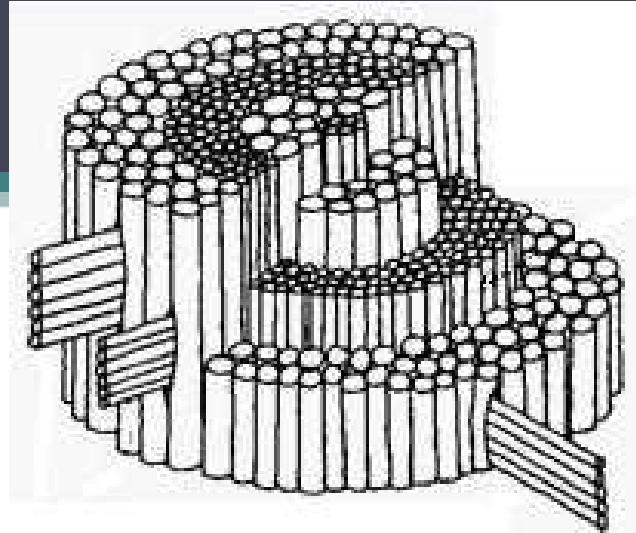


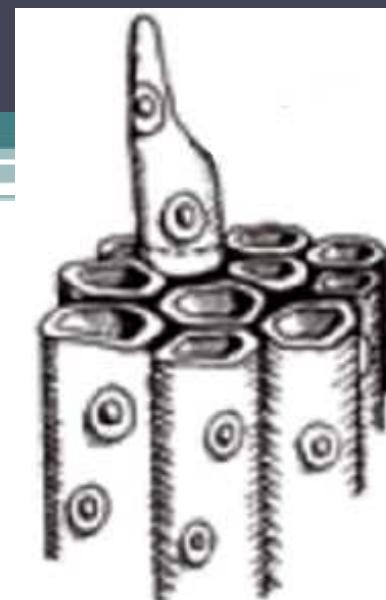
LA MADERA COMO MATERIAL DE USO ESTRUCTURAL

La madera es un Material Natural de Origen Vegetal conformado por fibras longitudinales, lo que determina un comportamiento anisótropo.

Es un POLÍMERO natural y está constituida por una aglomeración de células tubulares ahusadas orientadas en la dirección longitudinal de la planta, árbol.



- ANISOTROPIA
- HIGROSCOPICIDAD

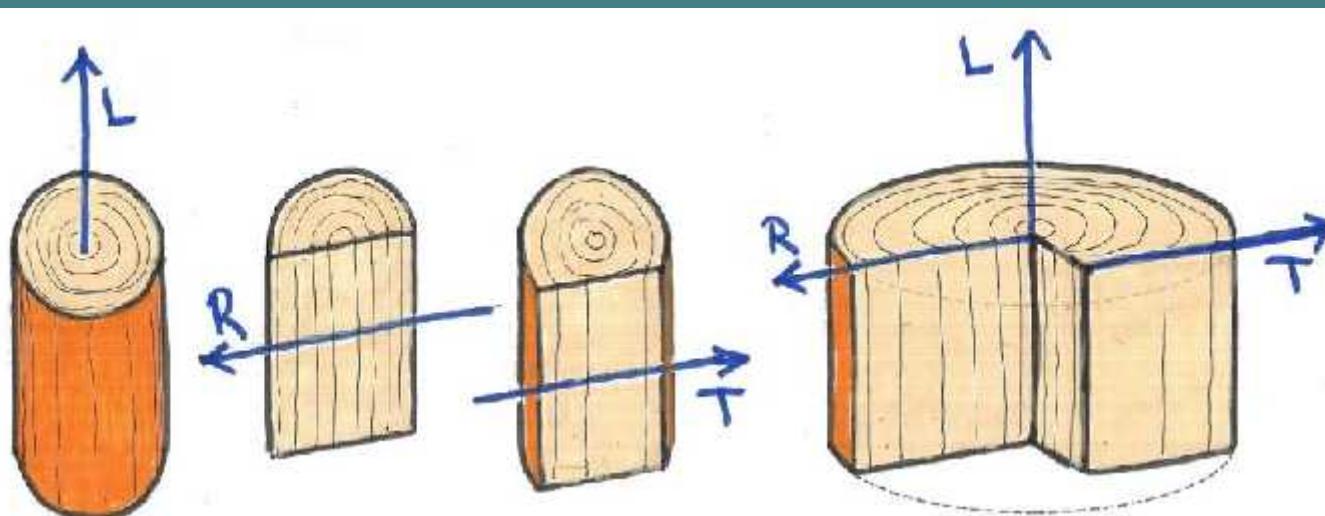


COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPIA**

Presenta distintas propiedades en distintas direcciones.

- LONGITUDINAL: Paralelo a la fibra.
- RADIAL: Perpendicular a la fibra y a los anillos de crecimiento.
- TANGENCIAL: Perpendicular a la fibra y corta a los anillos de crecimiento.



COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

• ANISOTROPIA

La madera por ser un producto natural orgánico presenta variaciones en sus propiedades mecánicas, debido a varios factores, que pueden ser de origen anatómico, como factor fundamental, pero también deben esta variabilidad a factores externos.

Las variaciones pueden ser observadas en:

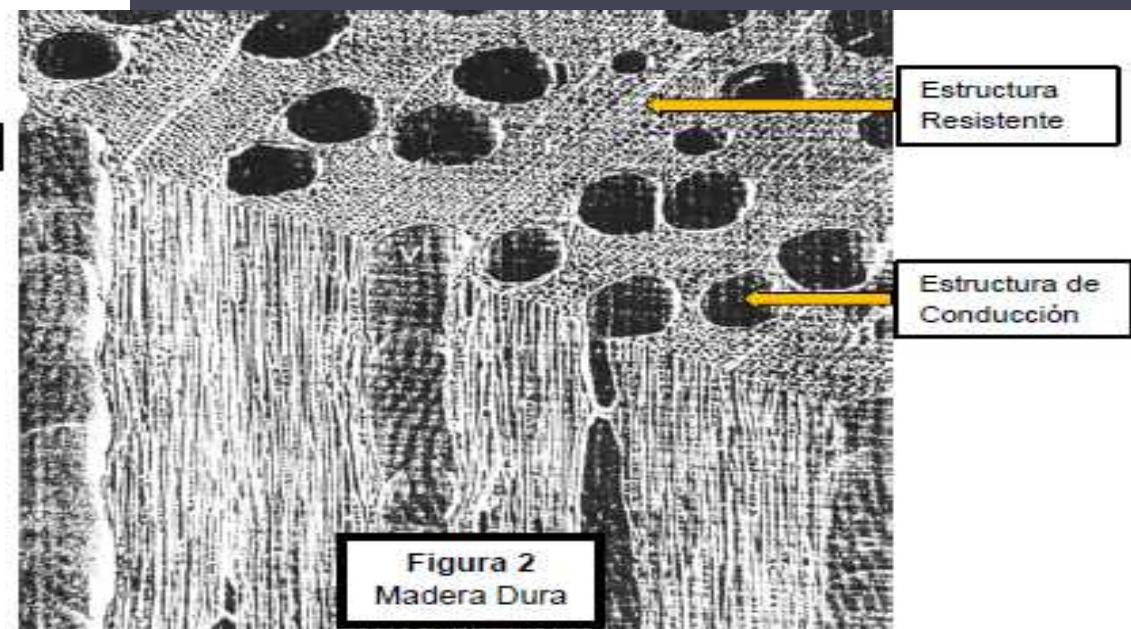
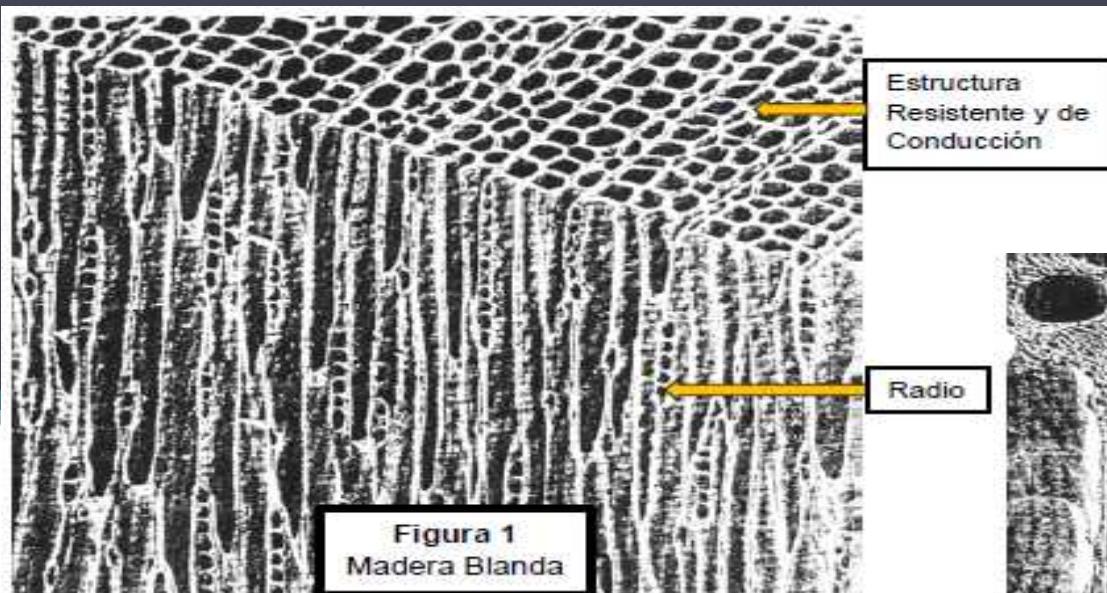
- Árboles de distintas especies.
- Árboles de la misma especie.
- Dentro del mismo árbol.

