



**FÉLIX JOVÉ, Dr. Arquitecto** (fjove@arq.uva.es)  
 Profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas  
 Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
 Universidad de Valladolid

## Tema 6: LOS MATERIALES NATURALES. LA MADERA

### La madera.

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Composición y estructura | 9. Propiedades de la madera   |
| 2. Obtención                | 10. Agentes degradantes       |
| 3. Tipos de madera          | 11. Protecciones              |
| 4. Madera maciza            | 12. Ventajas e Inconvenientes |
| 5. Madera laminada encolada | 13. Aplicaciones y usos       |
| 6. Madera microlaminada     |                               |
| 7. Tablero de madera        |                               |
| 8. Chapas                   |                               |



### 1. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA

#### 1.1. COMPOSICIÓN

La madera se compone de fibras de celulosa unidas mediante una sustancia llamada lignina.

Por el interior de las fibras de celulosa circulan y se almacenan sustancias como agua, resinas, aceites y sales.

-Celulosa: Es inalterable en seco, pero en contacto con agua sufre putrefacción, perdiendo su resistencia. (Porcentaje del total entre 40% y 50%)

-Lignina: De color oscuro, dura y frágil, confiere a la madera resistencia y rigidez, a la vez que la protege. (Porcentaje del total entre 25% y 30%).

#### 1.2. CARACTERÍSTICAS

Las características de la madera varían según la especie del árbol origen e incluso dentro de la misma especie por las condiciones del lugar de crecimiento. Aun así hay algunas características cualitativas comunes a casi todas las maderas.

-La madera es un material **anisótropo** (sus características varían según la dirección en que son examinadas; longitudinal o transversalmente), por ejemplo en su resistencia o elasticidad.

-El eje que coincide con la longitud del tronco es el **eje axial**. El que pasa por el centro y sale perpendicular a la corteza es el **eje transversal**.

-La resistencia de la madera en el eje axial es de 20 a 200 veces mayor que en el eje transversal



**2. ESTRUCTURA**

**1.-Corteza externa:** la capa más externa. Formada por células muertas. Sirve de protección contra los agentes atmosféricos. (corcho)

**2.-Cámbium:** capa fina que sigue a la corteza. Da origen a la capa interior (xilema) que forma la madera y a la exterior (floema) que forma parte de la corteza.

**3.-Albura:** es la madera de más reciente formación y por ella viaja más savia que por el resto del tronco, por ello es más blanca.

**4.-Duramen:** es la madera dura y consistente. Está formada por células fisiológicamente inactivas y se encuentra en el centro del árbol. Es más oscura que la albura, y la savia ya no fluye por ella.

**5.-Médula vegetal:** es la zona central del tronco, posee escasa resistencia, generalmente no se utiliza.



**2. OBTENCIÓN**

Para la obtención de la madera es necesario seguir los siguientes pasos:

- Talado del árbol (apeo).
- Desramado.
- Troceado (tronzado).
- Descortezado.
- Despiece.
- Secado de la madera.
- Tratamientos.



**DESPIECE**

Despiece de la madera

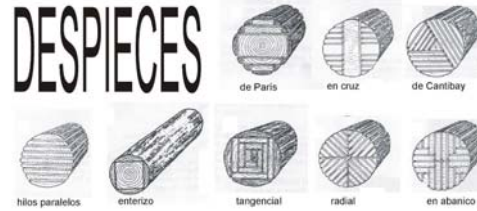
1. Chapas
  - Por rotación
  - Tangenciales
2. Tablones
  - Tangenciales
    - De Paris
    - En cruz
    - De Cantibay
  - Hilos paralelos
  - Enterizo
  - Tangenciales
  - Radiales
    - Radial
    - En abanico

**DESPIECE DE MADERA**

**DESPIECE DE CHAPAS**



**DESPIECES**



| Nombre                     | Longitud (m) | Escuadría (en cm netos, tolerancia de ± 5mm) |
|----------------------------|--------------|--|
| TABLONES                   | 2 a 10       | Anchos 10'5 a 30'5<br>Guesos 2 a 10'2        |
| VIGA                       | 4 a 10       | 15x20 a 25x35                                |
| VIGUETA                    | < 5          | 8x8 a 15x15                                  |
| ALFARJÍA                   | variable     | 14x10  |
| TABLA                      | variable     | 1x10 a 3x30                                  |
| TARIMA (tabla machiembada) | 1 a 5        | 1'5x5 a 3x15                                 |
| LISTÓN                     | variable     | 2x5 a 4x8                                    |
| LISTONCILLO                | variable     | 1x2 a 2x4                                    |
| CHAPAS                     | variable     | Ancho variable<br>Espesores 0'02 a 0'5       |
| REGRESOS                   | variable     | Ancho variable<br>Espesores 0'4 a 1          |

Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



**SECADO**

Secado de la madera

1. Secadero forzado:
    - De deshumificación
    - De calor
  2. Secadero natural:
    - Al aire
- Los castilletes tienen una organización especial para evitar el reviro de las piezas y que corra el aire entre ellas.

