

Clasificación visual de pino taeda y pino ellioti para uso estructural

Curso:

“Avances en el uso de la madera en edificaciones urbanas”

Laura Moya

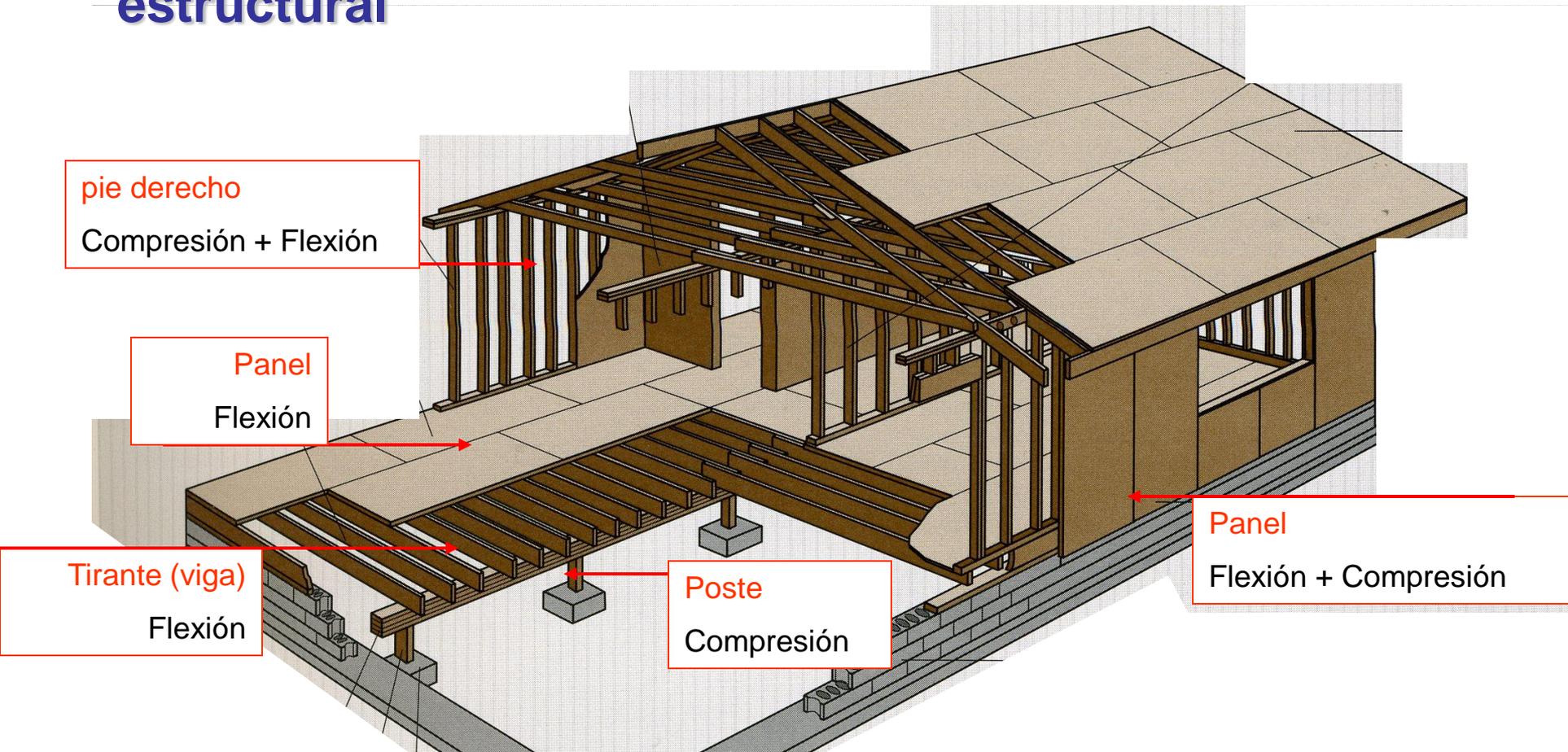
Facultad de Arquitectura,
Universidad ORT Uruguay

Tacuarembó, 14 de noviembre de 2017

The background of the image is a dense, textured surface composed of numerous light-colored wood shavings or chips, scattered and overlapping to create a complex, organic pattern. The shavings vary in length and orientation, giving the background a sense of depth and natural materiality.

Para usar un material con fines constructivos es imprescindible conocer sus características o propiedades

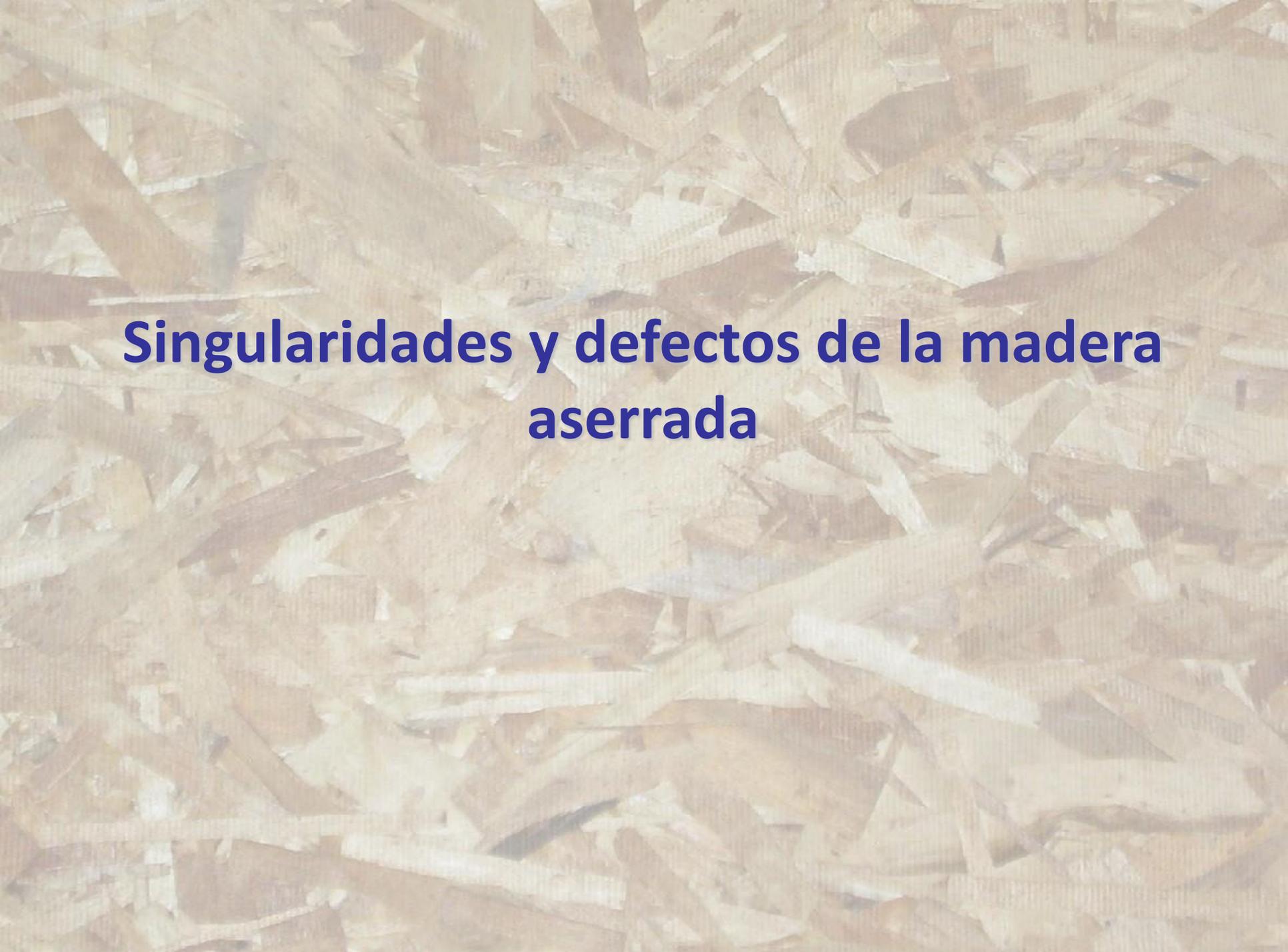
Interesa conocer resistencias y rigidez de la madera, de acuerdo a la sollicitación “soportada” por el elemento estructural



¿Cómo se conocen las propiedades resistentes/elásticas de la madera?

