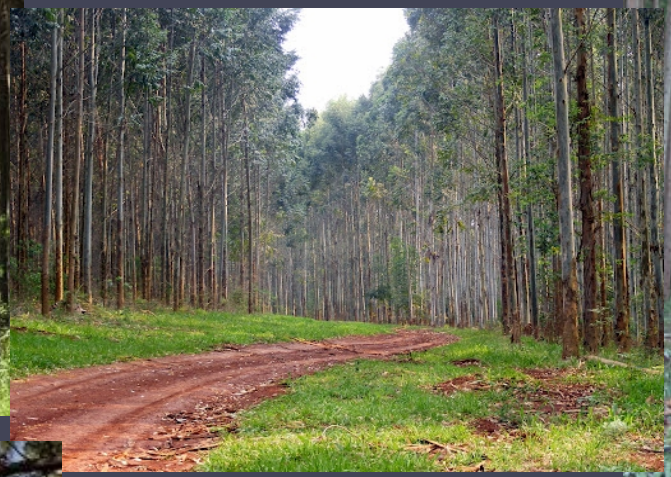










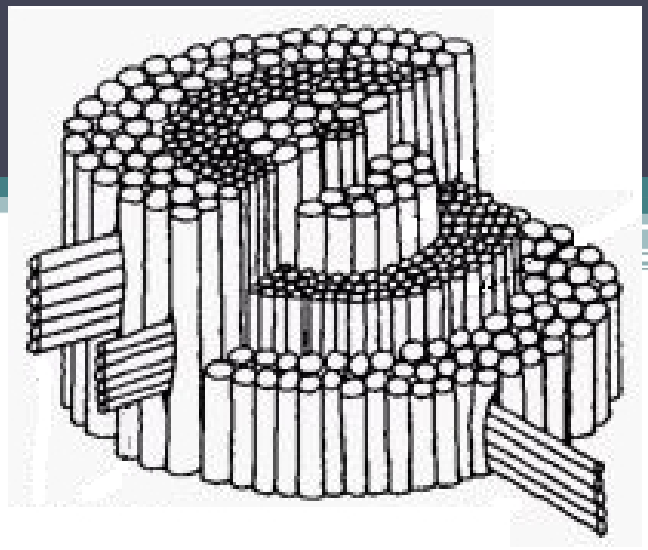




LA MADERA COMO MATERIAL DE USO ESTRUCTURAL

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.







- **ANISOTROPÍA**
- **HIGROSCOPICIDAD**

COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**

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 solicitación.

COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**

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.

La madera es el producto de un proceso metabólico, en un organismo vivo (árbol), que crece en la naturaleza en condiciones climáticas, geográficas y de suelos muy diversos.

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 solicitación.

COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**

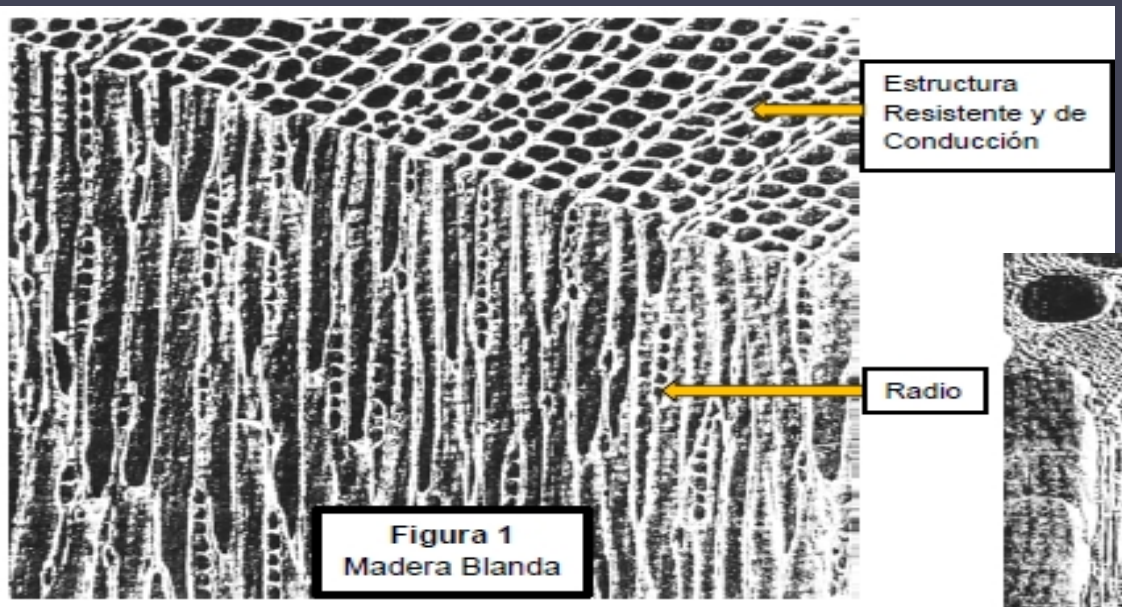


Figura 1
Madera Blanda

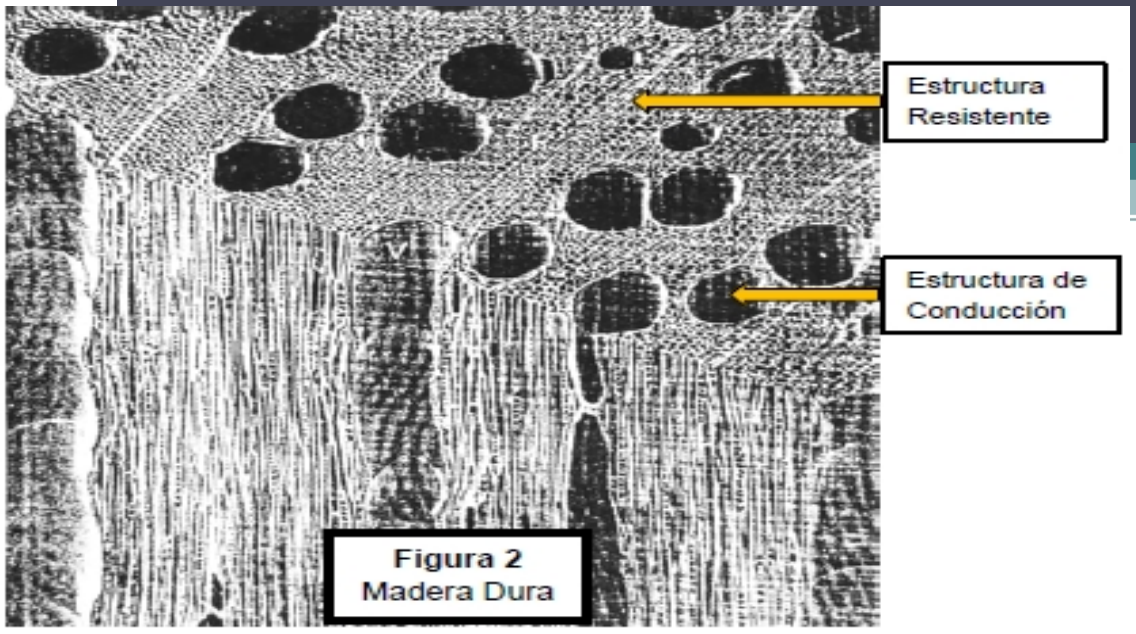


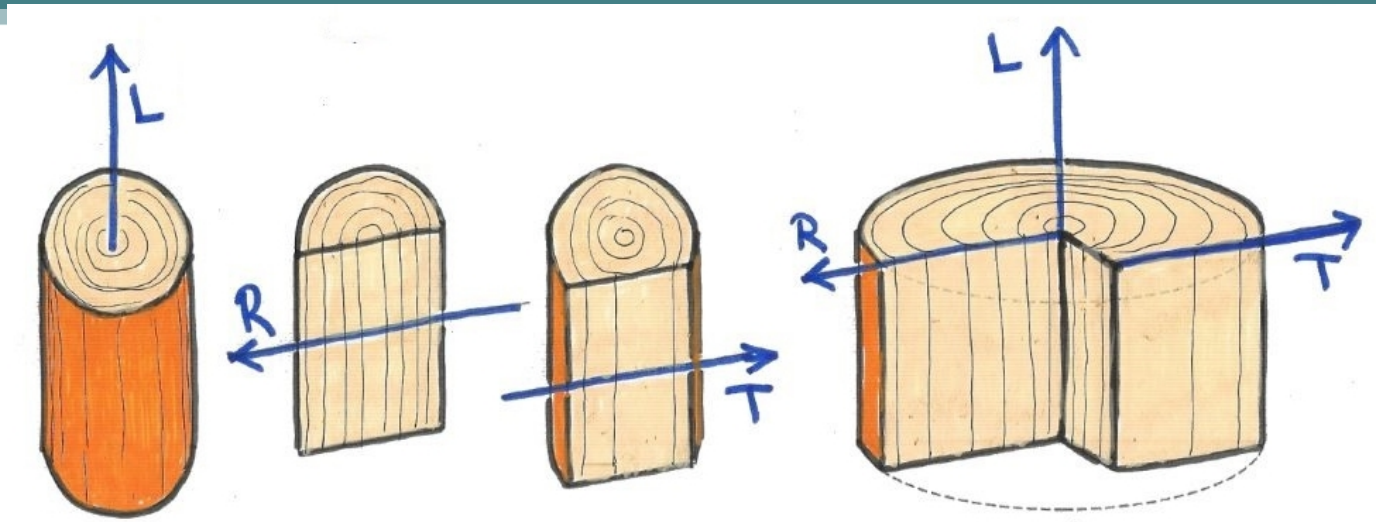
Figura 2
Madera Dura

COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**

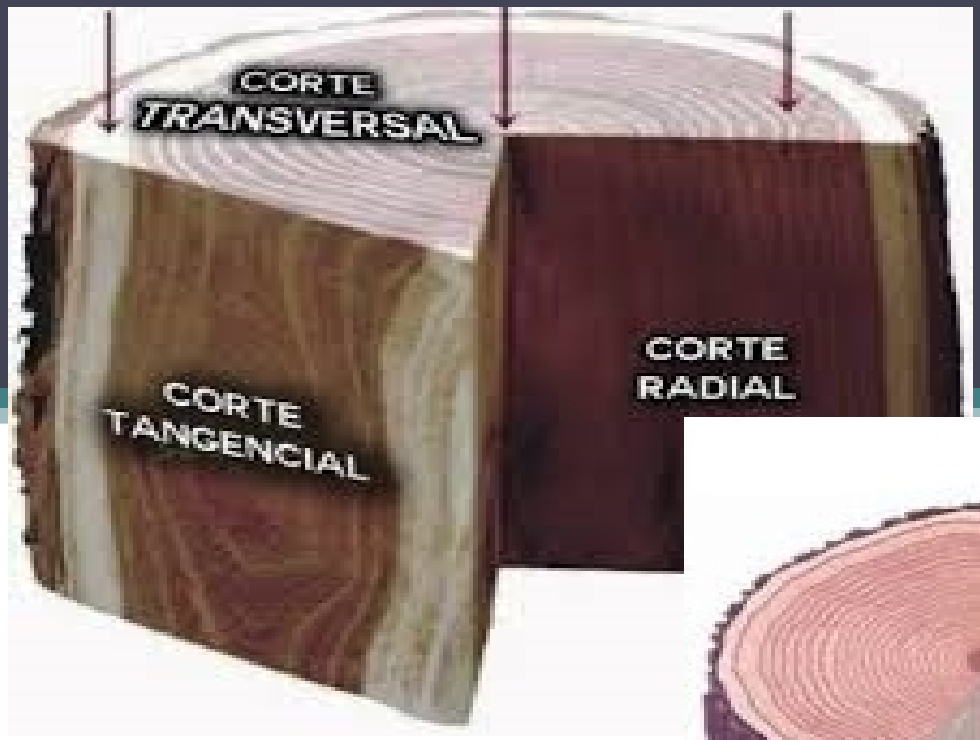
Presenta distintas propiedades en distintas direcciones.

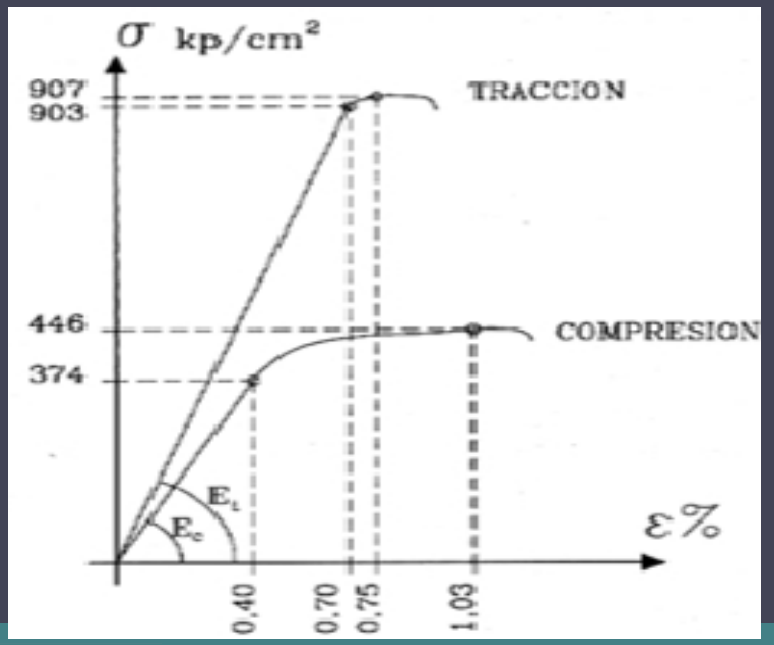
- LONGITUDINAL: Paralelo a la fibra.
- RADIAL: Perpendicular a la fibra y a los anillos de crecimiento.
- TANGENCIAL: Perpendicular a la fibra y corta a los anillos de crecimiento.

