición32
Desviación de la fibra	
Bolsas de resina	no tiene
Madera de reacción	no tiene
Alabeo	2
Curvatura de cara	
Curvatura de canto	
Gemas	no tiene
Fendas	no tiene
Acebolladuras	no tiene
Otros	

2.3.

SELECCIÓN DE LAS PIEZAS QUE SE HAN UTILIZADO PARA REALIZAR LOS ENSAYOS

Para no ensayar todas las piezas de madera serrada obtenidas, lo cual aumentaría considerablemente el tiempo, y trabajo de los ensayos, se realizó un muestreo aleatorio por árbol de 8 piezas de tamaño pequeño, y 5 piezas de tamaño grande, lo cual representa aproximadamente el mismo volumen de madera ensayada de cada tamaño.

El número de piezas seleccionadas, por tamaño se recoge en el cuadro de la fig nº3.

3. PREPARACIÓN

DE LAS PROBETAS OBJETO DE ENSAYO

3.1.

PREPARACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROBETAS

Las piezas seleccionadas, se dejaron secar al aire hasta lograr un contenido de humedad en torno al 12 %. Posteriormente se cepillaron por las cuatro caras y retestaron a las medidas nominales siguientes :

Tamaño pequeño : 40x100x1900 mm
Tamaño grande : 50x150x2850 mm

3.2.

MEDICIÓN DE LOS DEFECTOS

De cada pieza se inventariaron aquellos defectos más sobresalientes, que generalmente sirven de base a las distintas normas de clasificación visual de la madera.

Estos defectos se representaron sobre un estadiño particular, de tal forma que tanto la magnitud del defecto, como la posición del mismo dentro de la pieza, queda inventariada de una forma permanente, permitiendo hacer posteriormente una clasificación por distintas normas, aunque nos hayamos desprendido de la pieza.

En la fig nº4, se representa el estadiño de clasificación correspondiente a una pieza, con todos los datos de los defectos que se inventariaron.

4.

CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS

A partir de los defectos inventariados para cada pieza, se procedió a clasificarlas por tres normas distintas :

- Método recomendado por la CEE para la Clasificación Visual de la Madera Aserrada (Método K.A.R.:Boletín de la Madera Europeo, Vol xxiv, suplemento 16. Ginebra noviembre de 1982).

- Norma Neozelandesa NZS: 3631:1989:Classification and Grading of New Zeland Timbers

- Método de clasificación francés para la madera aserrada de coníferas y chopo para su utilización en estructuras (1989).

El método K.A.R. y la Norma Neozelandesa, se basan en cuantificar la relación que existe entre el área de la sección transversal de la pieza y el área de las proyecciones de los nudos de una sección determinada, sobre un plano perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

Por el contrario, el método francés, cuantifica la relación que existe entre el diámetro del nudo medido perpendicularmente al eje longitudinal de la pieza, y la longitud del canto o de la cara donde se manifiesta dicho nudo.

A su vez, el método K.A.R. cuantifica el efecto que la posición de la proyección del nudo tiene dentro de la sección transversal de la pieza, distinguiendo dos zonas marginales de área igual al 25 % de la sección transversal, mientras que la Norma Neozelandesa, este criterio no se aplica. El método francés no hace ninguna distinción de este tipo.

En cuanto a la longitud media de los anillos de crecimiento, el método K.A.R. desarrolla una sistemática propia para medirlos, a la vez que acota unas anchuras medias de los mismos, para las distintas clases que establece. El método francés, introduce un determinado valor de densidad mínimo por debajo del cual la pieza de madera no se puede utilizar en estructuras. La Norma Neozelandesa en este aspecto no introduce ninguna restricción de este tipo. Estas mediciones, ya sean longitud media de anillos de crecimiento o densidad mínima, intentan rechazar para su uso en estructuras, la madera juvenil, es decir, aquella que se produce entre la médula y los tres o cuatro primeros anillos de crecimiento.

Otra característica importante que diferencia a estas tres normas, es que la Norma Neozelandesa aplica especificaciones distintas a un mismo defecto, para una determinada clase cuando se trate de piezas de canto inferior o superior a 150 mm, mientras que las especificaciones para las distintas clases que establece el método K.A.R. y el Método Francés se mantienen constantes, cualquiera que sea la sección transversal de la pieza.

Este último aspecto tiene una importancia muy grande a la hora de agrupar resultados de ensayos de la misma clase obtenidos con piezas de secciones transversales (cantos) distintas.

Por último, señalar que :

- El método K.A.R. establece tres clases de calidad : S10, S8 y S6.

- El Método francés, establece una sola clase de calidad para la madera estructural : Clase BS.