**SECADO**



| USOS DE LA MADERA  | HUMEDAD LÍMITE |
|--|----------------|
| Madera preparada para un tratamiento antiséptico posterior.  | 25 - 28 %      |
| Vigas para estructuras sometidas a corrientes de aire fresco y húmedo.   | 21 - 24 %      |
| Maderas para embalajes, cajería, aperos agrícolas, tonelerías, etc.  | 16 - 17 %      |
| Maderas para puertas exteriores, ventanas, carrocerías, aviación, cubiertas de barcos.                             | 14 - 15 %      |
| Maderas para muebles en habitaciones con calefacción ocasional.  | 13 - 14 %      |
| Maderas para muebles, paneles y entarimados en habitaciones con calefacción normal.                                | 10 - 12 %      |
| Maderas para muebles, paneles y entarimados en habitaciones con calefacción fuerte (sanatorios, quirófanos, etc.). | 8 - 10 %       |

Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



### 3. TIPOS DE MADERA

#### 3.1. SEGÚN SU ORIGEN

**1.-Coníferas:** abundan en zonas frías y templadas; son resistentes y durables. Hoja perenne.  
Pino, abeto, alerce, ciprés, enebro

**2.-Fronchosas:** abundan en zonas templadas y tropicales; ofrecen mayor calidad que las coníferas, utilizadas en carpintería y revestimientos. Hoja caduca.

Roble, fresno, olmo, abedul, haya, castaño, aliso, frutales. (chopo y eucalipto, siendo frondosas no alcanzan las características del resto)

**3.-Exóticas:** proceden de países tropicales, alta calidad de aspecto, son caras. Se emplean en ebanistería, carpintería de taller y chapados.

Iroko, ébano, okume, caoba, balsa, abebay, embero, sapely



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

07



#### 3.2. SEGÚN SU DUREZA

**1.-Maderas duras:** son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, por lo que son más densas y soportan mejor las inclemencias del tiempo que las blandas. Son mucho más caras que las blandas debido a su lento crecimiento.

Árboles que se catalogan dentro de este tipo: haya, roble, nogal, arce, carpe, teca, lapacho, etc.

**2.-Maderas blandas:** son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento rápido, en general pertenecientes a las coníferas. Son menos densas, más blandas y su precio es mucho menor. No tiene una vida tan larga como las duras. La manipulación de las maderas blandas es mucho más sencilla, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de virutas y astillas.

Algunas maderas blandas de amplio uso son: pino, abeto, abedul, chopo, ciprés, balso, etc.

El castaño tiene una dureza media y es muy flexible, por lo que puede ser incluido en ambos grupos.  
Gran calidad estética.



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

08



### 3.3. SEGÚN SU UTILIZACIÓN

**1.-Madera maciza:** procedente directamente del árbol. Se elabora con el tronco o por despiece del tronco del árbol.

- Madera de Rollizo
- Madera Aserrada

**2.-Madera laminada encolada:** láminas de madera encoladas en varias capas superpuestas

**3.-Madera microlaminada (LVL):** láminas de madera de coníferas de unos 3 mm de espesor, unidas y prensadas por cola fenólica especial.

**4.-Tablero:** predominan la longitud y la anchura frente al espesor. Producto en el que el elemento constitutivo principal es la madera (serrines, celulosa, chapas finas, etc.) con adhesivos y recubrimientos

**5.-Chapas:** hojas de madera, espesor inferior a 7mm



## 4. MADERA MACIZA

### 4.1. Madera de rollizo.

Troncos de árboles apeados que se desraman, se separan de la copa, y posteriormente se cortan a unas dimensiones normalizadas.

Clasificación:

- Dimensional (longitud y diámetro).
- Calidad: A excepcional, B normal, C menor, D resto.



Ejemplo: L2D2b = longitud 2 (3,1 a 6m), diámetro 2 (medio de 25 a 29cm) calidad b (normal).

Las aplicaciones directas simplemente desbastada son muy limitadas.

### 4.2. Madera aserrada.

Pieza de madera maciza obtenida por aserrado del árbol a escuadra (caras paralelas entre sí).

Clasificación según Resistencia a flexión (N/mm<sup>2</sup>)

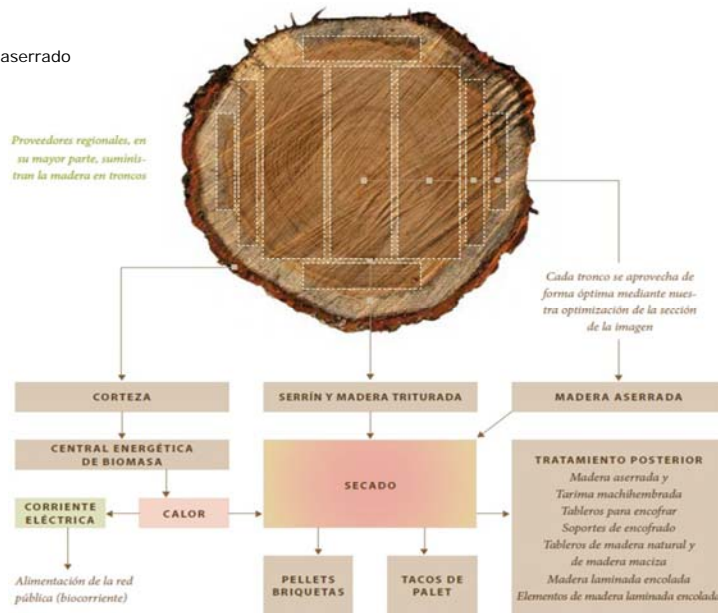
Según CTE:

