CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA DE *Eucalyptus globulus* PARA USO ESTRUCTURAL

J. I. Fdez. Golfín [1], R. Díez [1], E. Hermoso [1], C. Baso [2], J. M. Casas [2], O. González [2]

[1] Laboratorio de Transformación de la Madera. Centro de Investigación Forestal. INIA. Carretera Coruña km 7,5, 28040 Madrid. España. golfin@inia.es

[2] Universidad de Vigo. Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente. 36005 Pontevedra. España. carlosbaso@uvigo.es

RESUMEN

Los bosques de *Eucalyptus globulus* ocupaban en 1995 en España una superficie de 629.141 hectáreas, principalmente en Galicia, Asturias, Cantabria y la provincia de Huelva (Montoya, J. M.. 1995). Aunque, cuantitativamente, el uso principal de la madera de esta especie es la fabricación de pasta de papel y tableros de fibras, sus elevadas propiedades mecánicas ofrecen buenas posibilidades para aplicaciones estructurales.

El objetivo del presente estudio de investigación ha sido caracterizar y normalizar la madera de la especie *Eucalyptus globulus* para su uso estructural, siguiendo el método establecido por la normativa europea y especialmente por las normas UNE-EN 384 y UNE-EN 408. Para ello se han seleccionado cuatro muestras representativas de la procedencia española y su variabilidad, de las que se han preparado y ensayado un total de 452 probetas de dimensiones 120 x 40 x 2280 mm y 150 x 54 x 2850 mm. Los ensayos, cálculos y asignaciones a clases

resistentes han sido realizados según las normas citadas anteriormente y además UNE-EN 338.

De acuerdo con el método de caracterización de la madera estructural establecido por la normativa europea, todo el material de ensayo ha sido clasificado en diferentes lotes de calidad. Dada la inexistencia de normas de clasificación de este material se ha elaborado una norma de clasificación visual para las frondosas españolas y en particular para la especie *Eucalyptus globulus*. La norma propuesta sigue los principios establecidos en la norma armonizada de la madera aserrada estructural, UNE-EN 14081-1, y considera una sola calidad visual (MEF).

Siguiendo el procedimiento descrito por la normativa europea ha sido posible asignar la única clase visual de la norma de clasificación (MEF) a una clase de resistencia (según UNE-EN 338) de D40.

Los resultados del presente trabajo fueron presentados ante el comité TG1 del CEN TC 124/WG1 "Madera estructural" quien, una vez analizados y aprobados, ha propuesto su inclusión en la norma europea UNE-EN 1912, que es la que recoge todas las combinaciones especie-calidad-clase resistente que son de aplicación para la madera estructural comercializada en el ámbito del CEN.

SUMMARY

The forests of *Eucalyptus globulus* covered 629.141 hectares in 1995 in Spain. These forests are mainly located in Galicia, Asturias, Cantabria and in the province of Huelva (Montoya, JM; 1995).

Although the current main use of the species is chipping to obtain pulp and fibre boards, its relevant mechanical properties provide great potential for structural aplications.

The objective of the present study is to characterize and standardize the timber of the species *Eucalyptus globulus* for structural use.

For doing this work 452 test pieces out of four samples, representative of the Spanish provenience and its variety, have been manufactured and tested. Tests and calculations have been carried out in accordance to the methodology established by the standards EN 408 and EN 384.

Taking into account the structural values obtained and the own characteristics of the timber of the species one visual grade has been proposed, namely MEF. Table 2, included further on, details the quality specifications for the visual structural grade proposed.

Following the methodology described by the Eurocode 5, the strength grade D40 of EN 338 has been obtained for the proposed visual grade.

As a final result a national standard for visual sorting of hardwoods, and specifically for *Eucalyptus globulus*, has been elaborated and proposed to the Spanish standardization board. The species and its structural grade D40 have been added to EN 1912.

INTRODUCCIÓN

En España, la especie principal de eucalipto es el *Eucalyptus globulus* Labill. que, con una superficie total aproximada de 629.141 hectáreas, supone un porcentaje de 8,13 % respecto al resto de especies de frondosas y un 4,27 % con respecto al total de especies existentes en España (Rábade J.M. et al.; 2002). Galicia, con 383.130 hectáreas, (Bermúdez J. et al.; 2002) es la región más representada por la especie.

Aunque hoy son la pasta de papel y los tableros de fibras sus destinos principales, la madera de eucalipto fue muy utilizada en el pasado en construcción, especialmente en minas y bateas, por su gran resistencia.