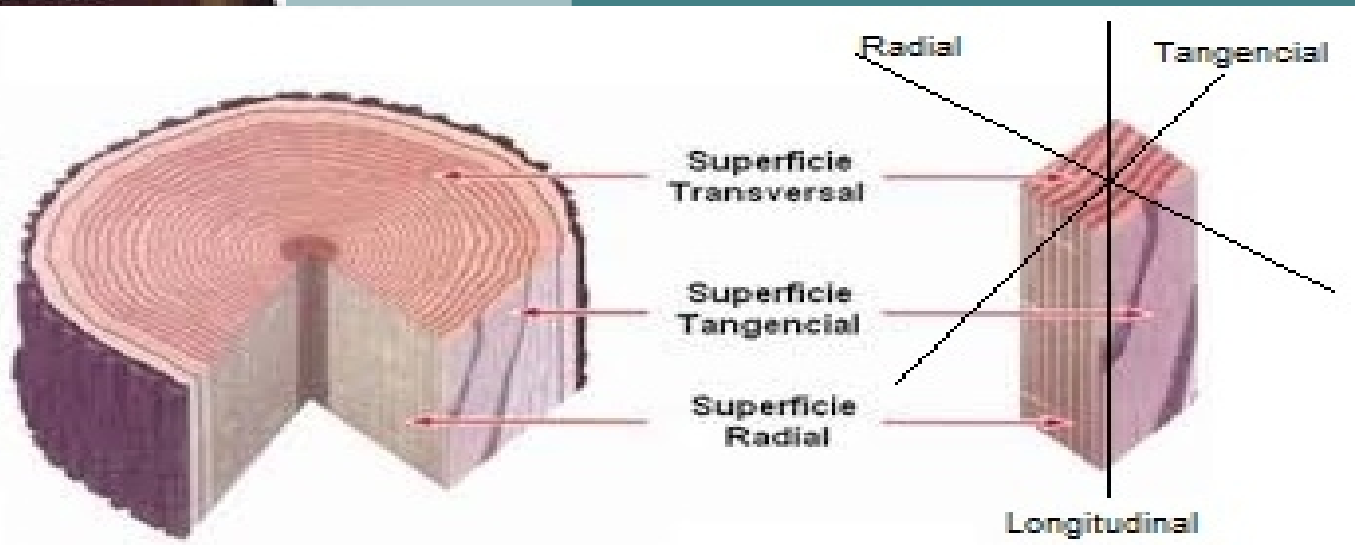


COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**







COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **ANISOTROPÍA**

DIRECCIÓN AXIAL

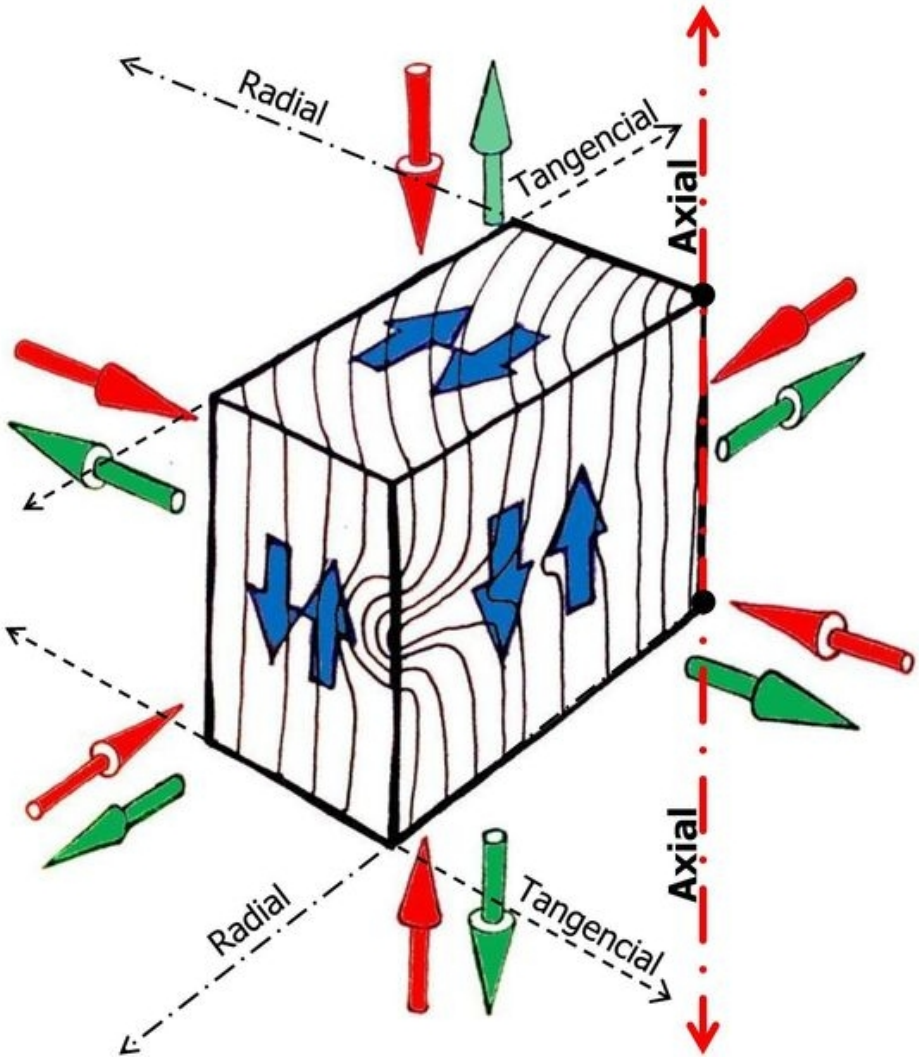
Resistencia a la **compresión** máxima
Resistencia en la **tracción** máxima
Resistencia en la tensión **tangencial** máxima
Capilaridad máxima
Deformabilidad mínima

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

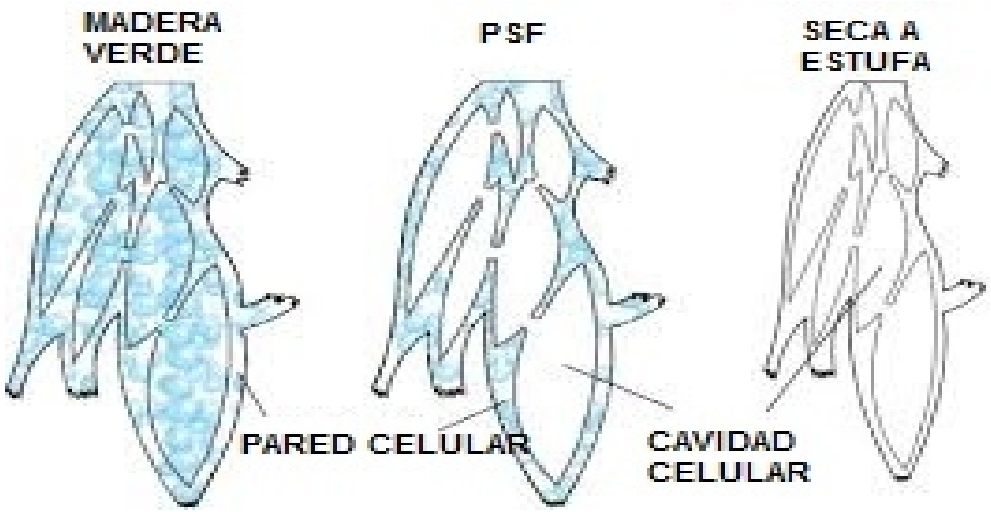


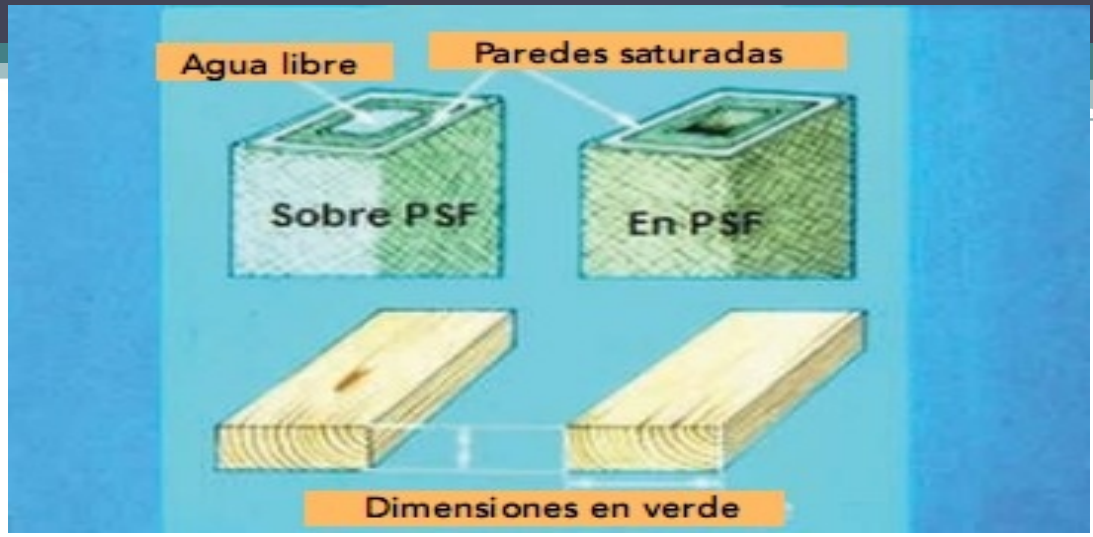
COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **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%