- Para coníferas (incluido chopo y eucalipto): C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50
- Para frondosas: D30, D35, D40, D50, D60 y D70.

Aplicaciones: todo tipo de usos, incluidos estructura



**Madera aserrada**  
Estudio estereotómico del aserrado del troco del árbol.



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



**Madera aserrada**  
Características mecánicas

**Tabla E.2 Madera aserrada. Especies frondosas**  
Valores de las propiedades asociadas a cada Clase resistente

| Propiedades  | Clase Resistente |      |      |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|------|------|
|  | D30              | D35  | D40  | D50  | D60  | D70  |
| <b>Resistencia (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>   |                  |      |      |      |      |      |
| - Flexión $f_{m,k}$  | 30               | 35   | 40   | 50   | 60   | 70   |
| - Tracción paralela $f_{t2,k}$                             | 18               | 21   | 24   | 30   | 36   | 42   |
| - Tracción perpendicular. $f_{t90,k}$                      | 0,6              | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |
| - Compresión paralela $f_{c2,k}$                           | 23               | 25   | 26   | 29   | 32   | 34   |
| - Compresión perpendicular. $f_{c90,k}$                    | 8,0              | 8,4  | 8,8  | 9,7  | 10,5 | 13,5 |
| - Cortante $f_{v,k}$                                       | 3,0              | 3,4  | 3,8  | 4,6  | 5,3  | 6,0  |
| <b>Rigidez, kN/mm<sup>2</sup></b>                          |                  |      |      |      |      |      |
| - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,medio}$       | 10               | 10   | 11   | 14   | 17   | 20   |
| - Módulo de elasticidad paralelo 5º-percentil $E_{2k}$     | 8,0              | 8,7  | 9,4  | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,medio}$ | 0,64             | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| - Módulo transversal medio $G_{medio}$                     | 0,60             | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| <b>Densidad, kg/m<sup>3</sup></b>                          |                  |      |      |      |      |      |
| - Densidad característica $\rho_k$                         | 530              | 560  | 590  | 650  | 700  | 900  |
| - Densidad media $\rho_{medio}$                            | 640              | 670  | 700  | 780  | 840  | 1080 |

Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



## 5. MADERA LAMINADA ENCOLADA

Elemento formado por láminas gruesas (tablones) de madera encoladas en capas superpuestas hasta conseguir el canto del elemento estructural proyectado.

**El encolado:** procedimiento de unión de la madera que emplea colas como pegamento.

-Cola normal: no resiste al agua (interiores)  
-Cola de resinas epoxi: resistente al agua (expuestas)  
La unión es rígida y duradera, aumenta su resistencia de manera proporcional a la superficie encolada.

### Condiciones de encolado:

La madera debe estar seca para que la cola penetre en el material y fragüe bien.

La madera debe estar limpia de polvo, viruta, serrín, que absorberían parte de la cola, debilitando o impidiendo la unión.

Clasificación según Resistencia a flexión (N/mm<sup>2</sup>)

Según CTE:

-Madera laminada encolada homogénea:

GL24h, GL28h, GL32h y GL36h

-Madera laminada encolada combinada:

GL24c, GL28c, GL32c y GL36c.



## Madera laminada encolada

Elementos



**Madera laminada encolada homogénea**

Características mecánicas

**Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente**

| Propiedades  | Clase Resistente |       |       |       |
|--|------------------|-------|-------|-------|
|  | GL24h            | GL28h | GL32h | GL36h |
| <b>Resistencia (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>               |                  |       |       |       |
| - Flexión $f_{m,g,k}$  | 24               | 28    | 32    | 36    |
| - Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$                                      | 16,5             | 19,5  | 22,5  | 26    |
| - Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$                                | 0,4              | 0,45  | 0,5   | 0,6   |
| - Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$                                    | 24               | 26,5  | 29    | 31    |
| - Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$                              | 2,7              | 3,0   | 3,3   | 3,6   |
| - Cortante $f_{v,g,k}$   | 2,7              | 3,2   | 3,8   | 4,3   |
| <b>Rigidez, en kN/mm<sup>2</sup></b>                                   |                  |       |       |       |
| - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$                 | 11,6             | 12,6  | 13,7  | 14,7  |
| - Módulo de elasticidad paralelo 5 <sup>o</sup> -percentil $E_{0,g,k}$ | 9,4              | 10,2  | 11,1  | 11,9  |
| - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$           | 0,39             | 0,42  | 0,46  | 0,49  |
| - Módulo transversal medio $G_{p,medio}$                               | 0,72             | 0,78  | 0,85  | 0,91  |
| <b>Densidad, en kg/m<sup>3</sup></b>                                   |                  |       |       |       |
| Densidad característica $\rho_{g,k}$                                   | 380              | 410   | 430   | 450   |

Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

15

**6. MADERA MICROLAMINADA (LVL)**

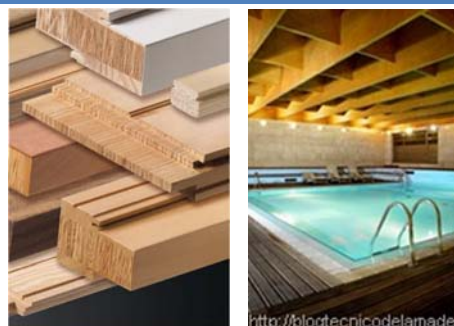
Elemento formado por láminas finas de madera de coníferas (pino y abeto) de unos 3mm de espesor, unidas y prensadas por cola fenólica especial.

LVL es un nuevo material estructural, con unas propiedades físicas y mecánicas muy superiores a las de la madera maciza.

**Aplicaciones:**

Estructuras que precisan de grandes luces.

- Instalaciones deportivas (tenis, piscinas, estadios, pabellones deportivos).
- Centros culturales y comerciales.
- Instalaciones agropecuarias.
- Infraestructuras: puentes, pantalanes, pontones.
- Vigas de carga, estructuras.
- Reformas de viejas construcciones
- Construcciones prefabricadas: casas, saunas, piscinas, pérgolas,

Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

16





## 7. TABLEROS DE MADERA

### 1.- Tableros de madera maciza:

A base de tablas, tablillas o listones unidas entre sí por encolado y juntas a tope, machihembradas o unión dentada.



Tableros de madera maciza



Tableros contrachapados

### 2.- Tableros de chapa (contrachapados y laminados):

A base de chapas en capas consecutivas perpendiculares entre sí (contrachapados) o paralelas (tableros laminados).



### 3.- Tableros de partículas (aglomerado):

A base de partículas de madera (incluyendo también cáñamo, lino, bagazo y similares), aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión a la temperatura adecuada.

- Normal
- Hidrófugo (color verde)



### 4.- Tableros madera aglomerados con cemento:

A base de partículas de madera donde el ligante es mortero de cemento, en lugar de adhesivo como los tableros convencionales.

### 5.- Tableros de virutas:

A base de virutas (de tamaño 80 x 5-50 x 1 mm).

### 6.- Tableros de fibras:

A base de fibras lignocelulósicas mediante calor y/o presión, bien en proceso seco (para fabricar MDF) o en vía húmeda (para fabricar tableros duros)

Duro: densidad >900 kg/m<sup>3</sup>

Semiduro: 400 < densidad < 900 kg/m<sup>3</sup>

### 7.- Tableros DM:

De fibras de madera de densidad media.





### Tableros de madera para encofrados

Tablero contrachapado hidrófugo.

Forjado y pilar de hormigón armado.



## 8. CHAPAS DE MADERA

Hoja de madera de espesor inferior a 7mm obtenida, de un tronco de árbol por desenrollo o a la plana y con las que se conforma la capa de acabado de un tablero contrachapado.

Las chapas pueden ser de cualquier tipo de madera, dando el aspecto de madera maciza a un elemento de madera de peor calidad: rodapiés, jambas de puertas, mobiliario, etc.





## 9. PROPIEDADES DE LA MADERA

- 1.-Anisotropía
- 2.-Densidades
- 3.-Caracteres organolépticos
- 4.-Contenido de agua
- 5.-Inestabilidad volumétrica
- 6.-Conductividad:
  - Térmica
  - Eléctrica
- 7.-Características mecánicas

### 1.-ANISOTROPÍA

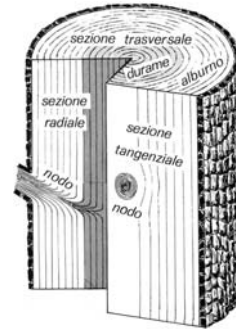
Las propiedades de la madera no son idénticas en todas las direcciones, debido a la clara orientación de las fibras.

Se toman tres direcciones básicas para su estudio: axial, radial y tangencial.

### 2.- DENSIDADES

Aparente: incluye vasos y poros, y depende de la humedad. Oscila entre 0,35 y 1,25 kg/dm<sup>3</sup>.

Real o absoluta: para una humedad del 15%, la densidad absoluta media de las maderas varía poco en torno a 1,56 kg/dm<sup>3</sup>.



### 3.-CARACTERES ORGANOLÉPTICOS

El color y la textura de la madera son características particulares de cada especie.

**Color:** se acentúa con el paso del tiempo. Las tropicales presentan coloraciones exóticas y más pronunciadas (caoba: marrón rojizo; ébano: negro...)