En España en la actualidad el proceso de normalización de los productos avanza de forma continua según la línea marcada por el Comité Europeo de Normalización (CEN). En lo que hace referencia a la madera de uso estructural, la aprobación para todo el ámbito del CEN de las Normas EN 408, EN 338, EN 384, EN 1912 y muy especialmente de la norma "armonizada" EN 14081, han supuesto un logro importante para comenzar a solucionar barreras de tipo técnico (Fernández Golfín J. et al.; 2003). La norma UNE 56544 *"*Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas" es ya de uso corriente en el mercado.

Para elaborar una norma de clasificación visual, hay que tener en cuenta unos indicadores visuales de calidad, que son aquellas singularidades de la madera con probada incidencia en la resistencia de la madera. Gran parte de estos indicadores están recogidos en la norma armonizada EN 14081-1. Pese a lo anterior es preciso considerar que no todos los indicadores deben tener el mismo peso en la norma ya que algunos son más influyentes sobre las propiedades mecánicas que otros (Hermoso E.; 2001). Para la elaboración de una norma de clasificación visual de frondosas de procedencia española sirvieron de referencia la norma española de clasificación visual de maderas de coníferas, UNE 56544, su homóloga alemana DIN 4074-1, así como la de frondosas DIN 4074-5.

En la Norma EN 1912 se interrelacionan las combinaciones especie/norma/calidad con las clases resistentes de la Norma EN 338:2003. Esta norma es de vital importancia para el libre comercio en el mercado de los productos de madera estructural en la Unión Europea ya que en la práctica permite viajar a toda la madera con el único pasaporte de su resistencia declarada. Pero para que una madera esté recogida en la norma EN 1912 es preciso que previamente sea aceptada la norma de clasificación empleada, así como los valores de resistencia y clases de resistencia asignados para cada una de las clases de calidad consideradas en la norma de clasificación propuesta.

El objetivo del presente trabajo consiste precisamente en definir una norma de clasificación visual para la madera de la especie *Eucalyptus globulus* y asignar las clases de resistencia que correspondan a las clases de calidad consideradas, con vistas a conseguir su inclusión en la norma EN 1912.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso de muestreo seguido cumple con los requisitos establecidos por las normas europeas UNE-EN 384 y UNE-EN 408 y por ello la madera seleccionada para su ensayo es representativa de la especie de procedencia española y de su variabilidad.

Los ensayos se realizaron sobre un total de 446 probetas, de cuatro muestras procedentes de la zona atlántica. La tabla 1 recoge un resumen del material ensayado:

Muestra	*Sección probeta*	*Nº de probetas*
Betanzos m1	40x120x2280 mm	180
Betanzos m2	54x150x2850 mm	95
Ortigueira m3	40x120x2280 mm	92
Ortigueira m4	54x150x2850 mm	79
446		

Tabla 1: Muestras-procedencias-secciones-número de probetas

El material de ensayo fue seleccionado directamente en cuatro aserraderos distintos, presecado al aire y posteriormente secado en cámara hasta una humedad final cercana al 12%, calibrado y retestado. Una vez preparado y evaluado visualmente, el material de ensayo fue remitido, para su ensayo, al Laboratorio de Estructuras del Centro de Investigación Forestal del INIA (CIFOR-INIA)

Todos los ensayos mecánicos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Estructuras del CIFOR-INIA siguiendo fielmente las metodologías establecidas por la norma de ensayo de la madera estructural, UNE-EN 408. En el ensayo de flexión considerado por esta norma se aplica la carga en dos puntos separados respecto de los apoyos una distancia igual a 6 veces la altura de cara de la sección (120 y 150 mm, respectivamente). El ensayo se lleva a cabo en dos fases, de manera que en la primera se mide el módulo de elasticidad (normalmente se determinan el módulo local y el global) y en la segunda se lleva la probeta hasta la rotura, determinando la tensión última en el momento de la rotura. Todos los datos se dan en N/mm^2.

De acuerdo con lo considerado por la norma UNE-EN 408, el módulo de elasticidad en flexión E_m , fue calculado haciendo uso de la siguiente expresión:

$$E_{m,l} = \frac{a l_1^{\,2} (F_2 - F_1)}{16 I (w_2 - w_1)}$$

$F_2 - F_1$; Incremento de carga en la parte recta de la curva de carga-deformación, en newtons (gráfica de la Norma EN 408:2000).

$w_2 - w_1$; Incremento de deformación en mm (gráfica de la Norma EN 408:2000).

a: Distancia entre un punto de la carga y el apoyo más próximo, en mm.