- La Norma Neozelandesa establece tres clases de calidad : ENG, F1 y F2.

5. ENSAYOS

Se realizaron los ensayos de:

- Resistencia a flexión estática.
- Módulo de elasticidad longitudinal.
- Densidad.

De acuerdo con la norma ISO 8375

PARCELA	TAMAÑO PIEZA	
	M.O.R.	M.O.E.
X	Resistencia a Flexión (kgr/cm ²)	Módulo de Elasticidad (Kgr/cm ²)
	Anchura del Anillo (mm)	Densidad (Gr/cm ³)

RESULTADOS OBTENIDOS POR PARCELA DE MUESTREO

PARCELAS DE MESTREO	PIEZAS DE 1900 x 100 x 40		PIEZAS DE 2850 x 150 x 50	
	M.O.R.	M.O.E.	M.O.R.	M.O.E.
NIGRAN (PO) Arboles 1 - 6	426 4.4 0.56	115000	418 5.0 0.56	121000
SALCEDA (PO) Arboles 7 - 12	306 6.4 0.48	77000	251 6.6 0.46	80500
LOEDA (OR) Arboles 13 - 19	339 7.5 0.48	76000	296 7.8 0.48	86.500
GOMESENDRE (OR) Arboles 20 - 25	563 5.4 0.57	109000	515 4.4 0.58	114000
MONFERO (C) Arboles 26 - 31	405 3.9 0.52	84500	418 4.2 0.53	115500
BERGONDO (C) Arboles 32 - 28	462 4.3 0.56	101000	474 4.1 0.56	132000
NEDA (C) Arboles 39 - 45	381 5.9 0.51	85000	401 6.2 0.54	97500
PONTECESO Arboles 46 - 52	451 4.8 0.55	97000	419 4.7 0.54	115000
VIL. CRU. (PO) Arboles 53 - 58	401 4.1 0.55	94000	406 4.4 0.56	112000
L. CAÑIZA (PO) Arboles 59 - 64	420 5.6 0.53	97200	409 5.8 0.57	105000
ALFOZ (LU) Arboles 65 - 70	534 4.6 0.54	101000	506 4.7 0.55	115000
CERVO (LU) Arboles 71 - 76	443 4.6 0.53	97500	372 4.6 0.52	107000
ARZUA (C) Arboles 77 - 81	338 5.5 0.50	72000	325 5.8 0.51	84700

Figura N.º 5: Parcelas muestreadas en Galicia

6. RESULTADOS

6.1.

RESULTADOS

POR PARCELA DE MUESTREO

En la tabla de la figura nº6, se representa para cada parcela y tamaño, los valores medios de Resistencia a la Flexión Estática, Módulo de Elasticidad, Densidad y Anchura media del anillo de crecimiento según la disposición mostrada en la fig. nº5.

6.2.

VALORES MEDIOS

Y CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ASOCIADOS A CADA CLASE DE CALIDAD DE LAS DISTINTAS NORMAS DE CLASIFICACIÓN UTILIZADAS.

En la tabla de la figura nº8, se recogen los valores característicos y medios de las propiedades mecánicas que se necesitan en el cálculo de las Estructuras de Madera.

CARACTERÍSTICA MECANICA	NORMA DE CLASIFICACION						
	S10	K.A.R. S8	S6	N.F. B S	ENG	N.Z.S. F1	F2
Resistencia en MPa							
Flexión estática (fm, k)	37,0	21,0	11,0	19,0	35,0	16,0	9,0
Tracción Paralela a la fibra (ft, 0, k)	22,0	12,5	6,5	11,5	21,0	9,5	5,5
Compresión Paralela a la fibra (fc, 0, k)	29,5	19,0	14,5	19,0	28,0	17,5	12,5
Tracción Perpendicular a la fibra (ft, 90, k)	0,47	0,44	0,40	0,43	0,45	0,42	0,41
Compresión Perpendicular a la fibra (fc, 90, k)	7,0	6,6	6,0	0,65	0,67	0,63	0,61
Esfuerzo Cortante (fv, k)	3,7	2,1	1,6	1,9	3,5	2,4	1,6
Elasticidad en MPa							
Módulo de elasticidad longitudinal valor medio (Eo, m)	11500	10.500	9500	9800	10900	9900	8200
Módulo de elasticidad longitudinal característico (Eo, k)	6500	5900	4750	4950	5700	5250	4250
Módulo de elasticidad transversal valor medio (Gm)	720	656	590	615	680	620	512
Densidad en Kgr/m³							
Densidad: Valor medio	570	540	520	540	560	540	500
Densidad: Valor caracter.	465	440	410	425	455	430	415

figura n.º 6.- Valores característicos de las propiedades mecánicas y de la densidad.