Que varían según:

- El sitio de crecimiento.
- Humedad, y temperatura ambiente.
- Sistema de secado.
- Forma de realizar los ensayos.
- Dirección y sentido de la solicitud.

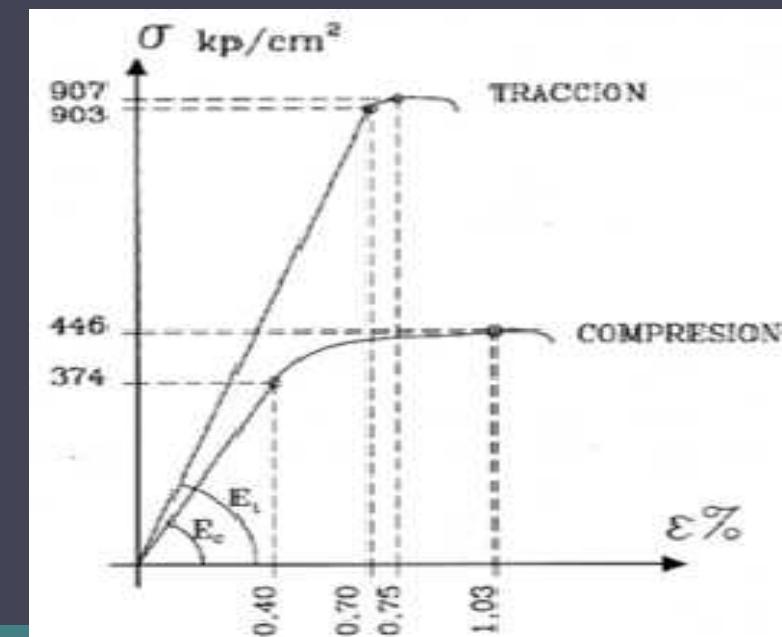
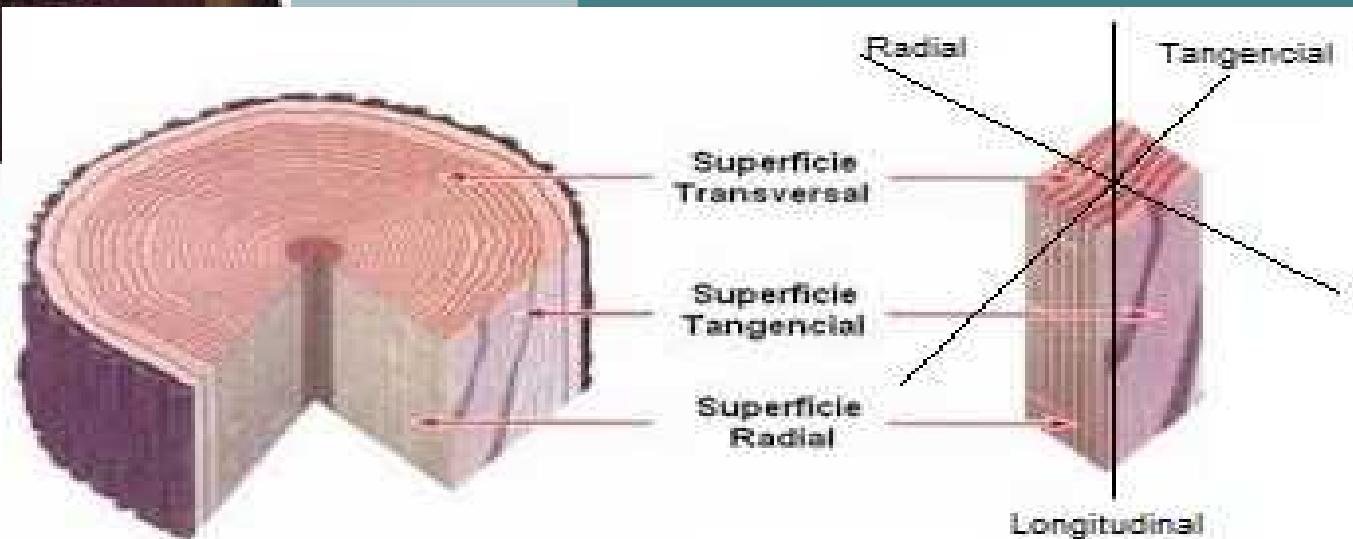
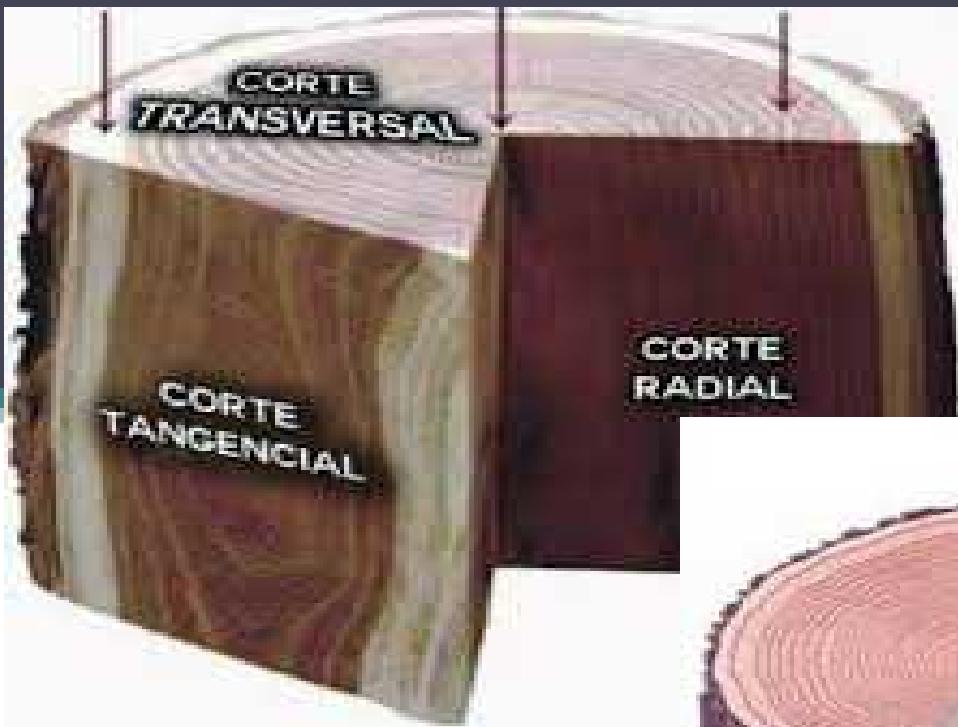
COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- ANISOTROPIA



COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- ANISOTROPIA



COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

• ANISOTROPIA

DIRECCIÓN AXIAL

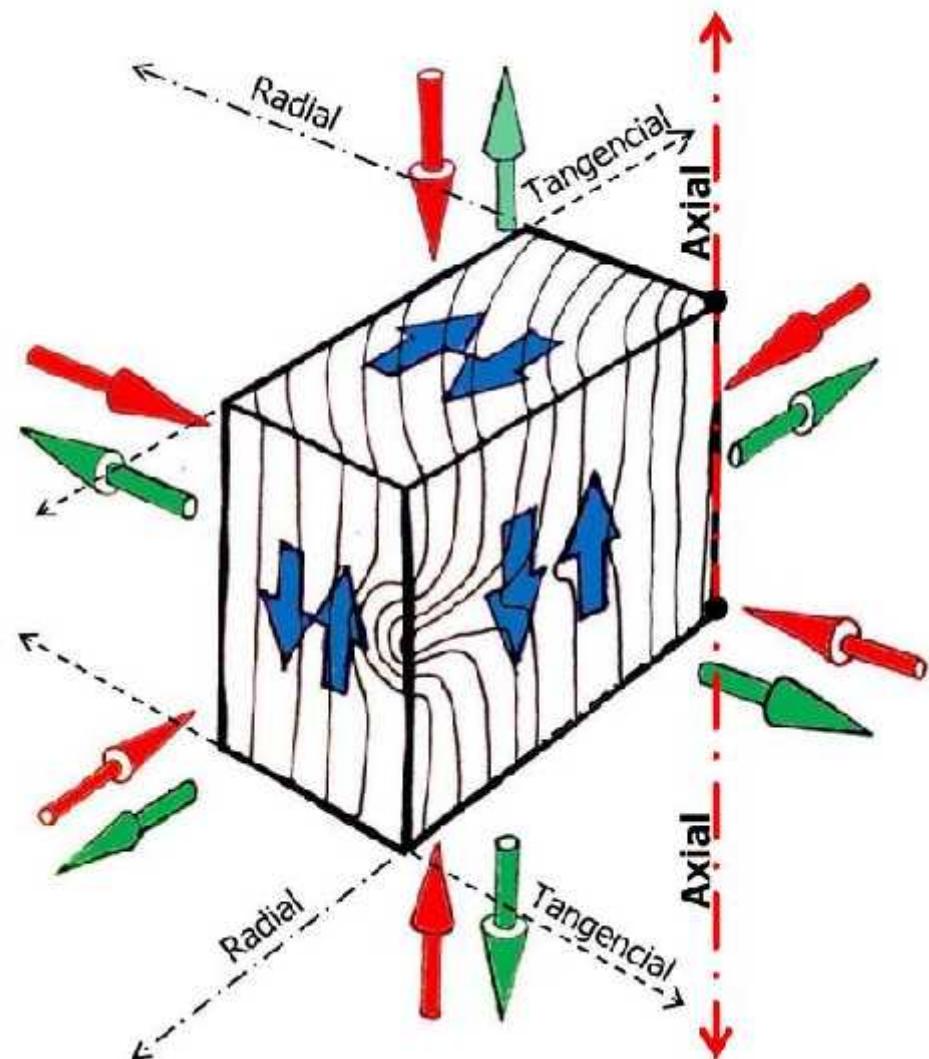
Resistencia a la **compresión** máxima
Resistencia en la **tracción** máxima
Resistencia en la tensión **tangencial** máxima
Capilaridad máxima
Deformabilidad mínima