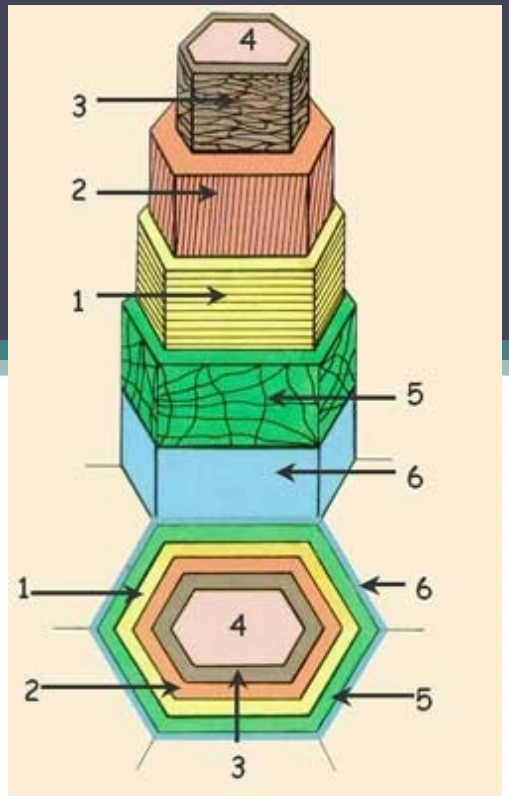




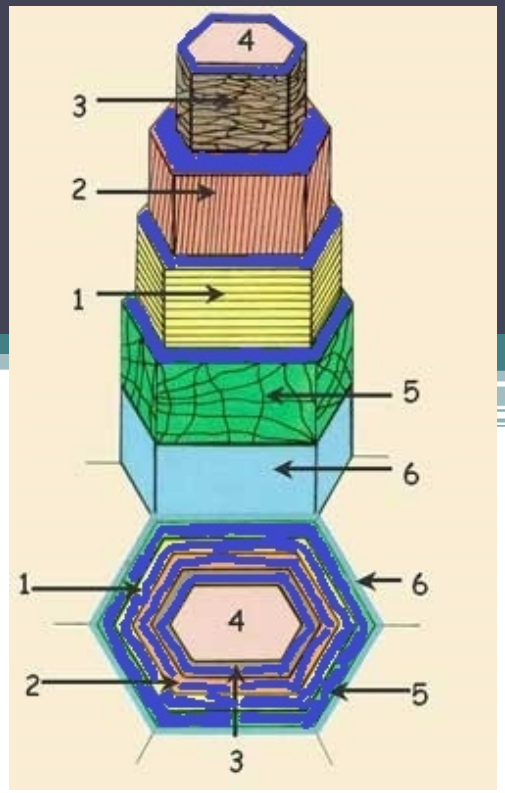
COMPORTAMIENTO ANISÓTROPO DE LA MADERA

- **HIGROSCOPICIDAD**

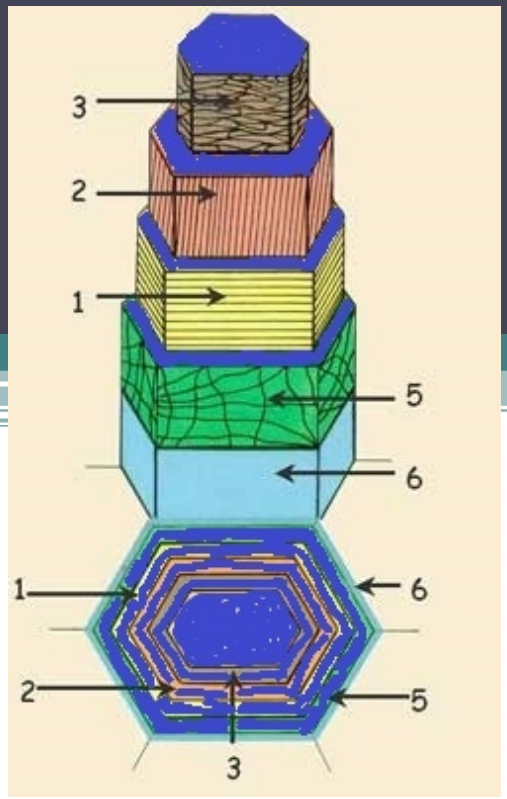
1. Capa S1 de la pared secundaria
2. Capa S2 de la pared secundaria
3. Capa S3 de la pared secundaria
4. Cavidad celular o Lumen
5. Pared primaria
6. Lámina media



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 especifico 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 especifico	**10**
Esfuerzo de flexión estática al limite proporcionalidad	**22**
Tensión de rotura	**16**
Modulo de elasticidad en flexión	**22**
Resistencia a compresión paralela a fibras	**18**
Esfuerzo de compresión perpendicular el limite 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 de la madera.
  - 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.