I: Momento de inercia, en mm^4.

l_1: Longitud base media, en mm.

Para la determinación de la resistencia a la flexión estática, o tensión última a la rotura, se empleó la siguiente ecuación:

$$f_m = \frac{a F_{\max}}{2W}$$

a; Distancia entre punto de carga y el apoyo más próximo en mm.

F_{max}; Carga máxima, en newtons.

W; Módulo resistente de la sección, en mm^3.

Con carácter previo al ensayo todas las probetas deben ser minuciosamente evaluadas, de forma que la sección crítica (sección donde previsiblemente se producirá la rotura) sea ubicada en el tercio central (zona situada entre los puntos de aplicación de carga) ya que si la rotura se produjese fuera de dicha zona central el ensayo debería ser considerado como no válido.

De la probeta ensayada y en una sección próxima a la de rotura se extrajo una probeta transversal, libre de defectos, en la que se determina la densidad aparente y humedad de la pieza, ésta última según el método de estufa, siguiendo lo establecido al respecto en la norma UNE-EN 13183-1:2002. La masa se determinó utilizado una balanza electrónica (precisión 0,01 *g*). Las dimensiones se midieron con un calibre (precisión 0,01 mm). El secado de la porción de muestra hasta lograr su masa anhidra, se realizó en estufa a una temperatura de 103 ± 2ºC. Los valores de la densidad aparente y el contenido de humedad fueron calculados con las siguientes expresiones:

$$\rho = \frac{m_t}{V_t} \qquad\qquad H = \frac{m_t - m_a}{m_a}$$

De acuerdo con el método arriba descrito las variables mecánicas determinadas mediante ensayo son las siguientes:

- Módulo de elasticidad (Local y global)
- Tensión máxima a la rotura (f_m)
- Densidad

Después de realizar los ensayos, los datos obtenidos fueron ordenados y procesados utilizando los medios informáticos adecuados para darles tratamiento estadístico.

Para calcular el valor característico de la resistencia a flexión, y siguiendo en todo momento el método establecido en la norma UNE-EN 384, el valor característico (5º percentil de la distribución de frecuencias determinado de forma no paramétrica) de cada muestra y calidad fue ajustado de acuerdo al tamaño de las muestras (factor k_s) y el método de clasificación seguido (factor k_v). Para el primero de los casos se aplicó el factor k_s con un valor de 0.97, según tamaño y número de muestras, y para el segundo se consideró el factor k_v igual a 1.0 (correspondiente a la clasificación visual).

De acuerdo con este método el valor característico de la resistencia f_k se calcula mediante la ecuación:

$$f_k = \dot{f}_{05}\, k_s\, k_v$$

$\dot{f}_{05}$ es la media, en N/mm^2, de los valores corregidos del 5º percentil ($f_{0,5}$) de cada muestra, ponderadas según el número de piezas de cada muestra. Si $\dot{f}_{05}$ es superior a 1,2 veces el menor de los valores corregidos de $f_{0,5}$ será necesario o bien redefinir la población de referencia para eliminar el valor mínimo o bien tomar igual a 1,2 veces el menor de los valores de $f_{0,5}$.

k_s se toma en este caso el valor de 0,97, en función del número y tamaño de las muestras y se determina utilizando el gráfico la Norma EN 384 (2004).

k_v En este caso toma el valor de k_v =1,0 por ser la clasificación visual.

Análogamente, el valor característico del modulo de elasticidad $E_{o,mean}$ se calcula a partir de la ecuación:

$$E_{o,mean} = \Sigma E_j \, n_j / \Sigma \, n_j$$

n_j es el número de probetas de la muestra j;

E_j es el valor medio del módulo de elasticidad de la muestra j, corregido a condiciones de referencia, en N/mm^2.

Finalmente, el 5º percentil de la densidad de la muestra ρ_{05} se calcula a partir de la ecuación:

$$\rho_{05} = (\dot{\rho} - 1{,}65s) \text{ kg/m}^3$$

$\dot{\rho}$ y s son respectivamente la media y desviación típica de las densidades en kg/m^3, del conjunto de las probetas de una muestra.

La densidad característica debe calcularse mediante la ecuación:

$$\rho_k = \Sigma \rho_{05j} \, n_j / \Sigma \, n_j$$

n_j es el número de probetas de la muestra j;

ρ_{05j} es el valor correspondiente al 5º percentil de la densidad de la muestra j.