**Textura superficial:** es el dibujo de la madera, depende de la combinación de capas anuales, radios medulares, vasos, etc.

**Brillo:** depende de la densidad y el grado de elaboración, y se pierde cuando se pudre la madera. Para proporcionarle brillo, se somete al pulido y luego se le aplican lacas y barnices.

**Olor:** según el contenido de sustancias resinosas en la madera.





#### 4.- CONTENIDO DE AGUA

La madera es un material poroso e higroscópico, (material cuyas células absorben el agua, causando una variación de sus dimensiones.)

Sus poros, espacios intercelulares y conductos vasculares suelen contener agua.

La porosidad varía en función de la especie: para las madera coníferas oscila entre 46 y 81%, para las especies frondosas entre 32 y 80%.

La humedad es un porcentaje %: agua/masa de la madera seca. Hay dos tipos de humedad:

##### 1.-Humedad capilar (libre o de imbibición):

Rellena el interior de las células y el espacio intercelular, 50-100%

Al cambiar la humedad capilar no se producen variaciones apreciables.

##### 2.-Humedad higroscópica (o de saturación):

Impregna las paredes celulares por adsorción, alcanzando el 30%.

Se elimina por calentamiento a 100-110°C.

Al cambiar la humedad higroscópica si se producen variaciones apreciables: contracción al ir perdiéndola, o entumecimiento al recuperarla.

La humedad total de la madera, higroscópica y capilar, puede alcanzar 120% para un árbol recién cortado. Sumergida puede llegar al 200%.



Al aire, la madera pierde el agua hasta alcanzar una humedad equilibrada. Cuando esta alcanza el 22% se dice que la madera está comercialmente seca.

El secado a la intemperie (en España) puede alcanzar 13 al 17%. Para valores inferiores (8 a 12%) se procede a un secado bajo techado o con estufas.

#### 5.- INESTABILIDAD VOLUMÉTRICA

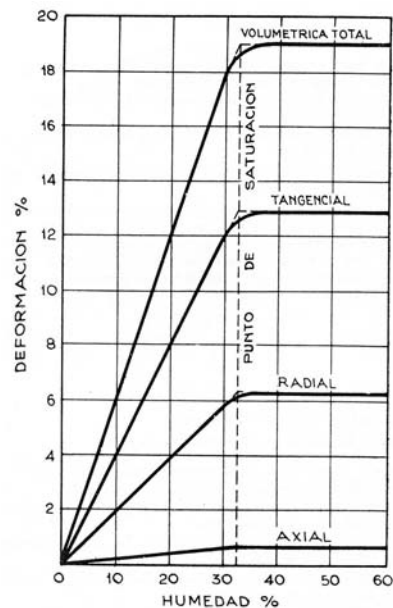
La deformabilidad de la madera debida a los cambios de humedad higroscópica produce cambios dimensionales y formales de las piezas.

Importante conocer y prevenir en el proyecto.

La inestabilidad volumétrica se materializa en hinchamientos y contracciones.

-Depende de la cantidad de agua adquirida o perdida hasta el límite de saturación higroscópica (30%).

-Depende de la dirección tomada





## 6.- CONDUCTIVIDAD

Conductividad térmica: la madera es uno de los materiales menos sensibles a dilataciones y contracciones por variaciones de temperatura.

Su baja conductividad la hace muy apropiada para su uso en carpinterías exteriores: puertas y ventanas.

Actualmente I+D+i para su uso en muros estructurales y de cierre de fachada.

**La conductividad térmica** de la madera depende de: la especie, porosidad, humedad y de la dirección del flujo de calor, en relación a la de las fibras.

La conductividad térmica es muy baja: para el pino, 0,34 w/(m°C) según la dirección de las fibras y 0,17 w/(m°C) en sentido perpendicular a las mismas.

**Conductividad eléctrica:** la madera seca es un buen aislante eléctrico. Pero su resistividad decrece rápidamente al aumentar el contenido de humedad.



## 7.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Se determina sometiendo a ensayos pequeñas probetas exentas de defectos visibles.

Las características mecánicas dependen de:

- El contenido de humedad. Disminuyen al aumentar la humedad del 0 al 30%, (límite de higroscopicidad), a partir del cual la humedad ya no influye sobre su resistencia.
- De la dirección de aplicación del esfuerzo, en relación con las direcciones principales de la pieza.

- 1.-Resistencia a compresión
- 2.-Resistencia a tracción
- 3.-Resistencia a flexión
- 4.-Resistencia a cortante
- 5.-Módulo elástico y dureza

### 1.-Resistencia a compresión

Para coníferas se considera una resistencia teórica a compresión:

- 300 kg/cm<sup>2</sup> en el sentido de las fibras,
- 100 kg/cm<sup>2</sup> en el sentido perpendicular a las fibras.

Debido a su constitución aparecen en la madera fenómenos de cansancio (originados por deformaciones lentas) y de fatiga (esfuerzos alternados de carga y descarga).

Influye la esbeltez de la pieza, por la posible aparición de pandeo.