Clases resistentes

- Cada pieza de madera como consecuencia de las características del árbol del cual proviene, presenta propiedades particulares.
- Los países desarrolladores de la tecnología de construcción con madera, crean los sistemas de clases resistentes o grados estructurales.
- Una clase resistente consiste en un agrupamiento de piezas, todas levemente diferentes, pero todas con una familia de propiedades físicas y mecánicas aptas para uso estructural.

The background of the slide is a dense, textured field of light-colored wood shavings and sawdust, scattered in various orientations. The shavings are thin, elongated pieces of wood, some showing the natural grain. The overall color palette is warm, ranging from pale yellow to light brown.

Singularidades y defectos de la madera aserrada

¿Cómo se define la calidad de la madera?

La calidad de la madera resulta de las características físicas y químicas del árbol del cual ésta proviene, en función de las propiedades requeridas por los distintos productos finales (Mitchell, 1960).

La calidad es descrita por las propiedades anatómicas de la madera, tales como la densidad, longitud de fibra y ángulo de la microfibrila, que impactan en las propiedades de los productos de madera.

¿Qué se entiende por calidad visual de madera aserrada de pino?

- La pieza de madera es clasificada visualmente según sus singularidades y defectos: nudos, presencia de médula, inclinación de la fibra, alabeos, y es asignada a una calidad visual o rechazada.
- Cada pieza de madera es ensayada mecánicamente, para determinar sus propiedades: fundamentalmente resistencia de flexión y módulo elástico, tracción paralela y compresión paralela.

Cada calidad, es asignada a una clase resistente, que cuenta con una familia de propiedades estructurales asociadas

Clases resistentes madera aserrada (EN 338, 2016)

		Especies coníferas y chopo											Especies frondosas						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades resistentes en N/mm ²																			
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Cortante	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Propiedades de rigidez en kN/mm ²		← pinos uruguayos																	
Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	$E_{0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Módulo de cortante medio	G	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Densidad en Kg/m ³																			
Densidad característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Densidad media	ρ_{media}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080

Terminología

Singularidades o atributos

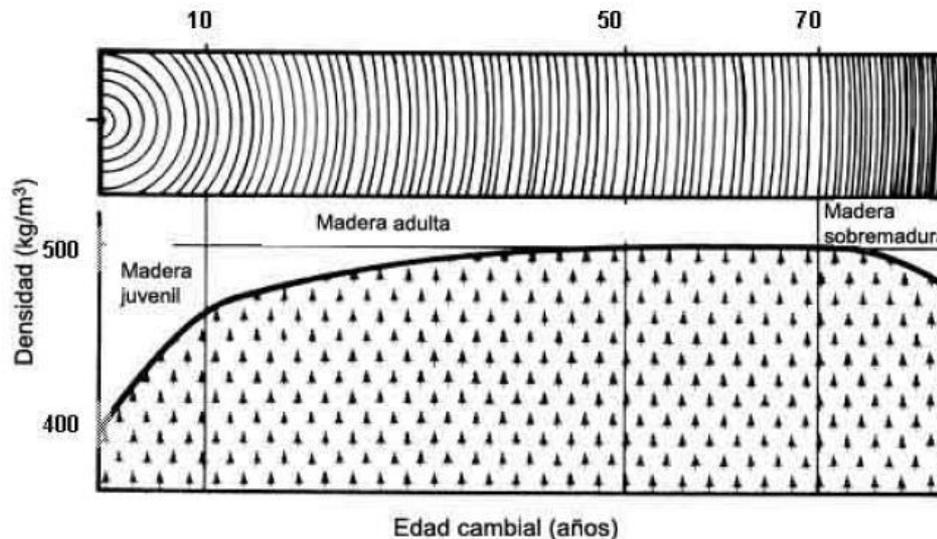
Corresponden a características propias de la madera. ej. nudos

Defectos

Generados por los procesos de manufactura, correspondientes a aserrado y secado. ej. alabeos, humedad, arista faltante

Características generales

- Contenido de humedad en base seca: masa de agua contenida en la madera, expresada como porcentaje relativo al peso en estado anhidro
- Densidad: es la relación entre la masa y el volumen de una pieza de madera determinados ambos valores al mismo contenido de humedad

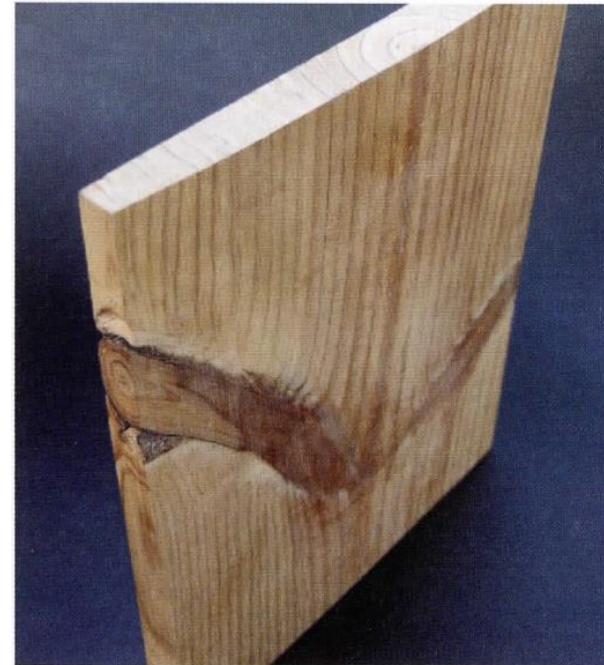


Singularidades ligadas a la anatomía de la madera

- Nudos
- Bolsas de resina
- Corteza incluida
- Fisuras
- Desviación de la fibra
- Madera de reacción y juvenil
- Anillos de crecimiento

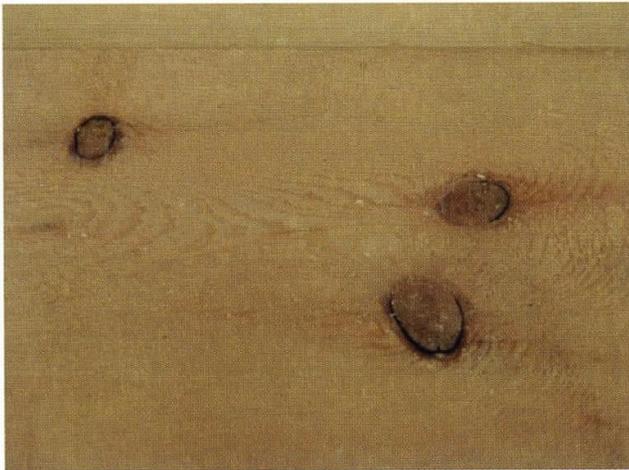
Singularidades: **Nudos**

Tejido leñoso dejado por el desarrollo de una rama, cuyo aspecto y propiedades son diferentes a los de la madera de las zonas circundantes. Refiere a nudos: firme, semisuelto, suelto o agujero



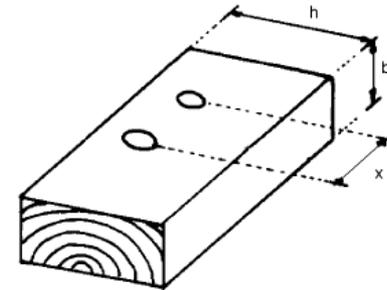
Singularidades: Nudos

Nudos agrupados: nudos sobre la cara o canto cuya distancia entre centros medida según el eje longitudinal de la pieza, sea menor o igual a 150 mm, o menor o igual al ancho de la pieza, cuando éste sea menor de 150 mm.