Una vez obtenidos los valores característicos por el sistema anteriormente descrito, el valor del módulo de elasticidad en flexión y de la densidad fueron ajustados para un contenido de humedad común del 12% y el valor de la tensión última a la rotura (f_m) lo fue para una altura de cara de 150 mm. En todos los casos se hizo uso de las expresiones y coeficientes considerados al efecto por la norma UNE-EN 384 antes citada.-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados habidos y de la influencia real que los diferentes indicadores visuales tienen en la resistencia y elasticidad del material, se proponen las especificaciones de clasificación visual relacionados en la Tabla 2.

Respecto de la metodología empleada para la medición de las variables visuales contenidas en la tabla 2 nada queda establecido en el presente trabajo ya que es idéntica a la empleada en la norma española UNE 56544, circunscrita a madera de coníferas.

Para elaborar la propuesta de la tabla 2 se ha tomado en consideración la conveniencia de obtener madera de clase resistente D40 o superior ya que Europa es deficitaria de madera de alta resistencia, toda vez que la madera estructural utilizada en Europa (mayoritariamente de coníferas) tan sólo llega a las clases C30 y C35.

La propuesta de una clase única con alta resistencia conseguiría varios objetivos de interés:

- Una notable simplificación en el mercado de esta madera al establecerse una sola clase de calidad

- Una alta tasa de resistencia

- Un elevado rendimiento clasificatorio.

Los tres objetivos permiten obtener un adecuado rendimiento económico para el productor y una seguridad total para el consumidor.

En la tabla 2 se recogen las especificaciones propuestas para la clasificación visual del eucalipto blanco (E. globulus) de procedencia española.

CRITERIOS DE CALIDAD			MEF
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (d/*h*)			d ≤ 1/3 de "*h*"
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (d/*b*)			d ≤ 1/2 de "*b*"
FENDAS	De contracción (1)(2)	Pasantes en los extremos	l (longitud) ≤ "h"
		Resto	f (profundidad)≤ 1/2 de la profundidad de "b"
	- De rayo, de heladura, de abatimiento		No permitidas
ACEBOLLADURAS			No permitidas
MADERA DE TRACCIÓN			Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
DESVIACIÓN DE LA FIBRA			1:10 (10%)
GEMAS	-longitud - Anchura y espesor		G≤1/4 de "L" G≤1/4
MEDULA			No permitida
ALTERACIONES BIOLÓGICAS - Pudrición - Insectos xilófagos			- No se admite - No se admiten ataques activos. En caso de ataques inactivos, se admitirán orificios aislados de hasta 2 mm de diámetro.
DIMENSIONES Y TOLERANCIAS			(4)
DEFORMACIONES MÁXIMAS (1)(3)		Curvatura de cara	10 mm (para una longitud de 2 m)
		Curvatura de canto	8 mm (para una longitud de 2 m)
		Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "*h"*)
		Atejado o abarquillado	1 mm (por cada 25mm de "*h")*
(1) Estas características no se considerarán cuando la clasificación se efectúa en estado húmedo (2) Referidas a un 20% de contenido de humedad. Se permiten sólo fendas con una longitud inferior a la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza o 1 m. (3) Referidas a un 20% de contenido de humedad. Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente. (4) Se puede aplicar el procedimiento indicado en la norma UNE EN 336 (aplicable a coníferas), pero utilizando los coeficientes de contracción unitarios de la especie.			
Para secciones cuya relación h/b ≤ 1.5, las cuatro superficies serán consideradas como caras.			

Tabla 2: Especificaciones de clasificación visual denominada MEF.

Acorde a lo visto en el apartado de metodología, una vez clasificado el material de acuerdo con las especificaciones de la tabla anterior, ensayado conforme a los métodos de la norma UNE-EN 408 y calculados los valores característicos y medios de la tensión última a la ruptura a flexión, del módulo de elasticidad a flexión y de la densidad, se puede proceder a la asignación de clases resistentes según lo establecido en UNE-EN 338.

La tabla 3 recoge la información obtenida en los ensayos tanto del material clasificado como rechazado. Los coeficientes de ponderación que figuran en dicha tabla hacen referencia al peso que una muestra particular tiene en la población global.

De acuerdo con los datos de la tabla 3 y considerando lo establecido en la norma UNE-EN 338 de clases resistentes se puede observar claramente que a la madera clasificada en la clase de calidad MEF se le puede asignar una clase de resistencia D40.