Esto obliga a aplicar altos coeficientes de minoración, con lo que se obtiene un valor de resistencia de cálculo de 60 kg/cm<sup>2</sup> en el sentido de las fibras, despreciándose la capacidad resistente en el sentido perpendicular, por lo que conviene evitar que las piezas trabajen en dicha posición.



### 2.-Resistencia a tracción

La resistencia a Tracción es más elevada si se aplica en dirección axial. Al alcanzar la etapa plástica, se produce la fractura frágil.

Valores de resistencia teórica a tracción, madera de frondosas, son:

400 kg/cm<sup>2</sup> dirección de las fibras,

25 kg/cm<sup>2</sup> dirección perpendicular a las fibras.

Resistencia de cálculo 60 a 100 kg/cm<sup>2</sup>, en el sentido de las fibras, despreciándose la capacidad resistente en el sentido perpendicular.

### 3.-Resistencia a flexión

La resistencia a flexión se mide ortogonalmente a la dirección axial. Es muy alta, mucho mayor que la del hormigón armado.

400 kg/cm<sup>2</sup> dirección perpendicular a las fibras,

10 kg/cm<sup>2</sup> dirección de las fibras

Resistencia de cálculo 60 a 100 kg/cm<sup>2</sup> dirección perpendicular a las fibras.

### 4.- Resistencia a esfuerzo cortante

La resistencia es baja cuando se cizalla en dirección de las fibras, y más alta en la perpendicular a la anterior.

Los valores teóricos son:

50 kg/cm<sup>2</sup> dirección perpendicular a las fibras,

10 kg/cm<sup>2</sup>, si se aplica el esfuerzo paralelo a la dirección de las fibras.

Resistencia de cálculo 10 kg/cm<sup>2</sup> solo perpendicular al eje.

### 5.-Módulo elástico y dureza

Se mide mediante ensayo de penetración de una bola de acero. Es más elevada en la dirección axial que en la radial y tangencial.

Maderas blandas (pino, abeto); duras (roble, fresno y alerce); muy duras (boj)

Las duras se labran peor pero tienen más resistencia al desgaste y retienen mejor los tornillos.

La dureza de la madera disminuye cuando se moja.



### VALORES RESISTENCIA MECÁNICA: CONÍFERAS

#### A COMPRESIÓN:

Teórica: 30 N/mm<sup>2</sup> (axial)

10 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)

Cálculo: 6 N/mm<sup>2</sup> (axial)

#### A TRACCIÓN:

Teórica: 40 N/mm<sup>2</sup> (axial)

2,5 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)

Cálculo: 6-10 N/mm<sup>2</sup> (axial)

#### A FLEXIÓN:

Teórica: 40 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)

10 N/mm<sup>2</sup> (axial)

Cálculo: 6-10 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)

#### A CORTANTE:

Teórica: 5 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)

1 N/mm<sup>2</sup> (axial)

Cálculo: 1 N/mm<sup>2</sup> (ortogonal)





## 10. AGENTES DEGRADADORES

### 1.- HONGOS

**-Hongos cromógenos:** se alimentan de las células vivas de la madera, pero no de la pared celular. Solo producen un cambio de coloración (azulado): no afectan a la resistencia mecánica.

**-Hongos de pudrición:** se alimentan de la pared celular. Producen una pérdida de resistencia de la madera.

### 2.- INSECTOS XILÓFAGOS

**-Las polillas:** sus larvas se alimentan del almidón de la pared celular. Los daños son principalmente estéticos, no estructurales.

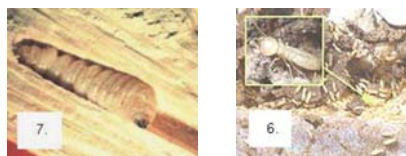
**-La carcoma fina:** las larvas se alimentan de la celulosa de la pared celular. Los daños son más importantes que los de la polilla, pero son estéticos, no estructurales.

**-La carcoma gruesa:** Los daños afectan a la resistencia de la madera, y pueden debilitarla notablemente.

La polilla y la carcoma son insectos que en su estado larvario viven dentro de la madera alimentándose de ella. Se combaten con tratamientos sobre la madera infectada.

**-Las termitas:** son la plaga más peligrosa de la madera, pues atacan masivamente la madera y pueden ocasionar su completa degradación.

Se combate difícilmente ya que no vive dentro de la madera infectada, si no que sólo acude a ella para alimentarse. Las termitas viven bajo tierra, como las hormigas, en grandes termiteros.



Xilófagos: *xilo* (madera); *fagocitar* (comer)



### 3.- LA LUZ

La radiación ultravioleta de los rayos solares desintegra la lignina, que posteriormente el agua diluye. De esta manera toma su color gris característico de la madera a la intemperie.

### Termitas

(Las termitas son hormigas albinas ciegas, les repele la luz, de manera que se mueven por dentro de la madera y de los recubrimientos. Si tiene que salvar una distancia aérea hacen conductos capilares huecos por donde poder transitar...)



### 4.- LA HUMEDAD

Los cambios de humedad afectan a la madera.