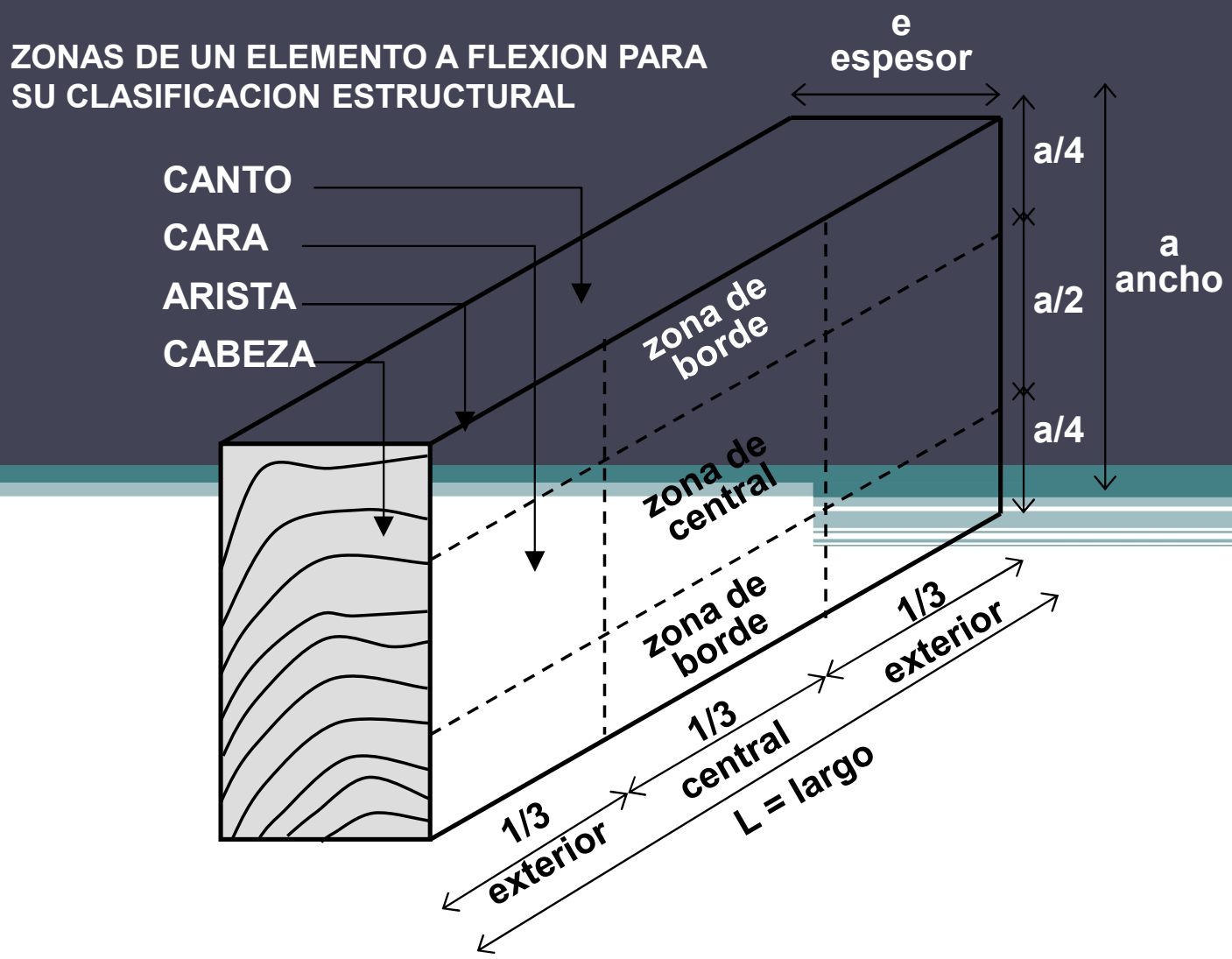
DEFECTOS EN LA MADERA

- **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

DEFECTOS EN LA MADERA

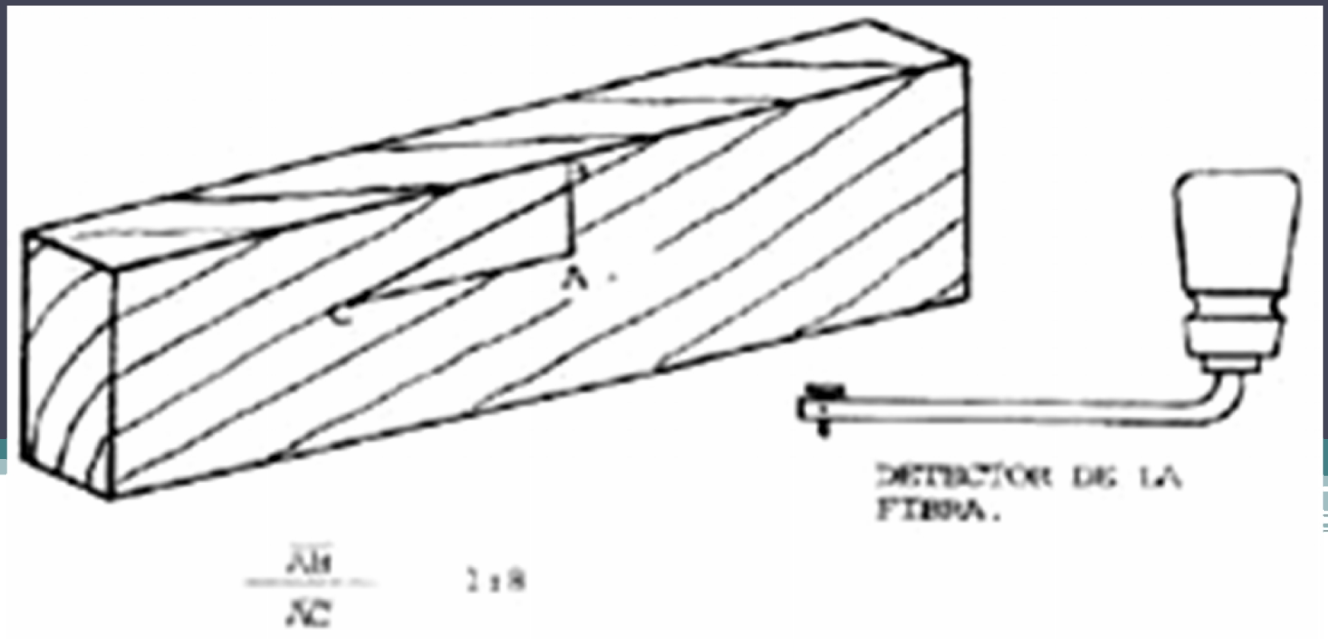
- **DEFECTOS MORFOLÓGICOS DEL TRONCO**
  - CONICIDAD EXCESIVA
  - CURVATURA
  - BIFURCACIÓN (ORQUETA)
  - PATA DE ELEFANTE (ENSANCHAMIENTO DE LA BASE)
- **DEFECTOS PRODUCIDOS POR AGENTES METEOROLÓGICOS**
- **DEFECTOS CAUSADOS POR LOS CAMBIOS ESTACIONALES**

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



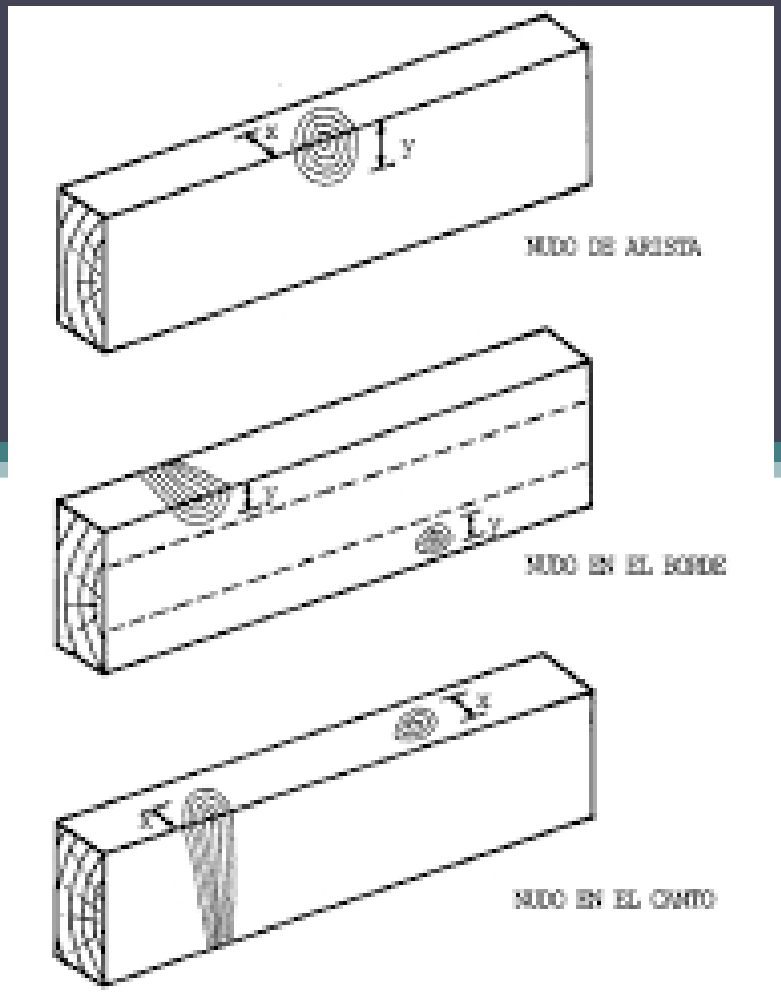
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