		Betanzos m1	***Betanzos m2***	***Ortigueira m3***	***Ortigueira m4***	***Totales***
Coeficientes de ponderación		*0,4083*	*0,2274*	*0,1964*	*0,1680*	
Nº tablas		*180*	*95*	*92*	*79*	*446*
Nº tablas que cumplen las especificaciones		*158*	*88*	*76*	*65*	*387*
Nº tablas que no cumplen las especificaciones (rechazos)		*22*	*7*	*16*	*14*	*59*
Tablas que cumplen	*%*	*87,78*	*92,60*	*82,60*	*82,28*	*86,94%*
Tablas que no cumplen	*%*	*12,22*	*7,40*	*17,40*	*17,72*	*13,06%*
f_m *media (N/mm²)*	f_{mean}	*99,11*	*82,77*	*100,74*	*76,73*	*91,97*
fk *5º percentil (en N/mm²)*	f_{05}	*54,69*	*41,09*	*47,28*	*41,03*	***47,85***
$E_{0,mean}$ *(en kN/mm²)*	$\bar{E}_{g,12}$	*17,97*	*19,38*	*19,24*	*17,31*	*18,43*
E 5º percentil	*kN/mm²*	*13,26*	*15,04*	*13,35*	*12,20*	*13,51*
Densidad media (en kg/m³)	$\bar{\rho}_{12}$	*812*	*791*	*787*	*783*	*797*
Densidad 5º percentil (en kg/m³)	ρ_{05}	*704*	*684*	*621*	*642*	*673*

Tabla3: Resumen de valores obtenidos según criterios de calidad propuestos.

Cada combinación procedencia-calidad (R y MEF) contiene como mínimo 40 probetas (valor exigido por EN 384:2004) y dentro de cada muestra la sección de las probetas es la misma.

Respecto del rendimiento clasificatorio, es necesario apuntar que en total se rechaza el 13,06 % del material y se obtiene una tensión característica última a la rotura global f_k: de 47.85 N/mm².

Si de acuerdo con lo establecido por la norma UNE-EN 384 a este valor se le aplican los coeficientes k_s y k_v antes vistos se obtendrá el valor característico aplicable por normativa al

conjunto de esta madera $f_k = f_{05} k_s k_v$. Así para los factores k_s de 0,97 y k_v de 1 se obtiene un valor de 46,41 N/mm^2. El valor medio del módulo de elasticidad $E_{0,mean}$ obtenido es de 18430 N/mm^2, mientras que el valor característico de la densidad es de 673 kg/m^3.

Considerando estos datos de las tres propiedades indicadoras, es posible asignar, con notable holgura, una clase de resistencia D40 a la calidad propuesta MEF. A la clase inmediatamente superior, D50, no es posible llegar ya que la resistencia característica a flexión se sitúa en, como hemos visto, 46,41 N/mm^2, lejos de los 50 N/mm^2 exigidos para dicha clase.

De acuerdo con todo lo anterior puede verse claro que con la propuesta de especificaciones de la tabla 2 se consiguen con holgura los objetivos propuestos de:

- Conseguir un alto rendimiento clasificatorio (86,94%)
- Conseguir una alta asignación resistente (D40 al no existir D45 en la norma UNE-EN 338).

ANEXO

DISCUSIÓN SOBRE LA CONVENINIENCIA DE CONSIDERAR UNA O DOS CLASES DE CALIDAD

Para tener la completa seguridad de que el empleo de una única clase de calidad era realmente la mejor opción posible, se realizó un análisis para estudiar los resultados que se obtendrían si se establecieran dos clases de calidad, siendo especialmente exigentes respecto a la primera para tratar de obtener valores característicos elevados. Para realizar este trabajo se mantuvieron inmutables los criterios de rechazo y se consideraron los criterios adicionales de la tabla 4 para dividir la clase única MEF en dos.

	1ª Calidad:	2ª Calidad
Nudos de cara:	≤ 1/6	≤ 1/3
Nudos canto:	≤ 1/4	≤ 1/2
Desviación fibra:	≤ 7%	≤ 10%
Profundidad fendas:	≤ 2/5	≤ 1/2

Tabla 4: Criterios para dos clases de calidad consideradas.