DIRECCIÓN RADIAL

Resistencia a la **compresión** intermedia
Resistencia a la **tracción** intermedia
Resistencia a la tensión **tangencial** mínima
Capilaridad intermedia
Deformabilidad intermedia

Dirección tangencial

Resistencia a la **compresión** mínima
Resistencia a la **tracción** mínima
Resistencia a la tensión **tangencial** intermedia
Capilaridad mínima
Deformabilidad máxima

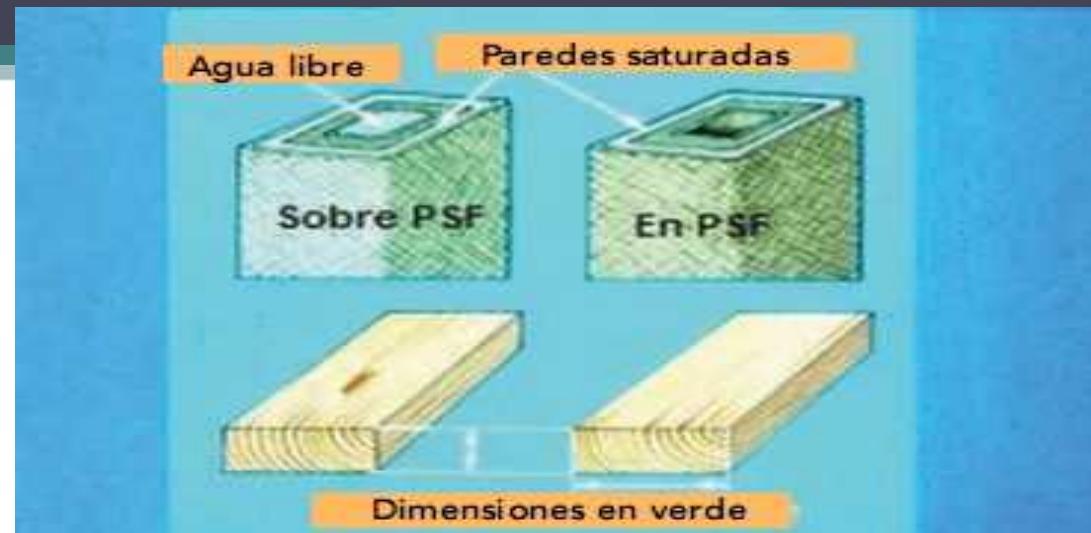
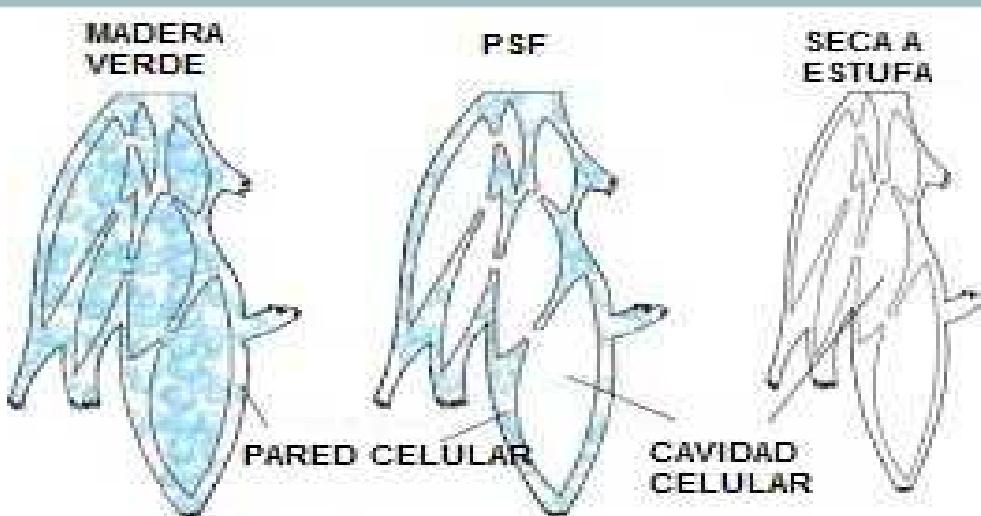


COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **HIGROSCOPICIDAD**

Facilidad con que absorbe o libera humedad del o hacia el ambiente.

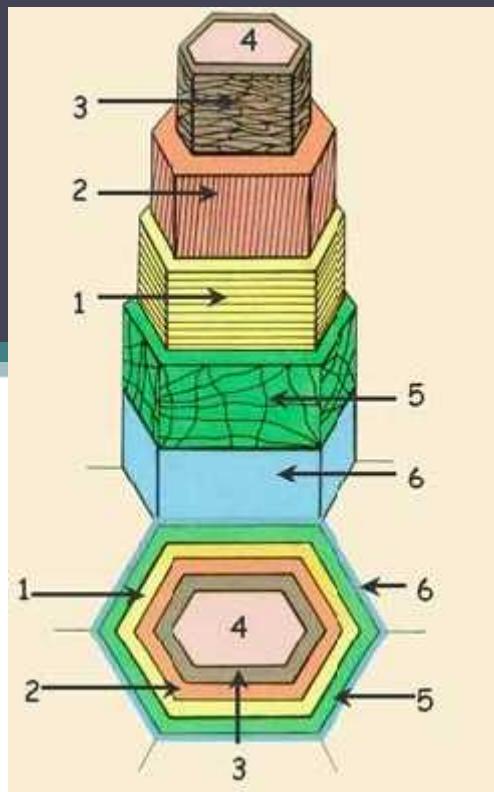
- Agua de CONSTITUCIÓN 4 a 5%
- Agua de IMPREGNACIÓN 28 a 30%
- Agua LIBRE Por encima del 30%



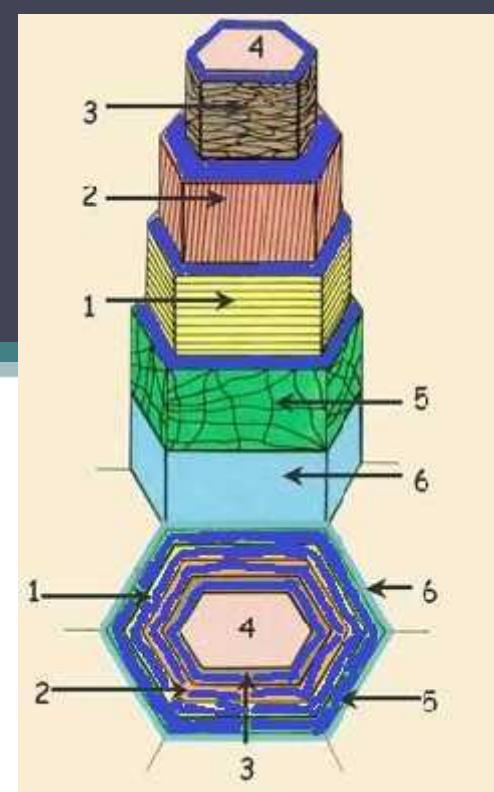
COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **HIGROSCOPICIDAD**

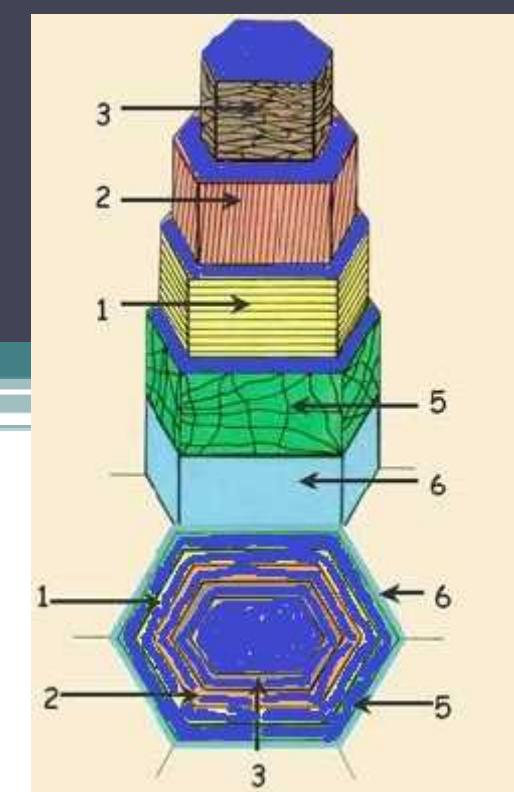
1. Capa S1 de la pared secundaria
2. Capa S2 de la pared secundaria
3. Capa S3 de la pared secundaria
4. Cavidad celular o Lumen
5. Pared primaria
6. Lámina media