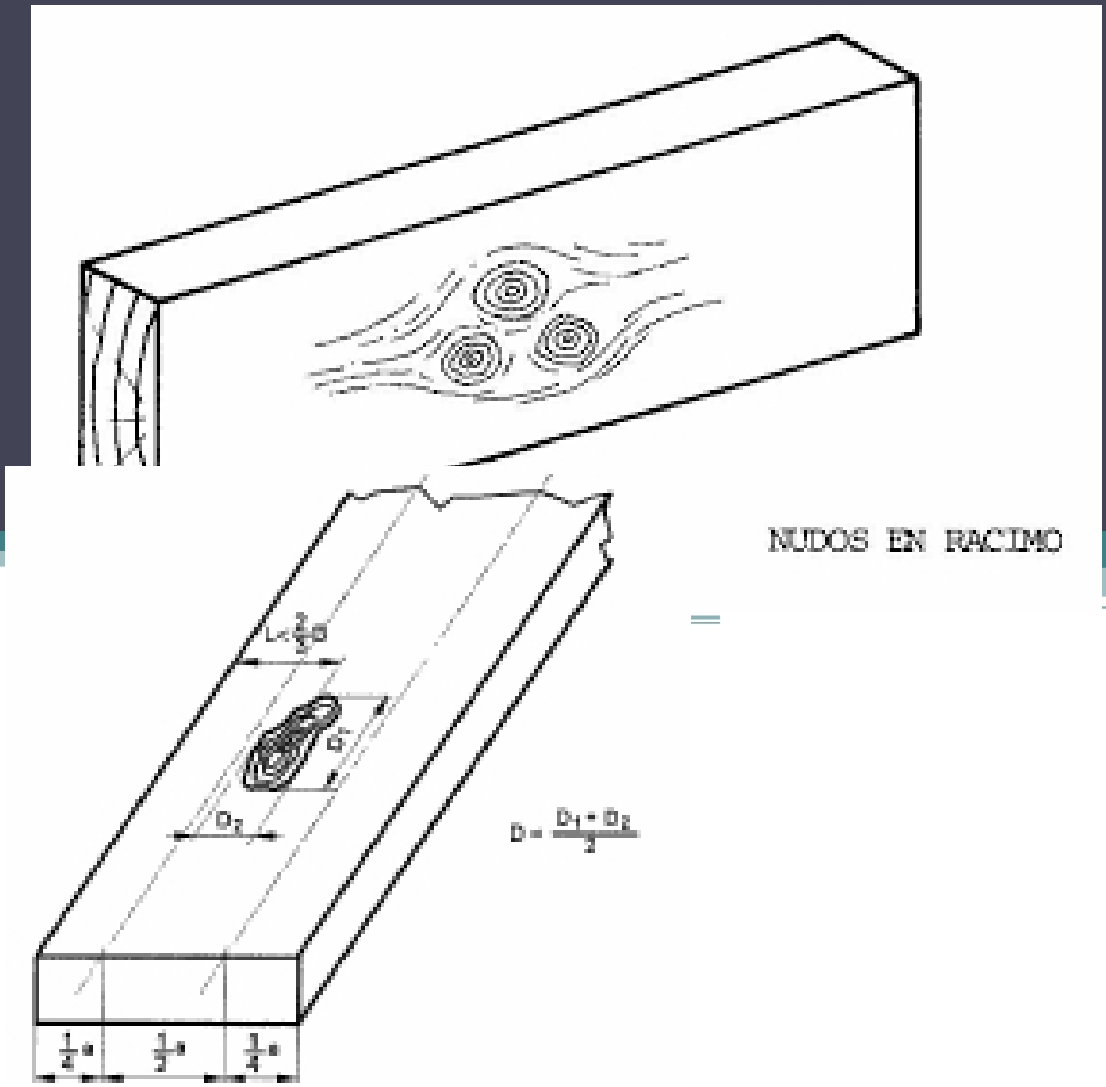
INCLINACIÓN DE GRANO



DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

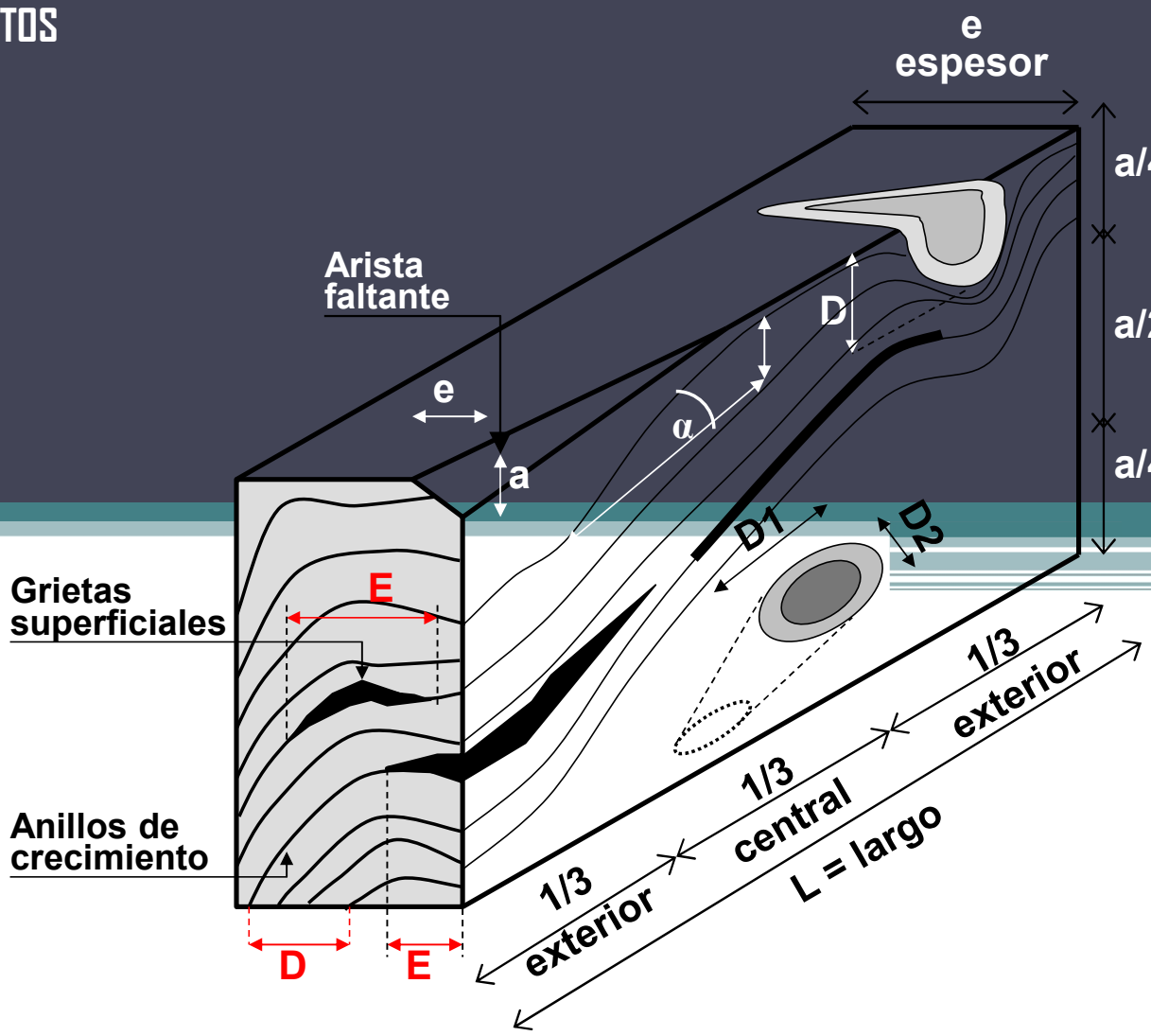
NUDOSIDAD





DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

MEDICIÓN DE DEFECTOS



NUDOS

$$D = \frac{D1 + D2}{2}$$

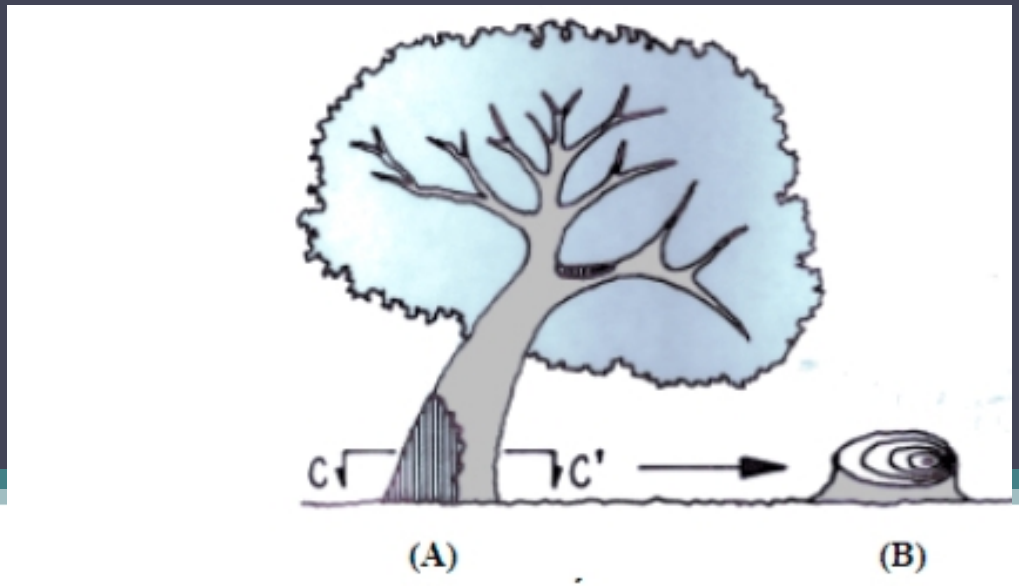