Con las anteriores condiciones y considerando el total de la población, se obtuvieron 340 piezas clasificadas en la primera calidad y 47 piezas más clasificadas en la segunda calidad. No se ha realizado este análisis por separado para las cuatro muestras puesto que el tamaño de la población para la segunda calidad no lo permitiría. Procediendo a la asignación de clases de resistencia según el método visto más arriba se obtuvo una resistencia característica a la flexión f_k de 49,01 N/mm^2 para la primera calidad y de 37,89 N/mm^2 para la segunda calidad, después de aplicar los factores Ks = 0,97 y K_s = 1, según Norma UNE-EN 384:2004. De acuerdo con estos resultados se observa con claridad que la división de la clase de calidad MEF en dos no permitiría mejorar la asignación resistente de la clase única (ya que la clase primera sería de nuevo asignada a D40 pues no llega a D50) y el rendimiento clasificatorio en la clase de calidad segunda (que sería asignada a D35) sería muy escaso.

De acuerdo con los resultados obtenidos se confirma que la clasificación en una clase única es la mejor opción para optimizar el binomio resistencia/sencillez clasificatoria.

CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos y especificados en las Tablas 1 y 2, se establecen las siguientes conclusiones;

1. Se propone, para la especie de eucalipto globulus (*Eucalyptus globulus* Labill.) de procedencia española, una única clase de calidad, denominada MEF, con las especificaciones de clasificación establecidas en la Tabla 2.

2. A la clase de calidad MEF, se le asigna según procedimiento de la Norma UNE-EN 384:2004 y según clases resistentes de la Norma UNE-EN 338:2003, la clase de resistencia D40. No obstante esta asignación, la norma UNE-EN 338 permite utilizar directamente los valores de resistencia obtenidos por ensayo y calculados de acuerdo con los postulados de las normas UNE-EN 338 y UNE-EN 384. Por dicho motivo los valores característicos presentes en la Tabla 3 pueden ser utilizados para diseños estructurales.

3. Proponiendo una clase de calidad superior, con especificaciones más restrictivas a las contenidas en la Tabla 2 (ver tabla 4 y anexo), no se logra superar los valores característicos de la clase resistente D40 ni mayores rendimientos.

4. La clasificación visual resistente propuesta supone aceptar el 87% del material fabricado con las especificaciones de dimensiones de madera estructural en un aserradero tipo de elaboración de madera de eucalipto globulus español.

5. Este trabajo ha permitido la propuesta de inclusión de la asignación de la calidad del Eucalipto, MEF, a la clase resistente D40 en la normativa europea EN 1912 de referencia en el ámbito estructural.

REFERENCIAS

–*Bermúdez J.,;Touza M.; Sanz F. (2002)*. Manual de la Madera de Eucalipto Blanco. CIS-Madera. ISBN: 84-607-4430-2.

–*Conde, M. (2003).* Caracterización de la madera estructural de *Pinus nigra Subsp. Salzmannii* .(Tesis Doctoral). 198 p. Universidad Politécnica de Madrid.

–*Díez, R.; Conde, M.; Fernández-Golfín, J.I.; Rosskopf, S. (2000*). Visual strength grading of structural timber of Laricio pine: comparison of results according to UNE 56544 and DIN 4074 standards. Revista de Investigación Agraria. 9(2): 375-380.

–*DIN 4074-1 (2003).* Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit. Teil 1:Nadelschnittholz.

–*DIN 4074-5 (2003).* Sortierung von Holz nach der Trafähigkeit. Teil 5: Laubschnittholz.

–*Hermoso, E. (2001).* Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L. (Tesis Doctoral). 253 p. Universidad Politécnica de Madrid.

–*Montoya, J.M. (1995)*. El Eucalipto. Ed: Mundi-prensa.

–*Piter, J.C.J. (2003).* Clasificación por resistencia de la madera aserrada como material estructural. Desarrollo de un método para el *Eucalyptus grandis* de Argentina. (Tesis Doctoral). 206 p. Universidad Nacional de la Plata.

–*prEN14081-1* (2003) Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements.

–*Rábade J.M. et al. (2002).* Atlas Forestal de España. TRAGSA. 1ª Edición. ISBN M-37193-2002.

–*UNE 56544 (2003).* Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas

–*UNE-EN 1912 (1998*) Structural timber. Strength classes. Assignment of visual grades and species.

–*UNE-EN 338 (2003).* Structural timber. Strength classes

–*UNE-EN 384 (2004)*. Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.

–*UNE-EN 408 (2003).* Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties

–*UNE-EN 1310 (1997*). Round and sawn timber. Method of measurement of features.

–*UNE-EN 13183-1:2002.* Moisture content of a piece of sawn timber - Part 1: Determination by oven dry method.

–*UNE-EN 13183-2:2002*. Moisture content of a piece of sawn timber - Part 2: Estimation by electrical resistance method.