Seco a Estufa



PSF



Madera Verde

ESTRUCTURA VS. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

FACTORES DE VARIACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS

NATURALEZA DEL MATERIAL

1. Estructura de la pared celular
2. Peso específico aparente
3. Posición de la pieza en el tronco
4. Velocidad de crecimiento
5. Nudos
6. Rajaduras radiales y anulares
7. Posición de los anillos de crecimiento
8. Inclinación de las fibras
9. Maderas de árboles vivos o muertos
10. Madera secada al aire o estufa

CONDICIONES AMBIENTALES ENSAYO

1. Contenido de humedad
2. Forma y dimensiones de la pieza
3. Forma de aplicación de las cargas s/fibras
4. Velocidad de aplicación de las cargas
5. Duración de las cargas
6. Temperatura

ESTRUCTURA VS. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

- **VARIABILIDAD DE LAS MADERAS**

Datos obtenidos de ensayos de 50 especies diferentes, probetas pequeñas, libre de defectos, a temperatura y humedad constantes.

| PROPIEDAD | Coeficiente de variación en % |
|--|-------------------------------|
| Peso específico | 10 |
| Esfuerzo de flexión estática al límite proporcionalidad | 22 |
| Tensión de rotura | 16 |
| Modulo de elasticidad en flexión | 22 |
| Resistencia a compresión paralela a fibras | 18 |
| Esfuerzo de compresión perpendicular al límite de proporcionalidad | 28 |
| Resistencia a esfuerzo corte paralelo a fibras | 14 |

Robles F.V., F. y Echenique Manrique, R. Universidad Autónoma Metropolitana de México. 1983

ESTRUCTURA VS. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

• FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA

- Heterogeneidad de la pared celular.
- Contenido de humedad.
- Defectos.
- Duración de las cargas.

DEFECTOS EN LA MADERA

El término defecto, aplicado a la madera, se refiera a toda anormalidad o irregularidad que en la mayoría de los casos disminuye el valor comercial de la misma, o que perjudiquen su utilización.

Los defectos que se evalúan, pueden tener varios orígenes:

- Defectos relacionados con el crecimiento o anatomía.
- Defectos relacionados con el secado y maquinado.
- Defectos morfológicos del tronco.
- Defectos producidos por agentes meteorológicos.
- Defectos causados por los cambios estacionales.
- Defectos relacionados con las heridas en el tronco.
- Madera de reacción.

DEFECTOS EN LA MADERA

- DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

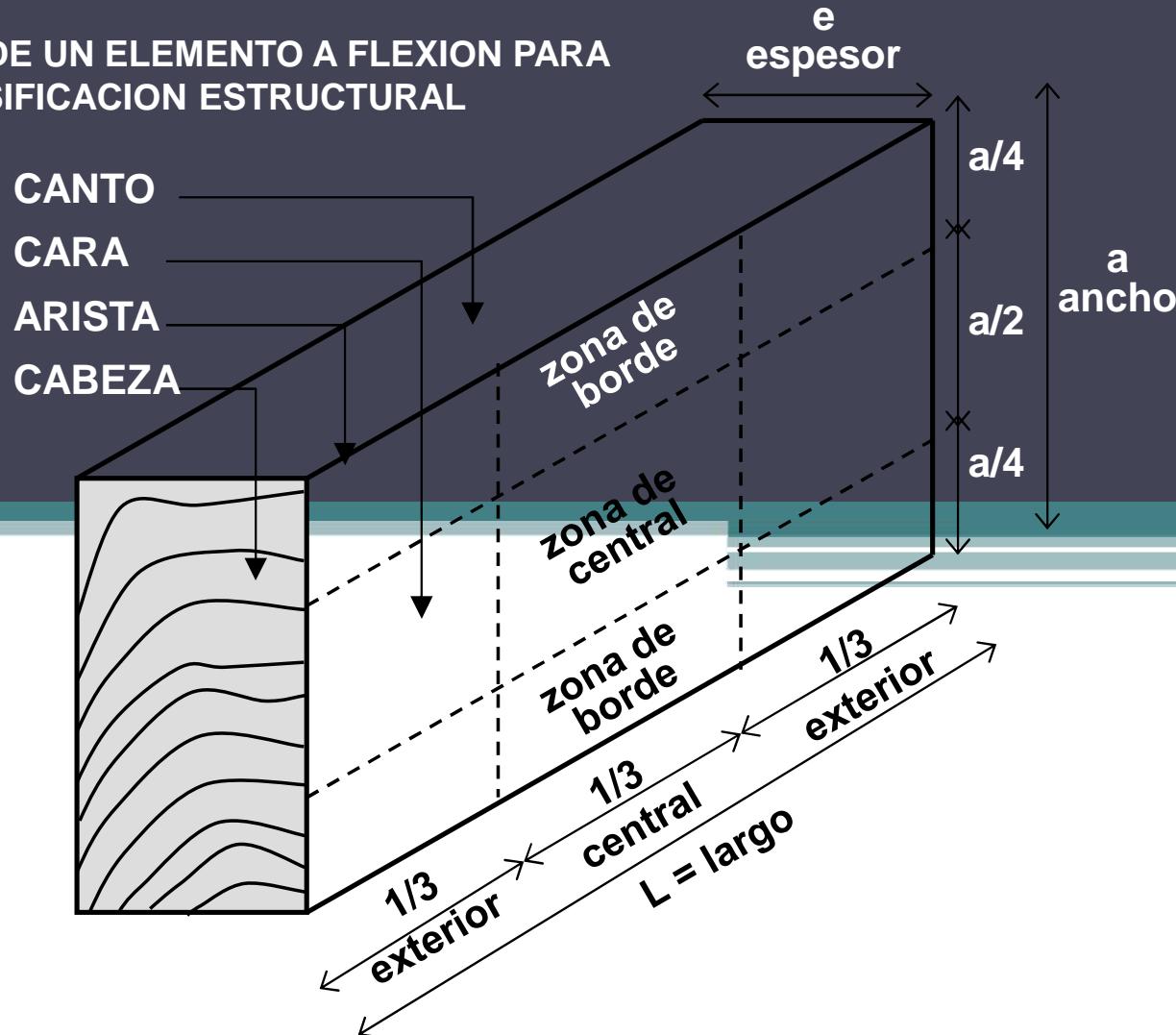
- INCLINACIÓN DE GRANO
- NUDOSIDAD
- ANILLOS DE CRECIMIENTO
- MADERA DE REACCIÓN
- PRESENCIA DE MÉDULA

- DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

- GRIETAS Y RAJADURAS
- ALABEOS
- ARISTA FALTANTE

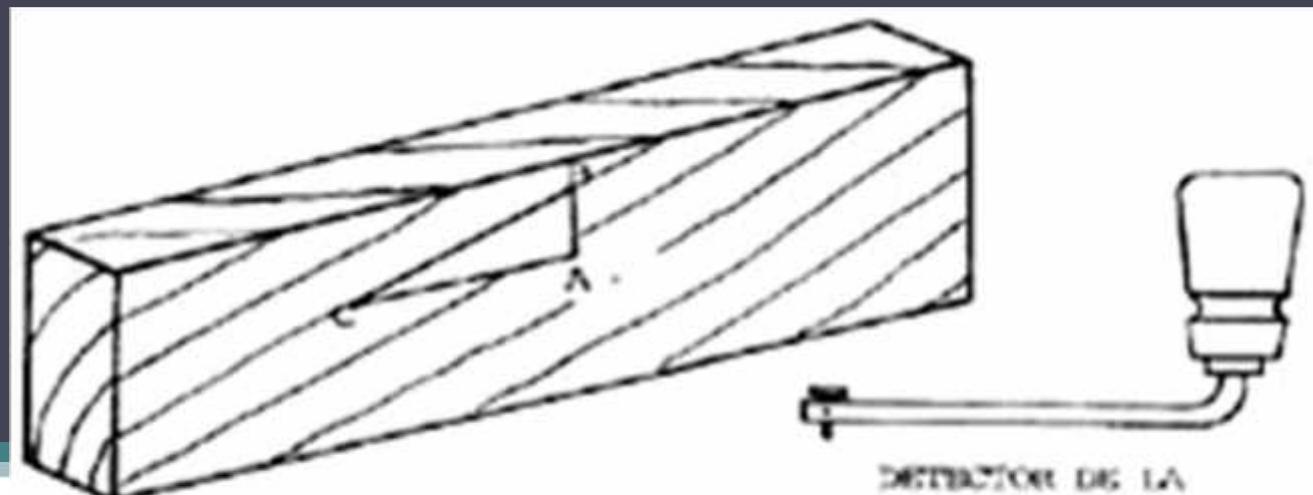
NORMAS IRAM 9670-2002: MADERA ESTRUCTURAL. CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS

ZONAS DE UN ELEMENTO A FLEXION PARA SU CLASIFICACION ESTRUCTURAL



DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

INCLINACIÓN DE GRANO

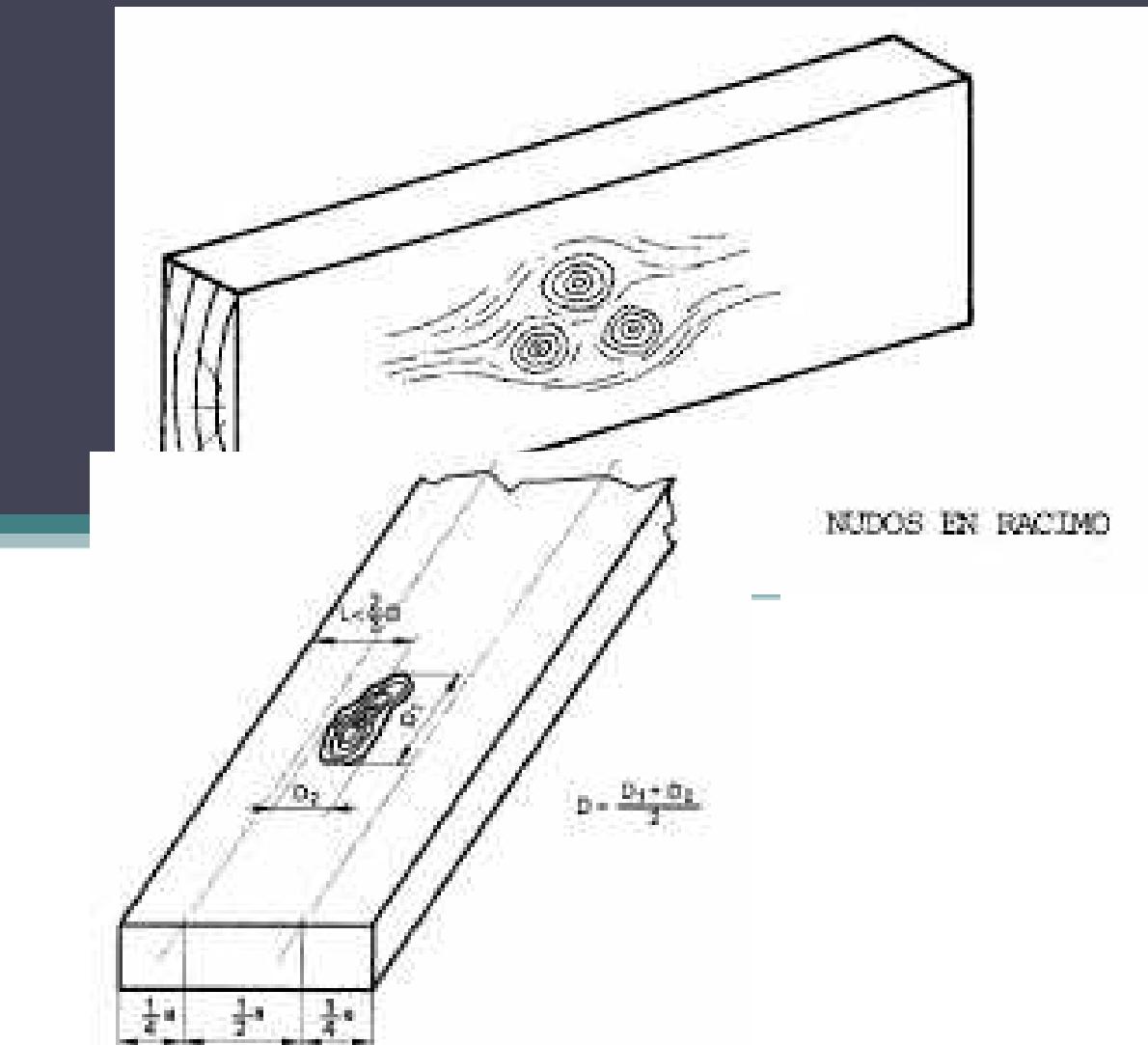
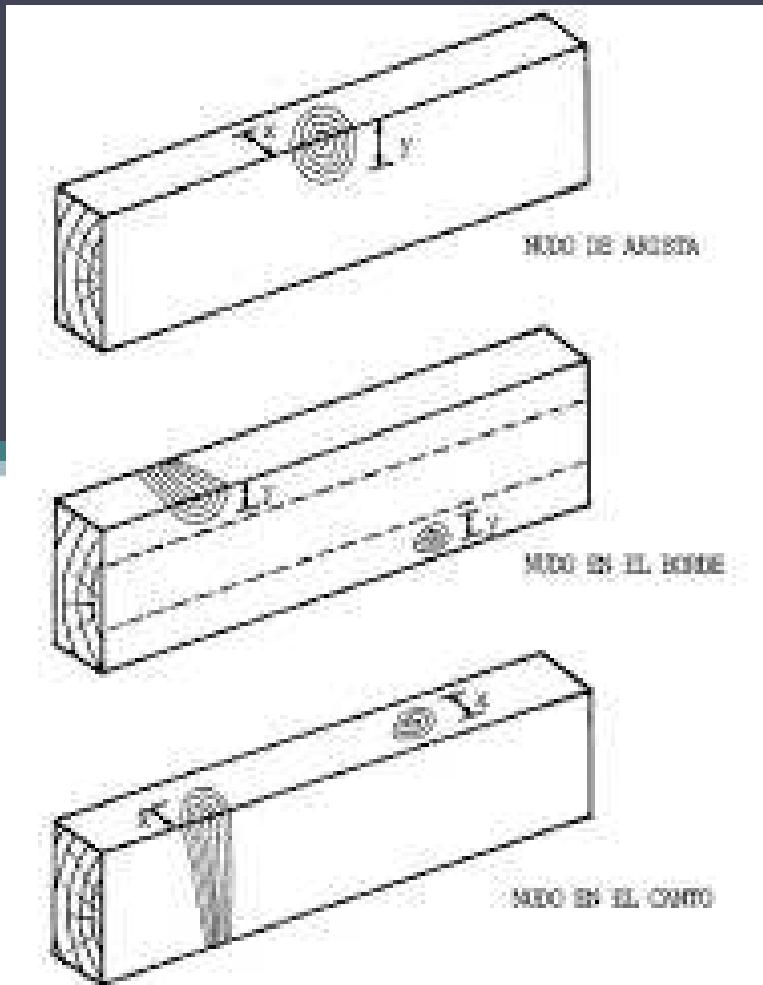


$$\frac{AB}{BC}$$

1:8

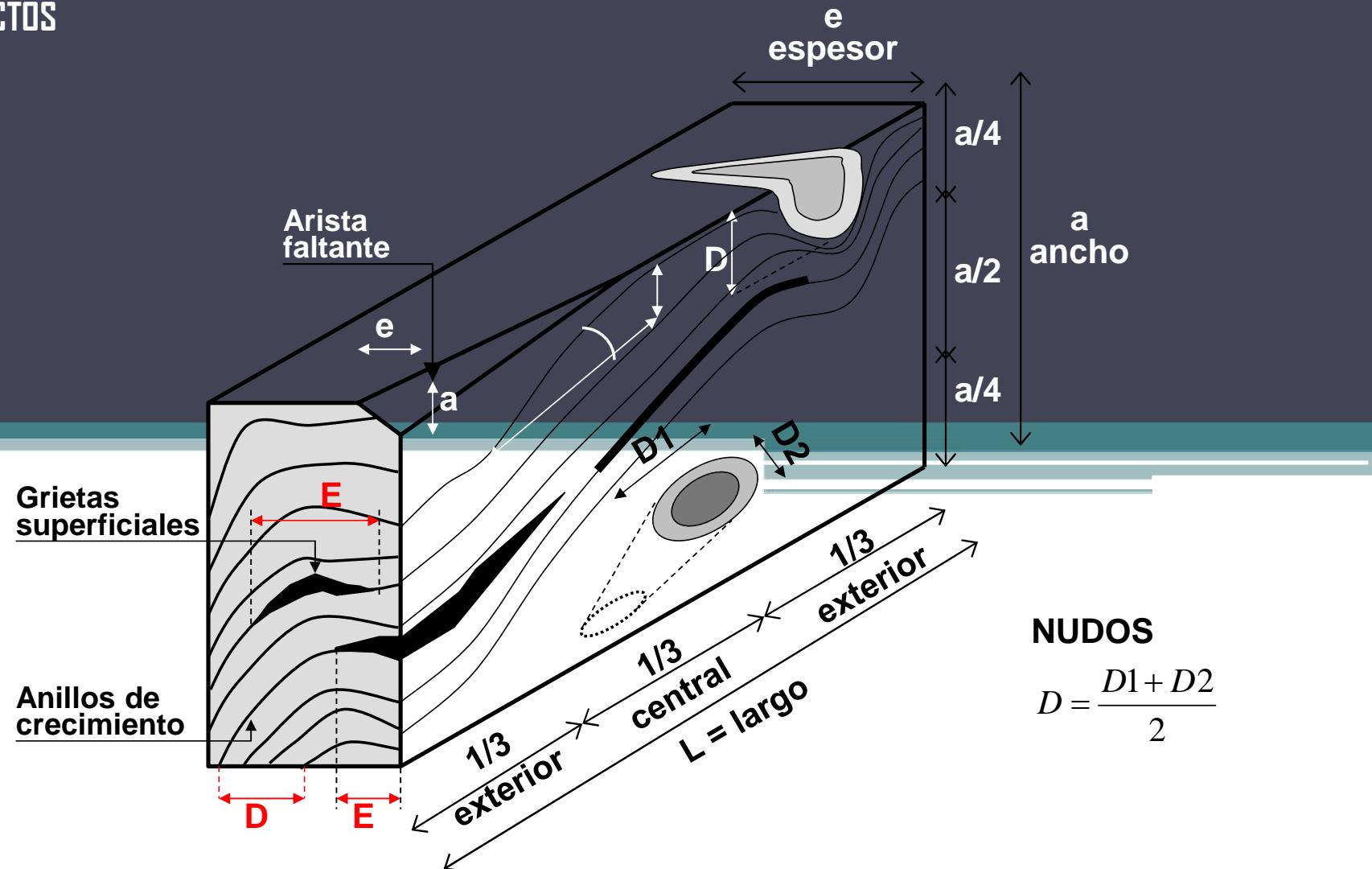
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