Los valores de Resistencia a la Flexión, Módulo de Elasticidad, y Densidad, se han obtenido a partir de los valores resultantes de los ensayos, mientras que el resto de los valores de las demás propiedades mecánicas se han deducido de los anteriores, siguiendo las recomendaciones de la Norma CEN "Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y de la densidad".

6.3.

RENDIMIENTOS

DE CLASIFICACIÓN OBTENIDOS CON LAS DISTINTAS NORMAS DE CLASIFICACIÓN UTILIZADAS

En la figura nº7, se recogen los diagramas sectoriales correspondientes a las distintas normas de clasificación que se han utilizado.

7. COMENTARIOS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1 - Los valores medios de resistencia y de elasticidad de cada uno de los puntos de muestreo, reflejan una dispersión de resultados en la zona de Galicia. (Figura nº6).

Las posibles causas que originan esta dispersión, tales como: procedencia muy variada de la semilla de las plantaciones realizadas con P. pinaster en Galicia y unas condiciones climáticas muy poco uniformes, obligaría a redefinir la zona de Galicia como una procedencia única, o realizar una sectorialización de la misma. De cualquier forma, los criterios de denominación y comercialización de la madera de Pino gallego, desaconsejan esto, aunque se disminuyan los niveles de resistencia por causa de esta dispersión.

2- Los valores de resistencia del Pino gallego, obtenidos en este estudio son del orden del 10% y 20 % inferiores a los que se manejan en Francia y Portugal respectivamente para la misma especie de madera.

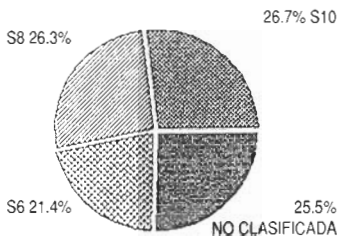
Esta consecuencia se debe principalmente a una escasa homogeneidad de las masas de Pino gallego y a una escasa selección de la calidad de la semilla utilizada en las repoblaciones.

Los incendios forestales que en los últimos años están destruyendo el Monte Gallego, también repercuten en esta pérdida de resistencia, ya que la industria de aserrío cada vez se tiene que abastecer de madera más delgada y acortar considerablemente los turnos de aprovechamiento.

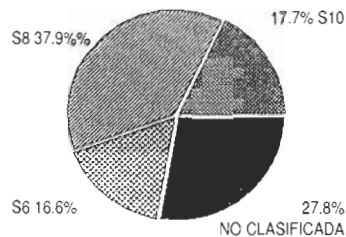
3- En cuanto a los rendimientos en madera clasificada que se obtienen con las tres normas utilizadas, se observa que es la Norma Francesa la que más madera rechaza, mientras que la Norma Neozelandesa por el contrario es la que mejores rendimientos aporta en la clasificación de esta madera.

En este sentido, merece destacar el volumen de madera limpia y semi-limpia que se obtiene, independientemente de la Norma de Clasificación aplicada, lo que confirma la necesidad urgente de comercializar el Pino gallego clasificado para diversificar sus utilidades y obtener productos de mayor valor añadido en el mercado.

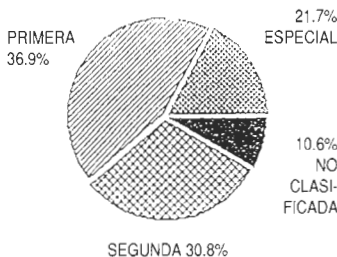
PROCEDENCIA GALICIA: 40x100x1900 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA K.A.R.



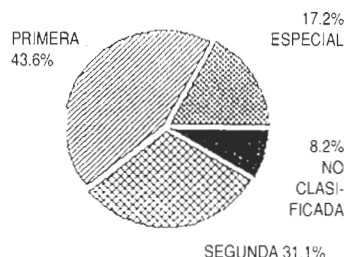
PROCEDENCIA GALICIA: 50x150x2850 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA K.A.R.



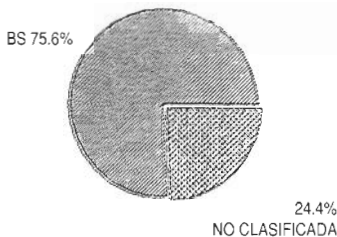
PROCEDENCIA GALICIA: 40x100x1900 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA NEOZELANDESA



PROCEDENCIA GALICIA: 50x150x2850 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA NEOZELANDESA



PROCEDENCIA GALICIA: 40x100x1900 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA FRANCESA



PROCEDENCIA GALICIA: 50x150x2850 mm
RENDIMIENTOS DE CLASIFICACION POR LA NORMA FRANCESA