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

ANILLOS DE CRECIMIENTO

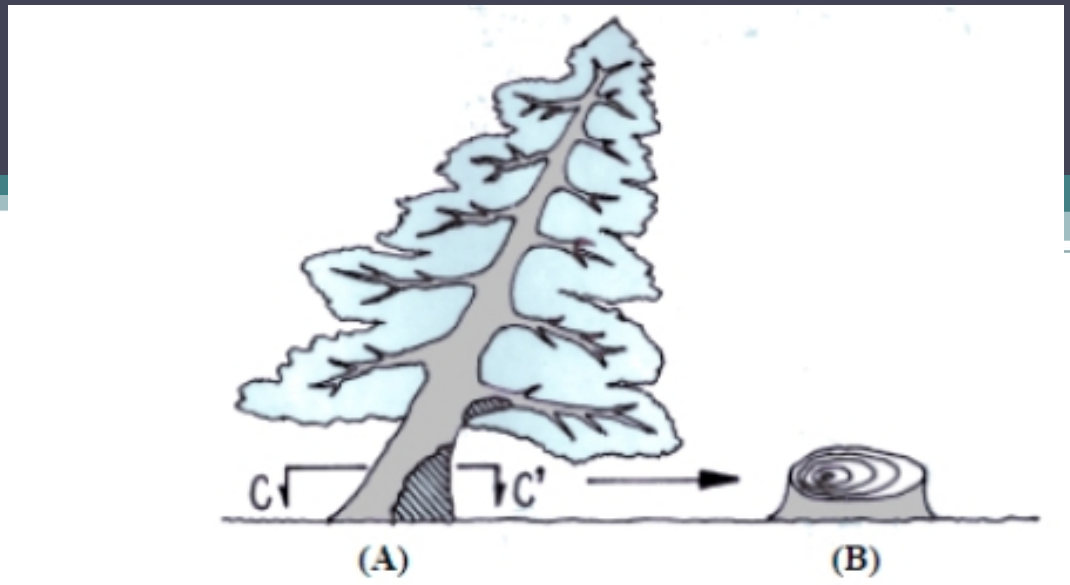


DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

MADERA DE REACCIÓN



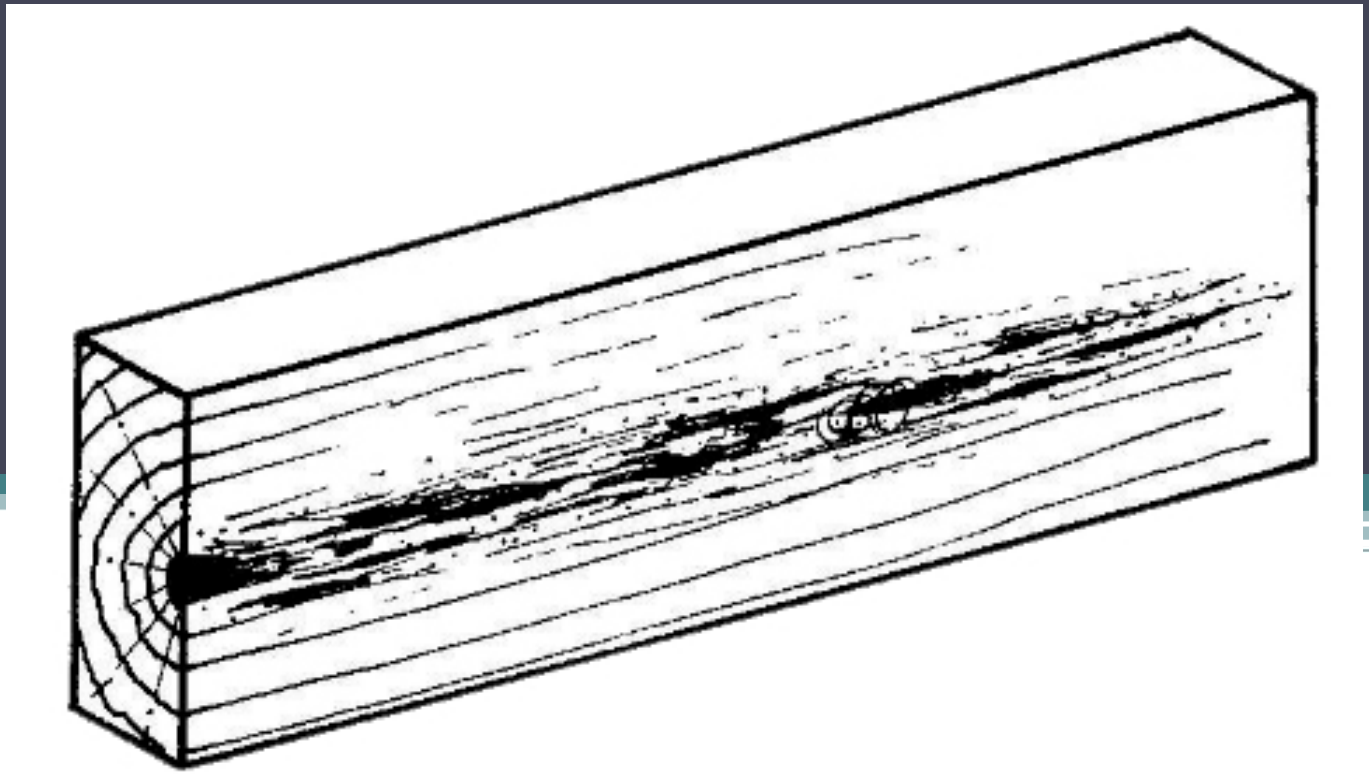
MADERA DE REACCIÓN. (A) madera de tensión en latifoliadas