NUDOSIDAD

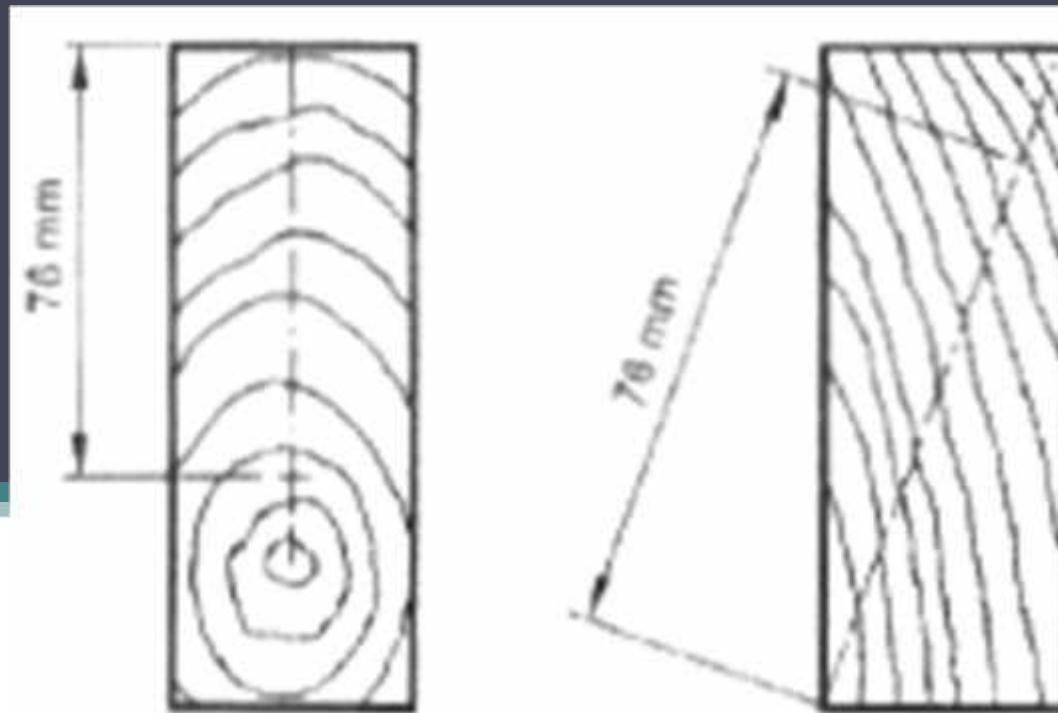


DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

MEDICIÓN DE DEFECTOS



DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA ANILLOS DE CRECIMIENTO

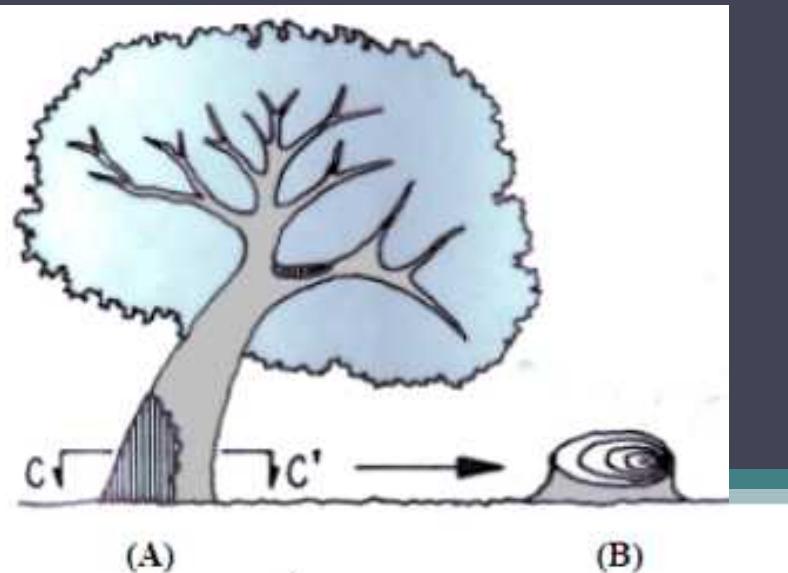


Pieza con médula

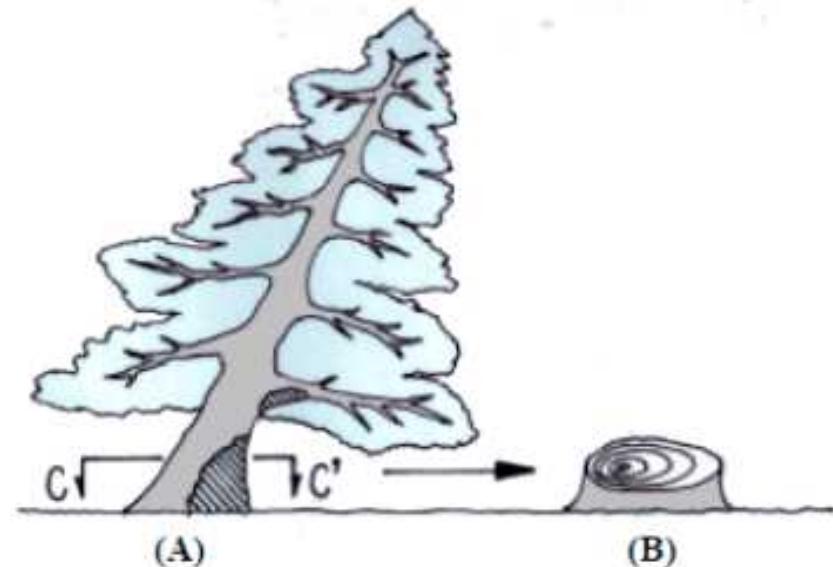
Pieza lateral

DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

MADERA DE REACCIÓN

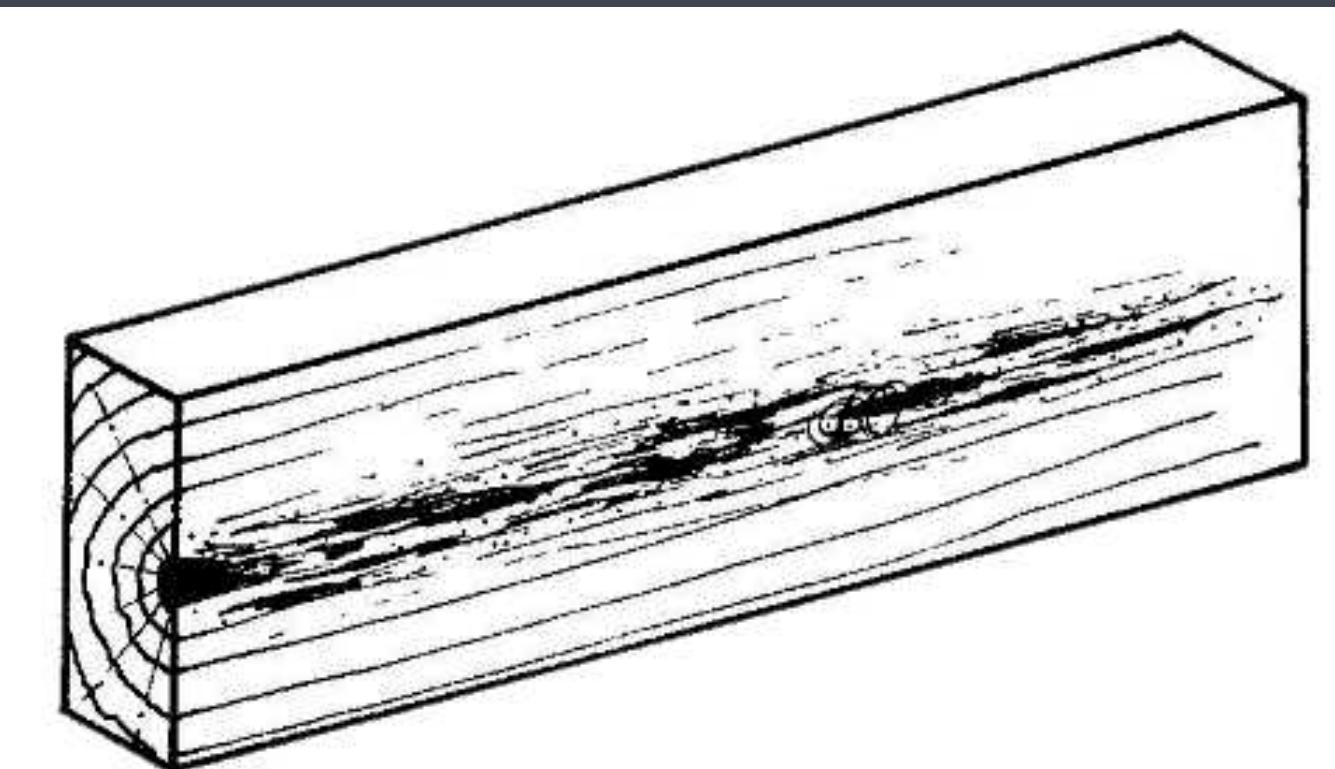


MADERA DE REACCIÓN. (A) madera de tensión en latifoliadas