Fuente: AITIM, 2003

Figura Nudos agrupados



Nudos agrupados si $x \leq 150 \text{ mm}$ para $h \geq 150 \text{ mm}$ y $x < h$ para $h < 150 \text{ mm}$

Figura 1 - Criterio de definición de nudos agrupados

Nudo de arista: nudo cortado por una arista que lo divide en dos partes, cada una de las cuales aparece respectivamente, en el canto y cara que concurren a dicha arista

Singularidades: **Bolsa de resina y corteza incluida**

Bolsa de resina: cavidad en la madera que contiene, o ha contenido resina



Corteza incluida/entrecasco: presencia de una masa de corteza total o parcialmente comprendida en la madera



Singularidades: Fisuras

Fisura: Separación de las fibras en dirección longitudinal

Fisura no pasante/grieta: separación de los elementos leñosos de la madera que no alcanza dos caras de una pieza aserrada

Fisura pasante/rajadura: separación de los elementos leñosos de la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza aserrada

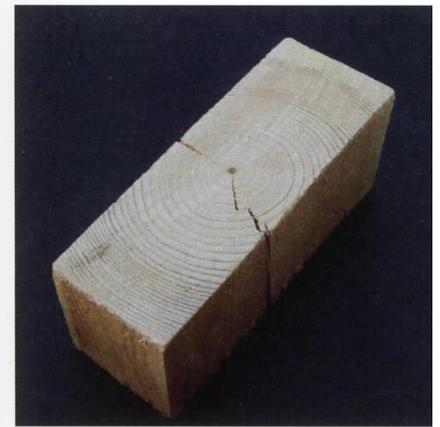
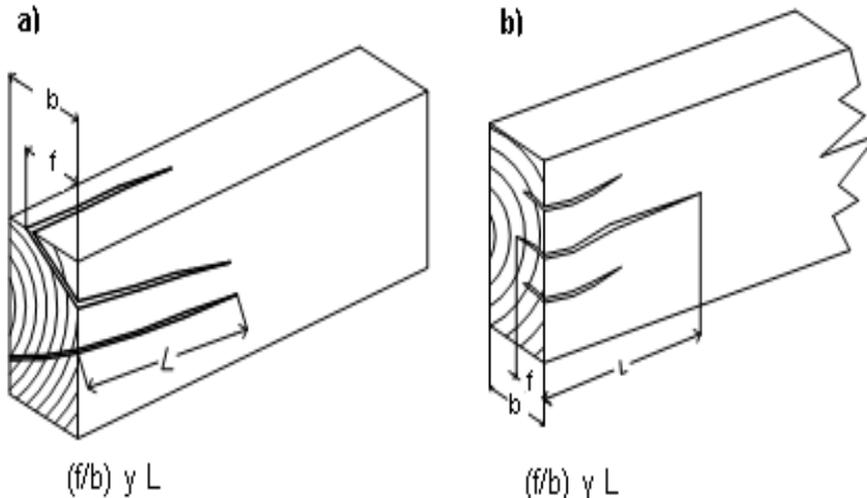


Figura Fendas (de corazón)

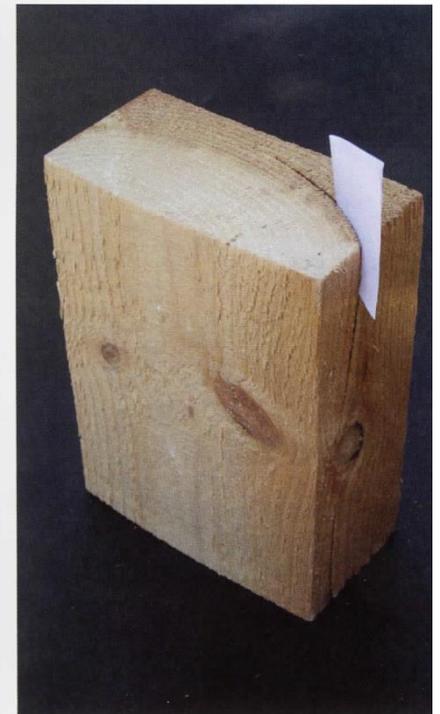


Figura Acebolladura

Singularidades: Desviación de la fibra

- desviación de la dirección general de las fibras respecto al eje longitudinal de la pieza

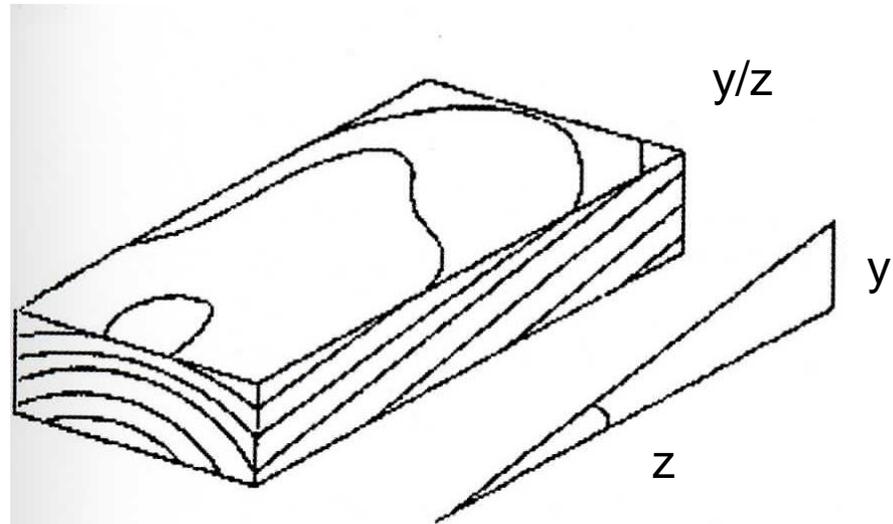
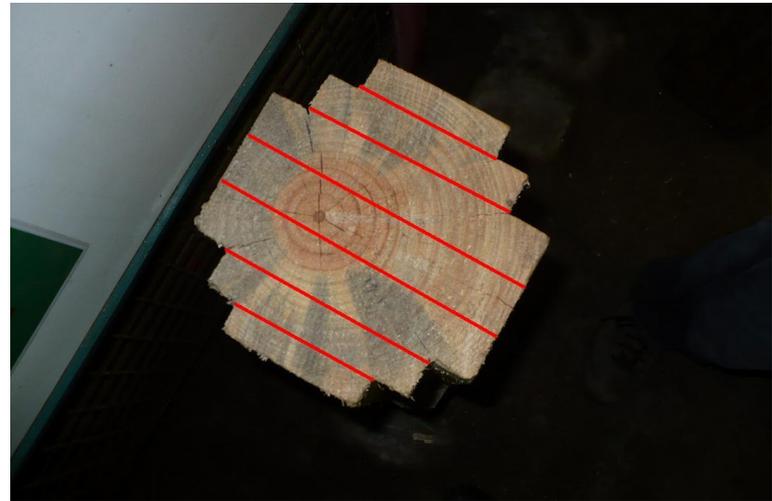
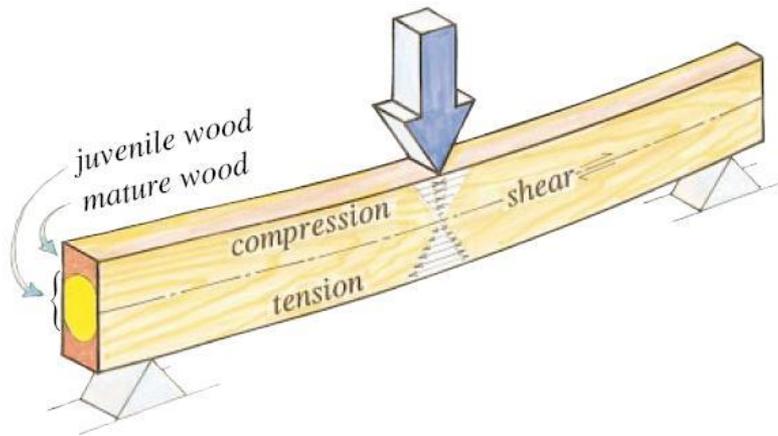


Figura. Medición de la desviación de la fibra

Singularidades: Madera de reacción

- Madera anormal, formada típicamente en algunas zonas limitadas de ramas o fustes, caracterizada por su color, consistencia y propiedades mecánicas distintas a las del resto del leño.



Singularidades: Madera juvenil, Anillos de crecimiento

- Madera juvenil: madera formada en los primeros anillos de crecimiento del árbol, generalmente con espesores de anillos de crecimiento más anchos que en la madera adulta
- Anillo de crecimiento: capa de madera concéntrica a la médula formada durante un período vegetativo. Se observa en la sección transversal y se caracteriza por el contraste de color o textura entre el leño temprano y el leño tardío.

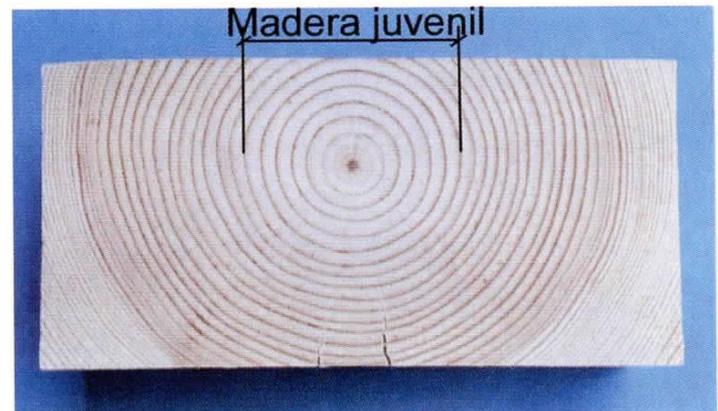


Figura. Madera juvenil

Singularidades ligadas al aserrado de las pieza

- Arista faltante: falta de madera en una o más aristas de una pieza
- Médula: parte del tronco constituida por tejido parenquimatoso o blando, más o menos central del tronco y ramas del tronco

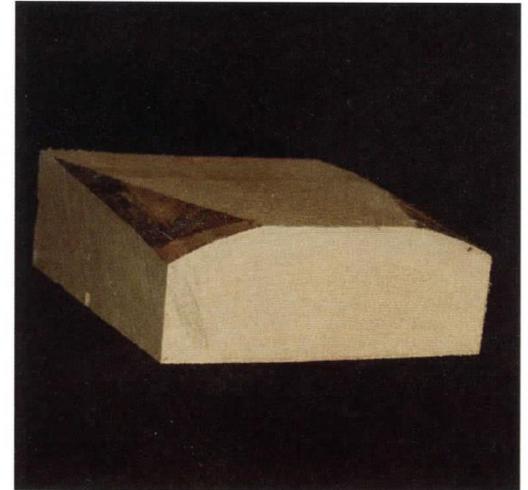


Figura Gema doble

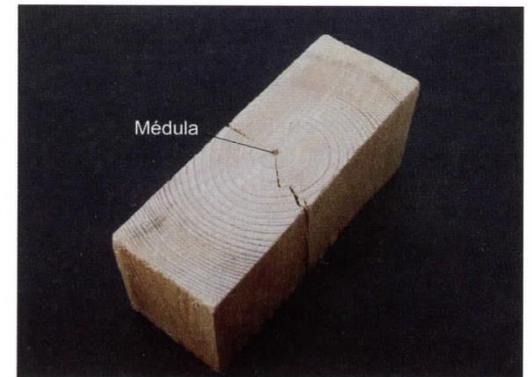
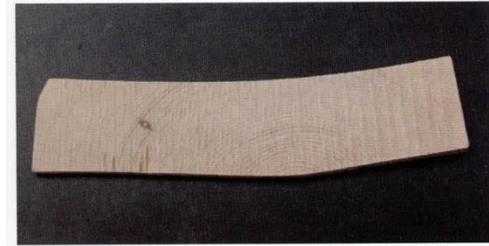


Figura médula

Deformaciones de las piezas (cont)

- Abarquillado/acanaladura: deformación de las caras en la dirección transversal de las fibras
- Torcedura/alabeo: deformación simultánea en la dirección longitudinal y transversal



Deformaciones de las piezas

- Curvatura de canto/encorvadura/encorvado:
deformación de los cantos en la dirección longitudinal

- Curvatura de cara/arqueadura/combado:
deformación de las caras en la
dirección longitudinal



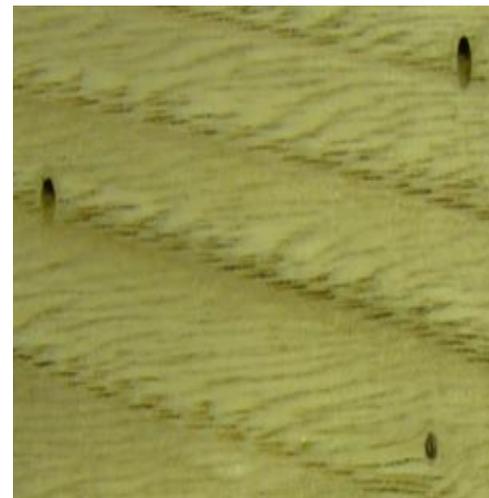
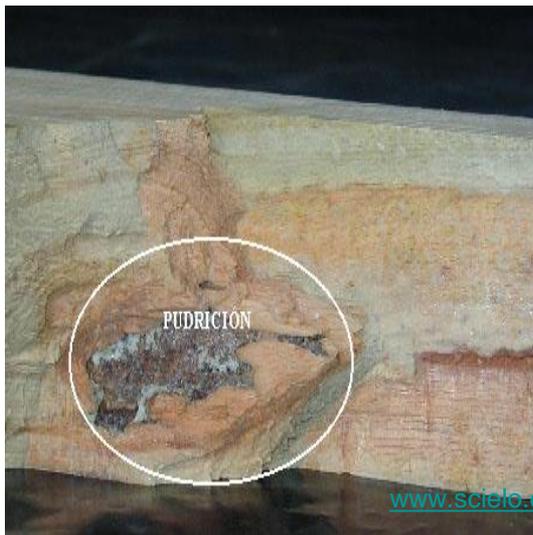
Alteraciones biológicas

- Por hongos (mancha azul, pudriciones, etc)
- Por insectos xilófagos

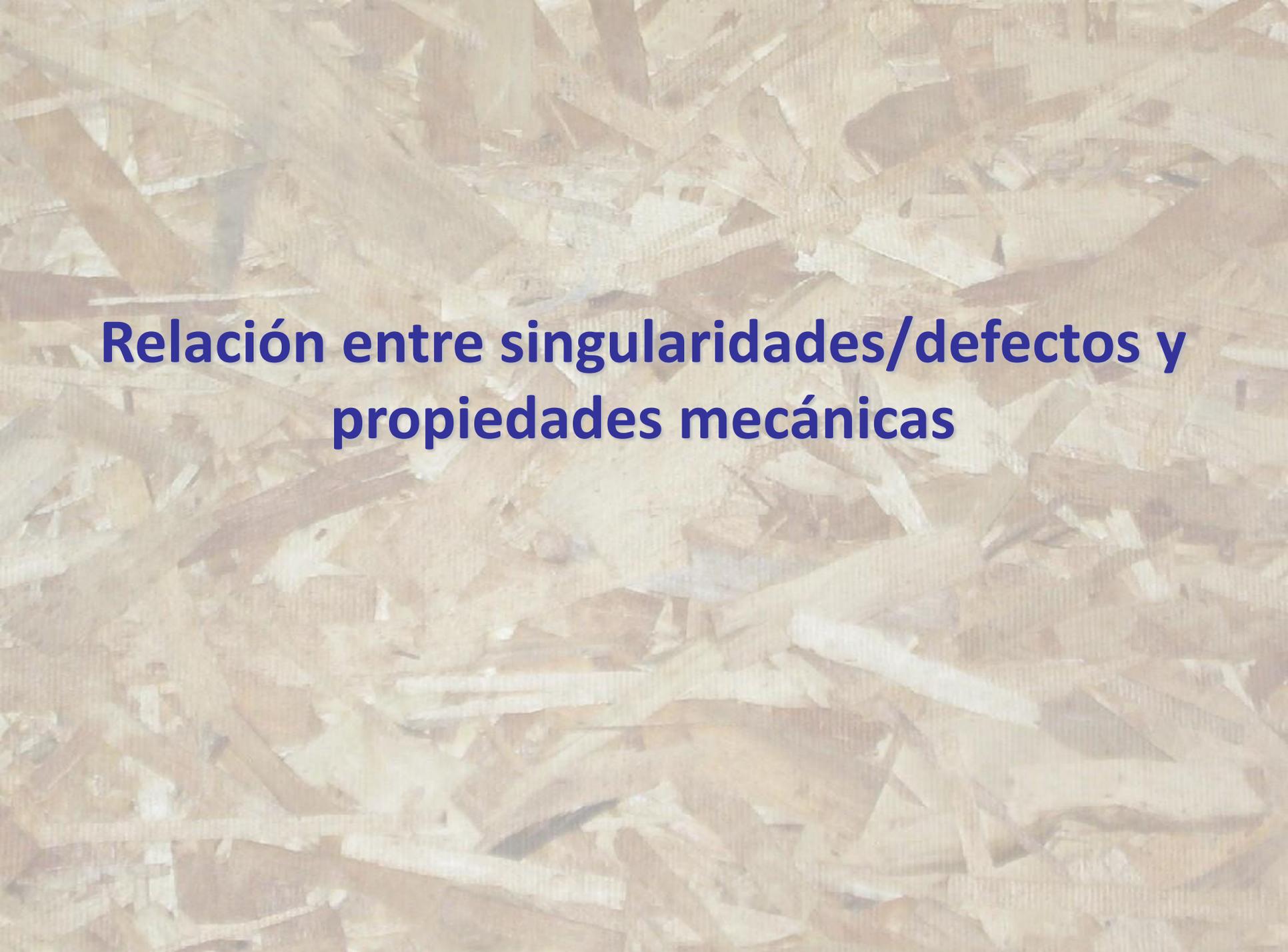
Mancha azul



Pudriciones



Galerías de insectos

The background of the slide is a dense, textured pattern of light brown wood chips and shavings, oriented in various directions, creating a natural, organic feel.

Relación entre singularidades/defectos y propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas

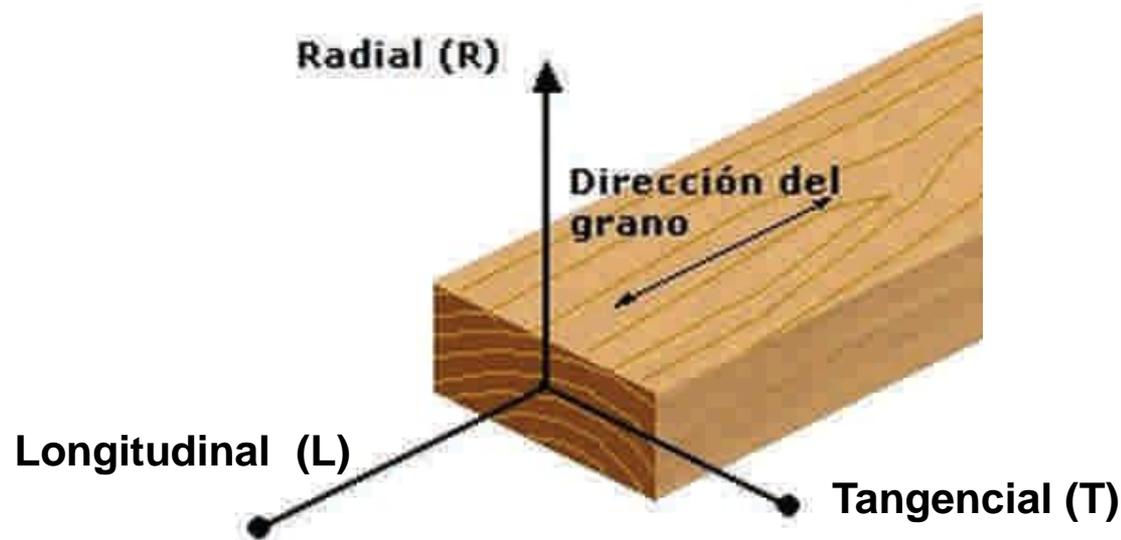
- Las propiedades mecánicas y físicas se conocen a través de extensos programas de ensayos destructivos y no destructivos.
- “Idealmente”, cada pieza de madera es ensayada destructivamente para determinar sus principales propiedades estructurales: resistencia y rigidez de flexión, y densidad.



Se obtienen resistencia (fm) y rigidez (E₀) de flexión

Inconveniente: nos quedamos sin la pieza de madera ensayada

Propiedades de la madera difieren según el eje de la pieza considerado (anisotropía)



Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad

Cambio en la resistencia de la madera al **duplicarse** su densidad:

- Contenido de humedad

- compresión \parallel **x 2**

- Desviación de la fibra

- resistencia de flexión.... **x 2,5**

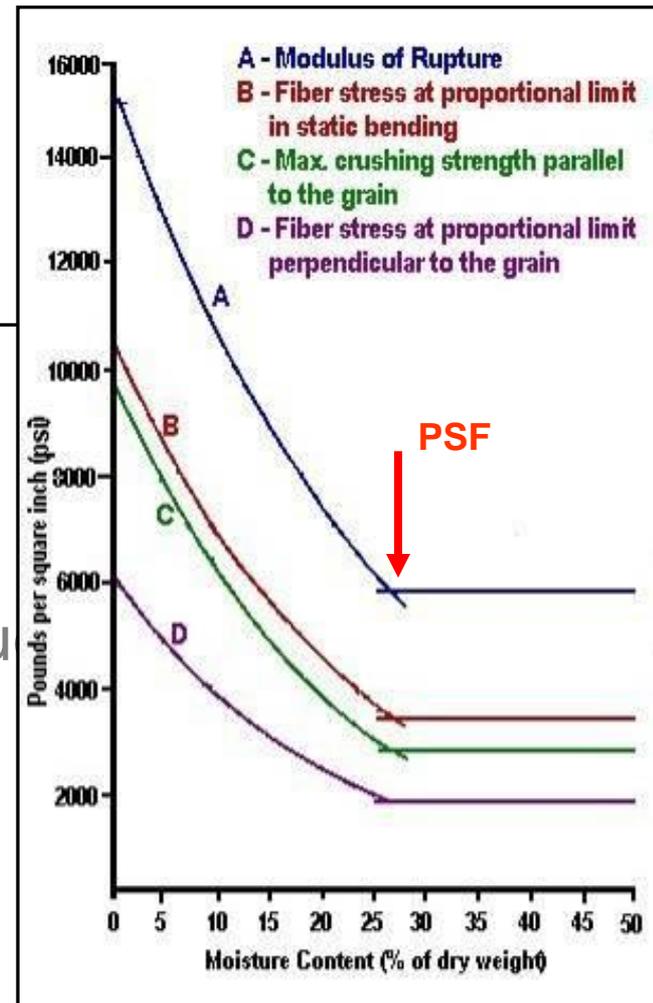
- compresión \perp **x 4**

- Presencia de nudos y huecos

- Tiempo

Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y hu
- Tiempo



Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra



- Desviación 1:20 reduce 7% resistencia

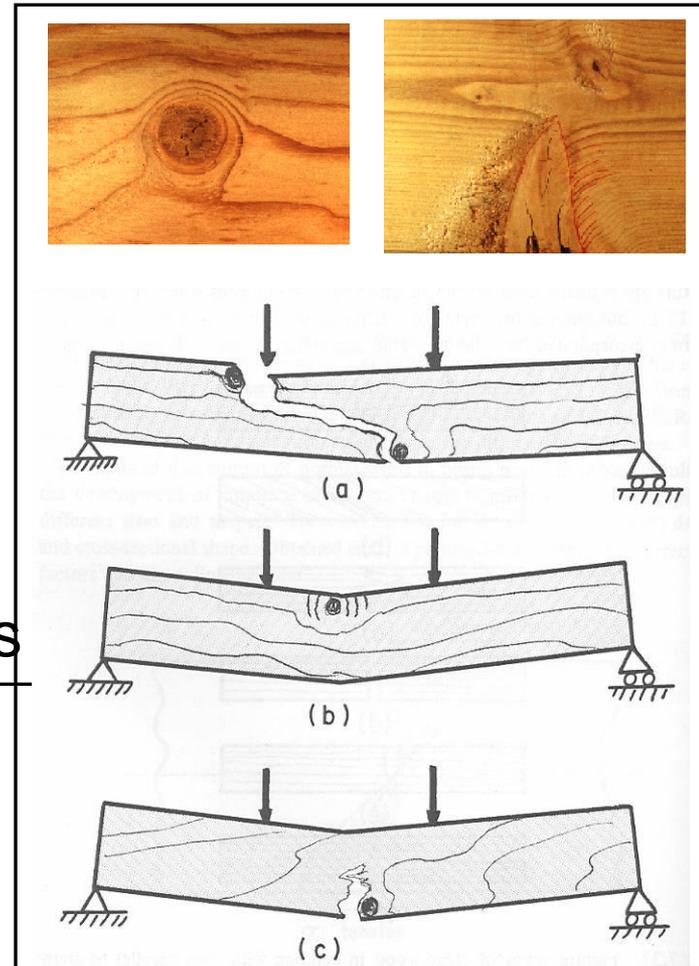
Desviación 1:10 reduce 19% resistencia

- Desviación 1:5 reduce 45% resistencia

Desviación 1:1 reduce 91% resistencia

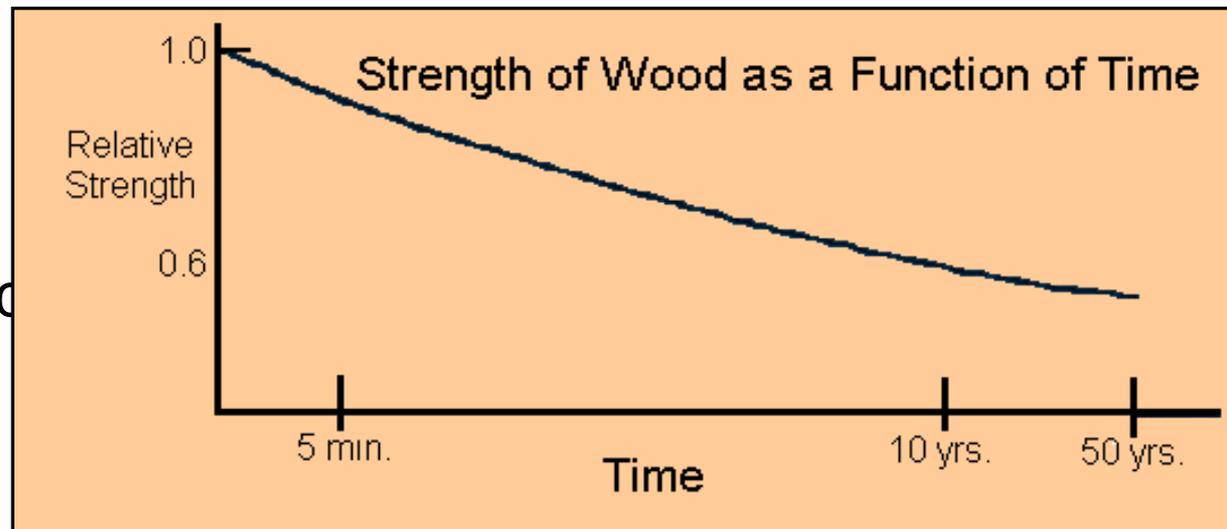
Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

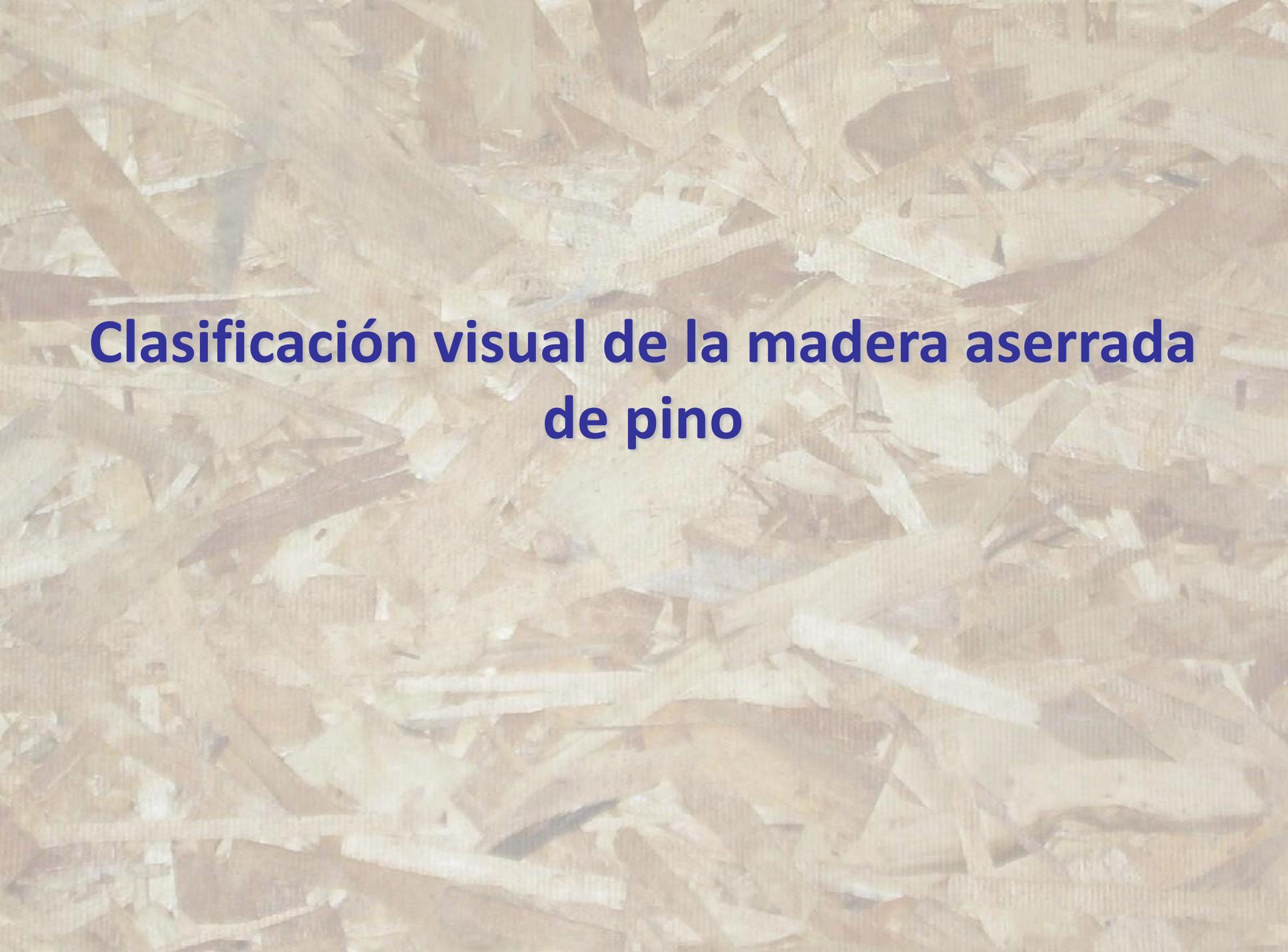
- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación de la fibra
- Presencia de nudos y huecos
- Tiempo



Cinco factores que afectan la resistencia mecánica de la madera

- Densidad
- Contenido de humedad
- Desviación
- Presencia de
- Tiempo



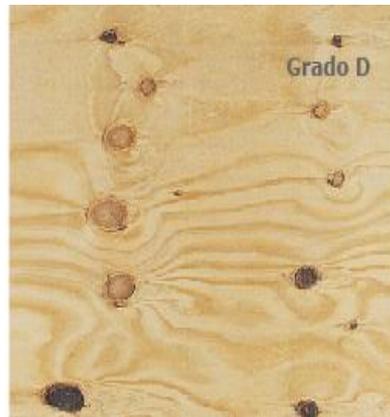
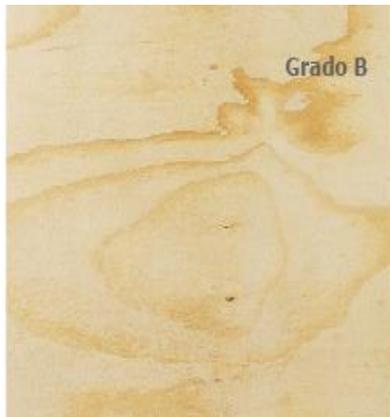
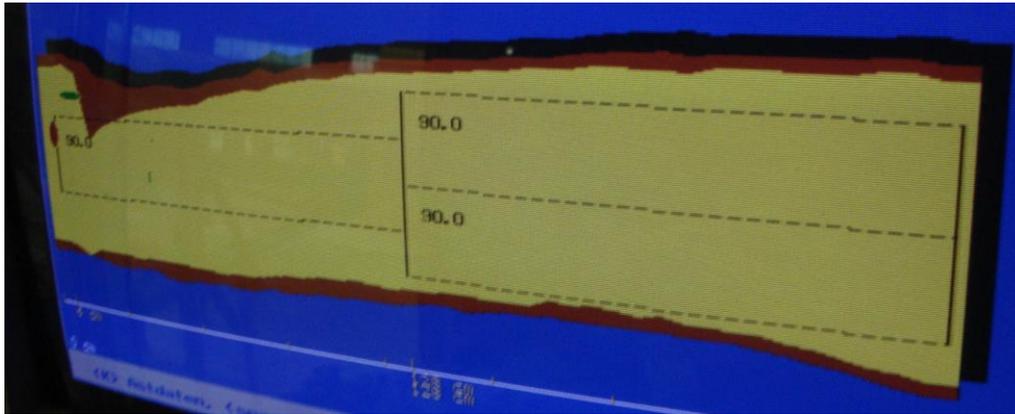
The background of the slide is a dense, textured field of light-colored wood shavings and chips, likely from pine, scattered in various orientations. The shavings are thin and irregular, creating a complex, organic pattern. The overall color palette is warm, ranging from pale yellow to light brown.

Clasificación visual de la madera aserrada de pino

Tipos de clasificación: **por apariencia**

Evaluación **sobre la mejor cara de una pieza** considerando la presencia de *atributos de crecimiento que desmejoran el aspecto general de la cara*

Fuente: Rosales, 2011



CLASIFICACION SEGUN WWPA
Shop-1 Shop-2 Shop-3



Tipos de clasificación: **por resistencia**

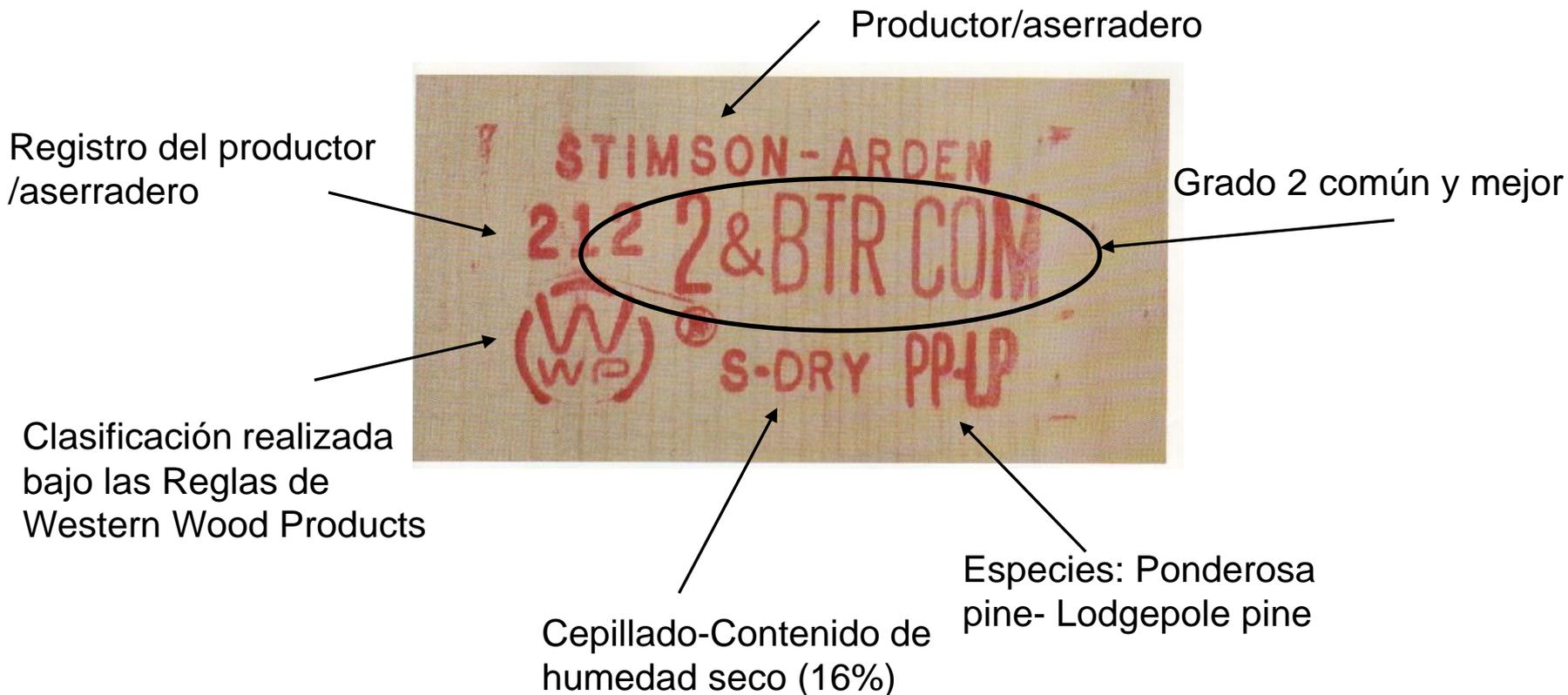
Controla la presencia, tamaño, ubicación y frecuencia de *atributos de crecimiento y defectos* que provocan una **disminución de las propiedades mecánicas de la pieza**

Razón de ser de la clasificación estructural

Única forma de poder asignar propiedades mecánicas de diseño a pieza de madera (M.Wagner 2005)

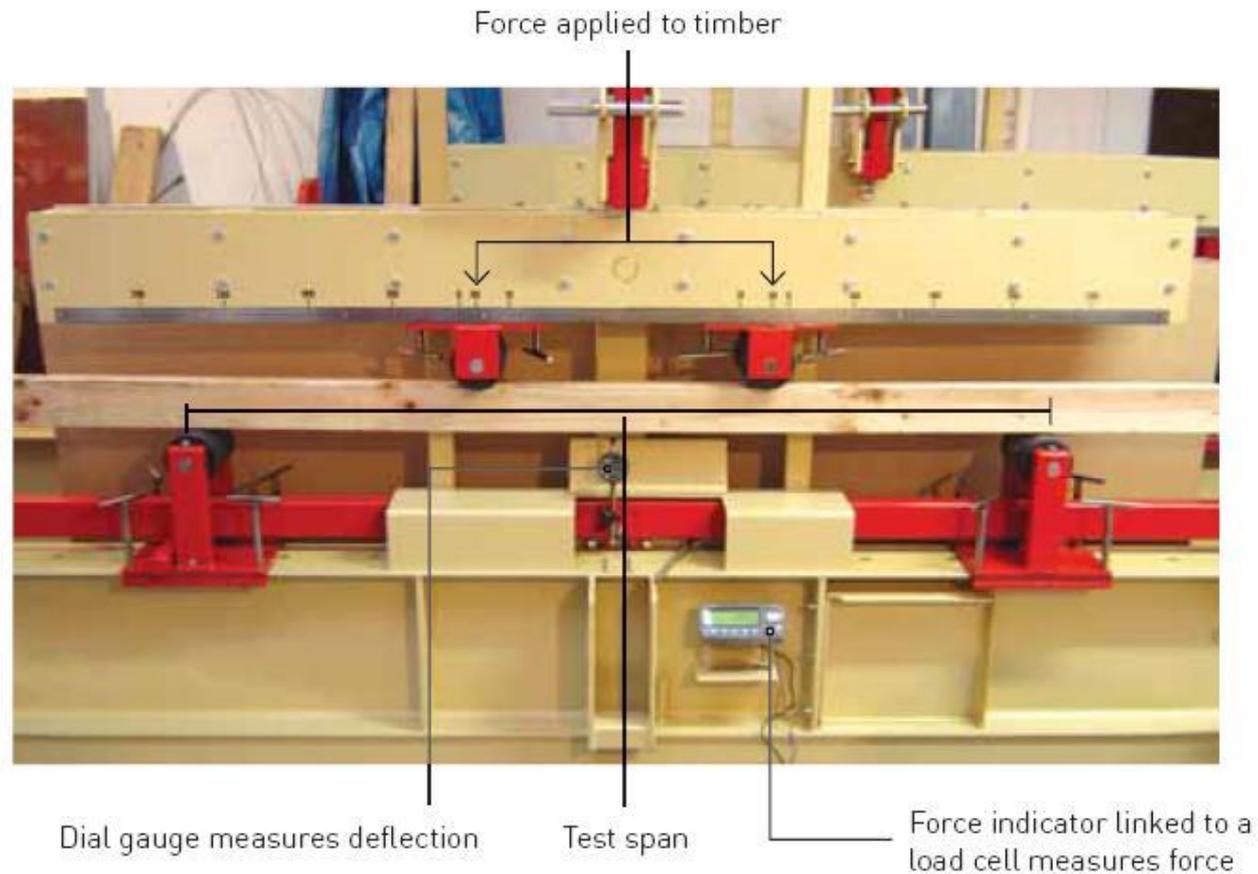
Sin una clasificación de por medio, el diseño estructural **NO TIENE SENTIDO NI VALIDEZ** (M.Wagner 2005)

Madera clasificada estructuralmente- Ejemplo de sello

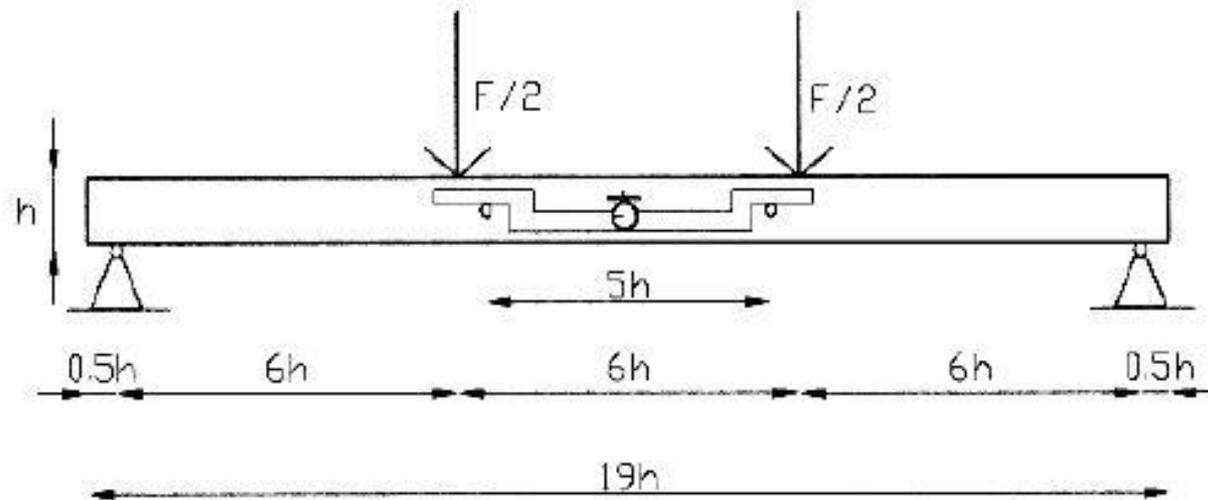


Determinación de propiedades de flexión (EN 408)

Quality Assurance Static Testing Machine used for Verifying Timber



Determinación de propiedades de flexión (EN 408)



$$E_m = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16 I (w_2 - w_1)}$$

$$f_m = \frac{aF_{\max}}{2W}$$



Tipos de clasificación: **por resistencia**

La **clasificación visual** de la madera esta muy relacionada con las **características de crecimiento** de los árboles y éstas dependen de las **especies** forestales y de las **condiciones de crecimiento** (ambientales y de suelos).



cada país/región debe desarrollar su propia norma de clasificación visual.

Pr UNIT 1261



INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS

Proyecto PU UNIT 1261

Madera aserrada de uso estructural- Clasificación visual -Madera de pino taeda y pino ellioti (*Pinus taeda* y *Pinus elliotii*)

Objeto:

Esta norma establece un procedimiento de clasificación visual aplicable a la madera aserrada para uso estructural, de sección rectangular, de las especies de pino taeda y pino ellioti cultivadas en Uruguay.

La presente norma refiere únicamente a la madera clasificada en seco, o sea perteneciente a un lote y que ha sido clasificada intencionalmente con un contenido medio de humedad inferior o igual al 20%, sin que ninguna media exceda del 24%.

Define la calidad visual EC 7:

“E” refiere a madera aserrada estructura, “C” a coníferas, y “7” indica el valor del módulo de elasticidad medio en GPa.

Los criterios de clasificación en Tabla 1.

Pr UNIT 1261



Tabla 1 – Especificaciones para la clasificación visual de piezas de sección rectangular de pino taeda y p. ellioti

CRITERIOS DE CALIDAD	CALIDAD VISUAL EC7
Diámetro de los nudos (d) sobre la cara (h)	$d \leq 2/5 h$
Diámetro de los nudos (d) sobre el canto (b)	$d \leq 2/5 b$
Presencia de médula	Permitida
Dirección de las fibras	Desviación $\leq 1:6$ (16,7%)
Ancho máximo del anillo de crecimiento	Sin limitación
Fisuras de secado pasantes / Rajaduras	$\leq 1,0 m$ ó $\leq (1/4)L$
Fisuras de secado no pasantes / Grietas	$\leq 1,5 m$ ó $\leq (1/2)L$
Fisuras/Fendas de rayo, heladura o abatimiento	No permitidas
Corteza incluida y entrecasco	$\leq 2 h$

Pr UNIT 1261



INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS

Proyecto PU UNIT 1261

Tabla 1 (cont.) – Especificaciones para la clasificación visual de piezas de sección rectangular de pino taeda y p. ellioti

CRITERIOS DE CALIDAD	CALIDAD VISUAL EC7
Madera de reacción: compresión	-
Alteraciones biológicas: - Azulado - Hongos de pudrición - Galerías de insectos	Permitido No permitido Diámetro de los orificios < 2 mm
Deformaciones: - Curvatura de cara, combado o arqueadura - Curvatura de canto o encorvadura - Torcedura o alabeo - Abarquillado o acanaladura	≤ 12 mm ≤ 9 mm $\leq 1,5$ mm Sin limitación
Arista faltante (g)	$\leq 1/5 h$ ó $\leq 1/5 b$

Pr UNIT 1261



Anexo A (informativo)

Valores característicos de algunas propiedades de la madera estructural de pino taeda y p. ellioti clasificadas visualmente como EC7

En la Tabla A.1 se presentan los valores característicos de las propiedades de la población de pino taeda y pino ellioti, clasificada visualmente como EC7, para su uso en el cálculo estructural. Estos valores característicos son válidos para piezas sometidas a cargas perpendiculares a sus cantos.

Tabla A.1 – Valores característicos de las propiedades de la madera estructural de pino taeda y p. ellioti clasificadas visualmente como EC7

Propiedad		Valor característico
Resistencia característica a flexión (5º percentil) (N/mm ²)	$f_{m,k}$	14,63
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra (N/mm ²)	$E_{0,mean}$	7 040
Densidad media (kg/m ³)	ρ_{mean}	426
Densidad característica (5º percentil) (kg/m ³)	ρ_k	348

Gracias por su atención!

moya@ort.edu.uy