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

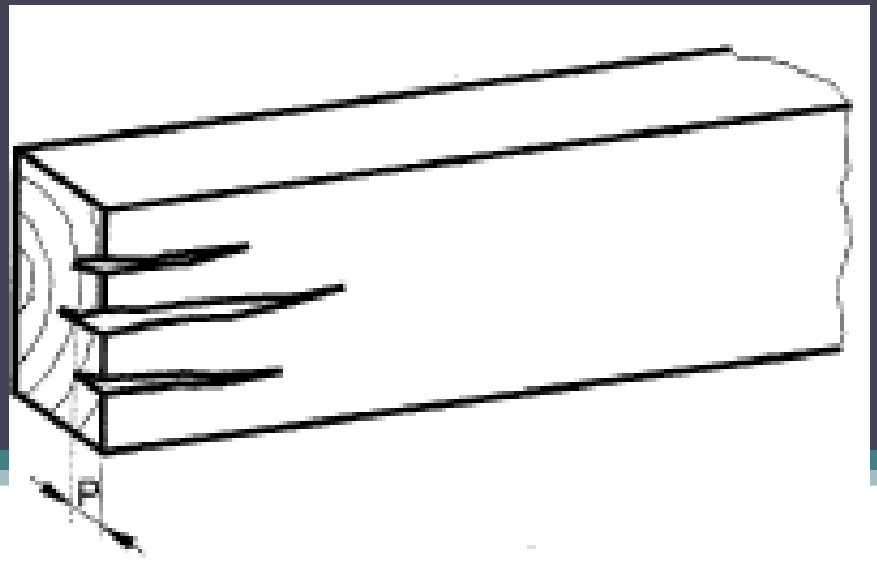
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO O ANATOMÍA

PRESENCIA DE MÉDULA

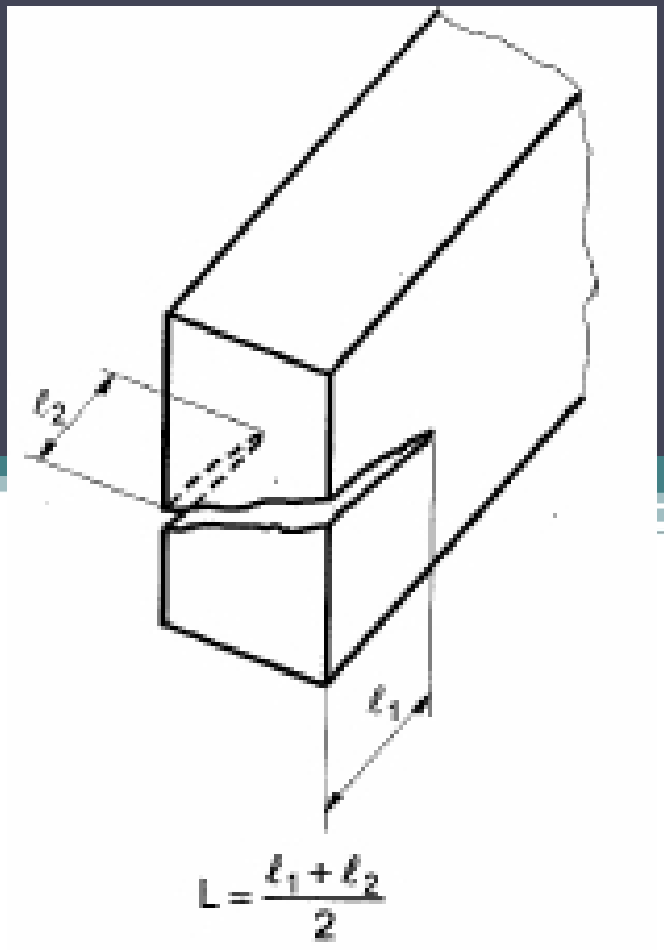


DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

GRIETAS Y RAJADURAS



P: Medida de la profundidad



$$L = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}$$

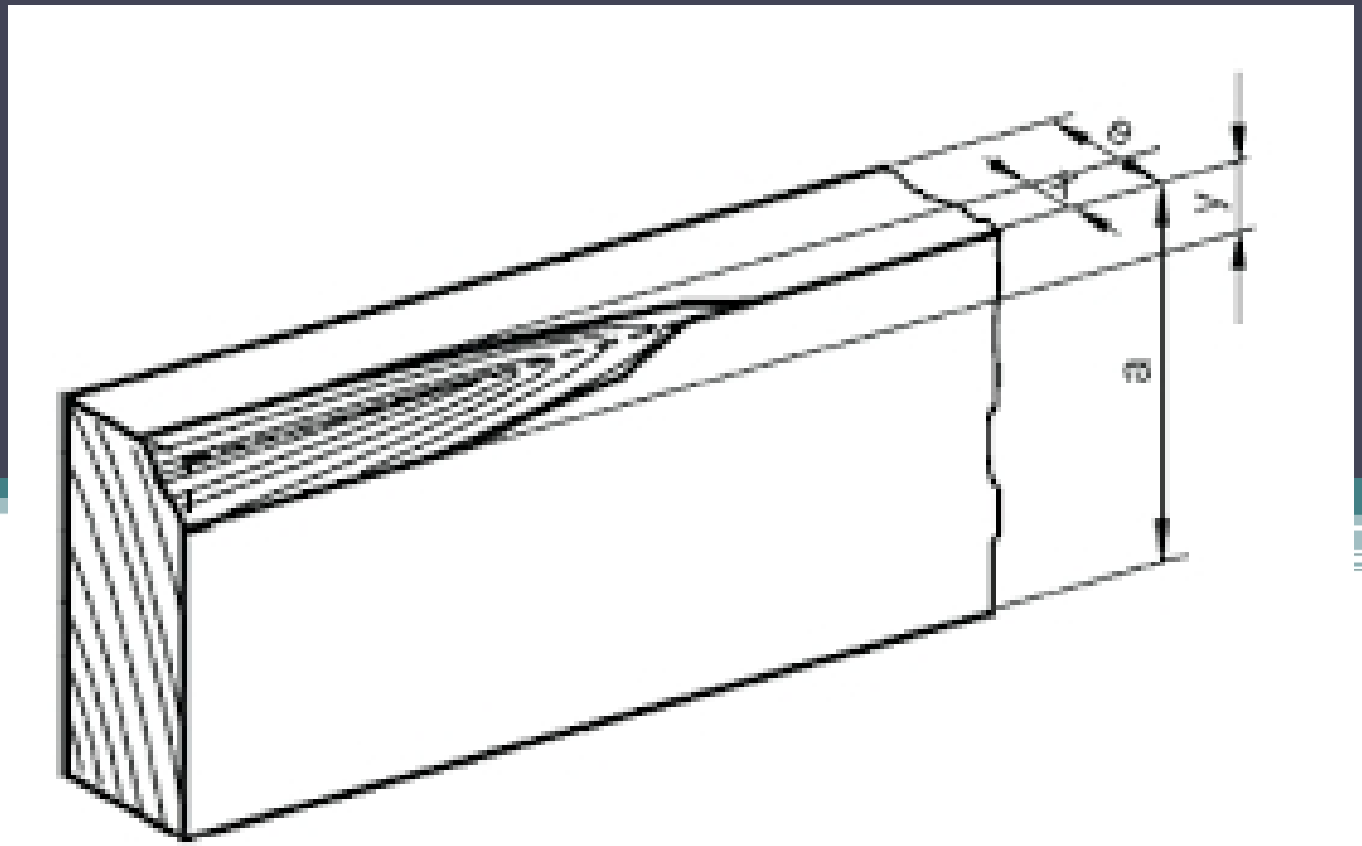
DEFECTOS RELACIONADOS CON EL SECADO Y MAQUINADO

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 Visual.

Reglamento Argentino de Madera.
Valores de Diseño de Referencia.
Manual de Aplicación de los Criterios de Diseño.
Guía p/Proyecto de Estruct. de Bajo Compr. Estructural.

https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

CIRSOC 601-2016. Reglamento Arg

Suplem. del Reg. CIRSOC 601-2016. Valores de Diseñ

Manual del Reg. CIRSOC 601-2

Guía del Reg. CIRSOC 601-2016

Guía Didáctica de Clasificación



https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos

SEGURIDAD ESTRUCTURAL



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 (Araucaria angustifolia).
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

Suplementos del Reglamento Argentino de ESTRUCTURAS de MADERA CIRSOC 601-2016

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	
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	
Combado	-	mm/100 mm	0,50 % del largo	0,90 % del largo	7.4.1
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
Médula	-	-	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.