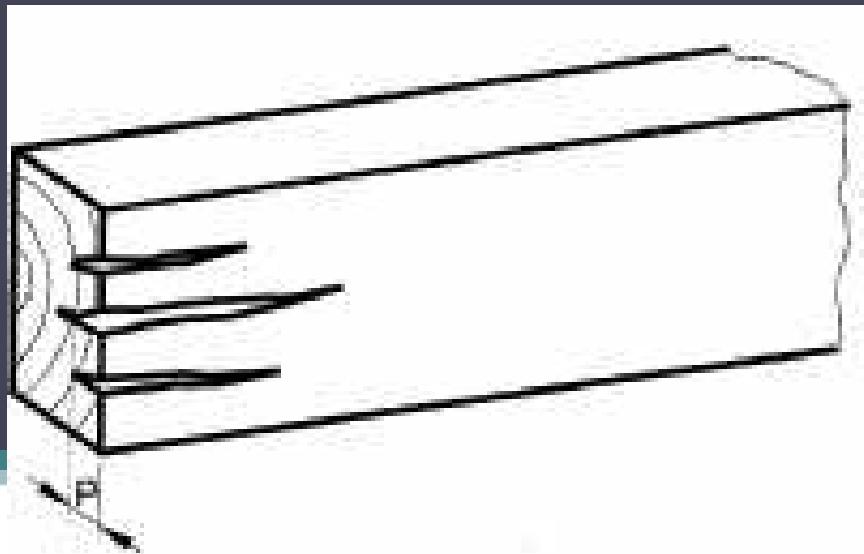
MADERA DE REACCIÓN. (A) madera de compresión en coníferas,
C-C'.

DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA PRESENCIA DE MÉDULA

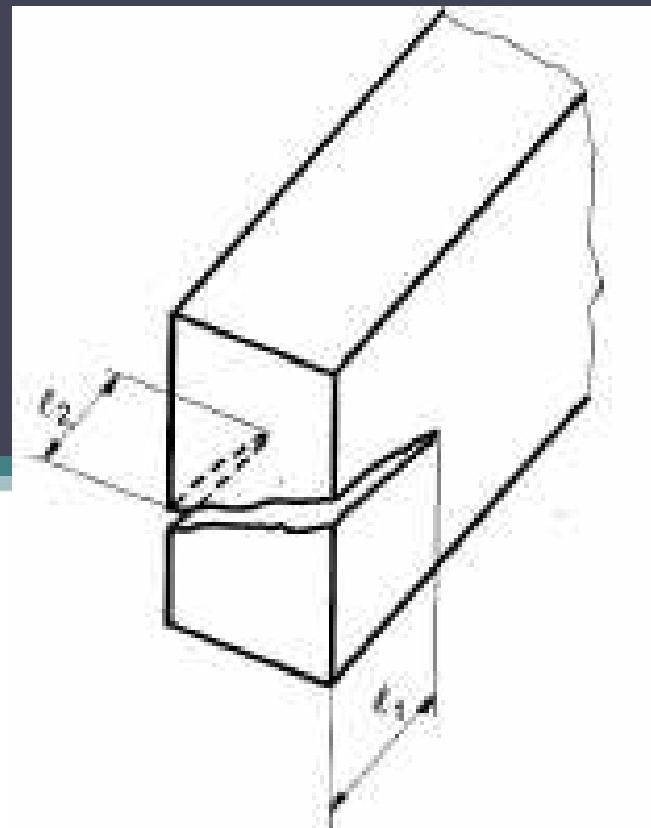


DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

GRIETAS Y RAJADURAS



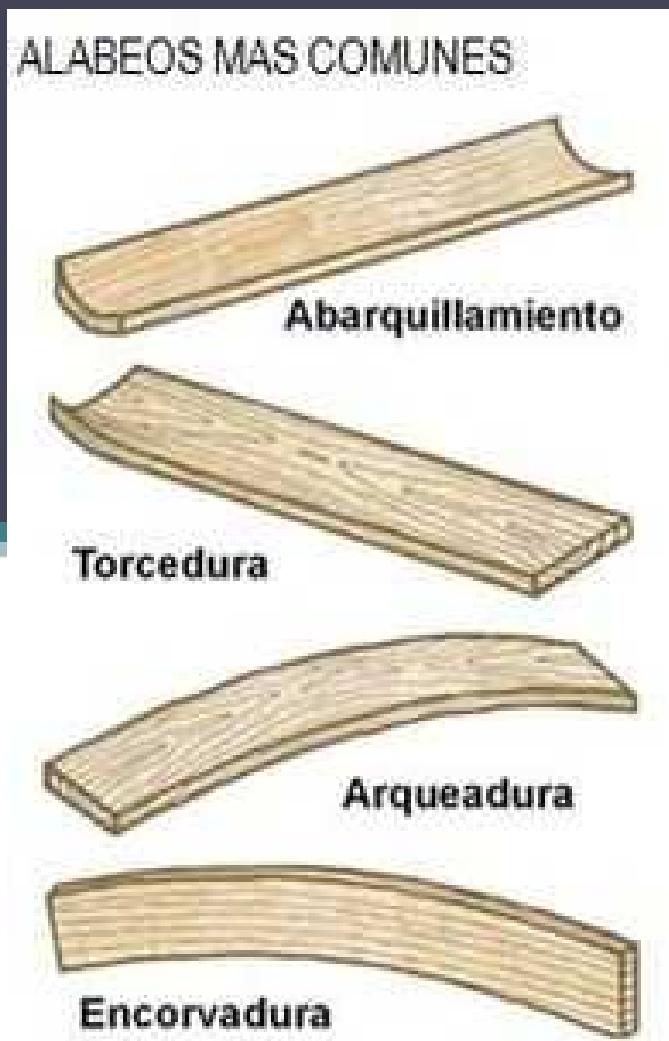
P: Medida de la profundidad



$$L = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

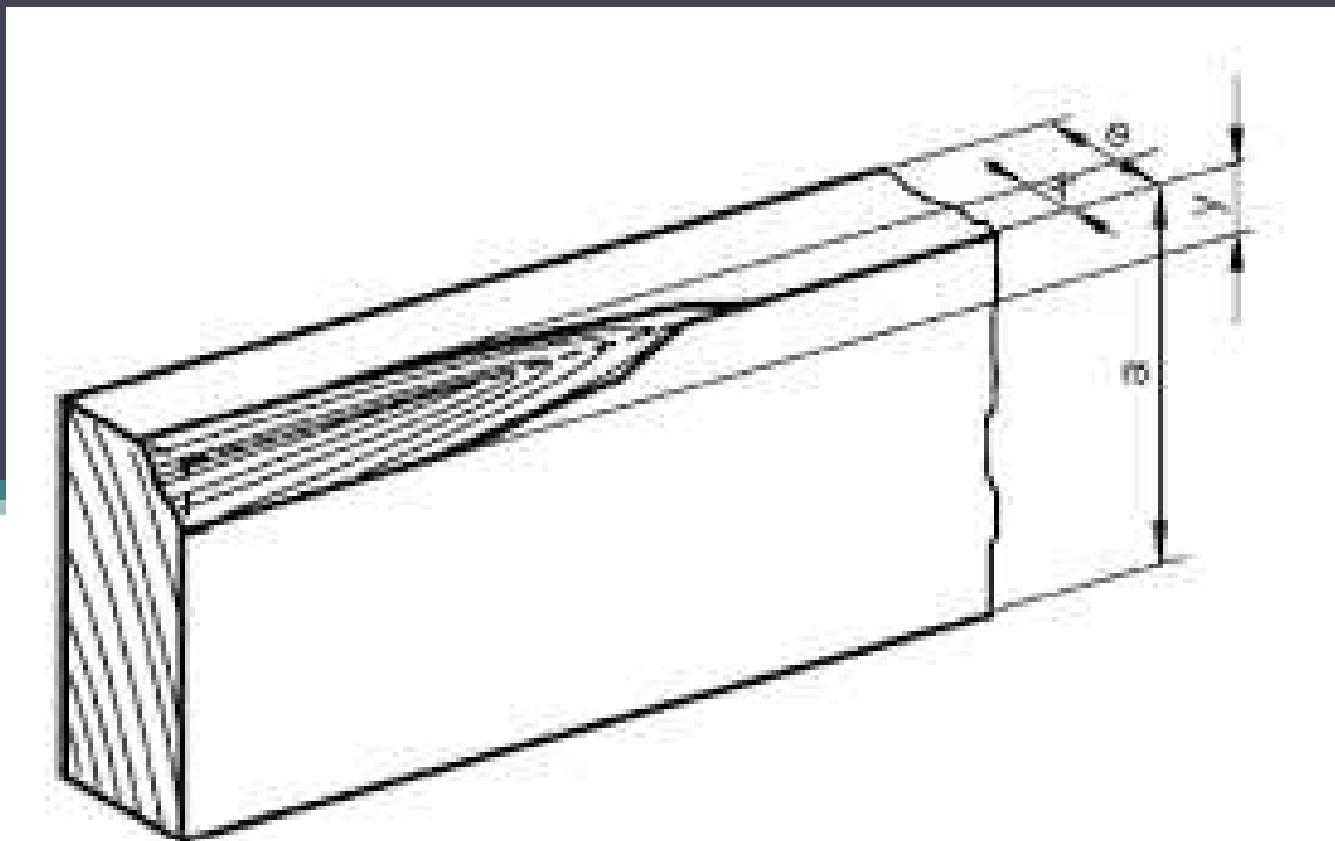
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

ALABEOS



DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

ARISTA FALTANTE



SEGURIDAD ESTRUCTURAL

CIRSOC 601-2016.

Suplem. del Reg. CIRSOC 601-2016.

Manual del Reg. CIRSOC 601-2016

Guía del Reg. CIRSOC 601-2016

Guía Didáctica de Clasificación

Reglamento Arg

Valores de Diseñ

ctica ilustrada



Clasificación visual
Madera aserrada
Uso estructural

2017

Regla

o

Secretaría de O

INTI

Reglamento CIRSOC 601
Ministerio del Interior,
Obras Públicas y Vivienda
Secretaría de Obras Públicas

INTI CIRSOC
Instituto Nacional de
Tecnología Industrial
Código Argentino de
Seguridad y Salud en el
Trabajo para la Construcción



MANUAL DE APLICACIÓN DE LOS
CRITERIOS DE DISEÑO
ADOPTADOS EN EL
REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE MADERA



MADERAS

SEGURIDAD ESTRUCTURAL



Madera laminada encolada estructural

Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación

Structural glued laminated timber
Part 1: Strength classes and manufacture and control requirements

LAS OBSERVACIONES DEBEN
ENVIARSE CON EL FORMULARIO DE LA
ETAPA DE DISCUSIÓN PÚBLICA



INSTITUTO ARGENTINO
DE NORMALIZACIÓN
Y CERTIFICACIÓN

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Normas IRAM

| | |
|--------------------|--|
| IRAM 9513 (2007) | Postes y crucetas redondos de eucalipto, preservados. Requisitos. |
| IRAM 9660-1 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control. |
| IRAM 9660-2 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo. |
| IRAM 9661 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada. |
| IRAM 9662-1 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (<i>Araucaria angustifolia</i>). |
| IRAM 9662-2 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de eucalipto grandis. |
| IRAM 9662-3 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y elliotti. |

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Normas IRAM

| | |
|--------------------|---|
| IRAM 9662-4 (2015) | Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de álamo. |
| IRAM 9663 (2013) | Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. |
| IRAM 9664 (2013) | Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. |
| IRAM 9670 (2002) | Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (Pino elliotti y Pino taeda) del noreste argentino mediante una evaluación visual. |

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

• ESPECIES Y CLASES RESISTENTES

- S.1.1.1. *Araucaria angustifolia* (pino paraná) Cultivado en la provincia de Misiones.
- S.1.1.2. *Eucalyptus grandis* Cultivados en el nordeste argentino.
- S.1.1.3. *Pinus taeda* y *pinus elliottii* Cultivados en el nordeste argentino.
- S.1.1.4. *Populus deltoides* (álamos) Cultivados en el delta del Río Paraná.
- S.1.1.5. *Pinus ponderosa* Cultivado en la Patagonia.

Tabla S.1.1.1-1. Valores de diseño de referencia para tablas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (pino paraná) clasificadas por resistencia conforme a la norma IRAM 9662-1 (2015) (N / mm²)

| Clase de resistencia | $F_b^{(1)}$ | F_t | F_v | $F_{c\perp}$ | F_c | E | $E_{0,05}$ | E_{min} |
|----------------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------|-----------|
| 1 | 9,4 | 5,6 | 0,9 | 1,0 | 7,2 | 14600 | 9800 | 6200 |
| 2 | 4,4 | 2,5 | 0,5 | 0,9 | 5,0 | 9900 | 6600 | 4200 |

(1) Flexión de plano

NORMAS IRAM 9670-2002: MADERA ESTRUCTURAL. CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS

Tabla 1 - Defectos admisibles y requisitos para las clases de madera estructural

| Defectos admisibles de la madera | Característica | Unidad | Requisitos | | Determinación |
|---|------------------------------|-----------|---|---|---------------|
| | | | Grado 1 | Grado 2 | |
| Inclinación de grano | Inclinación de grano | cm/cm | 1/10 | 1/8 | 7.1 |
| Nudo en zona central de la cara ¹⁾ | Diámetro medio | mm | Menor o igual a 0,37 a | Menor o igual a 0,62 a | 7.2 |
| Sumatoria de los diámetros de nudos en una longitud igual al ancho de la cara ¹⁾ | Dimensión en la cara o canto | mm | Menor o igual a 2 veces el diámetro máximo permitido en la cara | Menor o igual a 2 veces el diámetro máximo permitido en la cara | |
| Nudo en zona de borde de la cara ¹⁾ | Dimensión en la cara | mm | Menor o igual a 0,24 a. | Menor o igual a 0,44 a | 7.2 |
| Nudo en el canto ¹⁾ | Dimensión en el canto | mm | Menor o igual a 0,50 e. | Menor o igual a 0,75 e | |
| Rajaduras en los extremos | Largo | mm | Igual al ancho | 1,5 del ancho | 7.3 |
| Grietas superficiales de secado | - | - | Admitidas | Admitidas | |
| Grietas laterales | Profundidad | mm | 0,25 e | 0,60 e | 7.4.1 |
| Combado | - | mm/100 mm | 0,50 % del largo | 0,90 % del largo | |
| Encorvado | - | mm/100 mm | 0,25 % del largo | 0,50 % del largo | 7.4.2 |
| Revirado | - | mm/100 mm | 0,50 % del largo | 0,90 % del largo | 7.4.3 |
| Abarquillado | - | mm/100 mm | 1 % del ancho | 2 % del ancho | 7.4.4 |
| Manchado | - | - | Se admite siempre y cuando no afecte la terminación final | Se admite siempre y cuando no afecte la terminación final | - |
| Agujeros de nudo, Nudos saltadizos | - | - | Se evalúan como nudos sanos pero se admiten hasta 1 por metro lineal. | Se evalúan como nudos sanos pero se admiten hasta 3 por metro lineal. | 7.2 |
| Mérida | - | - | Se admite | Se admite | - |
| Arista faltante | - | - | No se admite | Se admite una sola arista faltante que abarque hasta 1/4 del espesor, 1/4 del ancho, y que esté ubicada en los cuartos extremos de la viga. | 7.5 |
| Número promedio de anillos por pulgada | - | - | Igual o mayor que 2 | Menor que 2 | 7.6 |

NOTAS:

Con "a" se designa el ancho de la cara de la pieza, y con "e" se designa el espesor de la pieza.

¹⁾ Ver también 7.2.

NORMAS IRAM 9662-2: MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL.

Tabla B.1 – Valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad para cada clase de resistencia

| Clase de resistencia | Resistencia a la flexión ⁽¹⁾ (N/mm ²) | Resistencia a la tracción ⁽²⁾ (N/mm ²) | Módulo de elasticidad ⁽³⁾ (N/mm ²) | Densidad ⁽⁴⁾ (kg/m ³) |
|----------------------|--|---|---|--|
| 1 | 18,0 | 11,0 | 12 000 | 420 |
| 2 | 11,0 | 7,0 | 7 000 | 390 |

(1) Valor característico (5%) calculado para una altura de referencia de 150 mm de acuerdo con la norma UNE EN 384:2004 – Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.

(2) Valor característico (5%) calculado para un ancho de referencia de 150 mm de acuerdo con la UNE EN 384:2004.

(3) Valor característico medio calculado para un contenido de humedad de referencia de 12 % de acuerdo con la UNE EN 384:2004.

(4) Valor característico (5%) calculado para un contenido de humedad de referencia de 12 % conforme a la norma UNE EN 384:2004.