

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA EN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS. APLICACIONES A LA SELVICULTURA Y A LA INDUSTRIA DE LA MADERA. (1)

Santiago Vignote Peña *
José Martos Collado *
Javier Zazo Muncharaz **
Santiago Soria Carreras ***

* Profesores del Departamento de Tecnología y Aprovechamientos de los Productos Forestales de ETSIM.
** Profesor del Departamento de Silvopascicultura de ETSIM.
*** Dr. Ingeniero de Montes.



INTRODUCCION

LA madera no es un producto de características definidas al igual que puedan ser las de otros materiales, tales como el acero, hormi-

gón... La madera, como resultado del crecimiento de un ser vivo, posee unas peculiaridades propias diferentes de los demás. Inclusive la formada por un mismo árbol posee distintas características según la sección que se considere, e inclusive dentro de la misma sección.

Aún a pesar de que dentro de un individuo, raza y variedad, las propiedades de la madera

varían, se considera que en términos generales la variación de estas se producen entre especies.

La variación de propiedades dentro de una especie es muy limitada y su valor depende de la característica que se considere. Así en la tabla n.º 1 (1) se establecen los coeficientes de variación para algunas propiedades físicas y mecánicas.

Por el contrario la variación de características para diferentes especies es muy amplia. A continuación se expresan algunos ejemplos de variación.

— En color, existen maderas blancas (chopo, abeto...), verdes (*Liriodendrum tulipifera*), rojo (sequoia), azul (*haenatoxylon campechianum*), negro (ébano)... Prácticamente se puede cubrir toda la gama conocida de colores mediante maderas.

— Olor, existen maderas olorosas como el pino de Oregón (mandarina), pino piñonero (limonero), sabina... y otras muchas que apenas presentan olores apreciables.

— Sabor, existen maderas con sabor dulce (*Pterocarpus soyanx*), amargo (*Juniperus virginiana*), picante (*Libocedrus decurrens*).

— En peso existen maderas muy ligeras (balsa 0,2 g/cm. c.), hasta muy pesada (guayaco, quebracho, con 1,3 g/cm. c.).

— Resistencia a la flexión estática desde 2,408 kg/cm. c. (*Eucaliptus paniculata*) hasta de apenas 235 kg/cm — (*Ochroma sp.*) (2).

— Durabilidad muy elevada (eion, sabina, sequoia roja), o poco durables (balsa, chopo, etc.).

Mientras que en estas propiedades existe gran variación, existen otras en las que la variación es muy pequeña, como es el caso de conductividad calorífica, la resistencia al fuego, el punto de saturación de la fibra, la humedad de equilibrio higroscópico, dilatación térmica...

La gran variación de características que presentan las maderas de diferentes especies supone grandes inconvenientes, como la necesidad de estudiar profundamente especie a especie para poder conocerla, pero sobre todo una gran ventaja, que es la de disponer de una gran gama de oferta de propiedades, ante la cual el industrial puede elegir para obtener el producto con la calidad que su funcionalidad y belleza requiere.

Se puede decir que para cada producto que se desee, existe una especie de madera que por sus características se adecua mejor que las demás a los requerimientos de ese producto, y es precisamente la transformación tecnológica de esa madera en ese producto, el óptimo de su aprovechamiento industrial y en consecuencia su máxima valoración económica.

Tabla n.º 1: Coeficiente de variación de las características dentro de una misma especie en tanto por ciento.

Resistencia a la flexión dinámica.....	32
Contracción lineal.....	28
Módulo de elasticidad a la flexión estática.....	20
Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.....	20
Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra.....	20
Resistencia al esfuerzo cortante axial.....	20
Resistencia a la tracción axial.....	20
Dureza.....	17
Contracción volumétrica.....	16
Resistencia a la flexión estática.....	15
Resistencia a la compresión axial.....	13
Peso específico.....	10
Humedad de equilibrio.....	5

La pérdida de los artesanos, consecuencia de la revolución industrial y con ella la sabiduría acumulada de muchas generaciones, ha hecho olvidar las amplias posibilidades de la madera. La utilización del guayacán para la fabricación de engranajes por su propiedad autoengrasante, el olmo en las zapatas de freno por su resistencia al desgaste o también en cañerías por la propiedad de no pudrirse, mientras se mantenga húmeda, el fresno en herramientas y ruedas de carro por su facilidad de curvado y por su resistencia a la fatiga dinámica, la sequoia como teja, por su ligereza y resistencia a la pudrición, la sabina en arcones por la protección que proporciona su olor contra la polilla... que pueden sorprender al que no conozca la madera (3).

Utilizar una madera por su resistencia al fuego (brezo) a la vez que utilizar otra como combustible puede resumir la oferta tan variada que ofrece la madera.

El conocimiento científico de los materiales y en concreto de la madera hace que se recupere ese saber artesanal perdido y aplicarlo a la industria actual.



A continuación se especificará la influencia de las principales características de la madera (sólo aquellas que varían notablemente con la especie), en el proceso de transformación y adecuación a los requerimientos de los productos más interesantes industrialmente, base para el establecimiento de la técnica de asignación de usos.

1. Relaciones madera-producto

En la tabla n.º 2 se relacionan los distintos usos finales de la madera, dispuestos en orden a un mayor valor añadido, con el tipo de materia prima utilizada, significando con trazo grueso los casos de utilización más general, trazo continuo cuando su utilización es menos general y con trazo discontinuo cuando su utilización sólo obedece a casos particulares.

Debe tenerse en cuenta que para que una madera pueda aplicarse a un determinado uso final, debe cumplir, además de con los requerimientos de dicho producto, con los requerimientos de la industria transformadora. Así el palo de hierro (*Caesalpicanea ferrea*) es una madera dura, resistente a la abrasión, relativamente estable y muy aparente, por lo que se adapta perfectamente a su aplicación como parquet, pero esa misma dureza, hace muy difícil

su aserrado y sus características higroscópicas impiden realizar un secado correcto en condiciones rentables, por lo que a pesar de su perfecta adecuación al recubrimiento de suelos, es una madera sin aplicación económica.

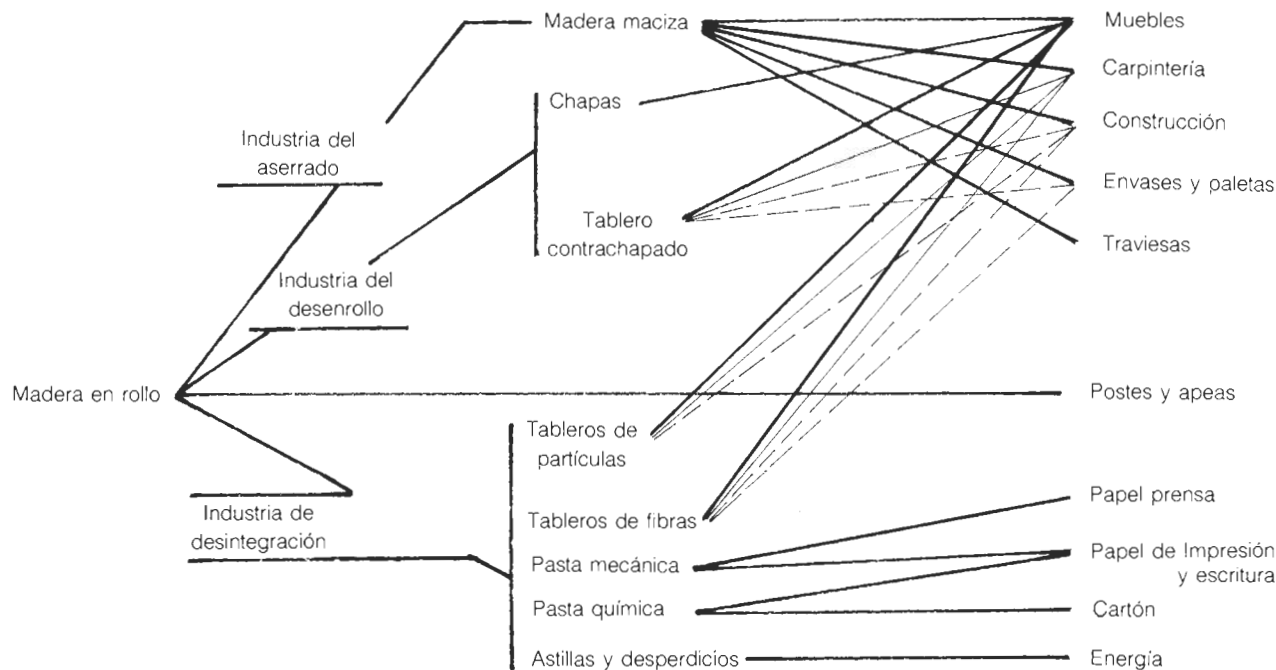
En la tabla n.º 3 se establecen las características de las maderas, que por su influencia en el proceso de transformación y en la calidad del producto de aplicación, se van a realizar.

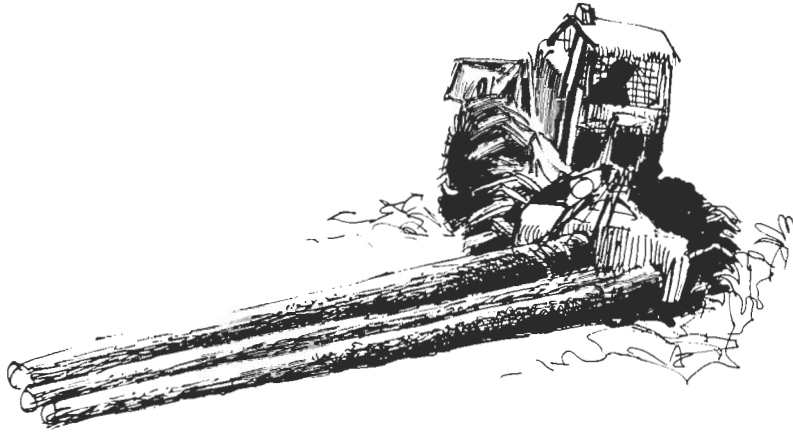
Tabla n.º 2:

Aplicaciones industriales de la madera y tipos de materias primas utilizadas.

MATERIAS PRIMAS

USOS FINALES





1.1. Características macroscópicas

Dimensiones: Las dimensiones del tronco, tanto en longitud como en diámetro, condiciona e incluso limita el aprovechamiento industrial de la madera.

Así, según la norma UNE 56.514 establece la siguiente clasificación para los distintos usos en función de las dimensiones del fuste.

Esta clasificación ha recogido ciertos casos particulares que realmente están fuera de lo que normalmente requiere la industria transformadora. Así, la industria de desenrollo trabaja normalmente con trozas de más de 35 cm de diámetro, si bien parte de la industria se ha adaptado al caso particular del aprovechamiento del chopo, fundamentalmente para su aplicación en envases hortofrutícolas.

Salvo este caso del desenrollo las limitaciones establecidas por la norma son limitaciones reales al aprovechamiento industrial de la madera, ya que están basadas en las características de la maquinaria actual de transformación de la madera.

Así, las dimensiones de las trozas que vayan a transformarse por desenrollo, deberán adaptarse a la distancia entre garras y a la distancia de éstas a la posición extrema del carro portaherramientas. Del mismo modo, en el aserrado el tamaño de la troza está limitado por la distancia entre dos escuadras consecutivas del carro y la distancia entre la mesa y el volante superior de la sierra. (Fig. 1 y 2).

La variación de estas dimensiones sólo es posible mediante una evolución de esa maquinaria, y ello solo se realizará ante un cambio profundo en la oferta actual de madera.

•**Forma:** Si bien la forma no limita (salvo casos extremos) su aprovechamiento industrial, sí lo condiciona en los siguientes aspectos:

— Para el caso de postes y apeas la rectitud es un factor fundamental por la forma que trabajan dichos productos.

— En los procesos de desenrollo y aserrado cuanto más cilíndrico, recto y circular sea el tronco, mejores rendimientos se obtendrán.

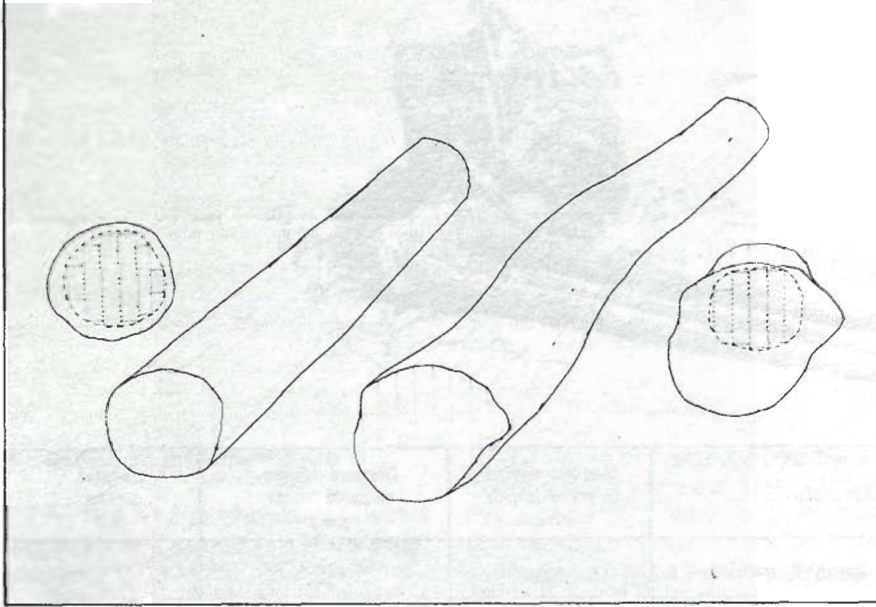
Así en la figura n.º 3 se han esquematizado dos trozas de aproximadamente el mismo volumen, pero con distinta forma. El despiece es posible en ambos casos, sin embargo, los rendimientos de la madera (área rayada) son muy

Aplicación	Diámetro mínimo en punta delgada (cm.)	Diámetro máximo en punta gruesa (cm.)	Longitud mínima (m.)
Apeas de mina	8	15	2,5
Maderas de desintegración	8	20	1,0
Postes	10	45	6,0
Madera para aserrío	20	200	1,2
Madera para desenrollo	15	160	0,6

Tabla N.º 3

Características de la madera
1. <i>Características macroscópicas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Dimensiones de la madera en rollo. — Forma de la madera en rollo. — Defectos de la madera en rollo. — Color de la madera. — Grano de la madera. — Textura de la madera.
2. <i>Características microscópicas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Longitud de la fibra. — Trayectoria de la fibra
3. <i>Características físicas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Densidad. — Dureza. — Higroscopicidad. — Contracción volumétrica. — Coeficiente de contracción volumétrica. — Relación entre el coeficiente de contracción en dirección tangencial y radial.
4. <i>Características mecánicas</i>
5. <i>Características químicas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> — % en resinas, grasas y ceras. — % celulosa y lignina.
6. <i>Otras características</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Durabilidad natural. — Facilidad de impregnación.

figura 3



superiores cuanto más cilíndrica sea la madera.

En general, para todos los demás procesos de transformación, las características de rectitud, poca conicidad y sección circular facilita la mecanización y el desarrollo de los procesos, es decir la productividad.

— Defectos: Los defectos en la materia tienen distinta influencia según el tipo de producto a que vaya destinado y el tipo de defecto de que se trate.

—Nudos: Los defectos por nudos afectan a todo tipo de aplicación, si bien su importancia en la industria de desintegración es en general pequeña. Así en la obtención del tablero aglomerado, el nudo puede disminuir localmente su resistencia, pero en proporción muy pequeña. Por el contrario en un mueble, el nudo afecta a la estética y a la resistencia del mueble, de forma que lo puede hacer difícilmente aceptable.

Con respecto a los nudos, debe indicarse que en aquellas aplicaciones donde la madera no sea vista o la estética no juegue un papel fundamental en el producto, se puede atenuar este defecto, mediante el saneado de la pieza y su posterior unión (fig. n.º 4).

Naturalmente, esto supone mayores costes de elaboración y pérdidas de materia prima, pero en ocasiones está justificado.

—La fibra torcida, fendas, acebolladuras y ataques de insectos sólo afectan a la industria de aserrío y a la de desenrollo, siendo las fendas y acebolladuras solucionables por saneado, pero no la fibra torcida, que hace difícilmente aplicable estos destinos.

—El azulado no afecta a las características mecánicas del producto, siempre que su porcentaje no sea elevado, pero sí a la estética o a la imagen del producto, como se verá en el siguiente apartado.

—Por último la pudrición hace prácticamente inaplicable, la madera en usos industriales salvo quizá, la industria de pasta por el procedimiento químico y las aplicaciones energéticas de la madera, y aún así este defecto influye, como consecuencia de la pérdida de peso que cause la pudrición y por tanto de rendimiento.

•**Color y veta de la madera:** El aspecto de una madera es muy importante para ciertos usos, como es el caso evidente de la industria del mueble y de la carpintería. En estos casos se busca un aspecto de acuerdo con la moda, por ejemplo ahora se piden maderas blancas (fresno) para muebles.

Además de estos casos típicos de importancia del color y en donde no se pueden establecer unos cánones de aspecto, existen otros casos en donde se busca un determinado aspecto a la madera no mutable por la moda. Es

el caso de los envases en donde se busca el color claro de la madera como imagen de higiene en el producto que va a contener.

Es también importante la blancura de la madera en la obtención de pastas por el procedimiento mecánico. También lo es en otros procedimientos de obtención de pastas porque ello supone un menor gasto de blanqueantes.

También es importante la claridad en los tableros de partículas, sobre todo cuando estos deben recubrirse de chapas de apenas unas décimas de milímetro, que de alguna forma dejan telegrafarse el soporte.

•**Grano:** El grano o tamaño de los elementos constitutivos de la madera tiene influencia sobre todo en la industria del mueble, donde es apetecible un cierto tacto y además, porque facilita las operaciones de torneado, lijado y barnizado.

La homogeneidad del grano también influye en algunas operaciones de transformación sobre todo en el corte a la plana y desenrollo, en los que las discontinuidades provocan efectos de cizalladura y rotura en la chapa.

•**Textura:** O relación entre la madera de verano y la total influencia en las características mecánicas cuya influencia se verá más tarde. También parece tener influencia en alguna operación como es la de acabado de carpintería y mueble, sobre todo en las operaciones de barnizado.

1.2. Características microscópicas

Es importante conocer de las características los siguientes factores:

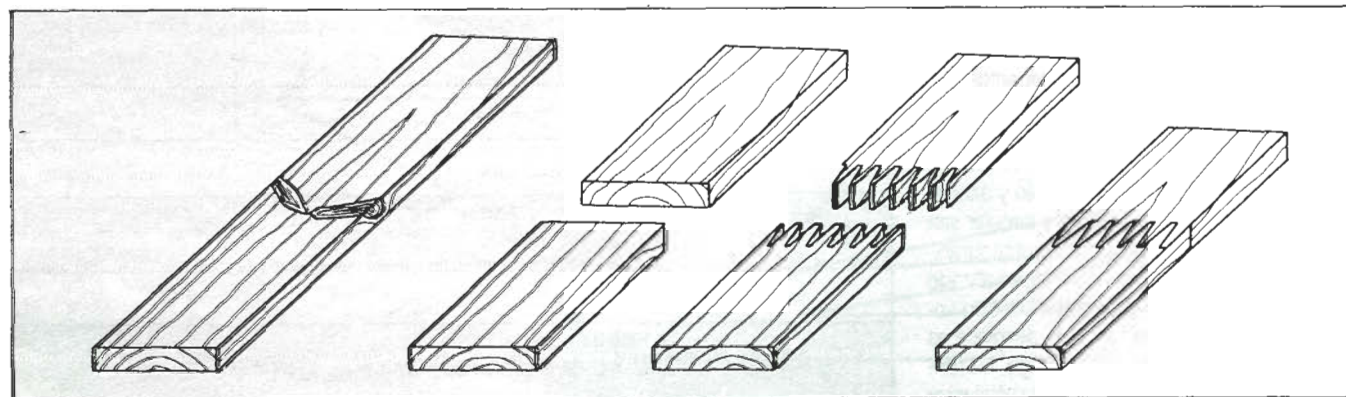


figura 4

— La longitud, la esbeltez (relación entre la longitud y la anchura) y la proporción de pared celular en el total de las células.

Elo es importante sobre todo en la industria de pasta y en la de tablero de fibras, dado que ambos factores están muy relacionados con la resistencia del producto.

En los términos generales se clasifican las maderas en cuanto a su longitud de fibra de la siguiente forma (4):

— Maderas de fibra larga: Son las coníferas que por término medio presentan unas fibras (traqueidas) de 2,4 mm de longitud por 20 a 50 micras de anchura.

Dentro de las coníferas cuando la longitud de fibra supere los 3 mm se clasificará como grande, entre 2 y 3 media y de 2 como pequeña.

— Maderas de fibra corta: Son las frondosas, cuya longitud media de la fibra es de alrededor de 1 mm con anchuras entre 15 y 25 micras.

Dentro de las frondosas, se clasificarán como de fibra grande, media o pequeña cuando superen el 1,5 mm, estén comprendidas entre 0,5 y 1,5, o sea, inferior a 0,5 mm respectivamente.

— La trayectoria de las fibras es también importante en los usos del mueble y en menor medida de carpintería, utilizando como materia prima la madera maciza, dado que si las fibras presentan trayectoria ondulada, existe tendencia de aparición de repelo después de las operaciones de cepillado y tintado, con lo que supone un cierto inconveniente, pues obliga a su eliminación a base de lijados sucesivos.

1.3. Características físicas

— Densidad: Esta característica física influye de forma muy directa en casi la totalidad de características físicas y mecánicas y, por tanto, es muy importante su conocimiento.

La norma UNE 56.540 establece la siguiente interpretación de resultados:

Directamente es importante en ciertos usos. Así en envases y embalajes se busca ligereza para hacer más fácil su transporte. En muebles quizá sea más valorable por el comprador su densidad.

También es importante porque influye en la productividad muchos procesos industriales. Así



en la obtención de pasta, se obtendrán mayores rendimientos con maderas densas que ligeras (dado que se compra por volumen y se vende por peso). De la misma forma, la aplicación de la madera en la obtención de energía es más indicada cuanto más densa sea.

— Dureza, esta característica física mide la facilidad de penetración de un material en otro y por tanto la facilidad de su transformación.

Madera	Resinosas	Frondosas
Muy ligera	≪ 0,40	≪ 0,35
Ligera	0,40 0,49	0,35 0,5
Semipesada	0,50 0,59	0,51 0,70
Pesada	0,60 0,70	0,75 0,95
Muy pesada	≧ 0,70	≧ 0,95

La norma UNE anteriormente señalada establece la siguiente clasificación de la dureza:

Dureza (resinosas)	Clase
1 - 2	Blandas
2 - 4	Semiduras
4 - 20	Duras
Dureza (frondosas)	
0,2 - 1,5	Muy blandas
0,1 - 3	Blandas
3 - 6	Semiduras
6 - 9	Duras
9 - 20	Muy Duras

En las maderas muy duras cuesta mucho su elaboración tanto por sierras como por cuchillas, llegándose en muchos casos a resultar poco rentable su aprovechamiento.

Por el contrario, ciertos usos, como la carpintería (sobre todo el parquet) o el mueble, se exige un mínimo de dureza (1,5 en la escala de Chalais Meudon).

Las maderas comerciales para la industria mecánica suelen tener una dureza de entre 1,5 y 6, salvo quizá en el parquet que utilice maderas de hasta 10 en la escala señalada.

— Higroscopividad, esta característica física mide la intensidad o la velocidad de absorción de la humedad del aire como consecuencia de una variación de la humedad de equilibrio higroscópico.

Desde este punto de vista tiene influencia sobre todo en las aplicaciones de muebles y carpintería de exterior, a base de madera maciza.

La normativa de ensayos española, por el contrario, considera estas características, como la variación del peso cuando la humedad varía en un 1 %. Desde este punto de vista, su importancia está en relacionar el coeficiente de contracción volumétrica con el peso específico.

— Contracción volumétrica. Esta característica mide la pérdida total de volumen de la madera como consecuencia de la total pérdida de humedad. Tiene influencia muy directa en todas las aplicaciones de la madera que se ha-

gan a partir de madera en rollo (postes y apeas) dado que la influencia a la aparición de fendas dependerá fundamentalmente, de su valor y del diámetro de la propia madera, y con menor importancia de otras características tales como la resistencia a la tracción perpendicular a la fibra, la velocidad de secado, etc.

La norma UNE 56.540 establece la siguiente clasificación en función del valor de la contracción volumétrica:

Contracción volumétrica C. en %	Clase	Madera
15 - 20	Gran contracción	Grandes fendas
10 - 15	Contracción media	Fendas medias Puede emplearse en constr.
5 - 10	Contracción pequeña	Fendas pequeñas Puede secarse antes de despiece.

Realmente la interpretación de usos de la norma no es muy acertada, pero, en general y para el caso concreto en el que influye esta característica, se puede establecer que para aplicaciones de madera en forma de rollo de pequeño diámetro (caso de apeas de mina, apeas para construcción y postes pequeños) se puede utilizar la madera de contracción media. Para el caso de aplicaciones de madera en rollo de gran diámetro (postes medianos y grandes) la madera debe ser de contracción pequeña.

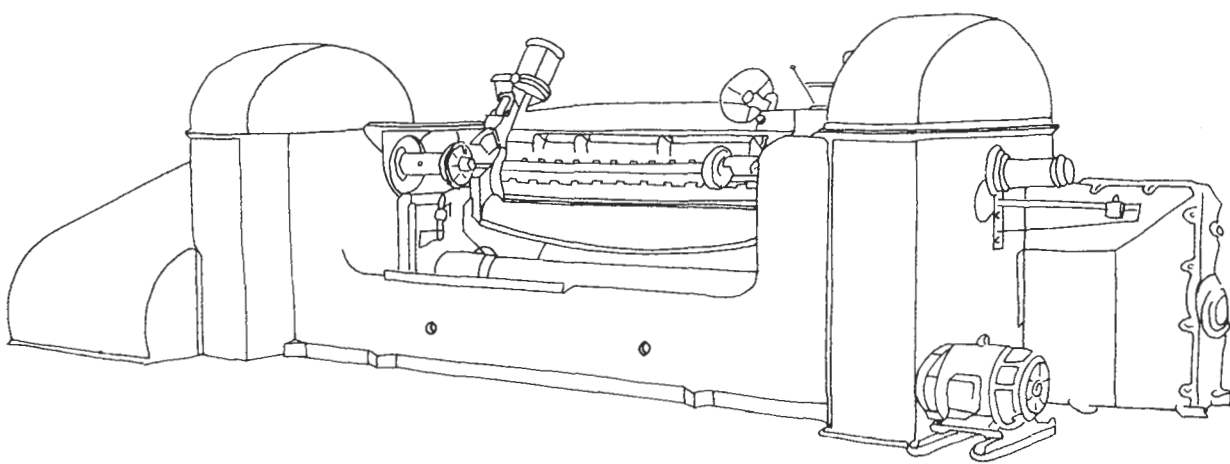
Es curioso señalar, cómo la normativa de postes española, (norma UNE 21.003 2.ª rev.) establece que la madera de postes sólo puede ser de Pino silvestre, Pino laricio y Pino negro, obedeciendo a la experiencia de comportamiento a este uso, pero que coincide con las especies de contracción volumétrica pequeña, a pesar de que existen otras especies de fuste especialmente recto (Pino insigne, eucalipto...)

Coeficiente de contracción volumétrica

Esta característica física mide la variación de volumen como consecuencia de la variación de humedad de la madera. Es quizá la característica física que más define el tipo de aplicación de la madera maciza, dado que en muchas de sus aplicaciones se necesita una precisión de dimensiones, bien para el buen anclaje de sus partes o bien por funciones estéticas.

Así una ventana tiene como fin cerrar un hueco, proporcionando luz y la posibilidad de ventilación de la habitación, para cumplir esto es necesario que la parte fija de la ventana (cerco) y la parte móvil (hoja), estén perfectamente complementados, para que ese cierre de hueco sea efectivo. Si por defecto de la humedad, una parte hincha más que otra, esa complementación se pierde y por tanto el cierre no es perfecto, pasando el aire y el agua a través de esa junta y por tanto, perdiendo esa función para la que estaba diseñada. Cuanto menor sea la variación de volumen de la madera mayor calidad tendrá el producto a la que se aplica.

La norma UNE 56.840, reconoce la importancia de esta característica estableciendo la siguiente interpretación de resultados:



Por ello, el valor de la relación entre ambos coeficientes de contracción lineal, sumarán o restarán los problemas de estabilidad que presenta el coeficiente de la contracción de la madera.

1.4. Características mecánicas

En general para todas las aplicaciones mecánicas de la madera interesa que la relación entre las características mecánicas y el peso específico sea lo más elevado posible, sobre todo en aquellos usos en los que la materia actúa como estructura resistente.

En particular, se debe poseer gran resistencia mecánica en los siguientes casos:

Muebles:

- Resistencia a la flexión estática y módulo de elasticidad.
- Resistencia a la compresión paralela a las fibras.
- Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra.
- Resistencia a la hienda.

Construcción:

- Resistencia a la flexión estática.

Traviesas:

- Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.
- Resistencia a la hienda.
- Resistencia al arranque de tornillos.

Postes:

- Resistencia a la flexión estática.

Apeas:

- Resistencia a la compresión axial.
- Módulo de elasticidad grande.

La norma UNE sobre interpretación de características físico mecánicas establece las siguientes clasificaciones, según los valores medios de resistencia:

- Compresión axial

Valora el valor absoluto de la resistencia a rotura, así como una relación con 100 veces su densidad (Cota estática de resistencia a la compresión axial) en función de su clasificación por densidad.

Contracción volumétrica C. en %	Interpretación	Aplicaciones
0,5 - 0,35	Poco nerviosa	Carpintería
0,35 - 0,55	Medianamente nerviosa	Para construcción
0,55 - 0,75	Nerviosa	Para la const. en despiece radial
0,75 - 1	Muy nerviosa	Para medios de humedad constante

La aplicación de la norma a las maderas nacionales es prácticamente inviable, pues casi no existen maderas con un valor inferior a 0,35. Por otra parte las exigencias de la industria del mueble, en cuanto a estabilidad de la madera, es muy superior a la carpintería, debido fundamentalmente a la mayor exigencia estética. Todo ello hace que la interpretación de los

datos estabilizantes, tales como las parafinas u otros.

— Relación entre los coeficientes de contracción lineal en dirección tangencial y radial. La contracción de la madera tiene diferentes valores según la dirección de la madera. Así en dirección axial la contracción es prácticamen-

Contracción volumétrica C. en %	Interpretación	Aplicaciones
0,15 - 0,40	Poco nerviosa	Ebanistería
0,35 - 0,49	Algo nerviosa	Carpintería
0,40 - 0,55	Medianamente nerviosa	Construcción
0,55 - 0,75	Nerviosa	Para const. en despiece radial
0,75 - 1	Muy nerviosa	Para medios de humedad constante

resultados que se propone sea la siguiente:

El coeficiente de contracción volumétrica en la industria de los tableros es, sin embargo, poco importante, dado que la estabilidad dimensional se puede lograr artificialmente, bien eligiendo las colas más estables o bien añadien-

te inapreciable, mientras que en dirección radial y tangencial es grande, siendo esta última de 1,5 a 2 veces más grande que la primera.

Cuanto más iguales sean ambas contracciones, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrán.

COMPRESION C en kg/cm²

Madera de resinosas

Ce

Clase	C 12	Ligera	Semipesada	Pesada
Baja	250 - 350	≤ 8	≤ 7	≤ 6
Mediana	350 - 450	8 - 9.5	7 - 8.5	6 - 7.5
Alta	≥ 450	≥ 9.5	≥ 8.5	≥ 7.5

Madera de frondosas

Clase	Ligera	Semipesada	Pesada	Muy pesada				
	C12	Ce.	C12	Ce.	C12	Ce.	C12	Ce.
Baja	200-300	≤ 60	275-375	≤ 6	400-500	≤ 6	500-600	≤ 7
Mediana	300-400	7-8	375-475	6-7	500-700	6-7	600-800	7-8
Alta	400-600	≥ 8	475-600	≥ 7	700-800	≥ 7	800-1000	≥ 8

— Flexión estática

Valor el valor absoluto de su resistencia.

FLEXION ESTATICA S en k/cm²

S 12	Clase
≤ 1100	Baja
1100 - 1800	Mediana
≥ 1800	Alta

— Flexión dinámica o choque

Valora el valor absoluto de su resistencia.

FLEXION DINAMICA K en kg/cm²

K	Clase
≤ 0,4	Baja
0,4 - 1	Mediana
≥ 1	Alta

— Tracción perpendicular a la fibra

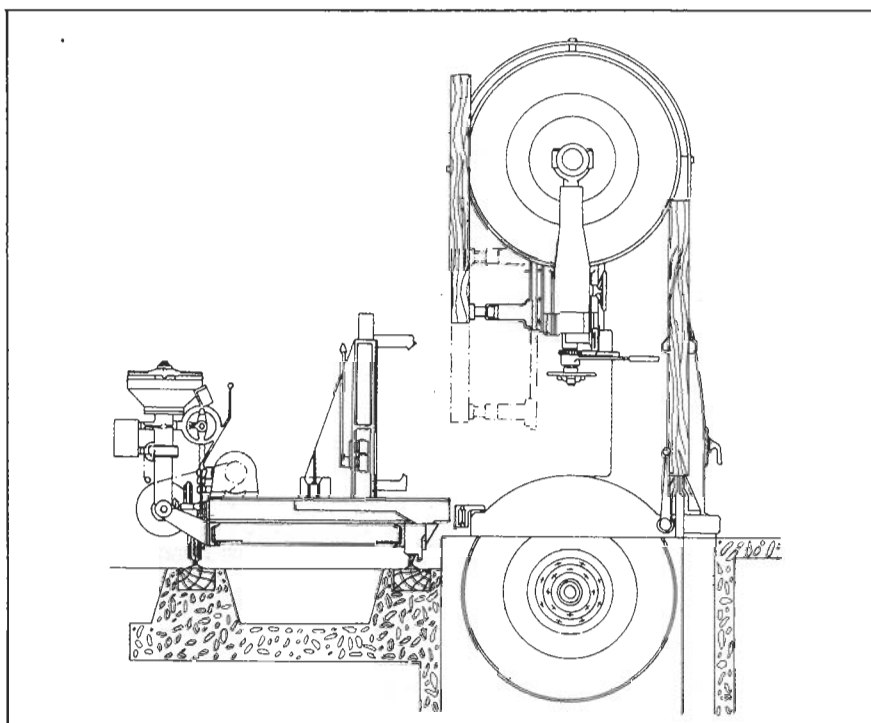
Si bien a la madera se debe evitar que trabaje en esta dirección, el esfuerzo se presenta en los fenómenos de secado y ciertos encolados.

Su resistencia se mide por el valor de resistencia o rotura y por la relación de este valor con el de 100 veces la densidad corta estática.

— Hienda.

Al igual que en el caso anterior, este esfuerzo se presenta al clavar o atornillar una madera, así como en ciertos tipos de ensambles, en que el esfuerzo de la espiga se transmite a la caja a modo de hienda.

Su resistencia se mide al igual que la tracción perpendicular a la fibra por el valor de su resistencia a rotura y su cota estática.

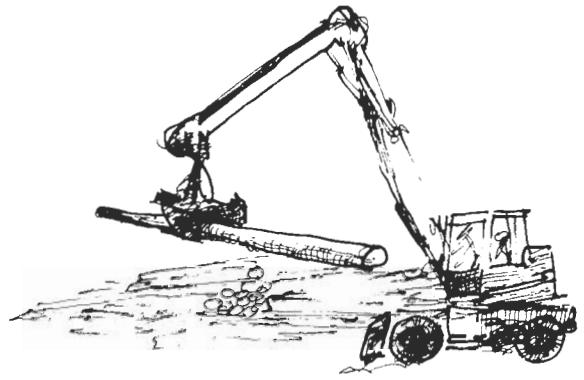


TRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA 0 kg/cm² Y COTA DE CALIDAD

φ 12	Clase	Ca	Clase
≤ 25	Baja	0,15 - 0,30	Baja adherencia
25 - 45	Mediana	0,30 - 0,45	Mediana adherencia
≥ 45	Alta	0,45 - 0,60	Alta adherencia

HIENDA R. 12 en kg/cm² Y COTA DE CALIDAD

R 12	Clase	C 12	
≤ 15	Baja	0,12 - 0,20	Muy hendible
15 - 30	Mediana	0,20 - 0,30	Medianamente hendible
≥ 30	Alta	0,30 - 0,40	Poco hendible



1.5. Características químicas

Indirectamente es muy importante ya que incide en el resto de las características de la madera.

Es también importante, en sí mismo, por las siguientes circunstancias:

— Maderas con elevado porcentaje en resinas, grasas o ceras suelen producir problemas en su transformación, incluso producen productos de peor acabado.

Así en la industria de carpintería y mueble a partir de madera aserrada, un elevado porcentaje en el contenido de resinas, embota todas las sierras, cuchillas y lijas del proceso de transformación. Las uniones por encolado y el acabado por barnices y pinturas deben ser precedidas por operaciones que eliminen las resinas de su superficie.

En la industria de tableros los problemas son similares, quedando siempre la unión entre chapas, partículas o fibras debilitadas por la resina.

En la industria de pasta mecánica y química por el procedimiento del bisulfito, la resina además de mermar la resistencia del papel, produciría manchas.

En el resto de la industria de pasta química, la resina se logra eliminar, e incluso aprovechar como subproducto.

Por último, en los usos de la madera, tales como postes y apeas el contenido de resinas, apenas si tiene importancia. Por el contrario para el caso del aprovechamiento energético de la madera, el contenido alto de resinas, es valorable, primero porque aumenta la inflamabilidad de la madera y segundo porque aumenta su poder calorífico.

— Porcentaje de celulosa y lignina, sólo es importante directamente en la industria de celulosa por el procedimiento químico, dado que este porcentaje influye en el rendimiento del proceso.

Todo lo hasta aquí expuesto sobre interpretación de las características mecánicas de la madera tiene una salvedad, y es que los valores de resistencia de una especie se refiere a la resistencia de la madera sin defectos, con una humedad del 12 %.

La realidad de una madera es la de poseer defectos, consecuencia de las características biológicas de una especie (nudos, fibra inclinada...) o de defectos adquiridos en su transformación o espera (gemas, inclinación de la fibra, ataque de organismos xilófagos...)

Los defectos de la madera afectan de forma diferente a las características mecánicas y por tanto a sus aplicaciones.

Así la humedad influye disminuyendo la resistencia a medida que esta aumenta, según los siguientes valores (5):

Flexión	1,59 %	por cada 1 % de variación de humedad
Módulo de elastic.	1,49 %	por cada 1 % de variación de humedad
Esfuerzo cortante de	1,81 % a	
	1,87 %	por cada 1 % de variación de humedad
Compresión axial	1,94 %	por cada 1 % de variación de humedad
Comp. Perp. a la fibra	1,99 %	por cada 1 % de variación de humedad

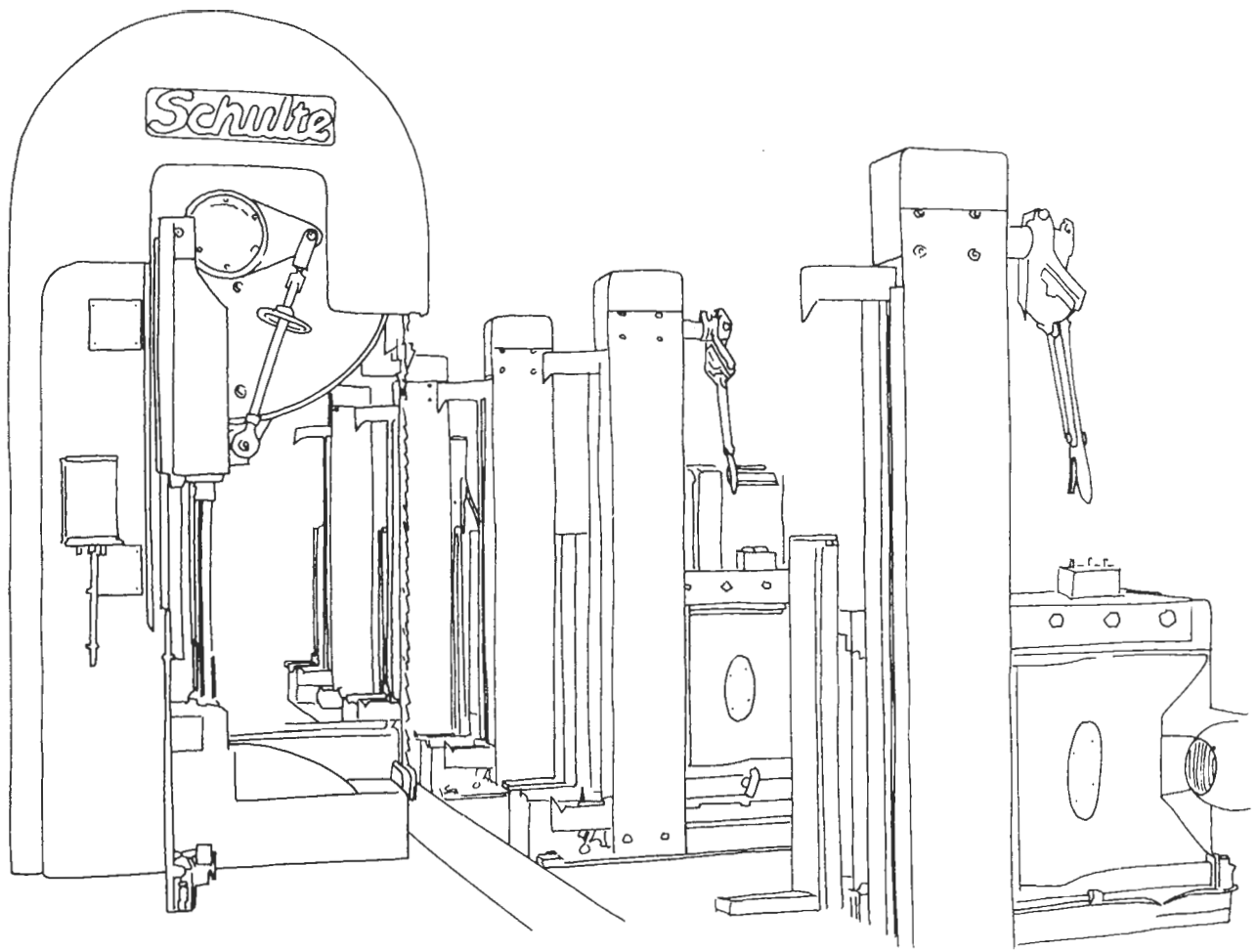
La inclinación de la fibra afecta de forma muy importante a la resistencia a la flexión y tracción, con menor importancia a la compresión axial y apenas a la compresión perpendicular a la fibra y al esfuerzo cortante.

Los nudos poseen un efecto similar a la inclinación de la fibra, afectando de forma importante a la flexión y tracción y prácticamente inapreciable al esfuerzo cortante y a la compresión perpendicular a la fibra.

Las fendas o grietas afectan fundamentalmente esfuerzo cortante.

La gema y las pudriciones, afectan a todos los valores de resistencia.

Como puede desprenderse de todo ello, los defectos de la madera maciza afectan de forma muy desigual, según el destino al que se aplique. Así los nudos afectan de forma muy importante a las aplicaciones de construcción, postes... pero muy poco a las traviesas, de la misma forma que afectaría la inclinación de la fibra, pero sucedería lo contrario con las fendas.



1.6. Otras características

— Durabilidad natural. es una característica que debe considerarse en todas las aplicaciones de la industria mecánica de la madera. sobre todo en aquellas en que la madera debe estar expuesta a cambios de humedad de equilibrio higroscópico superior al 18 % y no se refiera a productos perecederos (postes, carpintería exterior).

Para el resto de los casos, la durabilidad sólo se refiere a la resistencia al ataque de insectos xilófagos (muebles y carpintería de interior).

— Facilidad de impregnación, es una característica que debe ser complementaria a la anterior. es decir. si en el caso de que se requiera durabilidad y la madera no presente esta característica. resulte sencillo el conferírsela por la aplicación de productos protectores insecticidas y/o fungicidas.

Referencias

- (1) UNE 56.528 - 78. *Características físico-mecánicas de la madera Preparación de probetas para ensayos.*
- (2) AITIM núms. 73, 74 y 75. *Características físico-mecánicas de las materias.*
- (3) *La madera* Ed. Blume, 1986.
- (4) *La prêt. Source d'énergie et d'activités nouvelles.* Roger Dumon Ed. Massso. 1980.
- (5) *Wood handbook.* «Forest Products Laboratory Forest Service». Ed. U. S. Department of Agriculture Washington. 1974.

Bibliografía

- A. Gutiérrez Oliva: *Características físico-mecánicas de las maderas españolas*. Ed. M. de Agricultura (IFIE). Madrid, 1967.
- C. Peraza Oramas: *Tecnología de la madera (IV). La madera como materia prima*. Ed. AITIM, 1976.
- *Bois de Forest des Tropiques*, (varios números). Ed. Centre Technique Forestier Tropiques.
- S. Vignote: *Tecnología del aprovechamiento de la madera del pino insignis (Pinus radiata D. Don)*. Ed. AITIM, 1984.
- S. Vignote: *Tecnología General de Productos Forestales*. Ed. ETSIM Madrid, 1986.
- Lombardero. B. y Montero. G.: *Estudio comparativo de la producción de corcho en turnos de descorche de 9 a 10 años*. Anales del INIA Serie recursos naturales. Madrid, 1980.
- Montoya. J. M.: *La poda de los árboles forestales*. INIA. Madrid, 1984.
- Ceña Felisa y Romero Carlos: *Evaluación económica y financiera de inversiones agrarias*. Banco de Crédito Agrícola. Madrid, 1982.