Correcta instalación en la obra:

-Evitar o disminuir las humectaciones procedentes del suelo. Aislar o proteger el arranque de la estructura desde el terreno.

-Permitir la ventilación de los elementos de madera, especialmente los apoyos de las vigas en los muros.

-Diseñar aleros y voladizos para proteger la fachada.

-Evitar humedades accidentales en la cubierta y las procedentes de las instalaciones de agua.

-Evitar la aparición de condensaciones.





## 11. PROTECCIONES

### 1.- PROTECCIÓN SUPERFICIAL

Protege a la madera frente a los agentes atmosféricos como son el sol y la lluvia, y frente a los cambios de humedad.

Utilización: Maderas en interiores y exteriores.

Los más importantes son:

- Barniz:** forma una película sólida transparente con propiedades protectoras, decorativas.
- Pintura:** forma una película opaca con propiedades protectoras, decorativas.
- Lásures:** Productos a poro abierto, que además de llevar incorporados productos biocidas llevan filtros solares que retardan la oxidación de la madera por la acción de la radiación UV, y por lo tanto, retrasan el cambio de color de la madera.
- Protectores especiales:** Compuestos químicos que aportan a la madera una mayor resistencia frente a los agentes bióticos.



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

31



A cubierto, la madera sobrevive largo tiempo con una simple protección de barniz o pintura específica para su uso, si no hay termitas o carcoma.

Es diferente el caso de la intemperie, donde se necesita una protección más intensa para resistir las inclemencias del tiempo, hongos, insectos y descomposición. En estos casos se utiliza el tratamiento con autoclave

### 2.- PROTECCIÓN PROFUNDA CON AUTOCLAVE

Tratamiento de la madera en un contenedor cerrado herméticamente donde se hace el vacío para eliminar el aire, el agua y las resinas de las células que forman la albura. Seguidamente en el poro abierto se introducen vapores a alta presión de los diferentes productos químicos que protegerán la madera.

En el tratamiento con autoclave la madera adquiere un leve color verdoso.



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arqu.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

32





### 3.- TIPO DE APLICACIÓN

**-Pincelado:** aplicado mediante brocha, pincel o rodillo.

**-Pulverizado:** aplicado mediante pulverizador manual o mecánico.

**-Inmersión:** las maderas se sumergen totalmente en un protector durante un período de tiempo.

Inmersión breve inferior a 10 minutos

Inmersión prolongada superior a 10 minutos,

**-Autoclave:** se hace el vacío para eliminar el aire, el agua y las resinas de las células que forman la albura. En los poros y conductos capilares abiertos se introducen vapores a alta presión de diferentes productos químicos que protegerán la madera.

-Autoclave (vacío-vacío)

-Autoclave (vacío-presión)



### 4.- TIPOS DE PENETRACIÓN

(Fuente UNE EN 56.416:1988)

-Penetración superficial: penetración media alcanzada por el protector 3mm,

-Penetración media: superior a 3mm sin llegar al 75% del espesor total de la pieza

-Penetración profunda: superior al 75%



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

33



## 12. VENTAJAS E INCONVENIENTES

### 1.- VENTAJAS:

- Alta resistencia y elevada elasticidad.
- Bajo peso específico,
- Baja conductividad térmica.
- Soporta bien el frío, (no se disuelve con el agua)
- Facilidad con la que se labra y se ensamblan piezas de madera con colas, ensambladuras o conectores metálicos.
- La utilización de materiales naturales en la construcción, con bajos costes de producción y reducidos consumos energéticos de transporte, ayuda a la sostenibilidad ambiental del planeta.



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid

34

**2.- INCONVENIENTES:**

- Su movilidad (es un material vivo)
- La pudrición, los insectos, el fuego (con reservas)
- La calidad de la madera depende de la especie del árbol, de las condiciones de su crecimiento y la presencia de ciertos defectos de formación (es un material natural)
- Las condiciones de secado o humectación influyen en su comportamiento.
- Su estructura fibrosa y anisótropa influyen en sus características mecánicas.

**3.- COSTE COMPARATIVO**

Coste comparado de un pilar de 3,00m de altura con diferentes materiales estructurales.

**Pilar 2UPN-120** = 2,15 €/Kg =>  
(2,15) x 2 x 84 kg x 3,00m = 181 €

**Pilar hormigón** = 470 €/m<sup>3</sup> =>  
(470) x 0,30 x 0,30 x 3,00m = 127 €

**Pilar madera** = 630 €/m<sup>3</sup> =>  
(630) x 0,25 x 0,25 x 3,00m = 118 €

**Kg Acero en pilares.**

S-275-JR en pilares, piezas simples perfiles laminados en caliente series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.

**m<sup>3</sup> Pilar de hormigón armado.**

HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S, cuantía 120 kg/m<sup>3</sup>; montaje y desmontaje encofrado de chapas metálicas reutilizables, hasta 3 m y 30x30 cm de sección

**m<sup>3</sup> Pilar de madera aserrada de pino silvestre.**

Calidad estructural MEG, clase resistente C-18, protección de la madera con clase de penetración P2, trabajada en taller de 14x14 a 25x25 cm de sección y hasta 4 m de longitud

**13. APLICACIONES Y USOS****1- ACABADOS**

Suelos, paredes, techos, revestimientos...  
Acabados exteriores, cierres, fachadas.

**2.- CARPINTERÍA:** Interior y exterior.**3.- ESTRUCTURA:** Horizontal y vertical.

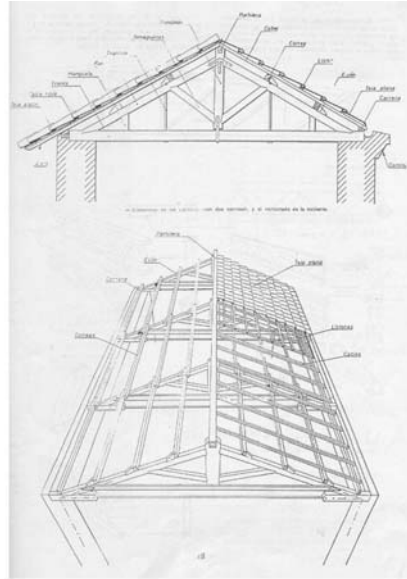
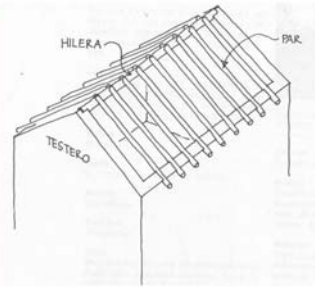
Escaleras, cubiertas, Armadura de cubiertas.

**4.- ESTRUCTURAS AUXILIARES:** Apeos, Cimbras



APLICACIONES Y USOS. CUBIERTAS

CUBIERTAS (1)



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
 Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



APLICACIONES Y USOS. CUBIERTAS



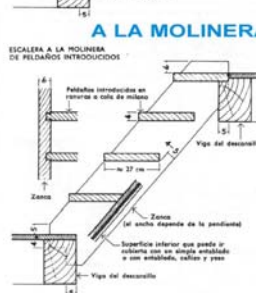
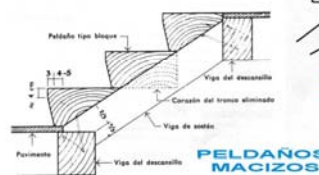
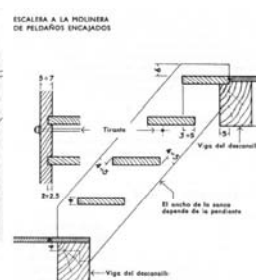
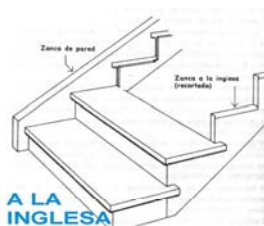
Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
 Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



APLICACIONES Y USOS. ESCALERAS



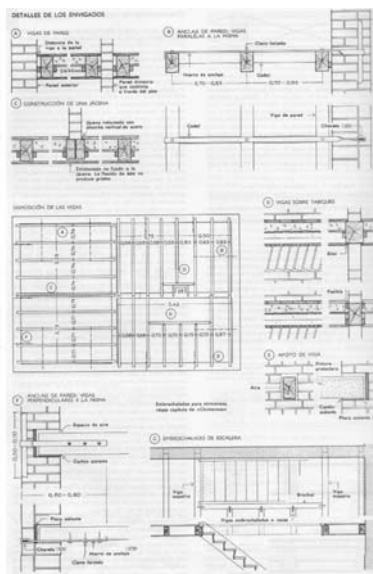
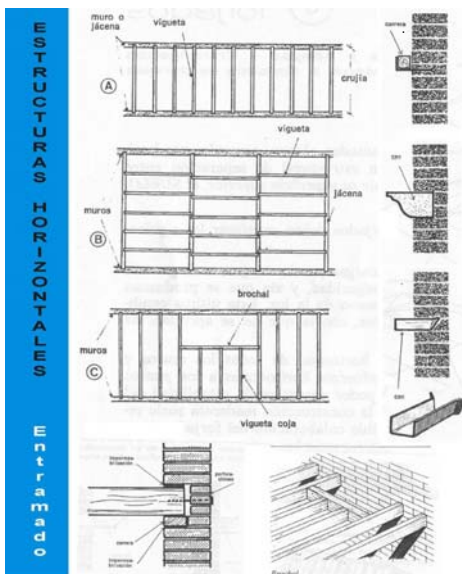
En la fotografía se puede observar como la elección de madera de baja calidad y con nudos ha producido el desgaste diferencial de las huellas del peldaño.



**TIPOS Peldaño - Zanca**



APLICACIONES Y USOS. FORJADOS





**APLICACIONES Y USOS. PREFABRICADOS**



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid



**APLICACIONES Y USOS. CONSTRUCCIÓN NATURAL**



Félix Jové, Dr. Arquitecto (fjove@arq.uva.es)  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid