



# **Asignatura: Tecnologías y Sustentabilidad I: Tecnologías Regionales**

**Carrera: Doctorado en Arquitectura y Urbanismo**

**UAI-UFLO-UCU 2018 Buenos Aires**

**Dra Ing. María Alexandra Sosa Zitto  
Directora e Investigadora Grupo G.E.M.A**

**Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Concepción del Uruguay  
Entre Ríos- Argentina**

**Clase: lunes 10-09-2018**





**“ESTADO ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA”**

**“REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA 601, MANUAL DE APLICACIÓN Y GUIA PRACTICA PARA VIVIENDAS DE MADERA DE 1 PLANTA ”**

**“ESTRUCTURA DE LA MADERA Y SUS ANOMALIAS”**

**“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA”**



## “ESTADO ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA”

Año 2016: superficie de bosques cultivados en Argentina aproximadamente 1,12 millones de hectáreas.

- 80% de esa superficie en Mesopotamia, resto en Córdoba, Bs As, Tucumán, Salta y la región andino-patagónica.
- Especies de rápido crecimiento, ciclos cortos de rotación.
  - 64 % coníferas
  - 23 % eucaliptos
  - 9 % salicáceas
  - 4 % restante otras

*(Dirección de Producción Forestal)*





**Riqueza forestal importante → utilización de la madera  
en estructuras, no ha sido importante**

Diversos motivos:

- i) motivos de índole cultural, gran parte de los inmigrantes que recibió Argentina partieron de zonas europeas donde la construcción con madera no fue relevante hasta las primeras décadas del siglo XX
- ii) la percepción de mala calidad que se generó en la población a partir de muchos fracasos ocasionados por la utilización de malas prácticas constructivas
- iii) la generación de un círculo vicioso a partir de esas malas experiencias, que redundó en una escasa enseñanza de la construcción con madera en los distintos niveles de educación del país y la consecuente degradación de una oferta de calidad tanto en el diseño como en la producción de materiales y en la ejecución misma de las obras

## Comienza a revertirse situación a partir del año 2000:

Fundación de la **Red de Instituciones de Desarrollo Tecnológico de la Industria Maderera (RITIM)**: universidades, sector productivo y profesionales vinculados al sector.

Se introdujeron en el país los modernos conceptos del diseño estructural vinculados a la aprobación del Eurocódigo 5 y sus normas EN de acompañamiento en Europa. Tomando como base ese modelo, se sancionaron normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización) que establecieron un sistema de calidad en la madera laminada encolada, dentro de otras acciones de relevancia.



**En los últimos años, varios factores ALENTARON  
construcción con madera y sus productos derivados**

**Factores de naturaleza técnica (sector científico-tecnológico y  
el productivo)**

- Normas referidas al estudio del comportamiento mecánico de la madera estructural (IRAM 9663 e IRAM 9664 en el año 2013)
- Normas referidas a los procesos de fabricación y control de la madera laminada encolada (IRAM 9660-1; IRAM 9660-2; IRAM 9661; IRAM 9662-1; IRAM 9662-2; IRAM 9662-3; IRAM 9662-4, todas publicadas en el año 2015)

## Factores de naturaleza política (gobierno)

- **año 2013:** redacción del primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (CIRSOC 601).
- **julio de 2016:** aprobación de una edición actualizada del mismo por parte de la Secretaría de Obras Públicas de la Nación acompañada de un manual con ejemplos resueltos. Se solicitó a provincias y municipalidades a actualizar los códigos de edificación y a incluir la madera como material de construcción.
- **septiembre de 2017:** firma de un **Convenio de Colaboración para la Promoción de la Construcción con Madera** con el sector foresto-industrial para construir viviendas sociales de madera.

## Convenio de Colaboración para la Promoción de la Construcción con Madera

- Firmado entre cámaras sectoriales, organismos técnicos y los ministros del Interior, Obras Públicas y Vivienda, de Producción, de Agroindustria y de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable
- El convenio establece que al menos el 10% de las viviendas sociales financiadas por el Estado a través de la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano serán construidas con madera
- **Institutos provinciales de Vivienda:** brindar capacitación en este tipo de construcción
- **El sector bancario:** generar las mismas condiciones de acceso al crédito para las viviendas hechas con madera y a promocionar líneas que posibiliten a los fabricantes realizar inversiones
- **Los gremios:** fomentar la capacitación de los trabajadores para lograr profesionalizar esta técnica de construcción
- **Los empresarios de la construcción:** ampliar el uso de la madera en sus proyectos



- **enero de 2018:** La Secretaría de Vivienda y Hábitat (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda) establece el Sistema de Construcción de Entramado de Madera para uso de estructuras portantes de edificios como sistema constructivo “Tradicional”, puede usarse sin solicitar un Certificado de Aptitud Técnica (CAT).
- **marzo de 2018:** elaboración de una guía practica para construir viviendas de madera de 1 planta.

Era obligatorio la solicitud del Certificado de Aptitud Técnica (C.A.T.) para materiales, elementos y sistemas constructivos “No Tradicionales” y se establecían los requerimientos para su solicitud, uso, concesión y renovación. Los materiales, elementos y sistemas constructivos serán considerados “No Tradicionales” cuando a juicio de la Dirección Nacional de Tecnología no existan normas, reglamentos o disposiciones de Organismos Nacionales que establezcan las condiciones a las que debe ajustarse el uso.

**Para utilizar la madera en estructuras:** conocer propiedades físico-mecánicas de las maderas del país, existencia de normas de ensayos, de clasificación y reglamentos de cálculo.

En países con gran tradición en la materia: trabajo en conjunto de universidades, productores, calculistas, etc.

### **En Europa:**

EN 1995-1-1 (2005) Eurocode 5: Design of timber structures- Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings. European Committee for Standardization, Brussels.

Las normas EN y los STEP “Structural Timber Education Programme”.

### **En EE.UU:**

NDS (2012) National Design Specification for Wood Construction. American Wood Council. Leesburg.

### **En Latinoamérica:**

**Brasil-** NBR 7190 (2010) Projeto de revisão. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil.

**Chile-** NCh 1198 (2007) Madera. Construcciones en madera. Cálculo. Instituto Nacional de Normalización INN. Santiago.

**Argentina-** CIRSOC 601 (2016) Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. INTI CIRSOC Instituto Nacional de Tecnología Industrial y Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, 1 volumen de 176 pág. pdf , Buenos Aires.

# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 (2016)

[https://www.inti.gob.ar/cirsoc/reglamentos\\_vigencia2016.htm](https://www.inti.gob.ar/cirsoc/reglamentos_vigencia2016.htm)



# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

## “Disposiciones generales y requisitos para el diseño y construcción de estructuras de madera en edificaciones”

### Cuerpo principal

- 1 Requerimientos generales para el diseño estructural
- 2 Valores de diseño
- 3 Disposiciones y ecuaciones para el diseño
- 4 Diseño de miembros estructurales de **madera aserrada**
- 5 Diseño de miembros estructurales de **madera laminada encolada estructural**
- 6 Diseño de miembros estructurales de **sección transversal circular**
- 7 Diseño de miembros estructurales prefabricados, de **madera compuesta y de tableros**
- 8 Diseño de **uniones mecánicas**
- 9 Diseño de **sistemas estructurales**



# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera

## CIRSOC 601

Especies que incluye el reglamento





# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

Elementos que incluye el reglamento

## Capítulo 4

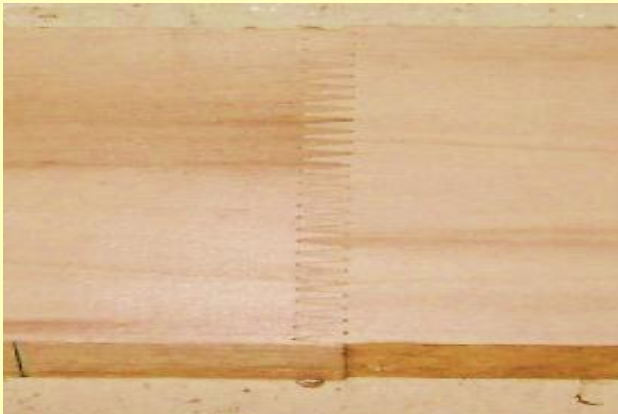


## Capítulo 6



# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

Elementos que incluye el reglamento



Capítulo 5





# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

Elementos que incluye el reglamento





# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

Capítulo 6

Capítulo 8



Uniones Tipo Clavija

Capítulo 5

# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601



## Capítulo 6



# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera

## CIRSOC 601 (2016)- Algunas consideraciones:

### Antecedentes importantes que facilitaron su realización:

El sistema de la normas IRAM 9660/1/2 (2006) para MLEE- clasificación visual por resistencia y determinación de propiedades para algunas especies.

**(1980) Primera generación de reglamentos CIRSOC:** Influencia de Europa

**(2000) Nueva generación de reglamentos CIRSOC:** Influencia de EEUU

**Para éste Reglamento se tomó el enfoque del NDS pero con un solo formato: tensiones admisibles (ASD).** Áquel es biformato: diseño en tensiones admisibles (ASD) y en estados límites (LRFD).

Los esfuerzos se calculan empleando las acciones con sus valores nominales (sin mayorar), aunque existe un criterio para combinarlas cuando actúa más de una acción variable (para considerar una probabilidad razonable de actuación simultánea).

La seguridad se logra aplicando un coeficiente de seguridad a las propiedades del material.



## Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 (2016)- Algunas consideraciones:

**Campo de validez:** edificaciones y obras civiles, casos excluidos: puentes, fuego, sismo. Contempla comportamiento mecánico y durabilidad, casos excluidos: aislaciones térmica y acústica.

### **Capítulos consolidados total o parcialmente (razones)**

Los capítulos 1, 2 y 3- Los capítulos 4, 5 y 6- El Capítulo 8

**Capítulos abiertos (razones):** Capítulo 7 y Capítulo 9

$$f \leq F'$$

Resistencia requerida  
por las cargas

Resistencia de diseño o  
provista por el material

$$f_b \leq F'_b \text{ (flexión)}$$

$$f_b = M / S$$

$$F'_b \leq F_b \times \text{factores de ajuste}$$

$$f_t \leq F'_t \text{ (tracción)}$$

$$f_t = P / A$$

$$F'_t \leq F_t \times \text{factores de ajuste}$$

**F** Valores de diseño de referencia, los obtenidos en el laboratorio bajo condiciones normalizadas (Lo obtengo de los suplementos)

**F'** Valores de diseño de referencia **AJUSTADO** a las condiciones de **MI** obra, mediante los factores de ajuste.

Tabla 4.3-1. Factores de ajuste aplicables para madera aserrada

| Tensiones y módulo de elasticidad | Factores de ajuste aplicables |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $F'_b = F_b$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | $C_L$ | $C_F$ | $C_i$ | -     |
| $F'_t = F_t$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | $C_F$ | -     | -     |
| $F'_v = F_v$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     |
| $F'_{c\perp} = F_{c\perp}$        | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     |
| $F'_c = F_c$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | $C_p$ |
| $E' = E$                          | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     |
| $E'_{0,05} = E_{0,05}$            | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     |
| $E'_{min} = E_{min}$              | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     |



Tabla 5.3-1 Factores de ajuste aplicables para madera laminada encolada estructural

| Tensiones y módulo de elasticidad | Factores de ajuste aplicables |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $F'_b = F_b$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | $C_L$ | $C_V$ | $C_c$ | $C_r$ | -     |
| $F'_t = F_t$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $F'_v = F_v$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $F'_{c\perp} = F_{c\perp}$        | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $F'_c = F_c$                      | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | $C_P$ |
| $F'_{rt} = F_{rt}$                | X                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $E' = E$                          | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $E'_{0,05} = E_{0,05}$            | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |
| $E'_{min} = E_{min}$              | X                             | -     | $C_M$ | $C_t$ | -     | -     | -     | -     | -     |

**Tabla 6.3-1. Factores de ajuste aplicables para miembros estructurales de sección circular**

| Tensiones y módulo de elasticidad  | Factores de ajuste aplicables |       |       |       |       |
|------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                    |                               |       |       |       |       |
| $F'_b = F_b$                       | x                             | $C_D$ | $C_t$ | $C_r$ | -     |
| $F'_t = F_t$                       | x                             | $C_D$ | $C_t$ | -     | -     |
| $F'_v = F_v$                       | x                             | $C_D$ | $C_t$ | -     | -     |
| $F'_{c\perp} = F_{c\perp}$         | x                             | $C_D$ | $C_t$ | -     | -     |
| $F'_c = F_c$                       | x                             | $C_D$ | $C_t$ | -     | $C_P$ |
| $E' = E$                           | x                             | -     | $C_t$ | -     | -     |
| $E'_{0,05} = E_{0,05}$             | x                             | -     | $C_t$ | -     | -     |
| $E'_{\text{mín}} = E_{\text{mín}}$ | x                             | -     | $C_t$ | -     | -     |

**Tabla 8.2.1.2-1. Factores de ajuste aplicables para uniones con elementos de fijación tipo clavija sometidos a carga lateral**

| Resistencia lateral | Factores de ajuste aplicables |       |       |       |       |          |
|---------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| $Z' = Z$            | x                             | $C_D$ | $C_M$ | $C_t$ | $C_g$ | $C_{in}$ |

## **Factores que afectan a la mayoría de los esfuerzos**

Factor de duración de la carga ( $C_D$ )

Factor de condición de servicio ( $C_M$ )

Factor de temperatura ( $C_t$ )

## **Factores ligados al esfuerzo:**

Factor de estabilidad lateral ( $C_L$ )- flexión

Factor de distribución lateral de carga ( $C_r$ )-flexión

Factor de estabilidad del miembro comprimido ( $C_p$ )- compresión paralela

## **Factores ligados al elemento:**

Factor de tamaño o de volumen ( $C_F$   $C_V$ )- madera aserrada o MLEE

Factor de curvatura ( $C_C$ )- MLEE

## **Factores particulares (uniones):**

Factor de acción de grupo y de clavado oblicuo ( $C_g$   $C_{tn}$ )



## Factores que afectan a la mayoría de los esfuerzos

Factor de duración de la carga ( $C_D$ )

Factor de condición de servicio ( $C_M$ )

Factor de temperatura ( $C_t$ )

### ➤ Factor de duración de la carga ( $C_D$ )

| Duración de la carga      | $C_D$              | Ejemplo de carga     |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Permanente                | 0,9                | Peso propio          |
| 10 años (Duración normal) | 1,0                | Sobrecarga de uso    |
| 2 meses                   | 1,15               | Nieve <sup>(1)</sup> |
| 7 días                    | 1,25               | Constructiva         |
| 10 minutos                | 1,6                | Viento, sismo        |
| Instantánea               | 2,0 <sup>(2)</sup> | Carga accidental     |

- **Factor de condición de servicio ( $C_M$ ) si el contenido de humedad supera el 19 %**

| $F_b$        | $F_t$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | $F_c$       | $E, E_{0,05}$ y $E_{min}$ |
|--------------|-------|-------|--------------|-------------|---------------------------|
| $0,85^{(1)}$ | 1,0   | 0,97  | 0,67         | $0,8^{(2)}$ | 0,9                       |

(1): Para  $F_b \leq 7,9 \text{ N / mm}^2$ ,  $C_M = 1,0$

(2): Para  $F_c \leq 5,2 \text{ N / mm}^2$ ,  $C_M = 1,0$

- **Factor de temperatura ( $C_t$ )**

| Valores de diseño de referencia        | Contenido de humedad en servicio | $C_t$                     |                                              |                                              |
|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                        |                                  | $T \leq 40^\circ\text{C}$ | $40^\circ\text{C} < T \leq 52^\circ\text{C}$ | $52^\circ\text{C} < T \leq 65^\circ\text{C}$ |
| $F_t, E, E_{0,05}, E_{min}$            | cualquiera                       | 1,0                       | 0,9                                          | 0,9                                          |
| $F_b, F_v, F_c, \text{ y } F_{c\perp}$ | $\leq 19 \%$                     | 1,0                       | 0,8                                          | 0,7                                          |
|                                        | $> 19 \%$                        | 1,0                       | 0,7                                          | 0,5                                          |

## Factores ligados al esfuerzo:

Factor de estabilidad lateral ( $C_L$ )

Factor de distribución lateral de carga ( $C_r$ )

Factor de estabilidad del miembro comprimido ( $C_p$ )

### ➤ Factor de estabilidad lateral de la viga ( $C_L$ )

(Recaudos constructivos para  $C_L = 1$  pag 49 o diseño según el capítulo 3-pág 17)

### ➤ Factor de distribución lateral de cargas ( $C_r$ ) $C_r = 1,10$

### ➤ Factor de estabilidad del miembro comprimido ( $C_p$ )

(Recaudos constructivos para  $C_p = 1$  o diseño según el capítulo 3- pag 26)

## Factores ligados al elemento:

Factor de tamaño o de volumen ( $C_F$   $C_V$ )

Factor de curvatura ( $C_c$ )

- **Factor de tamaño ( $C_F$ )**  
**madera aserrada**

$$C_F = \left( \frac{150}{d} \right)^{0,2} \leq 1,3$$

- **Factor de volumen ( $C_V$ )**  
**MLEE**

$$C_V = \left( \frac{600}{d} \right)^{0,1} \left( \frac{150}{b} \right)^{0,05} \leq 1,1$$

- **Factor de curvatura ( $C_c$ )**  
**MLEE**

$$C_c = 1 - 2000 (t / R)^2$$



## Factores particulares (uniones):

Factor de acción de grupo y de clavado oblicuo ( $C_g$   $C_{tn}$ )

### Factor de acción de grupo ( $C_g$ )

Cuando una fila esté integrada por **2** o más elementos de fijación, los valores de la resistencia lateral de diseño de referencia deberán ser multiplicados por el factor de acción de grupo  $C_g$ .

Para uniones con elementos de fijación con  $D < 6,35 \text{ mm}$  se debe utilizar  $C_g = 1,0$ .

Para uniones con elementos de fijación con  $6,35 \text{ mm} \leq D \leq 25,4 \text{ mm}$ ,  $C_g$  se debe calcular con la siguiente expresión:

$$C_g = \left[ \frac{m(1 - m^{2n})}{n[(1 + R_{EA} m^n)(1 + m) - 1 + m^{2n}]} \right] \left[ \frac{1 + R_{EA}}{1 - m} \right]$$

### Factor de clavado oblicuo ( $C_{tn}$ )

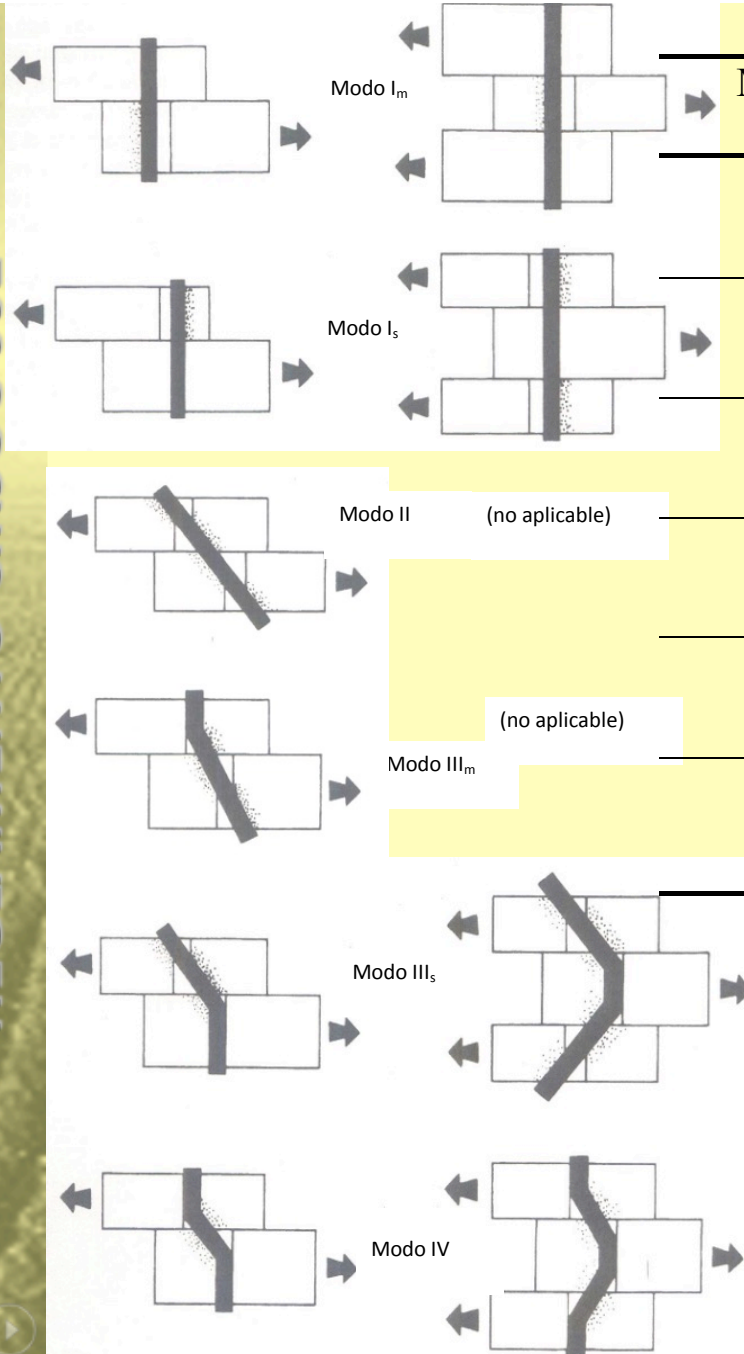
Si no se realiza clavado oblicuo el valor  $C_{tn} = 1$ . Cuando se utilizan uniones con clavado oblicuo, los valores de la resistencia lateral de diseño de referencia deben ser multiplicados por el **factor de clavado oblicuo**,  $C_{tn}$ . De no efectuarse un análisis más detallado o disponer de resultados experimentales, debe considerarse  $C_{tn} = 0,83$ .

Unión con una sección de corte

Unión con dos secciones de corte

## Resistencia lateral de diseño de referencia

# REGLAMENTO CIRSOC 601



**Modo de rotura**

**Una sección de corte**

**Dos secciones de corte**

$I_m$

$$Z = \frac{Dl_m F_{em}}{R_d}$$

$$Z = \frac{Dl_m F_{em}}{R_d}$$

$I_s$

$$Z = \frac{Dl_s F_{es}}{R_d}$$

$$Z = \frac{2Dl_s F_{es}}{R_d}$$

II

$$Z = \frac{k_1 Dl_s F_{es}}{R_d}$$

$III_m$

$$Z = \frac{k_2 Dl_m F_{em}}{(1 + 2R_e)R_d}$$

$III_s$

$$Z = \frac{k_3 Dl_s F_{em}}{(2 + R_e)R_d}$$

$$Z = \frac{2k_3 Dl_s F_{em}}{(2 + R_e)R_d}$$

IV

$$Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$$

$$Z = \frac{2D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$$



# REGLAMENTO CIRSOC 601

## Uniones clavadas y abulonadas

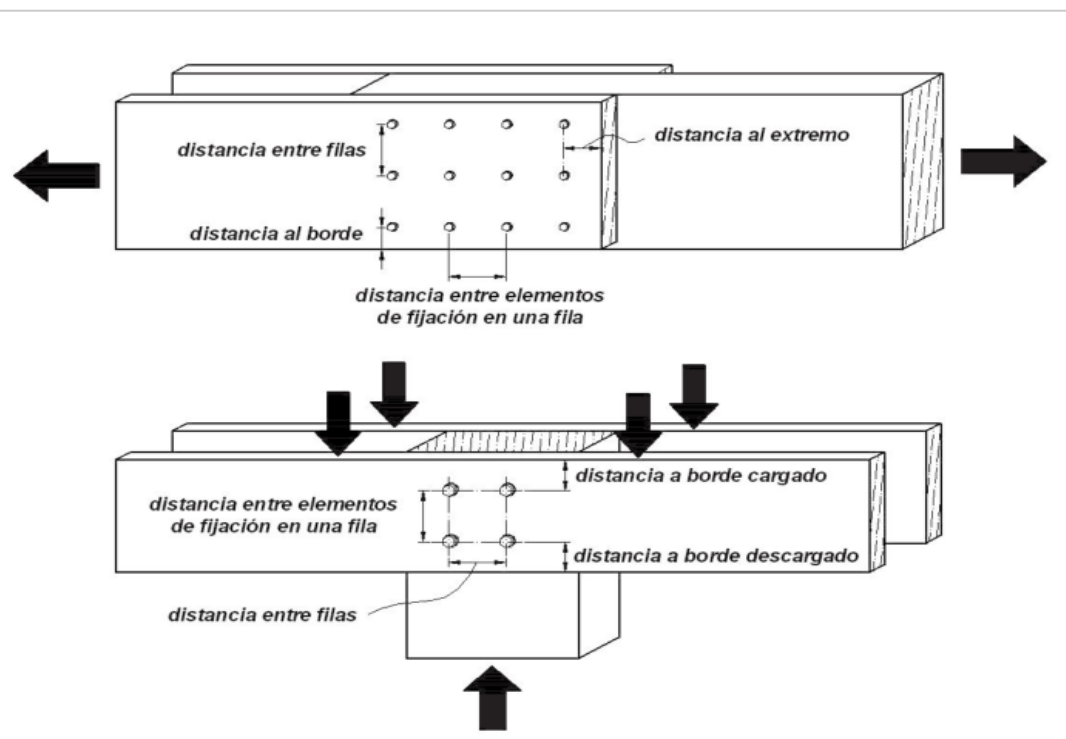




Tabla 8.2-1. Distancias mínimas de elementos de fijación tipo clavija con  $D \geq 6,35$  mm y sometidos a carga lateral

| Distancia                  | Dirección de la carga respecto de las fibras | Valores mínimos                                                               |
|----------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| al borde                   | paralela                                     | 3 D                                                                           |
|                            | perpendicular <sup>(1)</sup>                 | al borde cargado 4 D<br>al borde descargado 3 D                               |
| al extremo                 | paralela                                     | al extremo cargado (tracción): 7 D<br>al extremo descargado (compresión): 4 D |
|                            | perpendicular                                | 4 D                                                                           |
| en una fila                | paralela                                     | 7 D                                                                           |
|                            | perpendicular                                | 4 D                                                                           |
| entre filas <sup>(2)</sup> | paralela                                     | 4 D                                                                           |
|                            | perpendicular                                | 4 D                                                                           |

(1) Se  
in  
n  
(2) La  
y  
F  
pe  
se



gas  
eje  
bras  
er la  
ción  
ar si



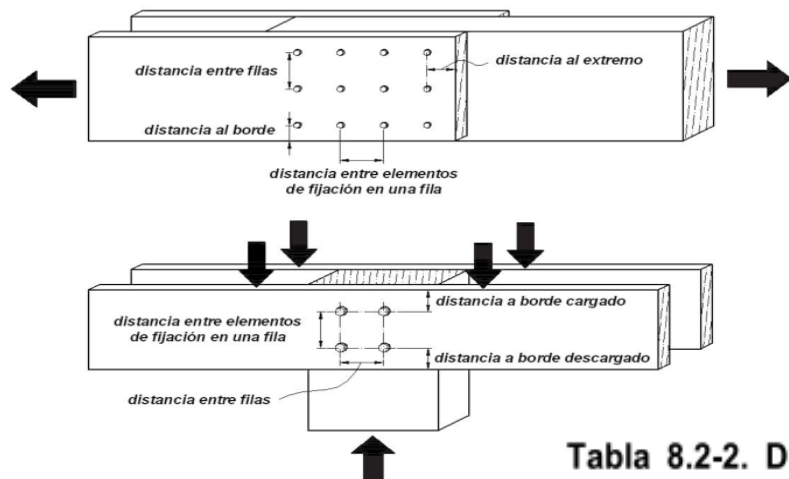


Tabla 8.2-2. Distancias mínimas para clavos y para tornillos con  $D < 6,35$  mm y sometidos a carga lateral

| Distancia                  | Dirección de la carga respecto de las fibras | Descripción                           | Valores mínimos     |                     |
|----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                            |                                              |                                       | sin pre-perforación | con pre-perforación |
| al borde                   | paralela                                     | -                                     | 5 D                 | 3 D                 |
|                            | perpendicular <sup>(1)</sup>                 | borde cargado<br>borde descargado     | 10 D<br>5 D         | 7 D<br>3 D          |
| al extremo                 | paralela                                     | extremo cargado<br>extremo descargado | 15 D<br>10 D        | 10 D<br>5 D         |
|                            | perpendicular                                | -                                     | 10 D                | 5 D                 |
| en una fila                | paralela                                     | -                                     | 15 D                | 10 D                |
|                            | perpendicular                                | -                                     | 10 D                | 5 D                 |
| entre filas <sup>(2)</sup> | paralela y perpendicular                     | filas alineadas                       | 5 D                 | 3 D                 |
|                            |                                              | filas en tresbolillo                  | 2,5 D               | 2,5 D               |

(1) y (2) ver la Tabla 8.2-1.

# Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601

## Suplementos

- S.1      Suplemento 1: Valores de diseño para **madera aserrada**
- S.2      Suplemento 2: Valores de diseño para **madera laminada encolada estructural**
- S.3      Suplemento 3: Valores de diseño para **miembros estructurales de sección circular**
- S.4      Suplemento 4: Valores de diseño para **uniones mecánicas**

**Suplemento 1- Valores de diseño para Madera Aserrada**  
**Tablas de *Eucaliptus grandis* cultivado en Entre Ríos, Corrientes y Misiones,**  
**clasificada por resistencia según IRAM 9662-2 (2015)**

Tabla S.1.1.2-1. Valores de diseño de referencia para tablas de eucalipto grandis clasificadas por resistencia de acuerdo con la norma IRAM 9662-2 (2015) (N/mm<sup>2</sup>)

| 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   | 1,8          | 7,2   | 12000 | 8100       | 5100      |
| 2                    | 7,5         | 4,4   | 0,8   | 1,7          | 6,6   | 10800 | 7200       | 4600      |
| (1) Flexión de plano |             |       |       |              |       |       |            |           |

Tabla S.1.1.2-2. Valores de la densidad para tablas de eucalipto grandis clasificadas por resistencia de acuerdo con la norma IRAM 9662-2 (2015) (kg / m<sup>3</sup>)

| Clase de resistencia                                                                                                                     | $\rho_{0,05}$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1                                                                                                                                        | 430           |
| 2                                                                                                                                        | 430           |
| siendo:<br>$\rho_{0,05}$ el valor característico de la densidad correspondiente al percentil 5 %<br>con un contenido de humedad del 12 % |               |

# Suplemento 1- Valores de diseño para Madera Aserrada

## Madera aserrada de *Eucalyptus grandis* cultivado en Entre Ríos, Corrientes y Misiones

Tabla S.1.1.2-3. Valores de diseño de referencia para madera aserrada de *Eucalyptus grandis* clasificada por resistencia de acuerdo con el método adoptado por la norma IRAM 9662-2 (2015) (N / mm<sup>2</sup>)

| Clase de resistencia | $F_b$ | $F_t$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | $F_c$ | $E$   | $E_{0,05}$ | $E_{min}$ |
|----------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------|-----------|
| 1                    | 9,4   | 5,6   | 0,9   | 1,8          | 7,2   | 12000 | 8100       | 5100      |
| 2                    | 7,5   | 4,4   | 0,8   | 1,7          | 6,6   | 10800 | 7200       | 4600      |
| 3                    | 5,6   | 3,4   | 0,6   | 1,5          | 5,6   | 10000 | 6700       | 4200      |

Tabla S.1.1.2-4. Valores de la densidad para madera aserrada de *Eucalyptus grandis* clasificada por resistencia de acuerdo con el método adoptado por la norma IRAM 9662-2 (2015) (kg/m<sup>3</sup>)

| Clase de resistencia                                                                                                                     | $\rho_{0,05}$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1                                                                                                                                        | 430           |
| 2                                                                                                                                        | 430           |
| 3                                                                                                                                        | 430           |
| siendo:<br>$\rho_{0,05}$ el valor característico de la densidad correspondiente al percentil 5 %<br>con un contenido de humedad del 12 % |               |



## Suplemento 1- Valores de diseño para Madera Aserrada

Tablas de *Pino Paraná* cultivado en Misiones, clasificadas por resistencia según IRAM 9662-1 (2015)

Madera aserrada de *Pino Paraná* cultivado en Misiones

Tablas de *Pino taeda/elliottii* cultivado en el noreste de Argentina, clasificadas por resistencia según IRAM 9662-3 (2015)

Madera aserrada de *Pino taeda/elliottii* cultivado en el noreste de Argentina

Tablas de *álamo* cultivado en el delta del Río Paraná, clasificadas por resistencia según IRAM 9662-4 (2015)

## Suplemento 2- Valores de diseño para Madera Laminada Encolada Estructural

Que cumple los requisitos de fabricación y control de la norma IRAM 9660-1 (2015)

| Especie                              | Grado de resistencia | $F_b$ | $F_t$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | $F_c$ | $F_{rt}$ | $E$   | $E_{0,05}$ | $E_{min}$ |
|--------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|----------|-------|------------|-----------|
| Pino taeda y elliotti <sup>(1)</sup> | 1                    | 6,3   | 3,5   | 0,7   | 0,9          | 6,3   | 0,1      | 11200 | 7500       | 4700      |
|                                      | 2                    | 4,1   | 2,3   | 0,4   | 0,8          | 4,1   | 0,1      | 6700  | 4500       | 2800      |
| Pino Paraná <sup>(2)</sup>           | 1                    | 7,5   | 4,1   | 0,8   | 1,0          | 7,5   | 0,1      | 13400 | 9000       | 5700      |
|                                      | 2                    | 6,3   | 3,5   | 0,7   | 0,9          | 6,3   | 0,1      | 11600 | 7800       | 4900      |
| Eucalipto grandis <sup>(3)</sup>     | 1                    | 7,5   | 4,1   | 0,8   | 1,8          | 7,5   | 0,1      | 13400 | 9000       | 5700      |
|                                      | 2                    | 6,6   | 3,7   | 0,8   | 1,7          | 6,6   | 0,1      | 11600 | 7800       | 4900      |
| Álamo <sup>(4)</sup>                 | 1                    | 6,3   | 3,5   | 0,7   | 0,9          | 6,3   | 0,1      | 9400  | 6300       | 4000      |
|                                      | 2                    | 5,6   | 3,2   | 0,6   | 0,9          | 5,6   | 0,1      | 8500  | 5700       | 3600      |

(1) *Pinus taeda y elliottii* cultivado en las provincias de Misiones y Corrientes, (2) *Araucaria angustifolia* cultivado en la provincia de Misiones, (3) *Eucalyptus grandis* cultivado en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones, (4) *Populus deltoides* ('Australiano 129/80' y 'Stoneville 87') cultivado en el delta del río Paraná.

### Suplemento 3- Valores de diseño para Miembros estructurales de sección transversal circular

Tabla S.3.1.1-1. Valores de diseño de referencia (en estado verde) para postes de *Eucalyptus grandis* que cumplen los requisitos de calidad que se incluyen en el Apéndice 1 de este Suplemento (N/mm<sup>2</sup>)

| $F_b$ | $F_t$ | $F_v$ | $F_{c\perp}$ | $F_c$ | $E$  | $E_{0,05}$ | $E_{min}$ |
|-------|-------|-------|--------------|-------|------|------------|-----------|
| 8,8   | 5,3   | 0,5   | 1,1          | 4,4   | 9500 | 6400       | 4000      |

## Suplemento 4- Valores de diseño para Uniones Mecánicas

Tabla S.4.1.1-1. Resistencia al aplastamiento de referencia,  $F_e$  (N/mm<sup>2</sup> ), de la madera para uniones con elementos de fijación de tipo clavija sometidas a carga lateral

En página siguiente



# REGLAMENTO CIRSOC 601

| G    | F <sub>e</sub><br>D<6,35 | F <sub>el</sub><br>D≥6,35 | F <sub>el</sub> |        |        |         |         |         |         |         |         |
|------|--------------------------|---------------------------|-----------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      |                          |                           | D=6,35          | D=7,94 | D=9,53 | D=11,11 | D=12,70 | D=15,88 | D=19,05 | D=22,23 | D=25,40 |
| 0,73 | 64,1                     | 56,4                      | 53,3            | 47,7   | 43,5   | 40,3    | 37,7    | 33,7    | 30,8    | 28,5    | 26,7    |
| 0,72 | 62,5                     | 55,6                      | 52,2            | 46,7   | 42,7   | 39,5    | 36,9    | 33,0    | 30,2    | 27,9    | 26,1    |
| 0,71 | 60,9                     | 54,8                      | 51,2            | 45,8   | 41,8   | 38,7    | 36,2    | 32,4    | 29,6    | 27,4    | 25,6    |
| 0,70 | 59,3                     | 54,0                      | 50,2            | 44,9   | 40,9   | 37,9    | 35,5    | 31,7    | 29,0    | 26,8    | 25,1    |
| 0,69 | 57,8                     | 53,3                      | 49,1            | 43,9   | 40,1   | 37,1    | 34,7    | 31,1    | 28,4    | 26,3    | 24,6    |
| 0,68 | 56,3                     | 52,5                      | 48,1            | 43,0   | 39,3   | 36,4    | 34,0    | 30,4    | 27,8    | 25,7    | 24,0    |
| 0,67 | 54,8                     | 51,7                      | 47,1            | 42,1   | 38,4   | 35,6    | 33,3    | 29,8    | 27,2    | 25,2    | 23,5    |
| 0,66 | 53,3                     | 51,0                      | 46,1            | 41,2   | 37,6   | 34,8    | 32,6    | 29,1    | 26,6    | 24,6    | 23,0    |
| 0,65 | 51,8                     | 50,2                      | 45,0            | 40,3   | 36,8   | 34,1    | 31,9    | 28,5    | 26,0    | 24,1    | 22,5    |
| 0,64 | 50,3                     | 49,4                      | 44,0            | 39,4   | 36,0   | 33,3    | 31,1    | 27,9    | 25,4    | 23,5    | 22,0    |
| 0,63 | 48,9                     | 48,6                      | 43,1            | 38,5   | 35,1   | 32,5    | 30,4    | 27,2    | 24,9    | 23,0    | 21,5    |
| 0,62 | 47,5                     | 47,9                      | 42,1            | 37,6   | 34,3   | 31,8    | 29,7    | 26,6    | 24,3    | 22,5    | 21,0    |
| 0,61 | 46,1                     | 47,1                      | 41,1            | 36,7   | 33,5   | 31,1    | 29,1    | 26,0    | 23,7    | 22,0    | 20,5    |
| 0,60 | 44,7                     | 46,3                      | 40,1            | 35,9   | 32,7   | 30,3    | 28,4    | 25,4    | 23,2    | 21,4    | 20,1    |
| 0,59 | 43,3                     | 45,5                      | 39,1            | 35,0   | 32,0   | 29,6    | 27,7    | 24,8    | 22,6    | 20,9    | 19,6    |
| 0,58 | 42,0                     | 44,8                      | 38,2            | 34,2   | 31,2   | 28,9    | 27,0    | 24,1    | 22,0    | 20,4    | 19,1    |
| 0,57 | 40,7                     | 44,0                      | 37,2            | 33,3   | 30,4   | 28,2    | 26,3    | 23,5    | 21,5    | 19,9    | 18,6    |
| 0,56 | 39,4                     | 43,2                      | 36,3            | 32,5   | 29,6   | 27,4    | 25,7    | 23,0    | 21,0    | 19,4    | 18,1    |
| 0,55 | 38,1                     | 42,5                      | 35,4            | 31,6   | 28,9   | 26,7    | 25,0    | 22,4    | 20,4    | 18,9    | 17,7    |
| 0,54 | 36,8                     | 41,7                      | 34,4            | 30,8   | 28,1   | 26,0    | 24,3    | 21,8    | 19,9    | 18,4    | 17,2    |
| 0,53 | 35,6                     | 40,9                      | 33,5            | 30,0   | 27,4   | 25,3    | 23,7    | 21,2    | 19,3    | 17,9    | 16,8    |
| 0,52 | 34,3                     | 40,1                      | 32,6            | 29,1   | 26,6   | 24,6    | 23,0    | 20,6    | 18,8    | 17,4    | 16,3    |
| 0,51 | 33,1                     | 39,4                      | 31,7            | 28,3   | 25,9   | 24,0    | 22,4    | 20,0    | 18,3    | 16,9    | 15,8    |
| 0,50 | 32,0                     | 38,6                      | 30,8            | 27,5   | 25,1   | 23,3    | 21,8    | 19,5    | 17,8    | 16,5    | 15,4    |
| 0,49 | 30,8                     | 37,8                      | 29,9            | 26,7   | 24,4   | 22,6    | 21,1    | 18,9    | 17,3    | 16,0    | 15,0    |
| 0,48 | 29,6                     | 37,1                      | 29,0            | 26,0   | 23,7   | 21,9    | 20,5    | 18,4    | 16,8    | 15,5    | 14,5    |
| 0,47 | 28,5                     | 36,3                      | 28,2            | 25,2   | 23,0   | 21,3    | 19,9    | 17,8    | 16,3    | 15,0    | 14,1    |
| 0,46 | 27,4                     | 35,5                      | 27,3            | 24,4   | 22,3   | 20,6    | 19,3    | 17,3    | 15,8    | 14,6    | 13,6    |
| 0,45 | 26,3                     | 34,7                      | 26,4            | 23,6   | 21,6   | 20,0    | 18,7    | 16,7    | 15,3    | 14,1    | 13,2    |
| 0,44 | 25,3                     | 34,0                      | 25,6            | 22,9   | 20,9   | 19,3    | 18,1    | 16,2    | 14,8    | 13,7    | 12,8    |
| 0,43 | 24,2                     | 33,2                      | 24,7            | 22,1   | 20,2   | 18,7    | 17,5    | 15,6    | 14,3    | 13,2    | 12,4    |
| 0,42 | 23,2                     | 32,4                      | 23,9            | 21,4   | 19,5   | 18,1    | 16,9    | 15,1    | 13,8    | 12,8    | 12,0    |
| 0,41 | 22,2                     | 31,7                      | 23,1            | 20,7   | 18,9   | 17,5    | 16,3    | 14,6    | 13,3    | 12,3    | 11,5    |
| 0,40 | 21,2                     | 30,9                      | 22,3            | 19,9   | 18,2   | 16,8    | 15,8    | 14,1    | 12,9    | 11,9    | 11,1    |
| 0,39 | 20,2                     | 30,1                      | 21,5            | 19,2   | 17,5   | 16,2    | 15,2    | 13,6    | 12,4    | 11,5    | 10,7    |
| 0,38 | 19,3                     | 29,3                      | 20,7            | 18,5   | 16,9   | 15,6    | 14,6    | 13,1    | 11,9    | 11,1    | 10,3    |
| 0,37 | 18,4                     | 28,6                      | 19,9            | 17,8   | 16,2   | 15,0    | 14,1    | 12,6    | 11,5    | 10,6    | 9,9     |
| 0,36 | 17,5                     | 27,8                      | 19,1            | 17,1   | 15,6   | 14,5    | 13,5    | 12,1    | 11,0    | 10,2    | 9,6     |
| 0,35 | 16,6                     | 27,0                      | 18,4            | 16,4   | 15,0   | 13,9    | 13,0    | 11,6    | 10,6    | 9,8     | 9,2     |
| 0,34 | 15,7                     | 26,2                      | 17,6            | 15,7   | 14,4   | 13,3    | 12,4    | 11,1    | 10,2    | 9,4     | 8,8     |
| 0,33 | 14,9                     | 25,5                      | 16,9            | 15,1   | 13,8   | 12,7    | 11,9    | 10,7    | 9,7     | 9,0     | 8,4     |
| 0,32 | 14,1                     | 24,7                      | 16,1            | 14,4   | 13,2   | 12,2    | 11,4    | 10,2    | 9,3     | 8,6     | 8,1     |
| 0,31 | 13,3                     | 23,9                      | 15,4            | 13,8   | 12,6   | 11,6    | 10,9    | 9,7     | 8,9     | 8,2     | 7,7     |

$$F_e (D < 6,4 \text{ mm}) = 114,4 G^{1,24} \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

$$F_{el} (D \geq 6,4 \text{ mm}) = 77,2 G \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

$$F_{eL} = 212 G^{1,45} / D^{0,5} \text{ (N / mm}^2\text{)}$$

## Suplemento 4- Valores de diseño para Uniones Mecánicas

Tabla S.4.1.1-2. Gravedad específica anhidra,  $G$ , de la madera clasificada por resistencia conforme a los métodos que se indican en el Suplemento 1 y sus apéndices

| Especie <sup>(1)(2)(3)</sup>                                                                                                                                                     | Clase de resistencia | $G^{(4)}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|
| Tablas de pino Paraná ( <i>Araucaria angustifolia</i> ) IRAM 9662-1 (2015)<br>(ver S.1.1.1 y Tabla S.1.1.1-1)                                                                    | 1                    | 0,43      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,37      |
| Madera aserrada de pino Paraná ( <i>Araucaria angustifolia</i> ) clasificada conforme al método que se incluye en el Apéndice 1 del Suplemento 1 (ver S.1.1.1 y Tabla S.1.1.1-3) | 1                    | 0,41      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,36      |
|                                                                                                                                                                                  | 3                    | 0,36      |
| Tablas de eucalipto grandis ( <i>Eucalyptus grandis</i> ) IRAM 9662-2 (2015) (ver S.1.1.2 y Tabla S.1.1.2-1)                                                                     | 1                    | 0,40      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,40      |
| Madera aserrada de <i>Eucalyptus grandis</i> clasificada conforme al método adoptado por la norma IRAM 9662-2 (2015) (ver S.1.1.2 y Tabla S.1.1.2-3)                             | 1                    | 0,40      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,40      |
|                                                                                                                                                                                  | 3                    | 0,40      |
| Tablas de pino taeda y elliotti ( <i>Pinus taeda</i> y <i>elliottii</i> ) IRAM 9662-3 (2015) (ver S.1.1.3 y Tabla S.1.1.3-1)                                                     | 1                    | 0,39      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,36      |
| Madera aserrada de pino taeda y elliotti clasificada conforme a la norma IRAM 9670 (2002) (ver S.1.1.3 y Tabla S.1.1.3-3)                                                        | 1                    | 0,39      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,36      |
| Madera aserrada de álamo clasificada conforme a la norma IRAM 9662-4 (2015) (ver S.1.1.4 y Tabla S.1.1.4-1)                                                                      | 1                    | 0,37      |
|                                                                                                                                                                                  | 2                    | 0,37      |

(4) La clase de calidad de estas especies está indicada en las respectivas normas y catálogos de los proveedores.

## Suplemento 4- Valores de diseño para Uniones Mecánicas

**Tabla S.4.1.1-3. Tensión de fluencia en flexión,  $F_{yb}$ , para elementos de fijación de tipo clavija construidos con acero tipo F-24**

| Tipo y características del elemento         | $F_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| Bulones y tirafondos con $D \geq 9,5$ mm,   | 310                           |
| Clavos, tornillos y tirafondos con:         |                               |
| $2,5 \text{ mm} \leq D \leq 3,6 \text{ mm}$ | 690                           |
| $3,6 \text{ mm} < D \leq 4,5 \text{ mm}$    | 620                           |
| $4,5 \text{ mm} < D \leq 6,0 \text{ mm}$    | 550                           |
| $6,0 \text{ mm} < D \leq 6,9 \text{ mm}$    | 480                           |
| $6,9 \text{ mm} < D \leq 8,7 \text{ mm}$    | 410                           |
| $8,7 \text{ mm} < D \leq 9,5 \text{ mm}$    | 310                           |

**Tabla S.4.1.1-4. Tensión de aplastamiento,  $F_e$  (N / mm<sup>2</sup>), y módulo de elasticidad,  $E$ , de placas de acero que actúan como elementos laterales auxiliares de las uniones**

| Tipo y características del elemento | $F_e$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $E$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Placa de acero tipo F-24            | 600                        | 200000                   |



## Suplemento 4- Valores de diseño para Uniones Mecánicas

**Tabla S.4.1.2-1. Uniones con clavos lisos sometidas a una carga de extracción**  
Resistencia a la extracción de diseño de referencia,  $W$  (N/mm), por cada clavo y por cada mm de penetración efectiva<sup>(1)</sup>

| G    | Diámetro<br>D (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 2,51               | 2,87 | 3,25 | 3,33 | 3,43 | 3,76 | 4,11 | 4,88 | 5,26 | 5,72 | 6,2  | 6,68 | 7,19 | 7,92 | 9,53 |
| 0,73 | 10,9               | 12,4 | 14,1 | 14,4 | 14,8 | 16,3 | 17,8 | 21,1 | 22,8 | 24,7 | 26,8 | 28,9 | 31,1 | 34,3 | 41,2 |
| 0,71 | 10,1               | 11,6 | 13,1 | 13,4 | 13,8 | 15,2 | 16,6 | 19,7 | 21,2 | 23,1 | 25,0 | 27,0 | 29,0 | 32,0 | 38,5 |
| 0,68 | 9,1                | 10,4 | 11,8 | 12,1 | 12,4 | 13,6 | 14,9 | 17,7 | 19,1 | 20,7 | 22,5 | 24,2 | 26,0 | 28,7 | 34,5 |
| 0,67 | 8,8                | 10,0 | 11,3 | 11,6 | 12,0 | 13,1 | 14,3 | 17,0 | 18,4 | 20,0 | 21,6 | 23,3 | 25,1 | 27,6 | 33,3 |
| 0,58 | 6,1                | 7,0  | 7,9  | 8,1  | 8,3  | 9,2  | 10,0 | 11,9 | 12,8 | 13,9 | 15,1 | 16,3 | 17,5 | 19,3 | 23,2 |
| 0,55 | 5,3                | 6,1  | 6,9  | 7,1  | 7,3  | 8,0  | 8,8  | 10,4 | 11,2 | 12,2 | 13,2 | 14,2 | 15,3 | 16,9 | 20,3 |
| 0,51 | 4,4                | 5,1  | 5,7  | 5,9  | 6,1  | 6,6  | 7,3  | 8,6  | 9,3  | 10,1 | 10,9 | 11,8 | 12,7 | 14,0 | 16,8 |
| 0,50 | 4,2                | 4,8  | 5,5  | 5,6  | 5,8  | 6,3  | 6,9  | 8,2  | 8,8  | 9,6  | 10,4 | 11,2 | 12,1 | 13,3 | 16,0 |
| 0,49 | 4,0                | 4,6  | 5,2  | 5,3  | 5,5  | 6,0  | 6,6  | 7,8  | 8,4  | 9,1  | 9,9  | 10,7 | 11,5 | 12,6 | 15,2 |
| 0,47 | 3,6                | 4,1  | 4,7  | 4,8  | 4,9  | 5,4  | 5,9  | 7,0  | 7,6  | 8,2  | 8,9  | 9,6  | 10,3 | 11,4 | 13,7 |
| 0,46 | 3,4                | 3,9  | 4,4  | 4,5  | 4,7  | 5,1  | 5,6  | 6,7  | 7,2  | 7,8  | 8,5  | 9,1  | 9,8  | 10,8 | 13,0 |
| 0,44 | 3,1                | 3,5  | 4,0  | 4,1  | 4,2  | 4,6  | 5,0  | 6,0  | 6,4  | 7,0  | 7,6  | 8,1  | 8,8  | 9,7  | 11,6 |
| 0,43 | 2,9                | 3,3  | 3,7  | 3,8  | 4,0  | 4,3  | 4,7  | 5,6  | 6,1  | 6,6  | 7,1  | 7,7  | 8,3  | 9,1  | 11,0 |
| 0,42 | 2,7                | 3,1  | 3,5  | 3,6  | 3,7  | 4,1  | 4,5  | 5,3  | 5,7  | 6,2  | 6,7  | 7,3  | 7,8  | 8,6  | 10,3 |
| 0,41 | 2,6                | 2,9  | 3,3  | 3,4  | 3,5  | 3,8  | 4,2  | 5,0  | 5,4  | 5,8  | 6,3  | 6,8  | 7,4  | 8,1  | 9,7  |
| 0,40 | 2,4                | 2,8  | 3,1  | 3,2  | 3,3  | 3,6  | 4,0  | 4,7  | 5,1  | 5,5  | 6,0  | 6,4  | 6,9  | 7,6  | 9,2  |
| 0,39 | 2,3                | 2,6  | 2,9  | 3,0  | 3,1  | 3,4  | 3,7  | 4,4  | 4,7  | 5,2  | 5,6  | 6,0  | 6,5  | 7,1  | 8,6  |
| 0,38 | 2,1                | 2,4  | 2,7  | 2,8  | 2,9  | 3,2  | 3,5  | 4,1  | 4,4  | 4,8  | 5,2  | 5,6  | 6,1  | 6,7  | 8,1  |
| 0,37 | 2,0                | 2,3  | 2,6  | 2,6  | 2,7  | 3,0  | 3,3  | 3,9  | 4,2  | 4,5  | 4,9  | 5,3  | 5,7  | 6,3  | 7,5  |
| 0,36 | 1,9                | 2,1  | 2,4  | 2,5  | 2,5  | 2,8  | 3,0  | 3,6  | 3,9  | 4,2  | 4,6  | 4,9  | 5,3  | 5,9  | 7,0  |
| 0,35 | 1,7                | 2,0  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 3,4  | 3,6  | 3,9  | 4,3  | 4,6  | 5,0  | 5,5  | 6,6  |
| 0,31 | 1,3                | 1,5  | 1,7  | 1,7  | 1,7  | 1,9  | 2,1  | 2,5  | 2,7  | 2,9  | 3,2  | 3,4  | 3,7  | 4,0  | 4,8  |

(1) La longitud de penetración efectiva es la penetración del clavo excluyendo la parte correspondiente a la punta con disminución del diámetro

$G$  es el valor característico (5 %) de la gravedad específica anhidra (ver la Tabla S.4.1.1-2 y Exp. S.4.1.1-2)

$$W = 9,5 G^{52} D \text{ (N/mm)}$$



## Suplemento 4- Valores de diseño para Uniones Mecánicas

**Tabla S.4.1.2-2. Uniones con tirafondos sometidas a una carga de extracción. Resistencia a la extracción de diseño de referencia, W (N/mm), por cada tirafondo y por cada mm de penetración efectiva<sup>(1)(2)</sup>**

| G    | Diámetro<br>D (mm) |      |      |       |       |       |       |
|------|--------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|      | 6,35               | 7,94 | 9,53 | 11,11 | 12,7  | 15,88 | 19,05 |
| 0,73 | 69,6               | 82,3 | 94,4 | 105,9 | 117,1 | 138,4 | 158,7 |
| 0,71 | 66,8               | 79,0 | 90,5 | 101,6 | 112,3 | 132,8 | 152,2 |
| 0,68 | 62,6               | 74,0 | 84,9 | 95,2  | 105,2 | 124,5 | 142,7 |
| 0,67 | 61,2               | 72,4 | 83,0 | 93,1  | 102,9 | 121,7 | 139,5 |
| 0,58 | 49,3               | 58,3 | 66,8 | 75,0  | 82,9  | 98,0  | 112,4 |
| 0,55 | 45,5               | 53,8 | 61,7 | 69,3  | 76,6  | 90,5  | 103,8 |
| 0,51 | 40,6               | 48,1 | 55,1 | 61,8  | 68,4  | 80,8  | 92,7  |
| 0,50 | 39,5               | 46,7 | 53,5 | 60,0  | 66,4  | 78,5  | 89,9  |
| 0,49 | 38,3               | 45,3 | 51,9 | 58,2  | 64,4  | 76,1  | 87,3  |
| 0,47 | 36,0               | 42,5 | 48,8 | 54,7  | 60,5  | 71,5  | 82,0  |
| 0,46 | 34,8               | 41,2 | 47,2 | 53,0  | 58,6  | 69,2  | 79,4  |
| 0,44 | 32,6               | 38,5 | 44,2 | 49,6  | 54,8  | 64,8  | 74,3  |
| 0,43 | 31,5               | 37,2 | 42,7 | 47,9  | 52,9  | 62,6  | 71,7  |
| 0,42 | 30,4               | 35,9 | 41,2 | 46,2  | 51,1  | 60,4  | 69,2  |
| 0,41 | 29,3               | 34,6 | 39,7 | 44,6  | 49,3  | 58,3  | 66,8  |
| 0,40 | 28,2               | 33,4 | 38,3 | 43,0  | 47,5  | 56,1  | 64,4  |
| 0,39 | 27,2               | 32,1 | 36,9 | 41,4  | 45,7  | 54,1  | 62,0  |
| 0,38 | 26,1               | 30,9 | 35,4 | 39,8  | 44,0  | 52,0  | 59,6  |
| 0,37 | 25,1               | 29,7 | 34,1 | 38,2  | 42,2  | 50,0  | 57,3  |
| 0,36 | 24,1               | 28,5 | 32,7 | 36,7  | 40,5  | 47,9  | 55,0  |
| 0,35 | 23,1               | 27,3 | 31,3 | 35,2  | 38,9  | 46,0  | 52,7  |
| 0,31 | 19,3               | 22,8 | 26,1 | 29,3  | 32,4  | 38,3  | 43,9  |

(1) La longitud de penetración efectiva es la penetración de la zona roscada excluyendo la parte correspondiente a la punta con disminución del diámetro.

(2) Los valores provistos en esta Tabla corresponden a tirafondos de las características que se indican en el Apéndice 1 de este Suplemento.

G es el valor característico (5 %) de la gravedad específica anhidra (ver la Tabla S.4.1.1-2 y Exp. S.4.1.1-2).

$W = 27,9 G^{3/2} D^{3/4} \text{ (N / mm)}$

# Manual de Aplicación de los criterios de diseño adoptados en el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 (2016)



# **Manual de aplicación de los criterios de diseño adoptados en el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601**

## **M.E Ejemplos resueltos y comentados**

**M.4.E Madera Aserrada (3 ejemplos)**

**M.5.E Madera Laminada Encolada Estructural (3 ejemplos)**

**M.8.E Uniones Mecánicas (5 ejemplos)**

## **M.T Tablas auxiliares para el cálculo**

**M.4.T Madera Aserrada ( $C_L$   $C_p$ )**

**M.5.T Madera Laminada Encolada Estructural ( $C_L$   $C_p$ )**

**M.8.T Uniones mecánicas ( $C_g$   $Z$ )**

y el factor de estabilidad lateral de la viga:

$$C_L = \frac{1 + (F_{bE} / F_b^*)}{1,9} - \sqrt{\left[ \frac{1 + (F_{bE} / F_b^*)}{1,9} \right]^2 - \frac{F_{bE} / F_b^*}{0,95}} \quad (3.2.1-4)$$

siendo:

$F_{bE} = \frac{1,2E'_{min}}{R_B^2}$  la tensión crítica de pandeo en miembros flexionados.

$F_b^*$  la tensión de diseño en flexión de referencia multiplicada por todos los factores de ajuste aplicables, excepto  $C_L$ .

$E'_{min}$  el módulo de elasticidad para el cálculo de la estabilidad, ajustado, el cual se obtiene multiplicando el valor del módulo de elasticidad para el cálculo de la estabilidad de vigas y columnas de referencia,  $E_{min}$ , por todos los factores de ajuste aplicables.

$E_{min}$  corresponde al percentil 5 % del módulo de elasticidad obtenido en flexión pura, o sea sin influencia del esfuerzo de corte (ver el artículo 3.2.3.), y afectado de un coeficiente de seguridad igual a **1,66**, es decir  $E_{min} = E (1 - 1,645 COV_E) 1,05 / 1,66$ . Para el coeficiente de variación del módulo de elasticidad ( $COV_E$ ) se admite un valor igual a **0,20**. En los suplementos de este Reglamento se indican los correspondientes valores de  $E_{min}$ .



■ Factor de estabilidad lateral del miembro comprimido ( $C_P$ )

$$C_P = \frac{1 + (F_{cE} / F_c^*)}{2c} - \sqrt{\left[ \frac{1 + (F_{cE} / F_c^*)}{2c} \right]^2 - \frac{F_{cE} / F_c^*}{c}} \quad (3.3.1-1)$$

siendo:

$F_c^*$  la tensión de diseño en compresión paralela a las fibras de referencia multiplicada por todos los factores de ajuste aplicables, excepto  $C_P$ .

$$F_{cE} = \frac{0,822 E'_{min}}{\left( \frac{\ell_e}{d} \right)^2}$$

$E'_{min}$  el módulo de elasticidad para el cálculo de la estabilidad, ajustado (ver el artículo 3.2.1.).

$c$  el coeficiente igual a **0,8** para miembros de madera aserrada, **0,85** para miembros estructurales de sección circular y **0,9** para madera laminada encolada estructural.

$\ell_e$  la longitud efectiva de pandeo.

$d$  el ancho de la sección transversal en la dirección perpendicular al eje baricéntrico respecto del cual se produce el pandeo (es usual que sea designado como " $t$ " cuando corresponde a la menor dimensión de un miembro estructural que presenta una diferencia importante entre las dos dimensiones de su sección transversal, como es el caso de las tablas).

$$C_g = \left[ \frac{m(1 - m^{2n})}{n[(1 + R_{EA} m^n)(1 + m) - 1 + m^{2n}]} \right] \left[ \frac{1 + R_{EA}}{1 - m} \right] \quad (8.2.1.2-1)$$

siendo:

$n$  el número de elementos de fijación en una fila <sup>(1)</sup>.

$R_{EA}$  el menor valor entre  $\frac{E_s A_s}{E_m A_m}$  ó  $\frac{E_m A_m}{E_s A_s}$ .

$E_m$  el módulo de elasticidad del miembro principal.

$E_s$  el módulo de elasticidad del miembro lateral.

$A_m$  el área bruta de la sección transversal del miembro principal <sup>(2)</sup>.

$A_s$  la suma de las áreas brutas de las secciones transversales de los miembros laterales <sup>(2)</sup>.

$$m = u - \sqrt{u^2 - 1}.$$

$$u = 1 + \gamma \frac{s}{2} \left[ \frac{1}{E_m A_m} + \frac{1}{E_s A_s} \right].$$

$s$  la distancia entre centros de dos elementos consecutivos en una fila.

$\gamma$  el módulo de deslizamiento, igual a **246  $D^{1.5}$**  (N / mm) para uniones con piezas laterales de madera y a **369  $D^{1.5}$**  (N / mm) para uniones con piezas laterales de acero, expresando siempre  $D$  en mm.

# Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural en base al Reglamento CIRSOC 601

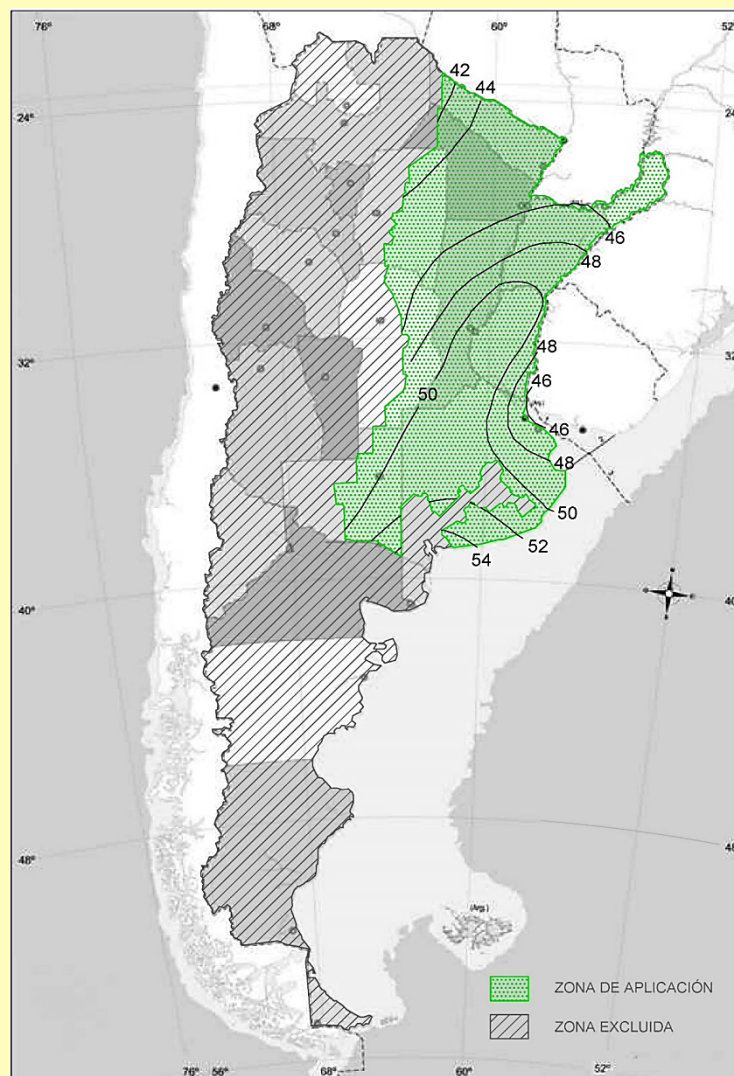


## Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural en base al Reglamento CIRSOC 601

- 1 Introducción
- 2 Zona geográfica de aplicación
- 3 Cargas consideradas y condición de servicio de la estructura
- 4 Proyectos adoptados como modelos
- 5 Alternativas de solución para la estructura:
  - componentes de la cubierta
  - muros, dinteles y soportes aislados
  - vigas de piso y vigas de fundación



## Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural en base al Reglamento CIRSOC 601



# REGLAMENTO CIRSOC 601



IMAGEN FRENTE

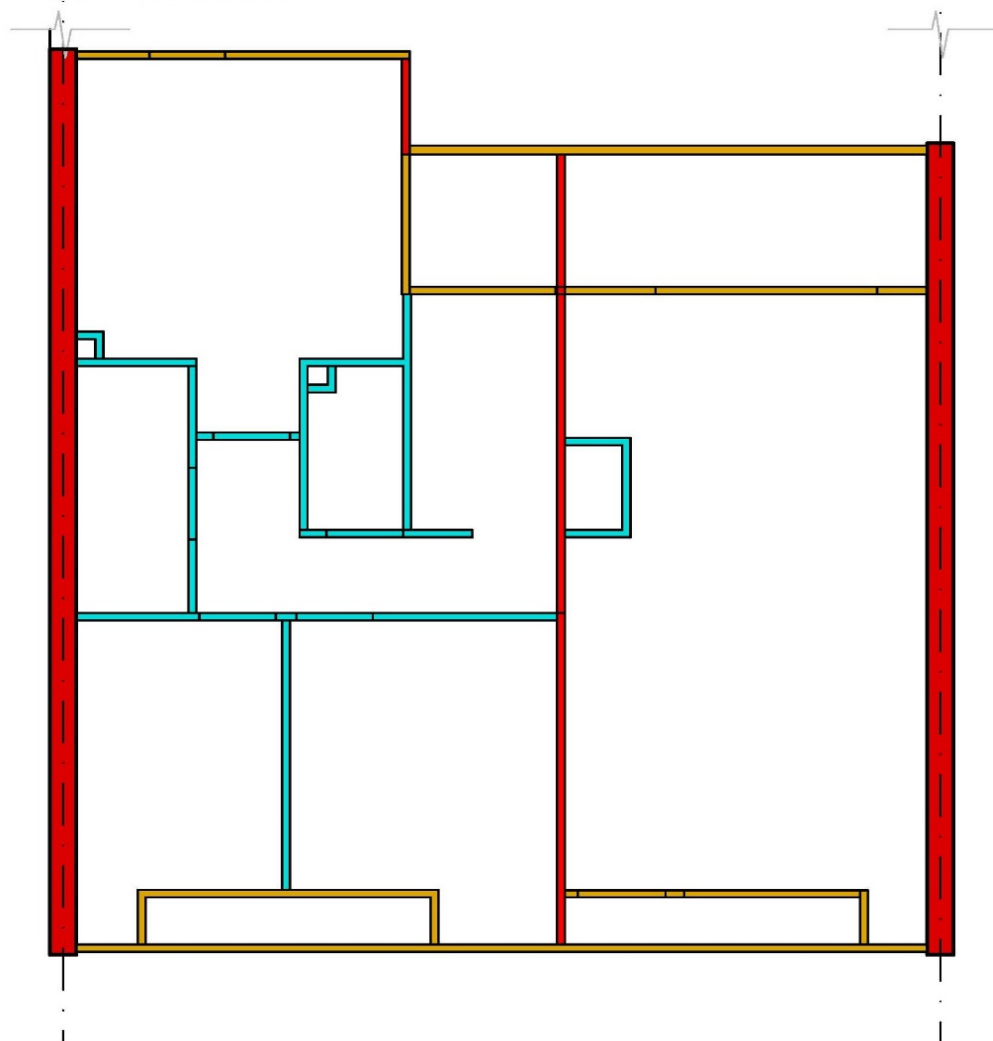
**Modelo N° 1 (Procrear)**



IMAGEN CONTRA FRENTE



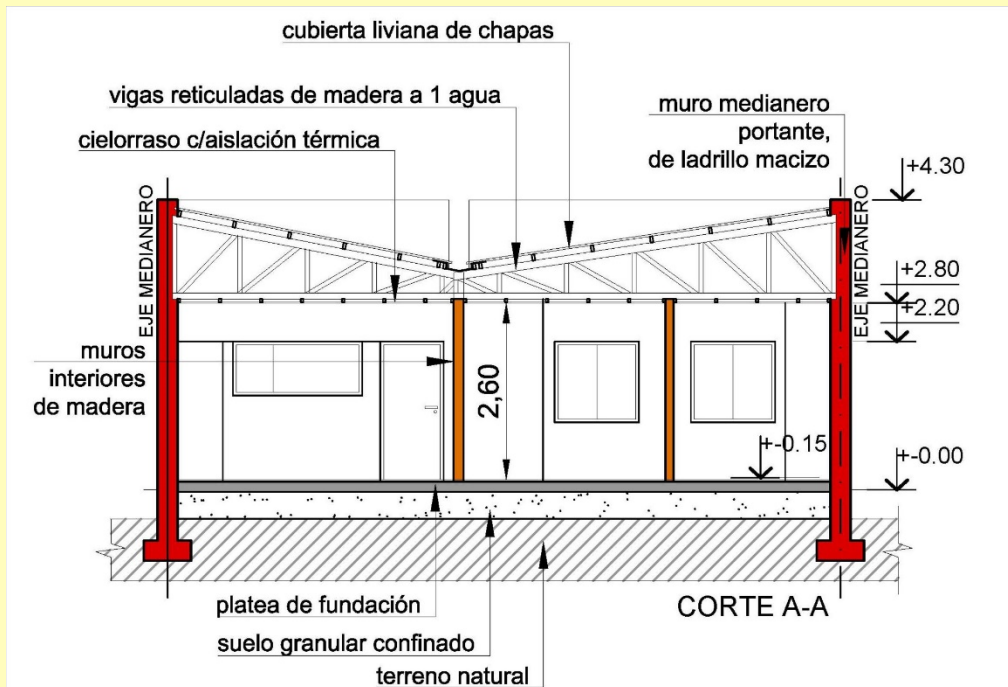
IDENTIFICACIÓN GLOBAL



- REFERENCIAS:
-  muro medianero de mampostería portante.
  -  muro de madera portante interior (soporta la cubierta)
  -  muro de madera portante exterior (soporta esfuerzos horizontales de viento)
  -  muro de madera interior (no cumple función estructural)

**Modelo N° 1**  
**(Procrear)**





## Modelo N° 1 (Procrear)

IMAGEN GENERAL DE LA ESTRUCTURA DESDE EL FRENTE

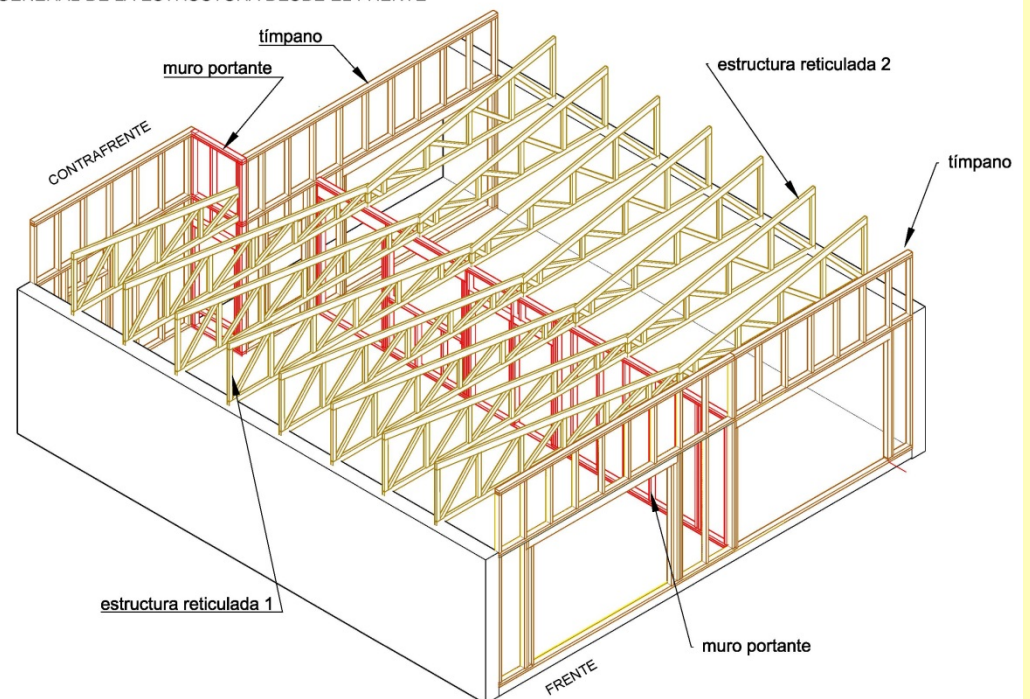






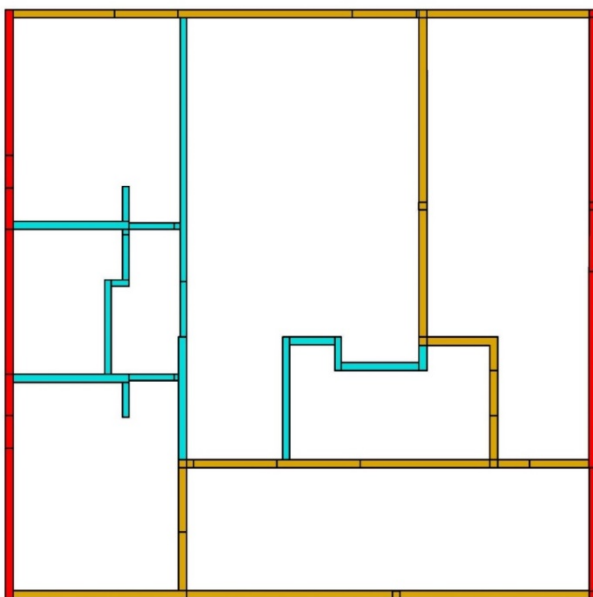
IMAGEN FRENTE

Modelo N° 2



IMAGEN CONTRA FRENTE

## IDENTIFICACIÓN GLOBAL

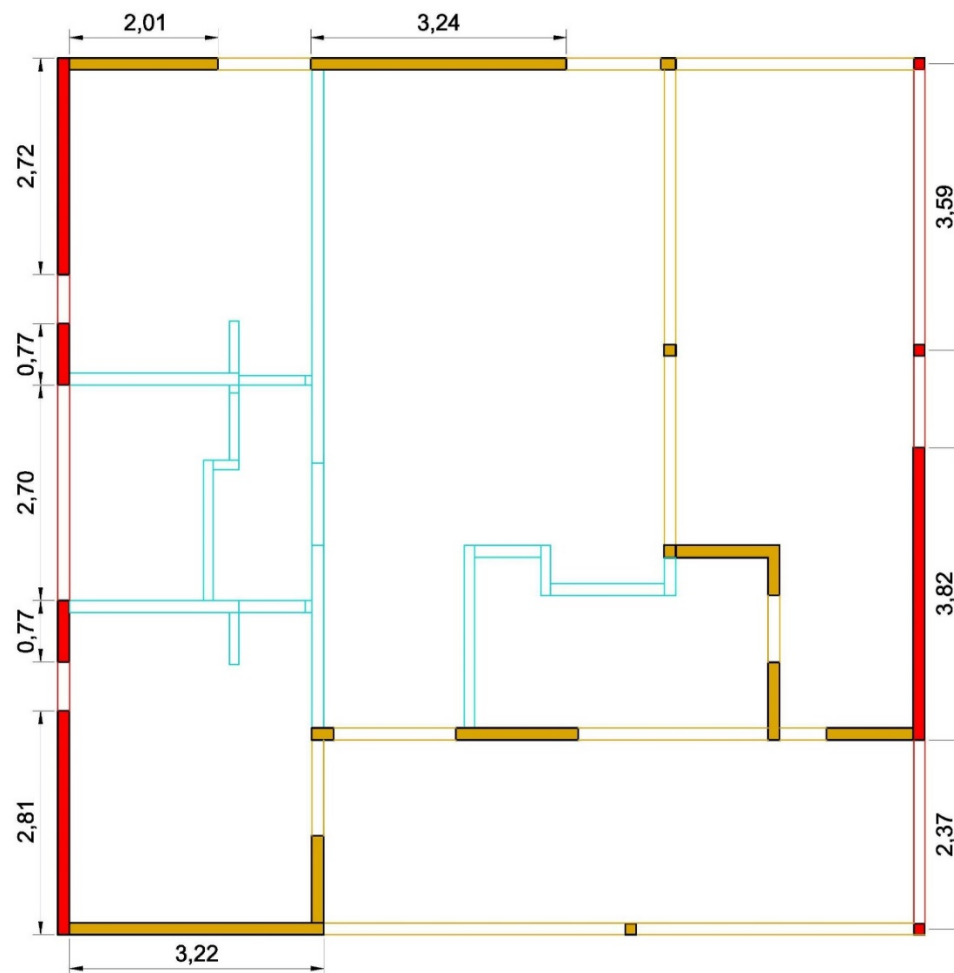


## Modelo N° 2

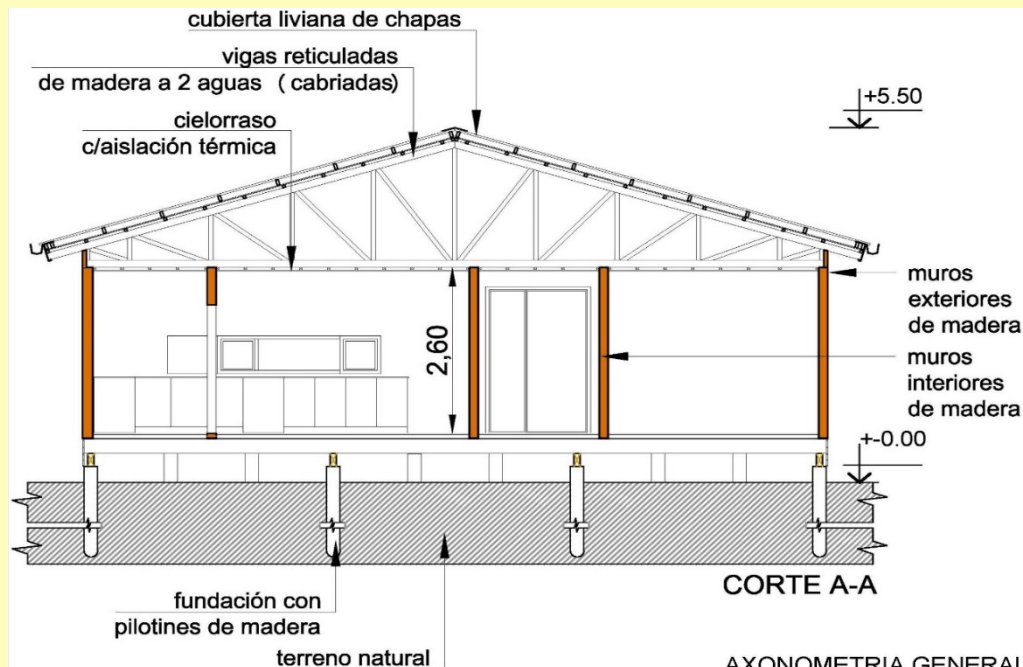
### REFERENCIAS:

- muro de madera portante (soporta la cubierta y esfuerzos horizontales de viento)
- muro de madera portante exterior (soporta esfuerzos horizontales de viento)
- muro de madera interior (no cumple función estructural)

### IDENTIFICACIÓN DETALLADA

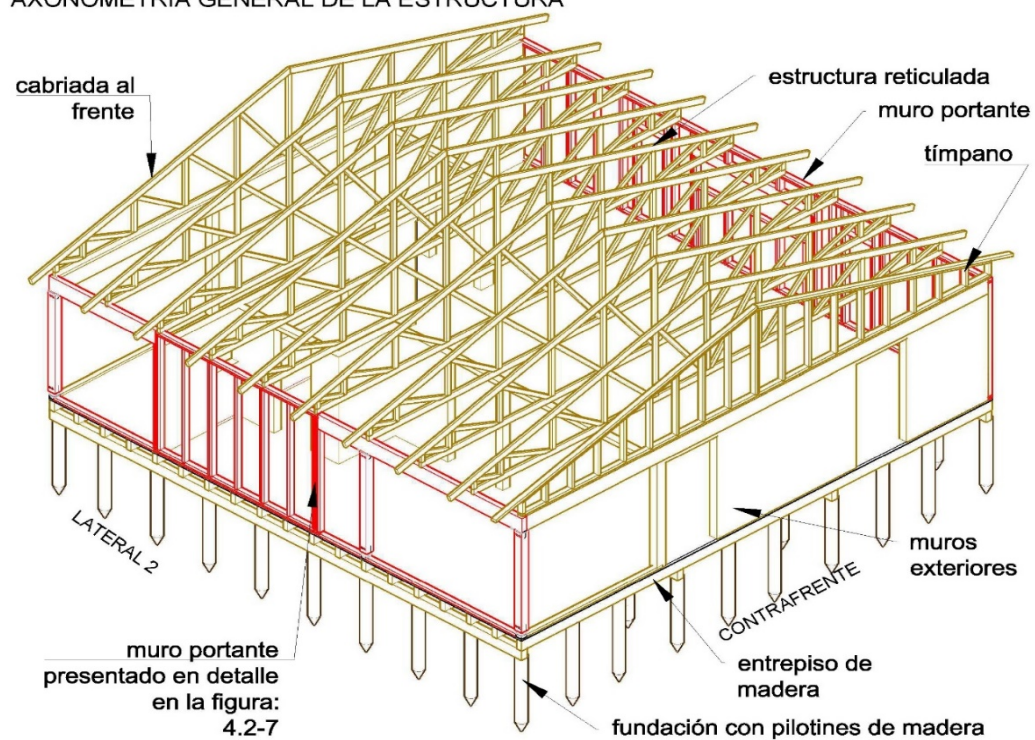


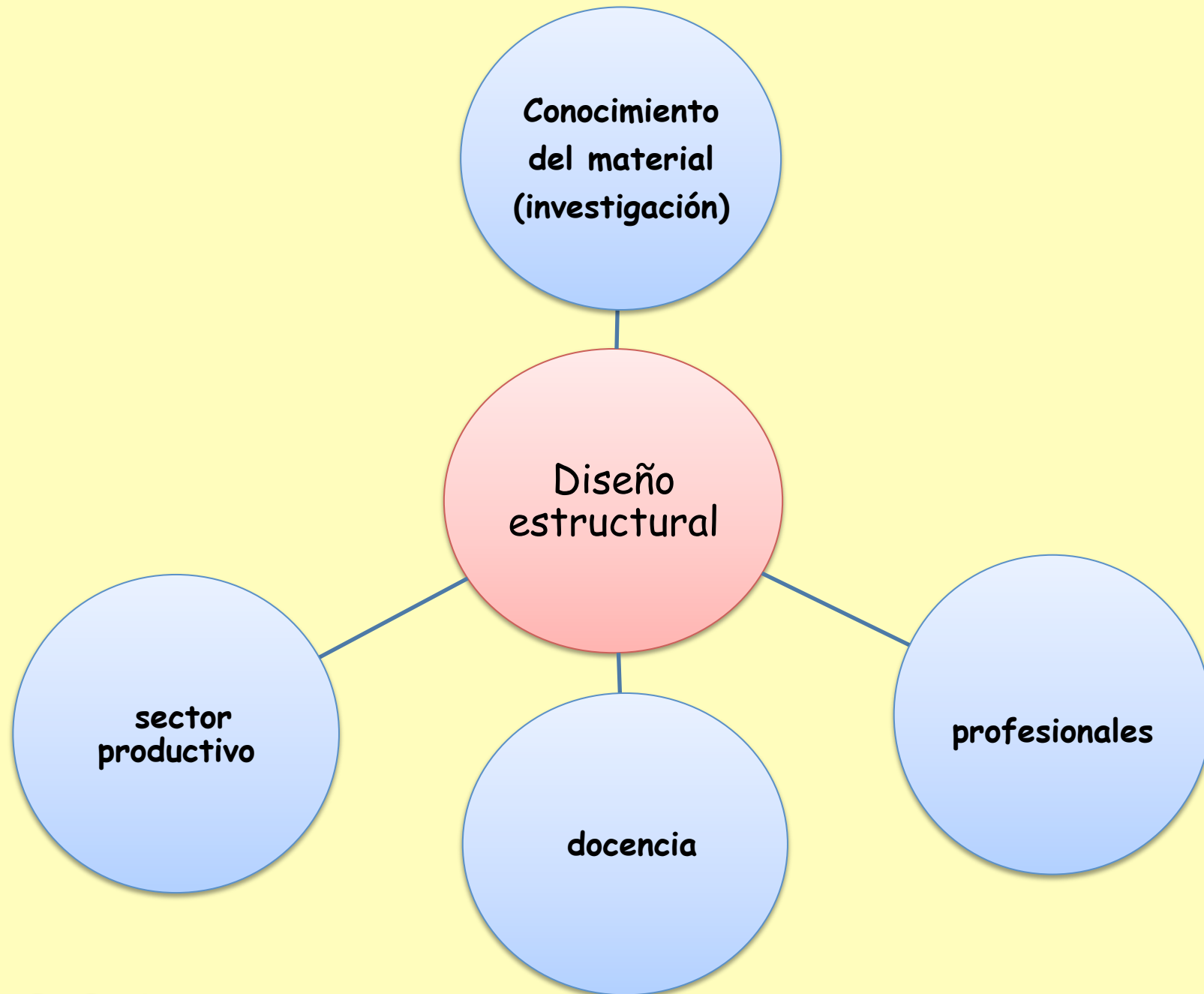




Modelo N° 2

AXONOMETRIA GENERAL DE LA ESTRUCTURA







## Debilidades

### Las características particulares de la madera como material estructural

influencia de la combinación especie+zona de cultivo sobre el comportamiento mecánico (razones y diferencias con relación a otros materiales estructurales)

consecuente necesidad de investigar las propiedades de especies cultivadas en distintas regiones del país, aunque se conozca su comportamiento para otros países o zonas

### El escaso desarrollo de productos derivados para uso estructural en el país

...tableros, vigas prefabricadas, que deberían dar lugar a otros suplementos proveyendo los correspondientes valores de diseño de referencia

### El escaso desarrollo de elementos auxiliares para las estructuras de madera en el país

...medios de unión, que permitiría abarcar el diseño de otros tipos de uniones mecánicas!!!

## Acciones tendientes a mejorar

### En el ámbito del CIRSOC

Continuación de la actividad en el seno de la Comisión Permanente, con el objetivo de:  
actualizar periódicamente los suplementos con los resultados de nuevas investigaciones

analizar la conveniencia de redactar en el futuro un reglamento en estados límites

### En el ámbito de la investigación

Conformación de proyectos integradores entre facultades que orientan el abordaje de temas de investigación, promoviendo la complementación, evitando la superposición, y procurando que los resultados esperados tengan un potencial impacto en los suplementos del Reglamento

Desarrollo de tesis de postgrado orientadas a explicar el comportamiento mecánico de nuestras especies, con el propósito de aportar conocimientos que mejoren los procedimientos de diseño adoptados o que impacten en sus suplementos (trabajos experimentales, interés en la madera para la aplicación de métodos numéricos, simulación....)

### En el ámbito de la docencia de grado y postgrado

Cursos de postgrado relacionados a la madera y sus productos derivados como material estructural, en doctorados y maestrías afines

Elaboración de contenidos mínimos para las cátedras de diseño estructural con madera que se dictan en las carreras de grado relacionadas a la ingeniería civil

Presentación del Reglamento en universidades y, en particular, en organizaciones que nucleen a directores de departamento de carreras ligadas a la ingeniería civil

Desarrollo de proyectos finales de carrera de estudiantes de ingeniería civil

### En el ámbito del sector productivo

Incorporación de un control de la producción por parte de fábricas de MLEE, y, en algunos casos, certificación de sus productos conforme a la normativa IRAM vigente - IRAM 9660, 9661, 9662

Esfuerzos por incluir en la normativa vigente nuevas combinaciones especie/zona de cultivo en la normativa mencionada anteriormente

### En el ámbito del ejercicio profesional

Concurrencia de profesionales a los cursos y actividades relacionadas

Consultas acerca del Reglamento y el Manual

Tanto la **estructura de la madera como sus anomalías** afectan su comportamiento estructural.

Material anisótropo y heterogéneo

**Gran variabilidad:**

Especie/procedencia

De una plantación a otra, de un árbol a otro, dentro de un mismo árbol



## Estructura sub-microscópica:

A pesar de las diferencias existentes, las características de las **paredes celulares** son iguales para todas las maderas.

Unidad ppal: **fibrillas elementales (celulosa)**.  
Se unen para formar las **microfibrillas (hemicelulosa y lignina)**.

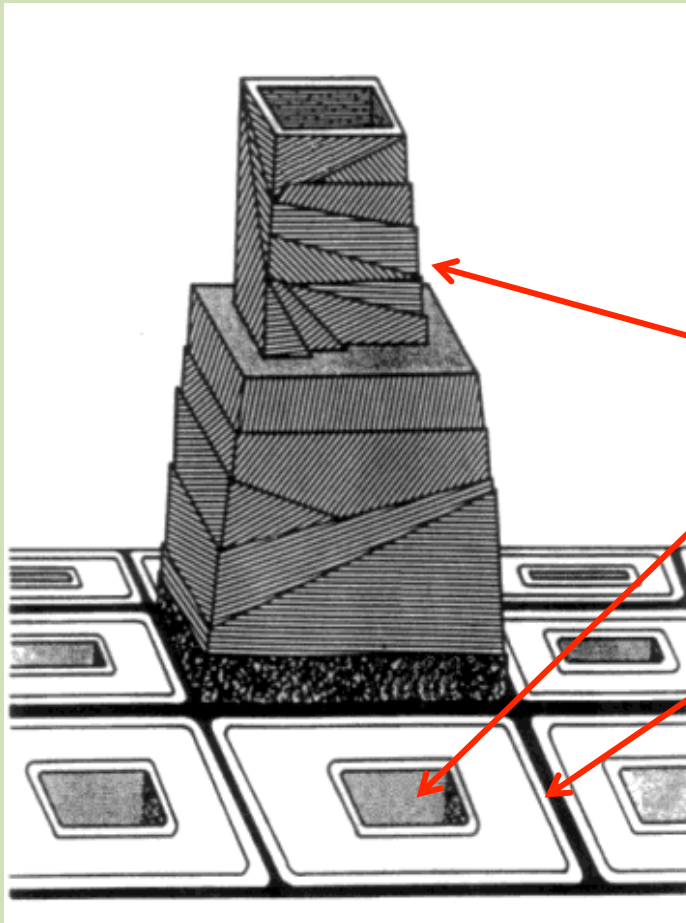


Figura: célula individual  
Entre las células: **laminilla media**  
**Lumen o hueco interior**

Primaria (externa): microfibrillas orientadas al azar, poco espesor.

Secundaria con 3 capas. La exterior delgada (0,1-0,2 micrones) y mf con 50º-70º respecto del eje. La media gruesa (varios micrones) y mf 5º-10º respecto al eje. La interior similar a la exterior.

Terciaria limitando con el lumen.

## Estructura microscópica:

Coníferas estructura más sencilla que latifoliadas.

### *Coníferas:*

- **traqueidas:** ll al eje del árbol , crecen en sucesivas capas concéntricas (anillos de crecimiento).

Formados al inicio de cada ciclo: **madera de primavera o leño temprano** (menos densidad).

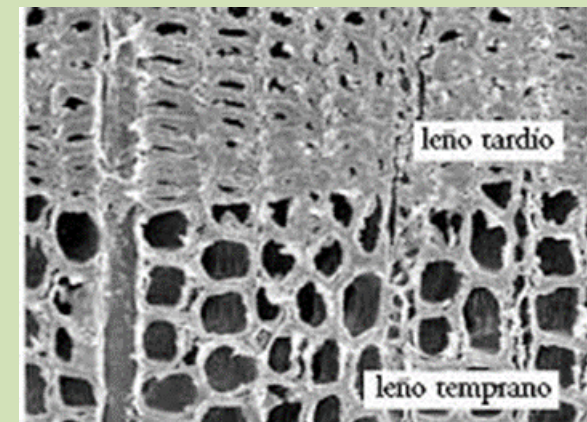
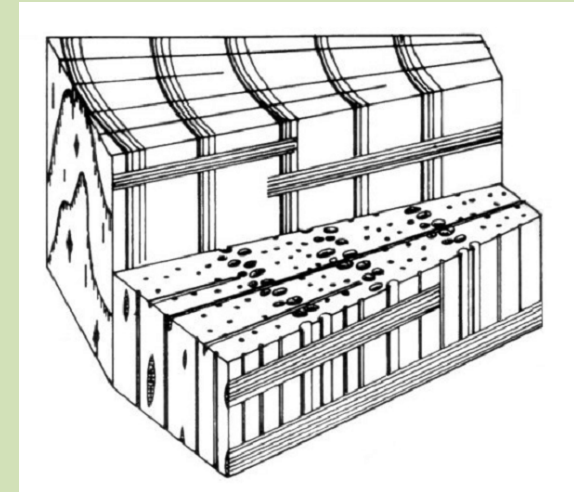
Formados al final de cada ciclo: **madera de verano o leño tardío** (mayor densidad). Anillos anchos- menor densidad.

Función: estructural.

- **parénquima:** sentido radial.

Función: almacenamiento y transporte de sustancias.

- **canales resiníferos:** cavidades longitudinales, solo en coníferas.



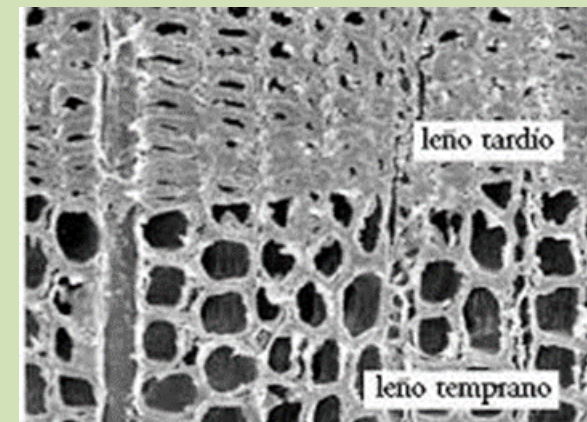
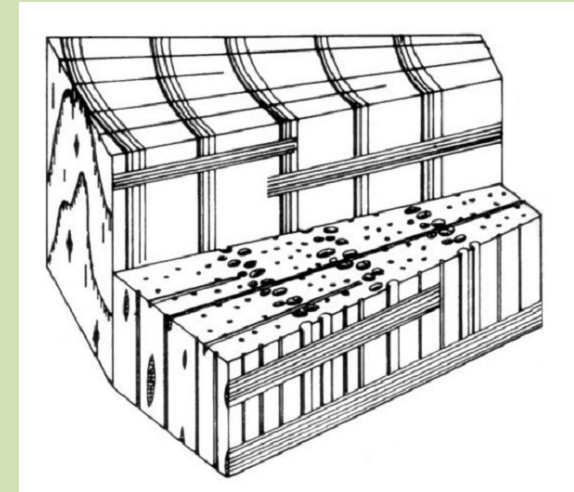
## Estructura microscópica:

### *Latifoliadas:*

- **traqueidas:** // al eje del árbol, dentro de ellas **vasos conductores**. Distinta distribución dentro del árbol: porosidad anular, semianular, difusa.

Mayor espesor que en coníferas, diferencias entre leño temprano y leño tardío no tan marcado como en coníferas.

- **parénquima:** sentido longitudinal y radial, más numerosos.
- **radios leñosos:** mayor tamaño.





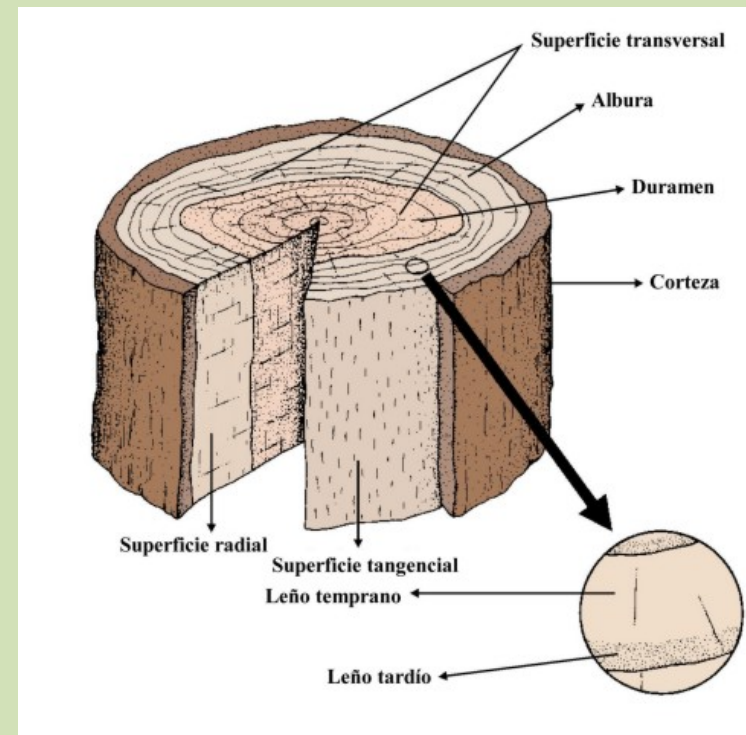
## Estructura macroscópica

**Corteza:** parte externa del árbol.

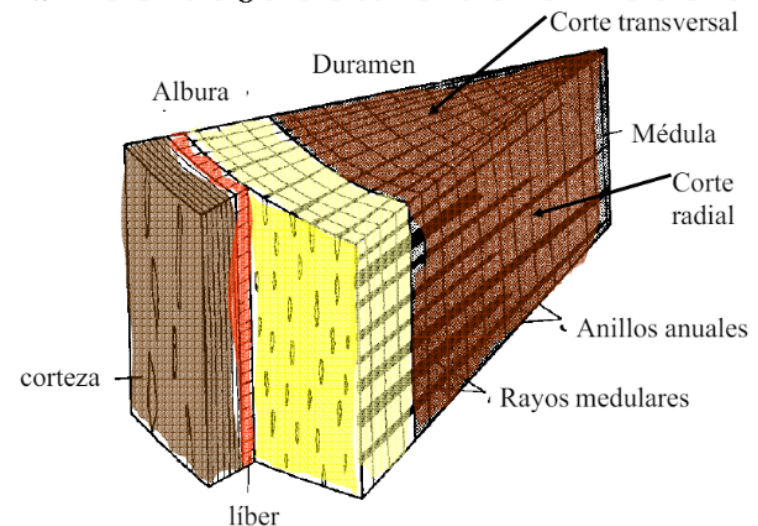
**Cambium:** genera nuevas células dando origen a los anillos de crecimiento.

**Albura:** madera juvenil, viva, conducción de sustancias.

**Duramen:** madera adulta, cuando la albura detiene su función fisiológica y sufre alteraciones químicas que le confieren color más oscuro, mayor densidad, más durable.



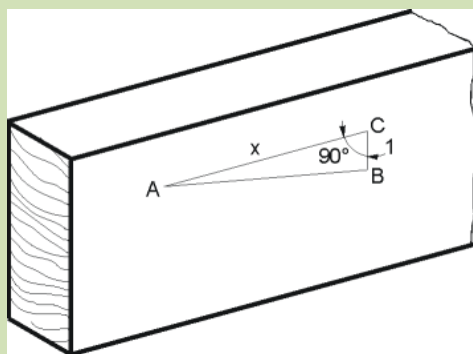
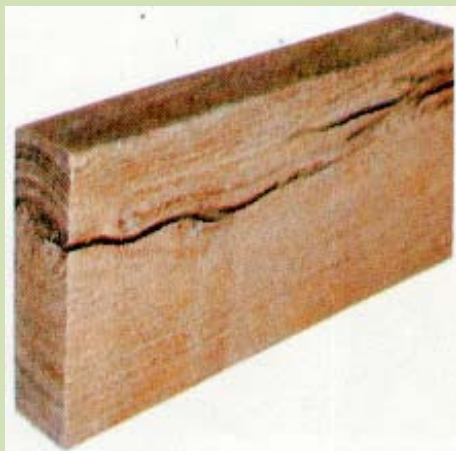
## Macroestructura de la madera





## Anomalías de la madera:

Presencia de medula



Inclinación de las fibras

Presencia de nudos



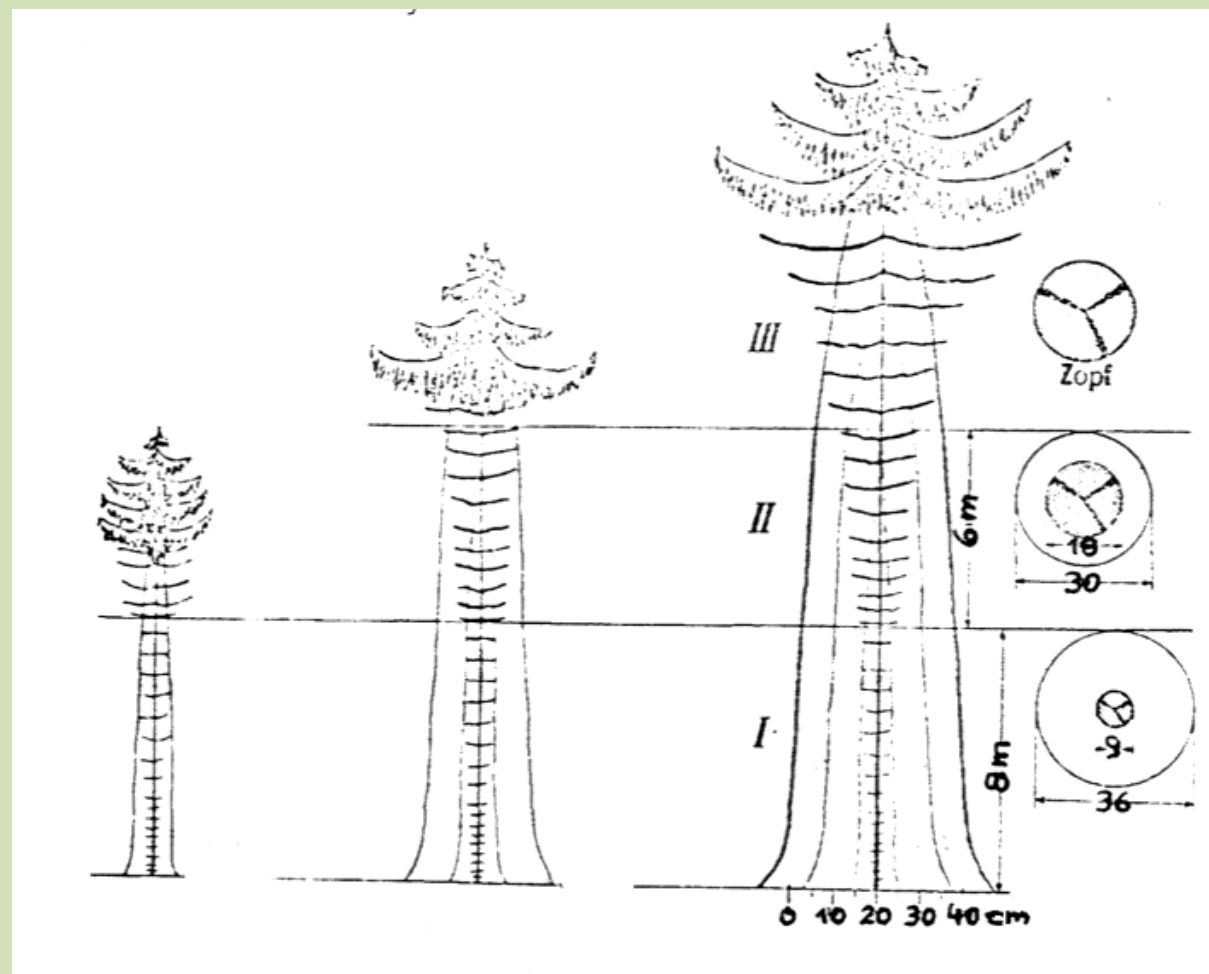
TROZA SIN PODA



TROZA CON PODA

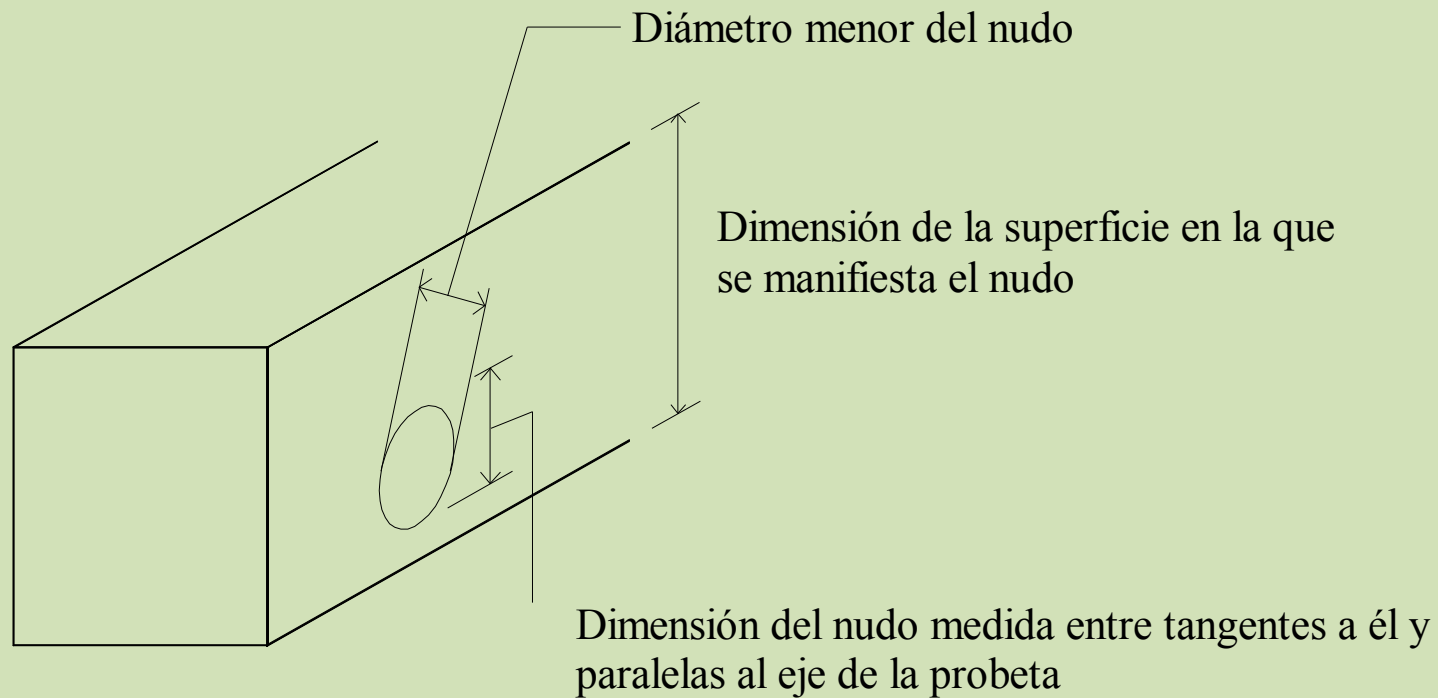


## Tratamiento silviculturales: podas y raleos

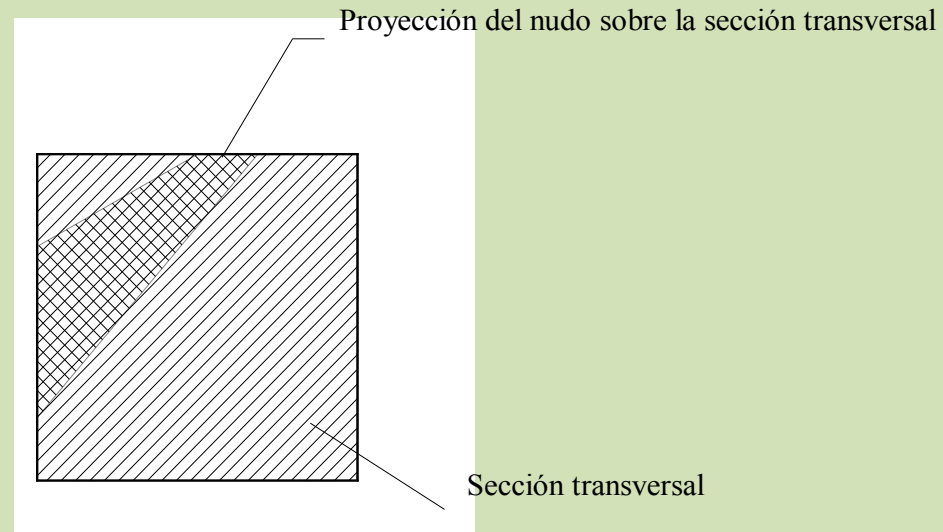


## Medición de parámetros en métodos visuales

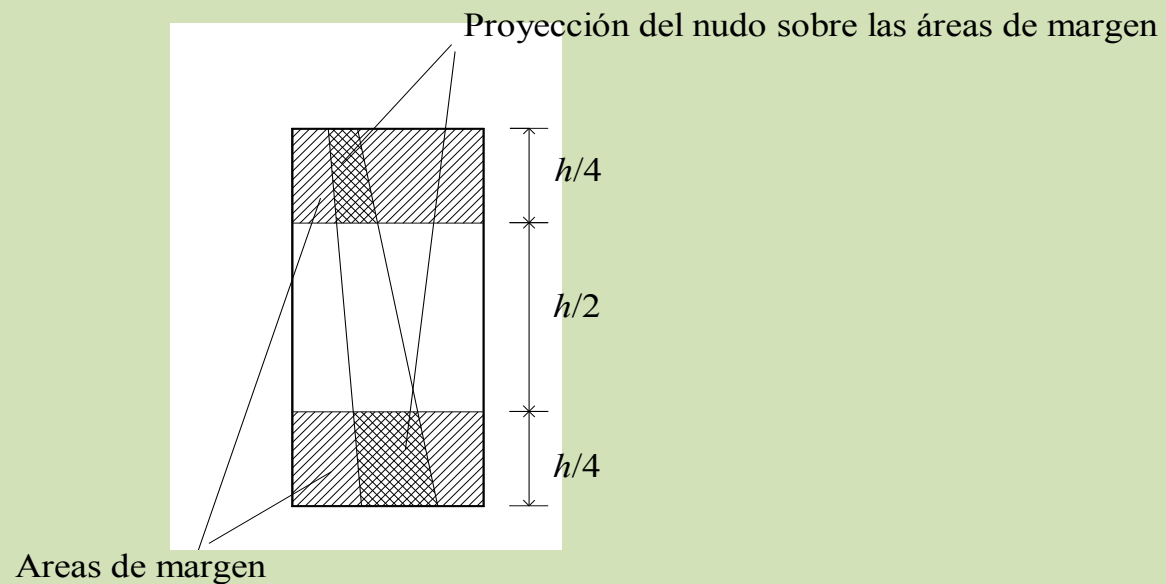
Nudosidad: Relación entre la dimensión del nudo y el ancho de la cara o canto



Nudosidad: Relación entre la proyección del nudo y el área de la sección transversal

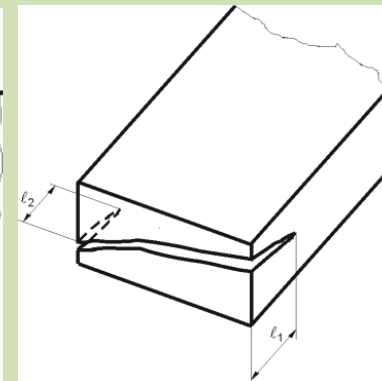
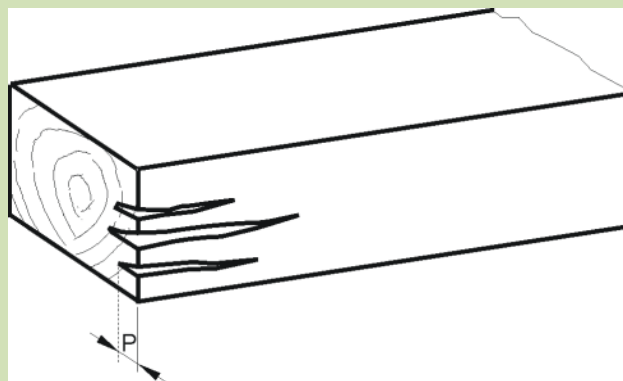
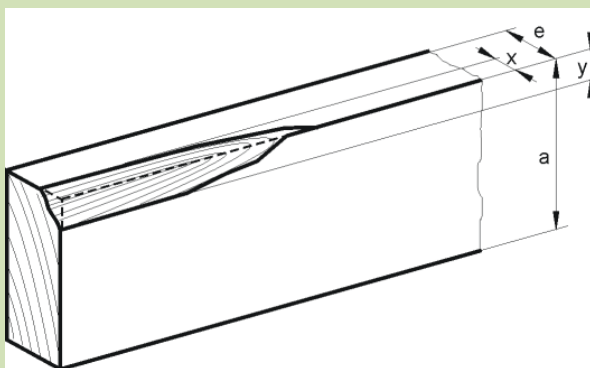


Nudosidad: Relación entre la proyección del nudo y el área de la sección transversal, discriminando las áreas de margen y la central

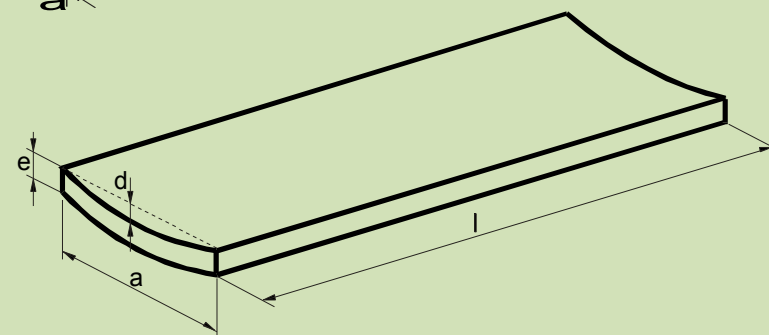
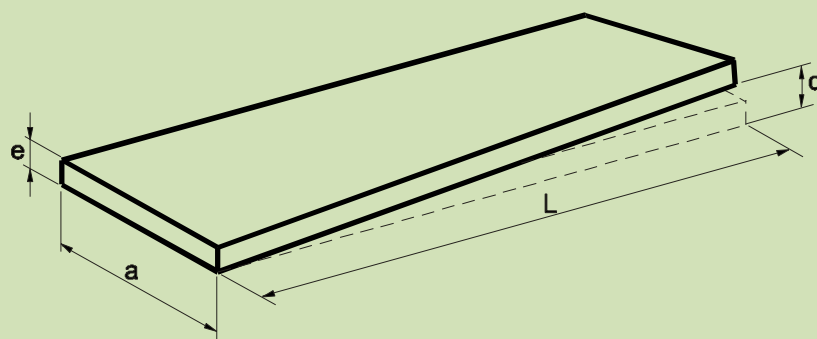
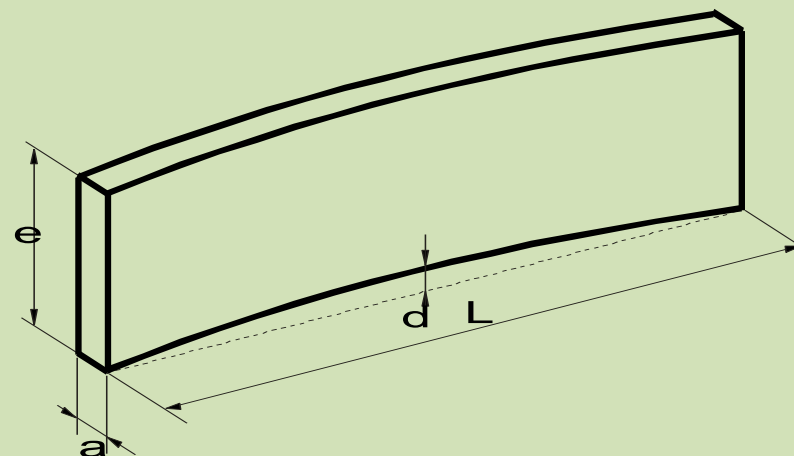
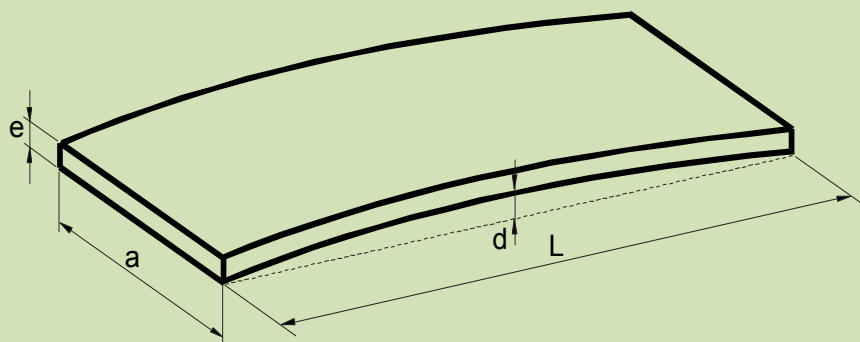




Arista faltante



Fisuras pasantes y no pasantes



Combado, encorvado, revirado y abarquillado

## Gran variabilidad:

Especie/procedencia

De una plantación a otra, de un árbol a otro, dentro de un mismo árbol

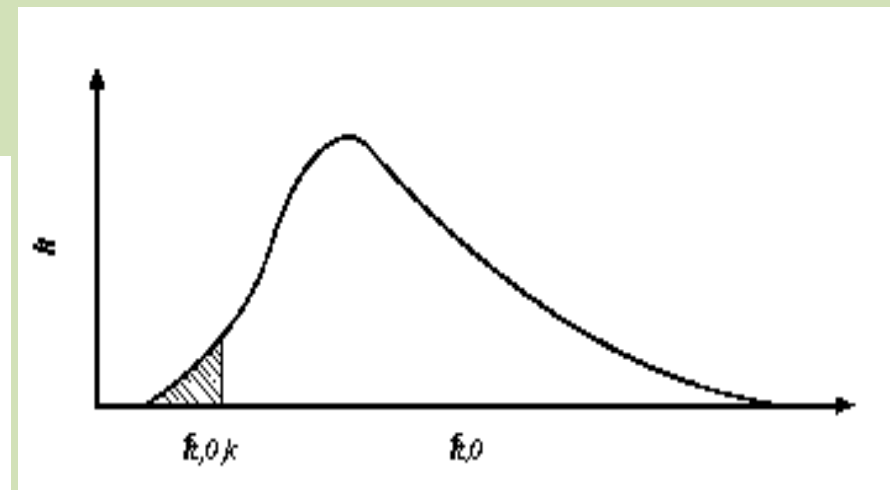
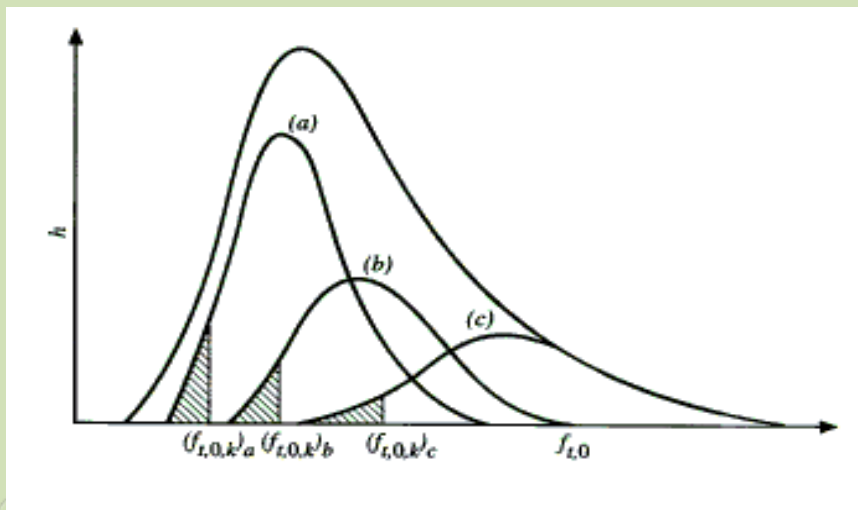
## Importancia de clasificar:

Lotes más pequeños y homogéneos

Métodos visuales: ppales parámetros: presencia de médula, nudos, inclinación de las fibras, etc

Métodos mecánicos: ppales parámetros: módulo de elasticidad.

## Normas IRAM 9662-1/2/3/4 Clasificación visual de tablas por resistencia



# Normas IRAM 9662-1/2/3/4 Clasificación visual de tablas por resistencia

Los valores que se indican en la Tabla S.1.1.1-3. y en la Tabla S.1.1.1-4. son aplicables a piezas de *Pino Paraná (Araucaria angustifolia)*, cultivado en la provincia de Misiones,

| Parámetro               |              | Unidad            | Clase 1                                                                                                                      | Clase 2                  | Clase 3                                                                                                                                                   | Determinación <sup>(1)</sup> |
|-------------------------|--------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Médula                  |              | –                 | No se admite                                                                                                                 | Se admite                | Se admite                                                                                                                                                 | 5.1                          |
| Nudosidad (*)           |              |                   | Menor a 0,4                                                                                                                  | Menor a 0,6              | Mayor o igual a 0,6                                                                                                                                       | 5.2 (*)                      |
| Dirección de las fibras |              | cm/cm             | Desviación menor que 1:12                                                                                                    | Desviación menor que 1:9 | Desviación menor que 1:7                                                                                                                                  | 5.3                          |
| Densidad                |              | kg/m <sup>3</sup> | No se aceptan piezas con densidad excepcionalmente baja. Ver el valor característico ( $\rho_{0,05}$ ) en la Tabla S.1.1.1-4 |                          |                                                                                                                                                           | 5.4                          |
| Fisuras                 | No pasantes  |                   | Se admiten fisuras con profundidad menor al 50% del grosor de la pieza.                                                      |                          |                                                                                                                                                           | 5.5                          |
|                         |              |                   | El largo no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza.                                                       |                          | El largo no debe ser mayor que 1,50 m ni que 1/2 del largo de la pieza.                                                                                   |                              |
|                         | Pasantes(**) | m                 | Se admiten en los extremos y su largo no debe ser mayor que el ancho de la pieza.                                            |                          | El largo no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 de la longitud de la pieza. En los extremos, su largo no debe ser mayor que 2 veces el ancho de la tabla. |                              |
| Combado                 |              | mm/mm             | 10mm / 2000mm                                                                                                                |                          | 20mm / 2000mm                                                                                                                                             | 5.6.1                        |
| Encurvado               |              | mm/mm             | 8mm / 2000mm                                                                                                                 |                          | 12mm / 2000mm                                                                                                                                             | 5.6.1                        |
| Revirado                |              | mm/mm             | Menor que 1 mm por cada 25 mm de ancho.                                                                                      |                          | Menor que 2 mm por cada 25 mm de ancho                                                                                                                    | 5.6.2                        |
| Abarquillado            |              | –                 | Sin restricciones para el abarquillado                                                                                       |                          |                                                                                                                                                           | 5.6.3                        |

## El sistema internacional europeo de clases resistentes para madera aserrada. Clases resistentes s/EN 338

|                                     | Especies de coníferas y álamo |      |      |      |      |      |      |      |      | Especies frondosas |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|
|                                     | C14                           | C16  | C18  | C22  | C24  | C27  | C30  | C35  | C40  | D30                | D35  | D40  | D50  | D60  | D70  |
| Propiedades resistentes en $N/mm^2$ |                               |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |      |      |      |      |      |
| $f_{m,k}$                           | 14                            | 16   | 18   | 22   | 24   | 27   | 30   | 35   | 40   | 30                 | 35   | 40   | 50   | 60   | 70   |
| $f_{t,0,k}$                         | 8                             | 10   | 11   | 13   | 14   | 16   | 18   | 21   | 21   | 18                 | 21   | 24   | 30   | 36   | 42   |
| $f_{t,90,k}$                        | 0,3                           | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,6                | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,9  |
| $f_{c,0,k}$                         | 16                            | 17   | 18   | 20   | 21   | 22   | 23   | 25   | 26   | 23                 | 25   | 26   | 29   | 32   | 34   |
| $f_{c,90,k}$                        | 4,3                           | 4,6  | 4,8  | 5,1  | 5,3  | 5,6  | 5,7  | 6,0  | 6,3  | 8,0                | 8,4  | 8,8  | 9,7  | 10,5 | 13,5 |
| $f_{v,k}$                           | 1,7                           | 1,8  | 2,0  | 2,4  | 2,5  | 2,8  | 3,0  | 3,4  | 3,8  | 3,0                | 3,4  | 3,8  | 4,6  | 5,3  | 6,0  |
| Propiedades de rigidez en $kN/mm^2$ |                               |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |      |      |      |      |      |
| $E_{0,mean}$                        | 7                             | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 12   | 13   | 14   | 10                 | 10   | 11   | 14   | 17   | 20   |
| $E_{0,05}$                          | 4,7                           | 5,4  | 6,0  | 6,7  | 7,4  | 8,0  | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 8,0                | 8,7  | 9,4  | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| $E_{90,mean}$                       | 0,23                          | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,64               | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| $G_{mean}$                          | 0,44                          | 0,50 | 0,56 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,60               | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| Densidad aparente en $kg/m^3$       |                               |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |      |      |      |      |      |
| $\rho_k$                            | 290                           | 310  | 320  | 340  | 350  | 370  | 380  | 400  | 420  | 530                | 560  | 590  | 650  | 700  | 900  |
| $\rho_{mean}$                       | 350                           | 370  | 380  | 410  | 420  | 450  | 460  | 480  | 500  | 640                | 670  | 700  | 780  | 840  | 1080 |



## **Diseño de un método de clasificación de una especie**

### **Elementos para el diseño de un método:**

Definición de la especie y la procedencia (población de partida)

Evaluación de anomalías

Valores resistentes, de rigidez y densidad

Estudios de correlación entre las anomalías y los valores resistentes y de rigidez

Cantidad de clases

Límites para los parámetros

Rendimiento de cada clase

## Definición de la población

Especie/Procedencia/Clase resistente

Características de producción que afectan el comportamiento

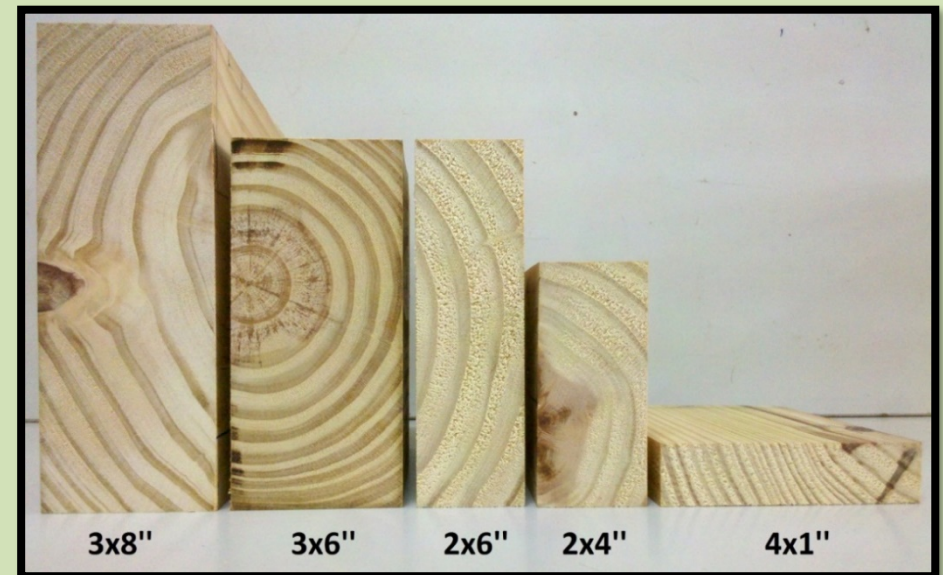
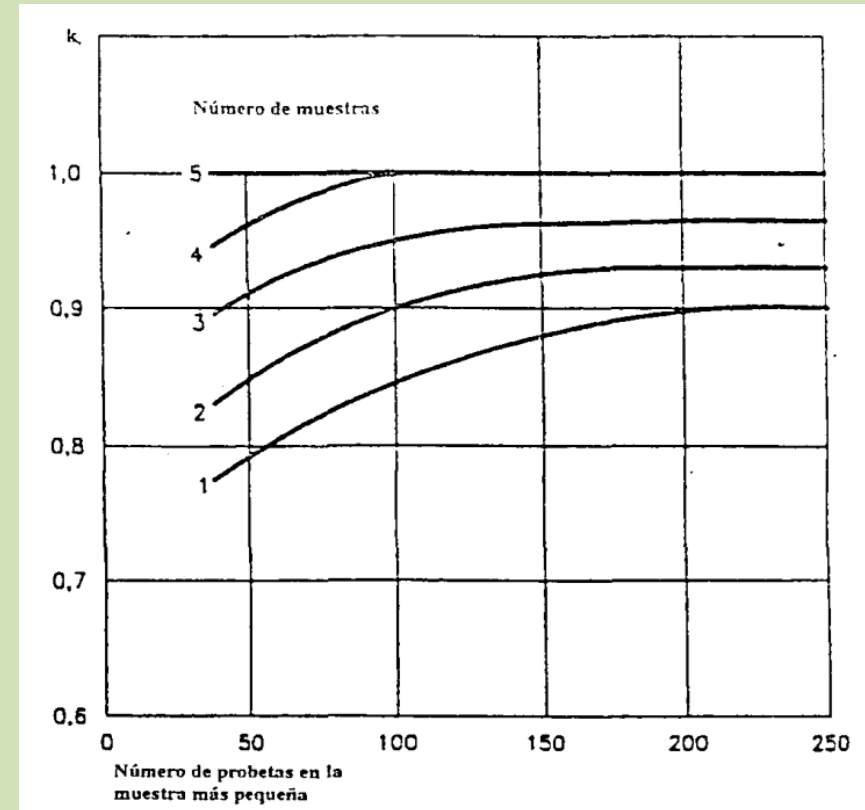
## Toma y preparación de muestras

Representación equilibrada de la población

Cantidad y tamaño de las muestras

Representación de las dimensiones usuales estructuralmente

Iguals dimensiones nominales dentro de cada muestra



## Aspectos básicos del funcionamiento del sistema

Las 3 determinaciones básicas para la inserción en el sistema:

*MOR característico, MOE medio, Densidad característica*

Ensayos mecánicos y físicos según EN 408 - [IRAM 9663 \(2013\)](#)

Tratamiento estadístico según EN 384 - [IRAM 9664 \(2013\)](#)

Calculo del contenido de humedad y de la densidad aparente s/ ISO 3130 (1975)- [IRAM 9532 \(1963\)](#) e ISO 3131 (1975)- [IRAM 9544 \(1973\)](#)

Sistema de equivalencias para las clases resistentes de distintos países

## Propiedades físicas y mecánicas mas importantes para el uso estructural de la madera

### Propiedades Físicas:

Comportamiento de la madera ante factores del medio ambiente natural, sin que éste actúe química o mecánicamente sobre su estructura interna.

- *Densidad Aparente*
- *Contenido de Humedad*
- *Durabilidad natural*



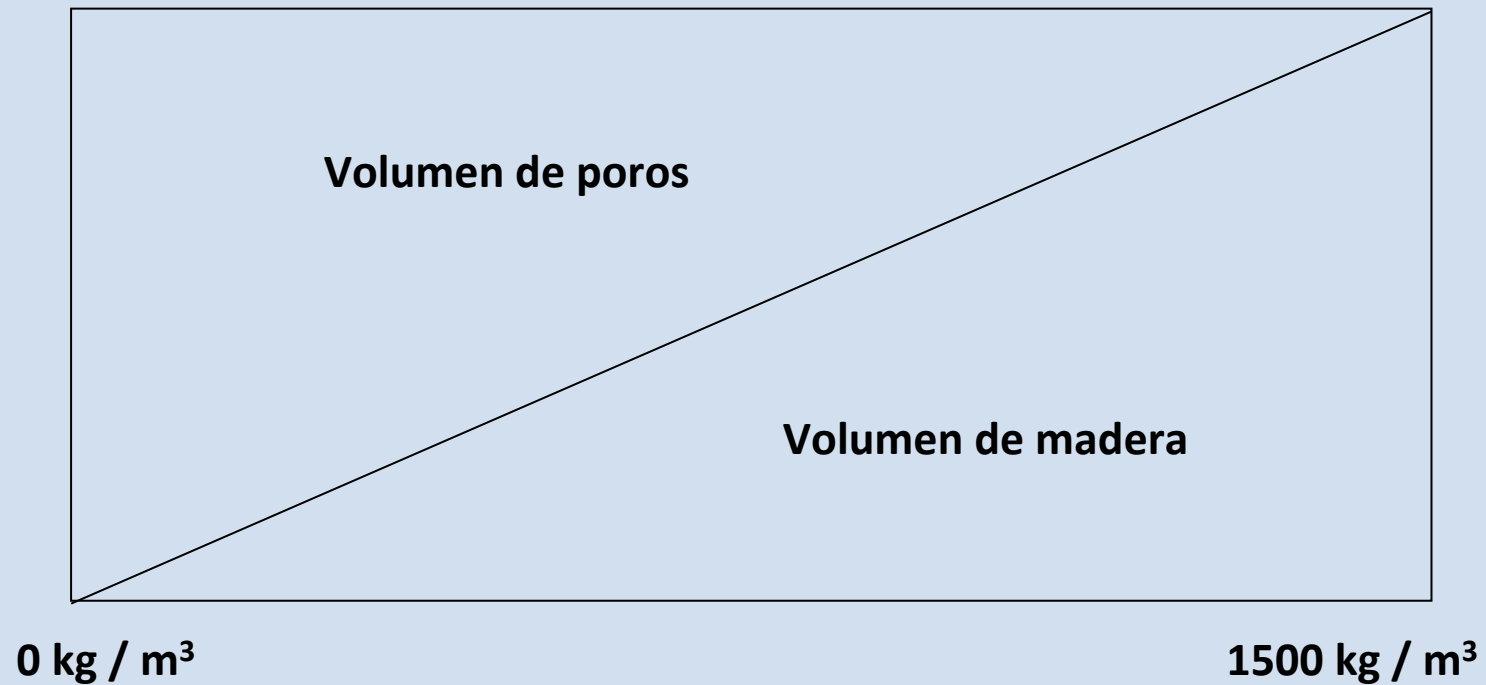
➤ **Densidad Aparente**

$$\rho_w = m_w / V_w \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

$$\rho_{12} = m_{12} / V_{12} \text{ (kg / m}^3\text{) densidad en clima normal}$$

$$\rho_0 = m_0 / V_0 \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

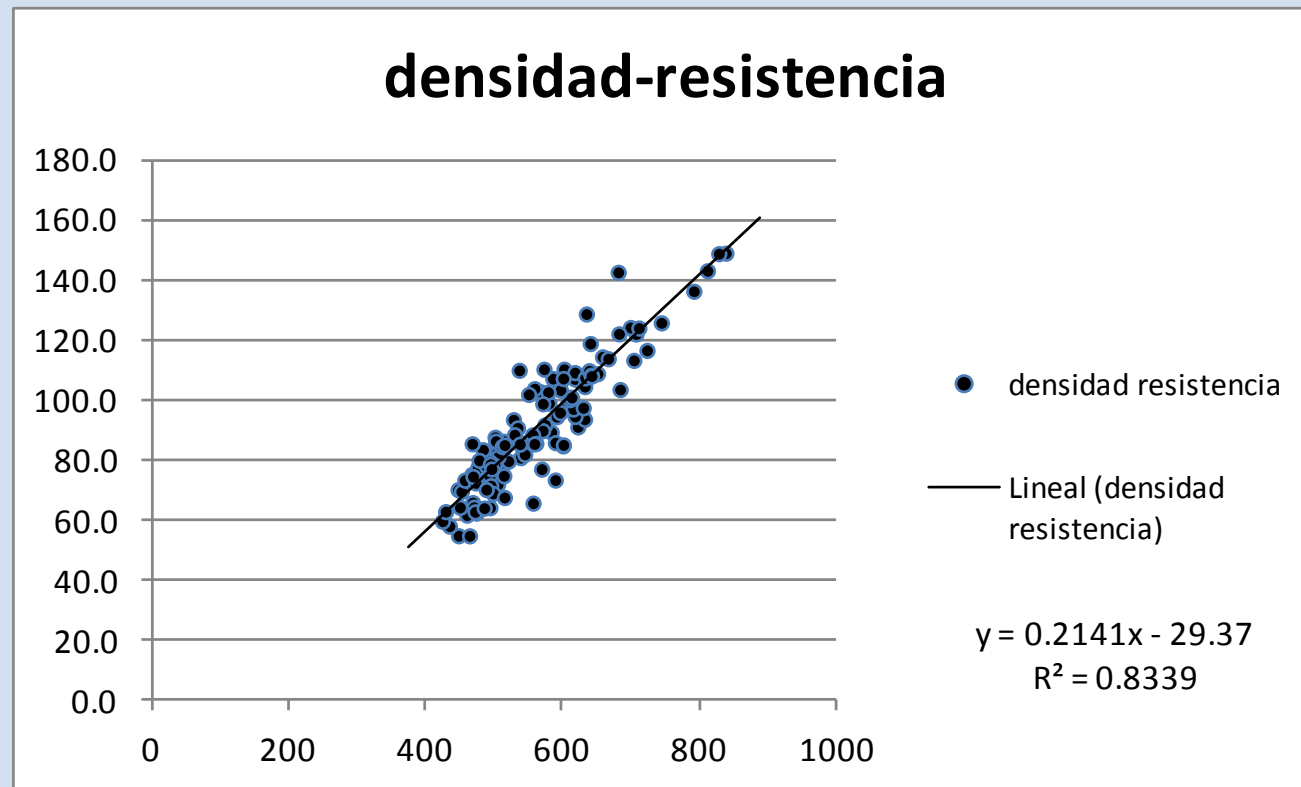
densidad anhidra



Campo real entre 110 kg / m<sup>3</sup> y 1300 kg / m<sup>3</sup>

## ➤ *Densidad Aparente*

Correlación entre la densidad aparente y la resistencia



*Ensayo 121 probetas libres de defectos de Acacia melanoxylon (flexión s/ASTM D143)*

## ➤ *Contenido de humedad*

La pérdida del “**agua libre**” contenida en huecos, no afecta ni volumen ni propiedades mecánicas. Desde el apeo del árbol a 70/80% hasta 30% punto de saturación de la fibras.

Cuando comienza a perderse el “**agua de impregnación**” contenida en paredes celulares, se modifica el volumen y las propiedades mecánicas, se produce **contracción**.

Caso inverso: cuando comienza a ganar humedad del medio ambiente, desde 0% hasta 30% punto de saturación de la fibras, se produce **expansión**.

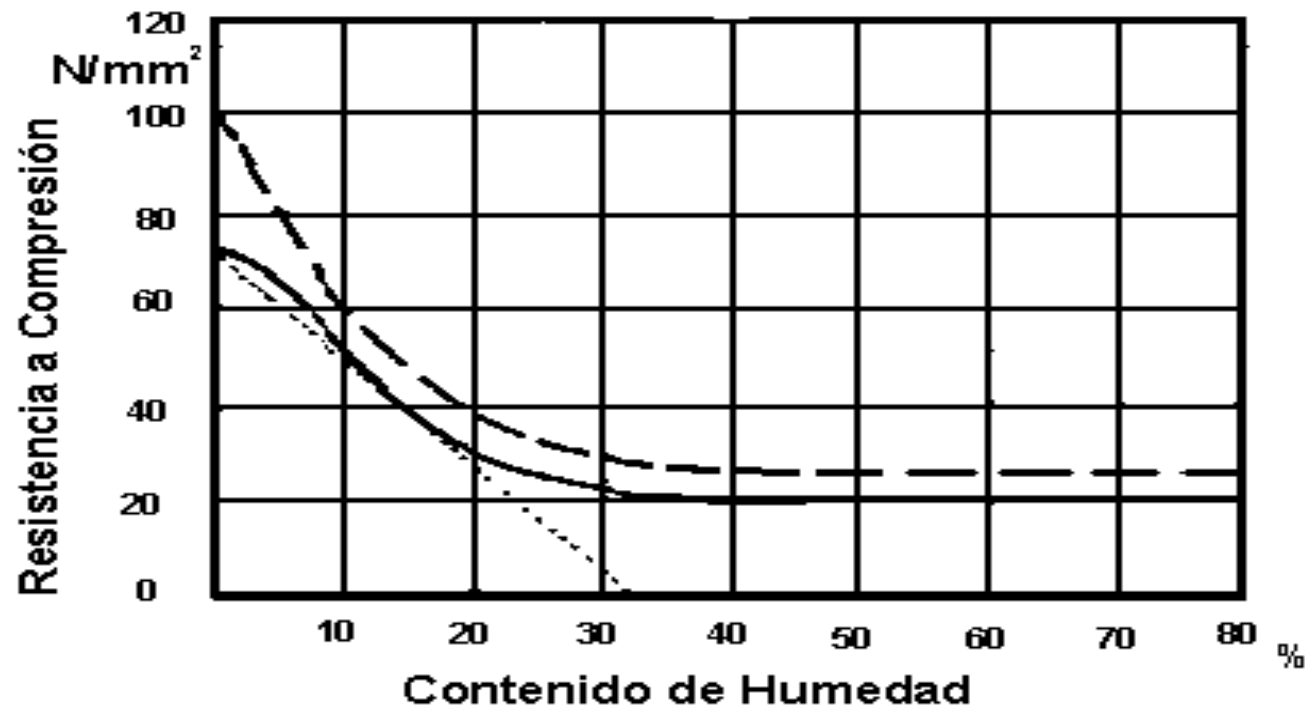
El “**agua de constitución**” la que forma parte de las células, no se puede remover, solo quemando la madera.

➤ *Contenido de Humedad*

$$W = (m_h - m_s) 100 / m_s \quad (\%)$$

Importancia del punto de saturación de las fibras

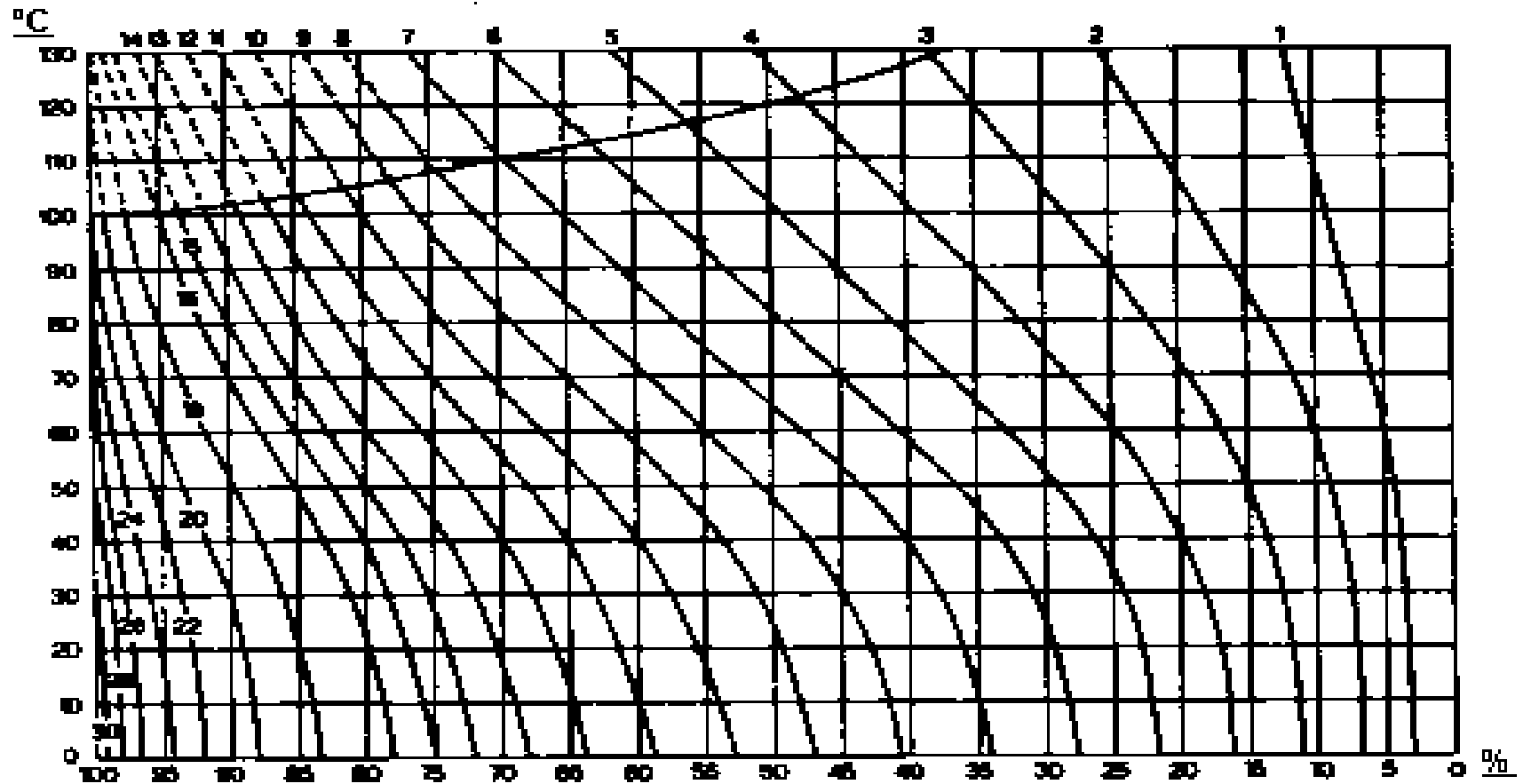
Correlación entre el contenido de humedad y la resistencia





## ➤ *Contenido de Humedad*

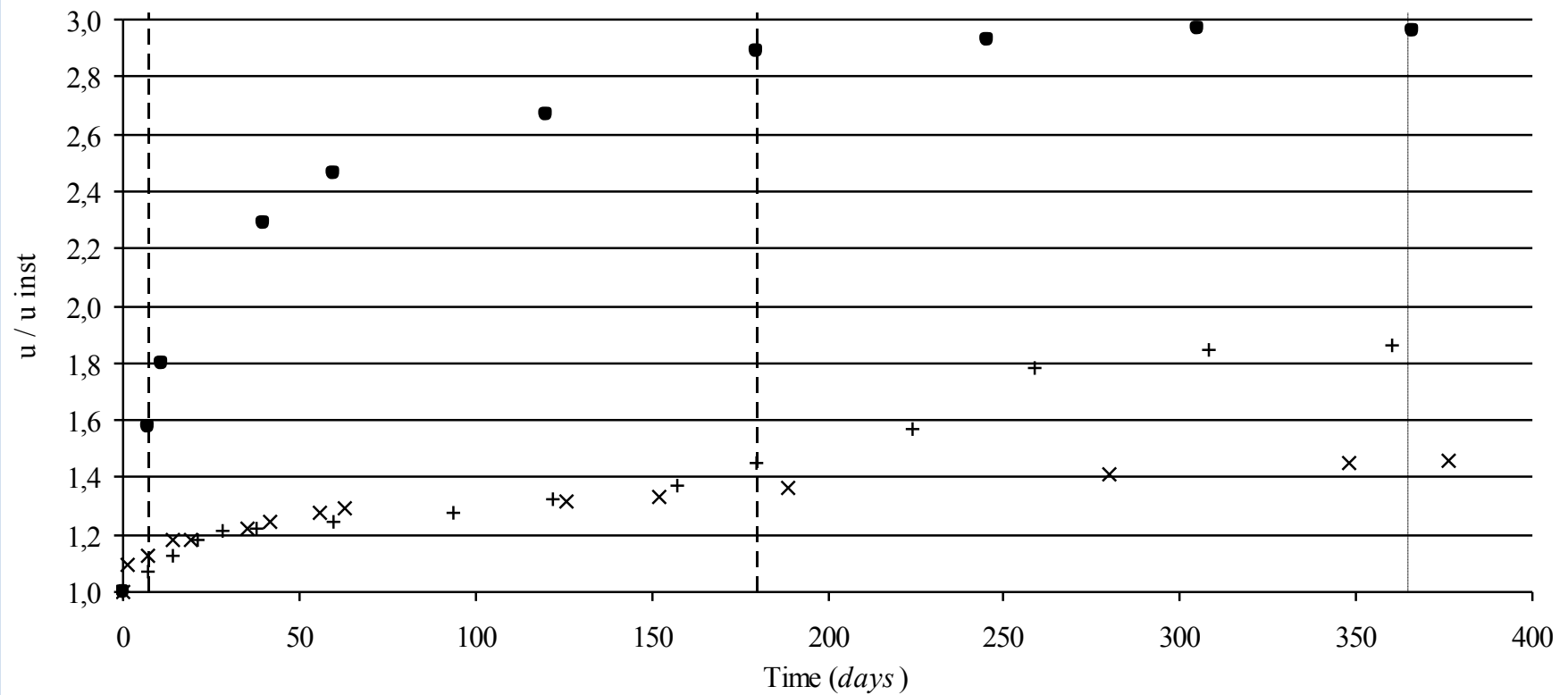
Contenido de humedad de equilibrio



## ➤ Contenido de Humedad

### Influencia del contenido de humedad sobre la deformación diferida

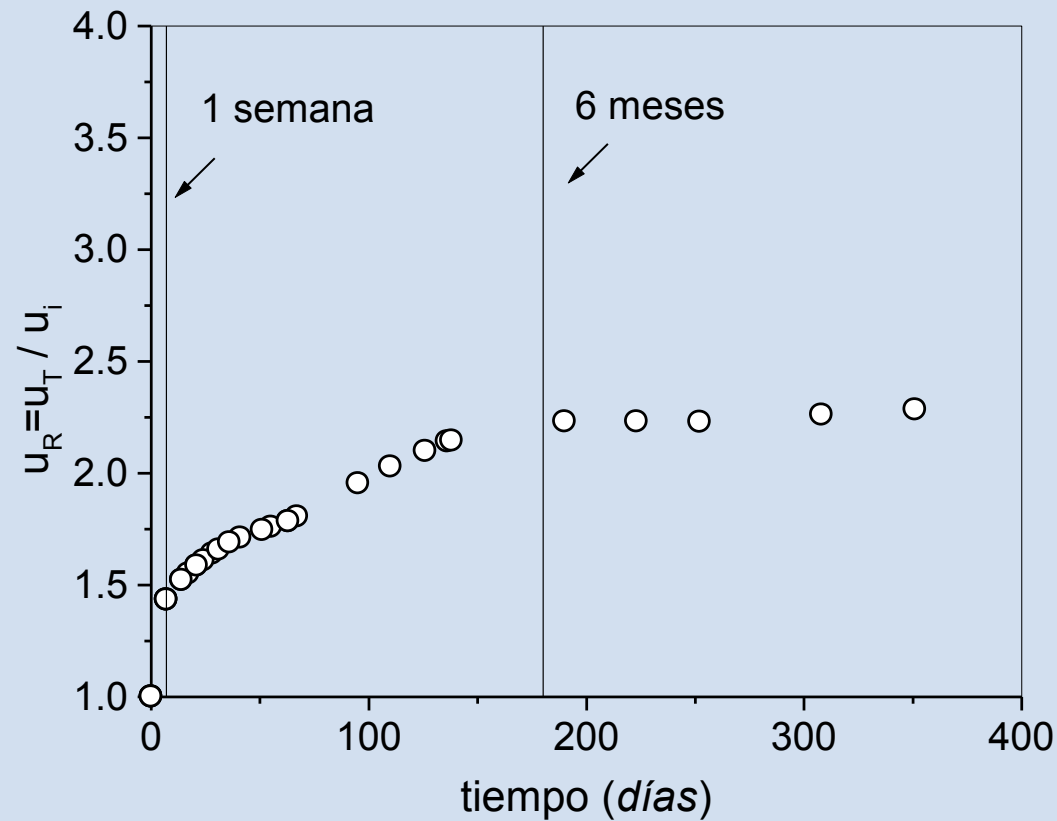
Promedio para 15 vigas en tamaño estructural de *E. grandis* cargadas en estado verde comparadas con otras 2 muestras cargadas en estado seco



## ➤ *Contenido de Humedad*

### Influencia del contenido de humedad sobre la deformación diferida

Promedio para 40 vigas pequeñas y libres de defectos de *E. grandis* cargadas en estado seco



## ➤ *Contenido de humedad*

Importancia del factor de anisotropía.

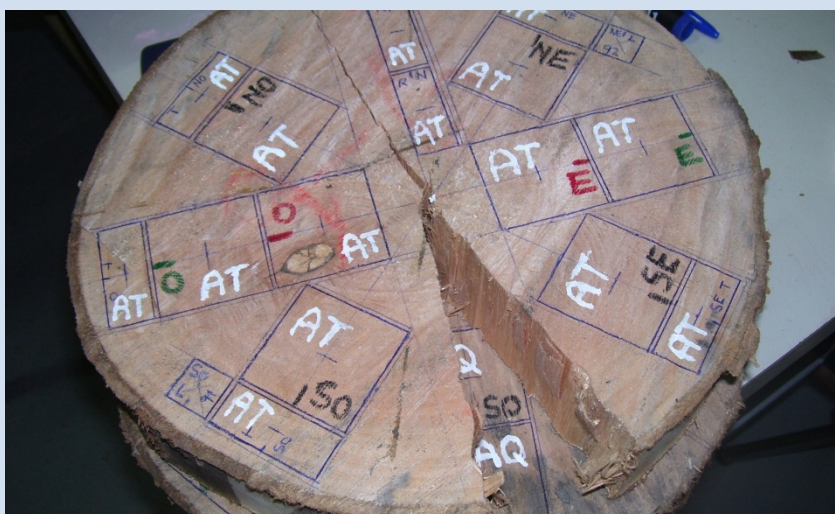
Contracción/expansión radial, tangencial y longitudinal

Variación tangencial: 10 %

Variación radial: 6 %

Variación longitudinal: 0,5 %

Inmersión



Marcado y corte de las probetas



Secado

Ensayos de expansión y contracción- IRAM 9543



## ➤ Durabilidad Natural

Conforme a la norma EN 350-1 (1994), la durabilidad natural de una especie frente a los hongos xilófagos, de la cual se cuenta con los resultados de los ensayos de campo efectuados conforme a la norma EN 252 (1991), se efectúa según el siguiente criterio:

| EN 350-1: 1994                                                                                                                    |                      |                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Tabla 2- Clases de durabilidad natural de la madera frente e los hongos xilófagos según los ensayos de campo de la Norma EN 252.  |                      |                                                               |
| Clases de durabilidad                                                                                                             | Descripción          | Resultados de ensayos de campo expresados en función de x (1) |
| 1                                                                                                                                 | Muy Durable          | $x > 5,0$                                                     |
| 2                                                                                                                                 | Durable              | $x > 3,0 \text{ y } \leq 5,0$                                 |
| 3                                                                                                                                 | Medianamente Durable | $x > 2,0 \text{ y } \leq 3,0$                                 |
| 4                                                                                                                                 | Poco Durable         | $x > 1,2 \text{ y } \leq 2,0$                                 |
| 5                                                                                                                                 | No Durable           | $x \leq 1,2$                                                  |
| (1) $x = \frac{\text{vida media de las piquetas de ensayo}}{\text{vida media de la serie de piquetas de referencia más durable}}$ |                      |                                                               |

## ➤ *Durabilidad Natural*

### Guía de empleo según las normas europeas (EN 460)

|   | Clase de riesgo                      | Clase de durabilidad |     |     |         |         |
|---|--------------------------------------|----------------------|-----|-----|---------|---------|
|   |                                      | 1                    | 2   | 3   | 4       | 5       |
| 1 | Ambiente interior                    | 0                    | 0   | 0   | 0       | 0       |
| 2 | Ambiente semicubierto                | 0                    | 0   | 0   | (0)     | (0)     |
| 3 | Intemperie sin contacto con el suelo | 0                    | 0   | (0) | (0)-(x) | (0)-(x) |
| 4 | Contacto con el suelo o agua dulce   | 0                    | (0) | (x) | x       | x       |
| 5 | Contacto con agua salada             | 0                    | (x) | (x) | x       | x       |

*0: durabilidad natural suficiente*

*X: tratamiento protector necesario*

*(0), (0)-(x) y (x) situaciones intermedias donde la protección es recomendable con importancia creciente desde (0) a (x)*

## ➤ ***Durabilidad Natural***

**Proyecto Iberoeka Duramad (2005-2007) Certificado IBK 04-381**

*“Estudio de la durabilidad natural de la madera de Eucalipto de plantaciones y métodos de aplicación de protectores”*

Tarea en Argentina:

DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE DURABILIDAD NATURAL DEL *EUCALYPTUS*  
*GRANDIS* SEGÚN LA NORMA EN 350-1 (1994)



## ➤ ***Durabilidad Natural***

Se instalaron un total de **6 campos de ensayo** en zonas cercanas al mercado consumidor, las que a su vez presentaban variadas condiciones climáticas y del suelo.

Carcarañá (Prov. Santa Fe)

Concordia (Prov. Entre Ríos)

Córdoba (Prov. Córdoba)

Gral Pacheco (Prov. Buenos Aires)

San Rafael (Prov. Mendoza)

Santa Fe (Prov. Santa Fe)

**En cada campo se instalaron:**

60 estacas de *Eucalyptus grandis* provenientes de las 4 zonas de cultivo seleccionadas y a su vez representando madera de albura, duramen externo e interno.

5 estacas de albura de Haya (*Fagus sylvatica*) (especie de referencia).



## ➤ Durabilidad Natural

Material preparado según los lineamientos de las normas EN 252 y EN 350-1

| Cantidad de árboles | Ubicación de la plantación | Edad                  | Semilla                                        |
|---------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| 3                   | Yuquerí, Entre Ríos        | Rebrote de 11 años    | <i>E. grandis</i> Pindapoy, Huerto propio      |
| 3                   | Humaitá, Entre Ríos        | Plantación de 12 años | <i>E. grandis</i> Huerto Sudafricano Transvaal |
| 3                   | San Gregorio, Entre Ríos   | Rebrote de 12 años    | <i>E. grandis</i> INTA Concordia               |
| 3                   | Virasoro, Corrientes       | Plantación de 27 años | <i>E. grandis</i> Huerto Sudafricano Transvaal |

3 árboles de cada zona de procedencia y de cada árbol se seleccionaron de las 3 zonas del tronco: albura, duramen externo e interno.

# Distribución Estacas Gral Pacheco (arboles 1,5,9,10)

Intalación Martes 01/11/2005

SUR

YUQUERI (7,8,9)

FORESTADORA (arboles 10,11,12)

|        |    |        |    |        |
|--------|----|--------|----|--------|
| 51     | 52 | 53     | 54 | 55     |
| 94     | 94 | 94     | 94 | 94     |
| 41     | 42 | 43     | 44 | 45     |
| 95     | 95 | 95     | 95 | 95     |
| 31     | 32 | 33     | 34 | 35     |
| 97     | 97 | 97     | 97 | 97     |
| 1      |    | 2      |    | 3      |
| Haya 1 |    | Haya 2 |    | Haya 3 |
| 21     | 22 | 23     | 24 | 25     |
| 14     | 14 | 14     | 14 | 13     |
| 11     | 12 | 13     | 14 | 15     |
| 15     | 15 | 15     | 15 | 15     |
| 1      | 2  | 3      | 4  | 5      |
| 16     | 16 | 16     | 16 | 16     |

|     |     |        |     |        |
|-----|-----|--------|-----|--------|
| 56  | 57  | 58     | 59  | 60     |
| 104 | 104 | 104    | 104 | 104    |
| 46  | 47  | 48     | 49  | 50     |
| 105 | 105 | 105    | 105 | 105    |
| 36  | 37  | 38     | 39  | 40     |
| 106 | 106 | 106    | 106 | 106    |
|     |     | 4      |     | 5      |
|     |     | Haya 4 |     | Haya 5 |
| 26  | 27  | 28     | 29  | 30     |
| 54  | 54  | 54     | 54  | 54     |
| 16  | 17  | 18     | 19  | 20     |
| 55  | 55  | 55     | 55  | 55     |
| 6   | 7   | 8      | 9   | 10     |
| 57  | 57  | 57     | 57  | 57     |

YBYRATI (arboles 1,2,3)

CARMEN SILVINA (arboles 4,5,6)



➤ ***Durabilidad Natural***



**Fotos Instalación**





## ➤ *Durabilidad Natural*

**Criterio de evaluación del grado de ataque biológico** según guía del Nordic Wood Preservation Council basada en la norma EN 252

| Grado de ataque | Descripción                 | Condiciones                                     |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| 0               | Sin ataque                  | Deterioros no apreciables                       |
| 1               | Ataque ligero               | Deterioros a una profundidad no superior a 1 mm |
| 2               | Ataque moderado             | Deterioros a una profundidad no superior a 3 mm |
| 3               | Ataque severo               | Deterioros a una profundidad superior a 3 mm    |
| 4               | Rotura del cuerpo de prueba | Ruptura en campo o por el ensayo de flexión     |

**Periodicidad de las inspecciones: cada 6 meses.**



# PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS



## Fotos Revisión





➤ *Durabilidad Natural*



**Ensayo de flexión para  
determinar la rotura** construido  
según guía del Nordic Wood  
Preservation Council

## ➤ Durabilidad Natural

| grados de ataque   | <i>Eucalyptus grandis</i> |                      |                   |                           |                    |                            |                      |                              |                     |
|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|
|                    | (especie en estudio)      |                      |                   |                           |                    |                            |                      |                              |                     |
|                    | Ataque hongos             |                      |                   |                           |                    |                            |                      |                              |                     |
|                    | (0-4)                     |                      |                   |                           |                    |                            |                      |                              |                     |
|                    | Revisión anual            | Revisión año y medio | Revisión dos años | Revisión dos años y medio | Revisión tres años | Revisión tres años y medio | Revisión cuatro años | Revisión cuatro años y medio | Revisión cinco años |
| Carcarañá          | 1.77                      | 1.92                 | 2.68              | 3.23                      | 3.48               | 3.75                       |                      | 3.82                         |                     |
| Concordia          | 1.75                      | 2.70                 | 3.12              | 3.43                      | 3.60               | 3.73                       | 3.82                 |                              |                     |
| Córdoba            | 2.52                      | 2.59                 | 2.85              | 3.07                      | 3.37               | 3.54                       |                      | 3.58                         | 3.76                |
| Gral Pacheco       | 1.17                      | 2.10                 | 2.47              | 2.82                      | 3.32               | 3.43                       | 3.57                 |                              | 3.72                |
| San Rafael         | 0.10                      |                      | 1.38              | 2.58                      |                    |                            | 3.19                 |                              | 3.50                |
| Santa Fe           | 2.75                      | 3.53                 | 3.82              | 3.90                      | 3.93               |                            | 3.95                 | 3.98                         | 4.00                |
| Promedio Argentina | 1.68                      | 2.57                 | 2.72              | 3.17                      | 3.54               | 3.61                       | 3.63                 | 3.79                         | 3.74                |

## ➤ ***Durabilidad Natural- Conclusiones***

Importancia del ataque de hongos xilófagos frente a otros organismos destructores

Diferencias significativas entre campos de ensayo

Diferencias poco significativas entre procedencias y zonas del tronco

Resultados esperados al finalizar el proyecto: Clase de durabilidad natural 3 o 4, medianamente durable a poco durable

Clases de riesgos en los cuales el desempeño de la especie es adecuado sin protección y consecuente importancia de la protección por diseño



## **Propiedades Mecánicas:**

Comportamiento resistente y elástico de la madera ante cargas externas.

**Propiedades de resistencia**

**Propiedades de rigidez**

**Ensayos de flexión, tracción, corte, compresión**

**Ensayo fundamental: flexión, se derivan de él las otras propiedades**

**Influencia de la anisotropía: direcciones consideradas**

**Probetas pequeñas (IRAM 9545 ó ASTM D 143)**

**Probetas de tamaño estructural usual (IRAM 9663- EN 408- ASTM D 198)**

## Relación entre propiedades según EN 9664 (2015)

$$f_{t,0,k} = 0,6 f_{m,k}$$

$$f_{c,0,k} = 5 (f_{m,k})^{0,45}$$

$$f_{v,k} = 0,2 (f_{m,k})^{0,8}$$

$$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Para coníferas})$$

$$f_{t,90,k} = 0,6 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Para dicotiledóneas})$$

$$f_{c,90,k} = 0,007 [\sigma_k] \quad (\text{Para coníferas})$$

$$f_{c,90,k} = 0,015 [\sigma_k] \quad (\text{Para dicotiledóneas})$$

$$E_{0,05} = 0,67 E_{0,mean} \quad (\text{Para coníferas})$$

$$E_{0,05} = 0,84 E_{0,mean} \quad (\text{Para dicotiledóneas})$$

$$E_{90,mean} = E_{0,mean} / 30 \quad (\text{Para coníferas})$$

$$E_{90,mean} = E_{0,mean} / 15 \quad (\text{Para dicotiledóneas})$$

$$G_{mean} = E_{0,mean} / 16$$



**Anteriormente al ensayo:**

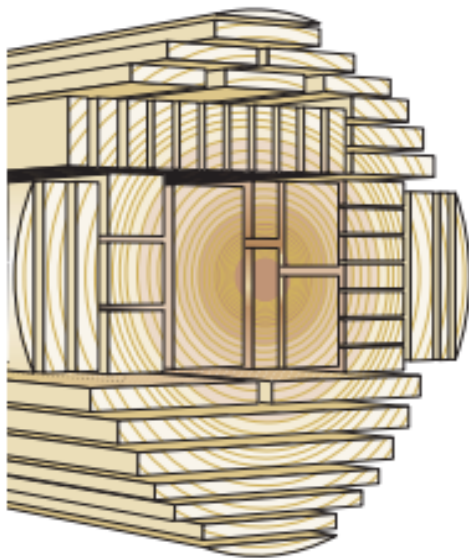
**Definición de la población**

Especie/Procedencia

Características de producción que afectan el comportamiento







Diferentes cortes para obtener tablonés de diversos grosores y longitudes.

enteriza



paralelo



radial



holandés



cantibay



en cruz



hilos encontrados



encuartonado



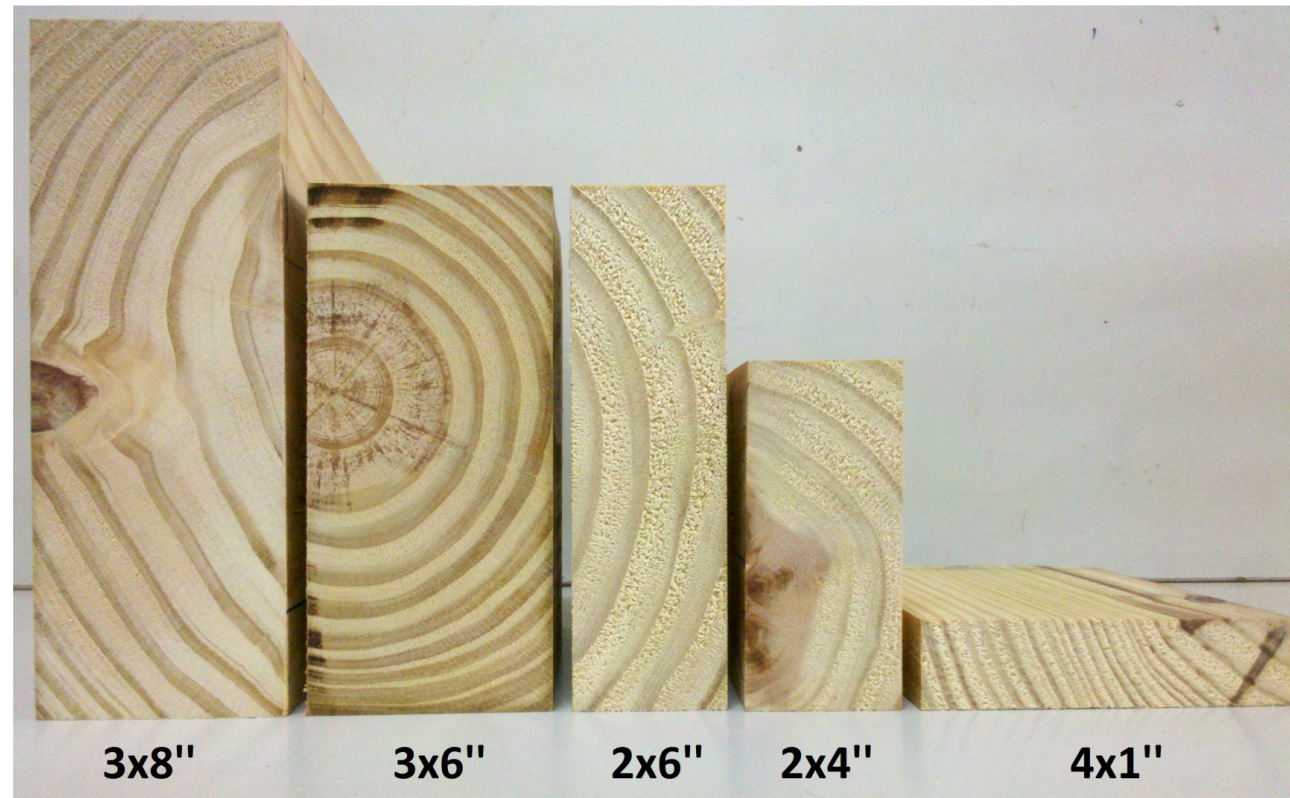


## Diseño, toma y preparación de muestras

Representación equilibrada de la población

Representación de las dimensiones usuales estructuralmente, 3 a 5 muestras

Iguals dimensiones nominales dentro de cada muestra, 50 cuerpos de prueba



## **Procedimientos normalizados para ensayos estáticos y Relación con el uso de los valores para el diseño estructural**

Equipamiento para medir cargas y deformaciones  
Velocidad de aplicación de la carga  
Duración del ensayo  
Precisión requerida para la carga y para las deformaciones  
Preparación y climatización de los cuerpos de prueba  
Determinación de la densidad y la humedad

**Ensayos mecánicos y físicos según IRAM 9663-EN 408.**  
**Calculo del contenido de humedad y de la densidad aparente según ISO 3130 e ISO 3131 ó IRAM 9544.**  
**Cálculo de valores característicos según IRAM 9664- EN 384**

**Condiciones normalizadas de ensayo para que los resultados sean comparables.**

**En la realidad las condiciones de uso difieren de las de ensayo, por lo tanto las reglas de diseño estructural a través de la aplicación de coeficientes apropiados, que afectan a los valores obtenidos de ensayo, permiten considerar las condiciones reales.**

**IRAM 9663 (2013)**

**Antecedentes nacionales en IRAM**

**Basada en la EN 408**

**Ensayos en tamaño estructural incluidos en esta etapa**

**Razones de su orientación y contenido inicial**

**Destinatarios fundamentales**

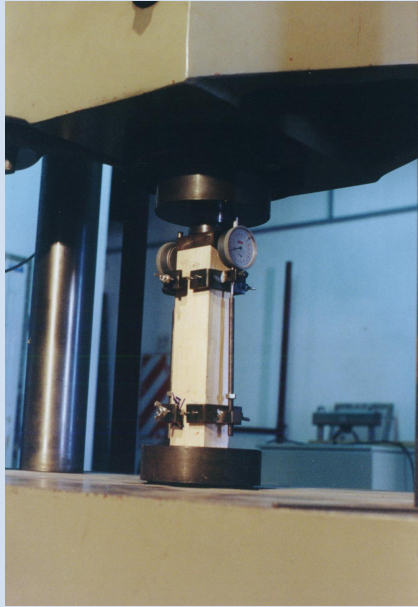
**IRAM 9664 (2013)**

**Basada en la EN 384**

**Razones de su orientación**



# PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

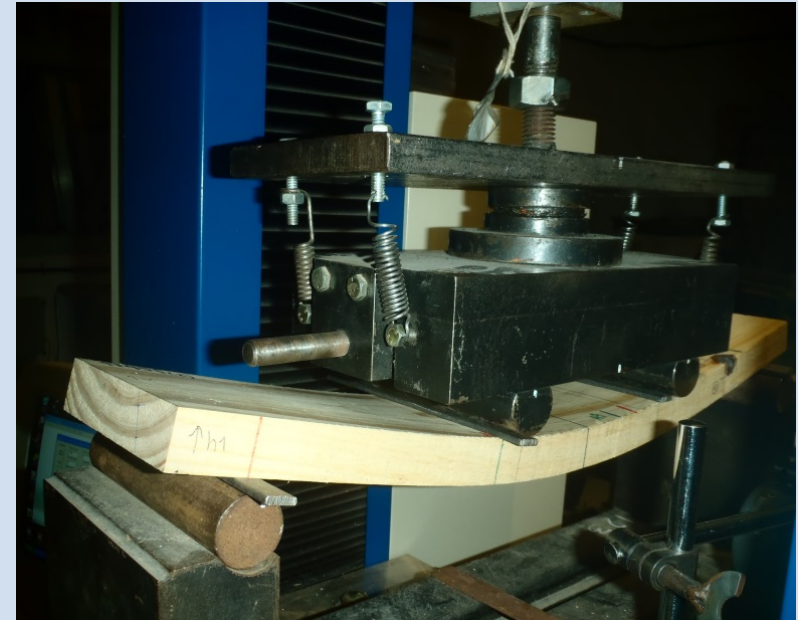


Ensayos estáticos para determinar propiedades mecánicas



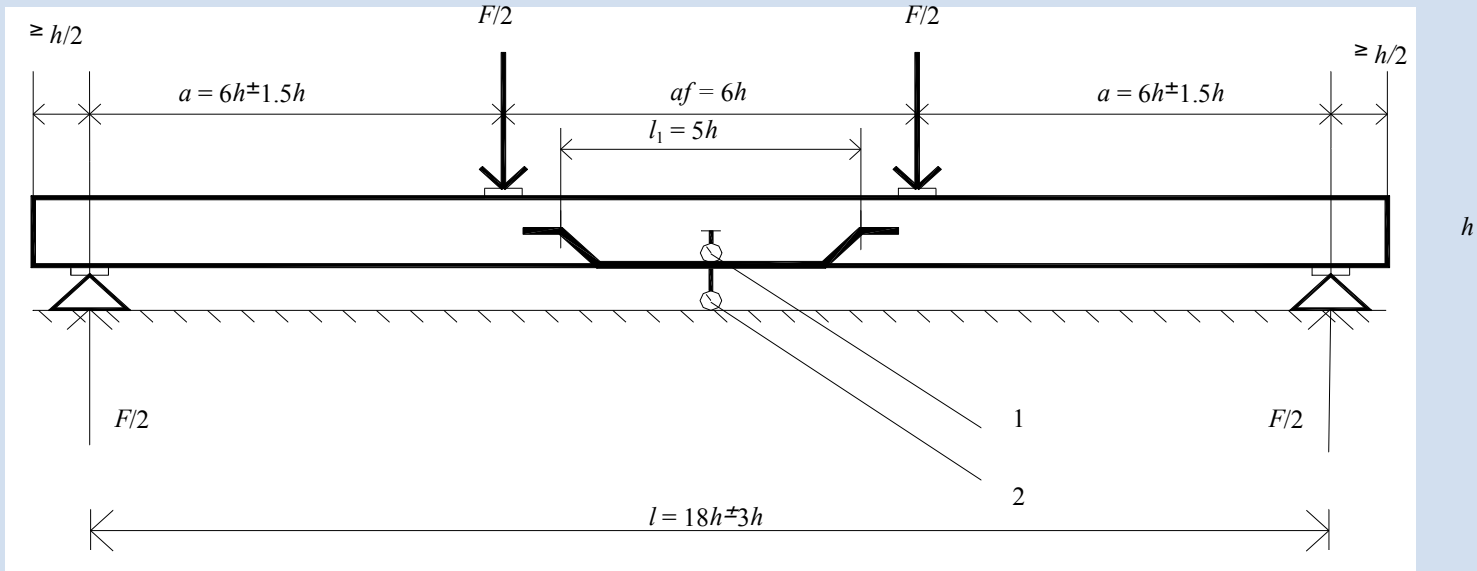


## Ensayo estático de flexión en piezas estructurales



## Ensayo estático de flexión en piezas estructurales

### Importancia de la aplicación de la carga en los tercios de la viga



1- MOE  
local

$$E_{m,l} = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16I(\omega_2 - \omega_1)}$$

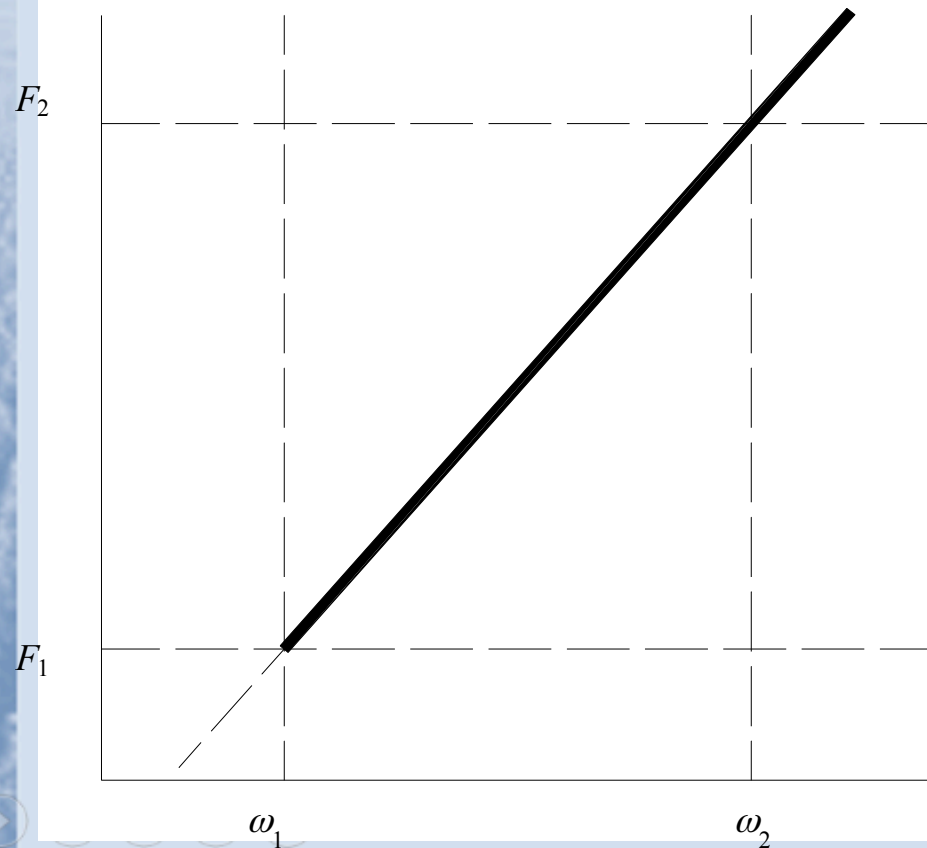
2- MOE  
global

$$E_{m,g} = \frac{l^3 (F_2 - F_1)}{4,7bh^3(\omega_2 - \omega_1)}$$





## Ensayo estático de flexión en piezas estructurales



$$f_m = \frac{F_{m\acute{a}x}a}{2W}$$

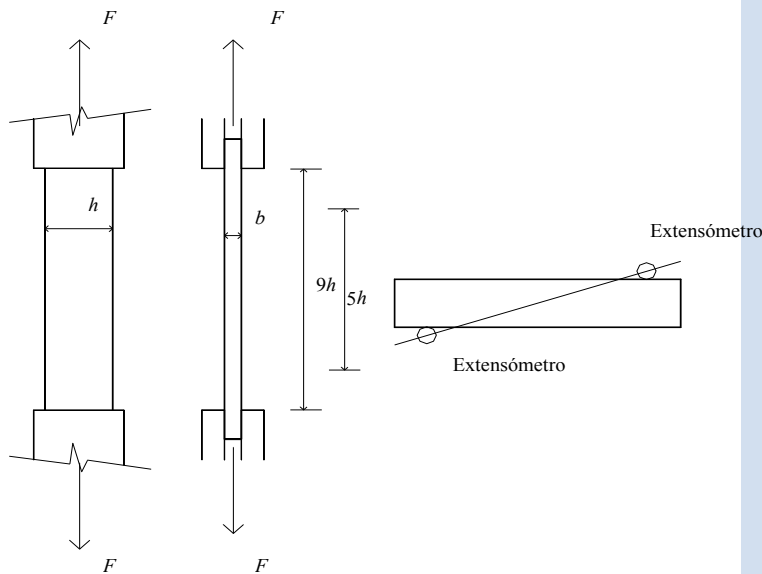
$$E_{m,g} = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{4,7bh^3(\omega_2 - \omega_1)}$$

$$E_{m,l} = \frac{al_1^2(F_2 - F_1)}{16I(\omega_2 - \omega_1)}$$

## Ensayo estático de tracción paralela a las fibras en piezas estructurales

$$f_{t,0} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A}$$

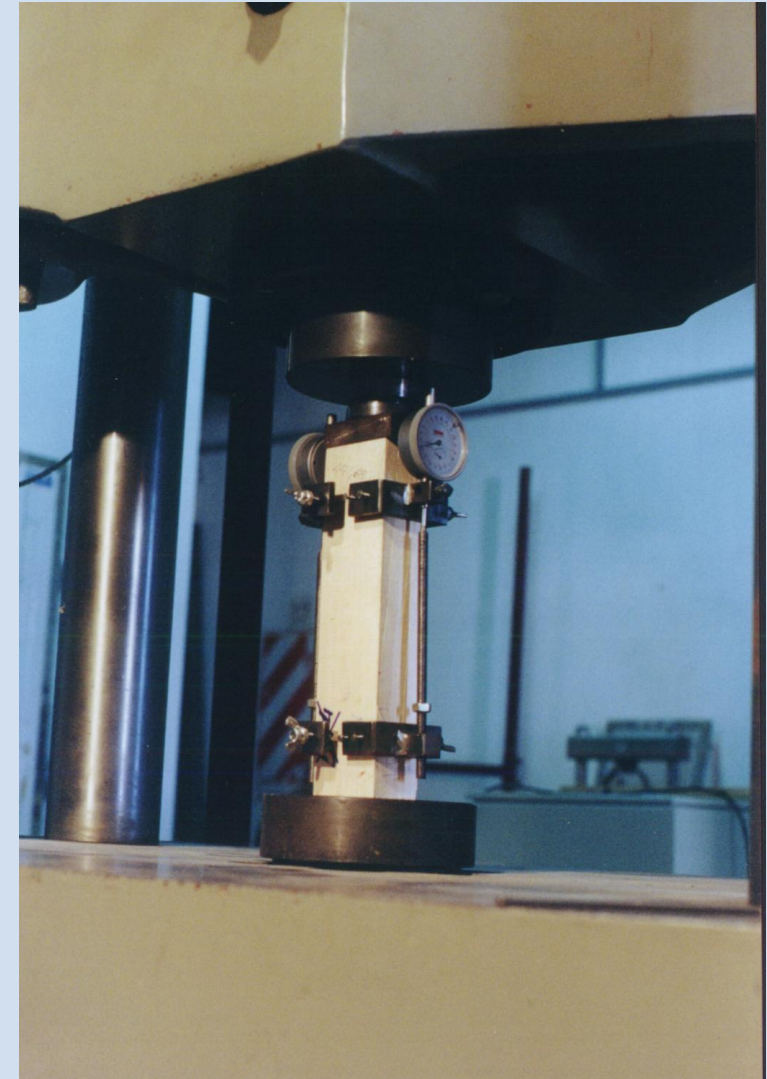
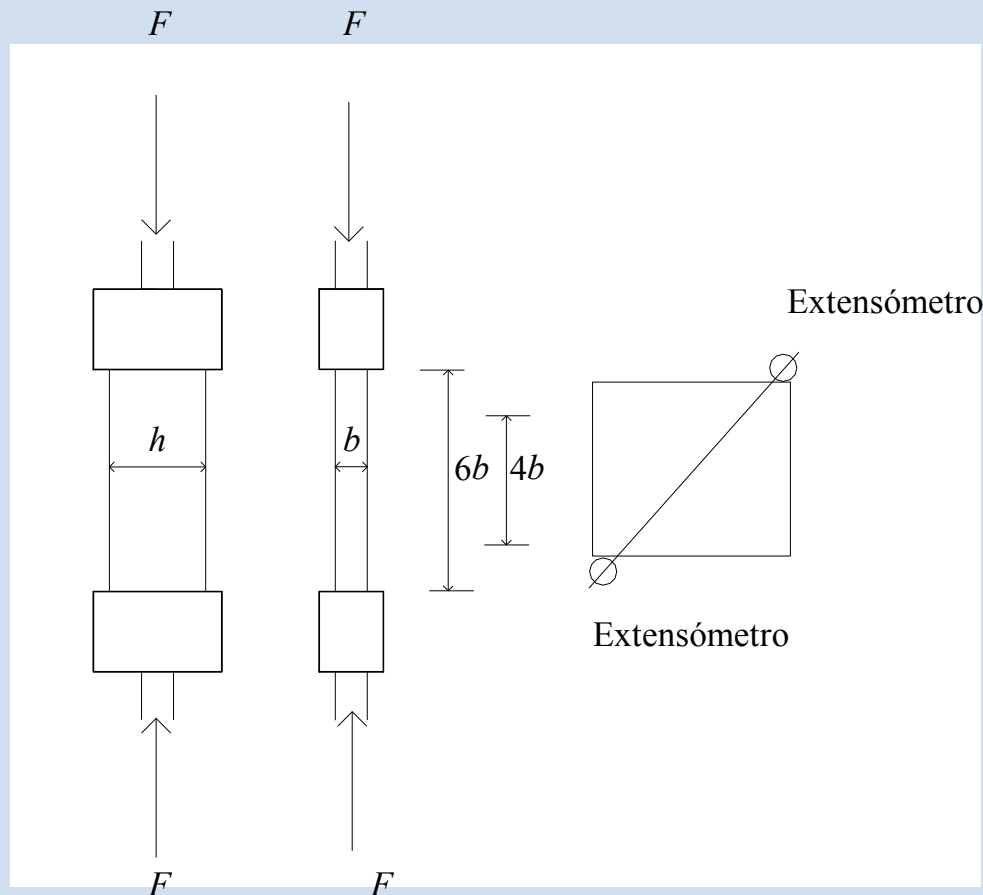
$$E_{t,0} = \frac{l_1(F_2 - F_1)}{A(\omega_2 - \omega_1)}$$





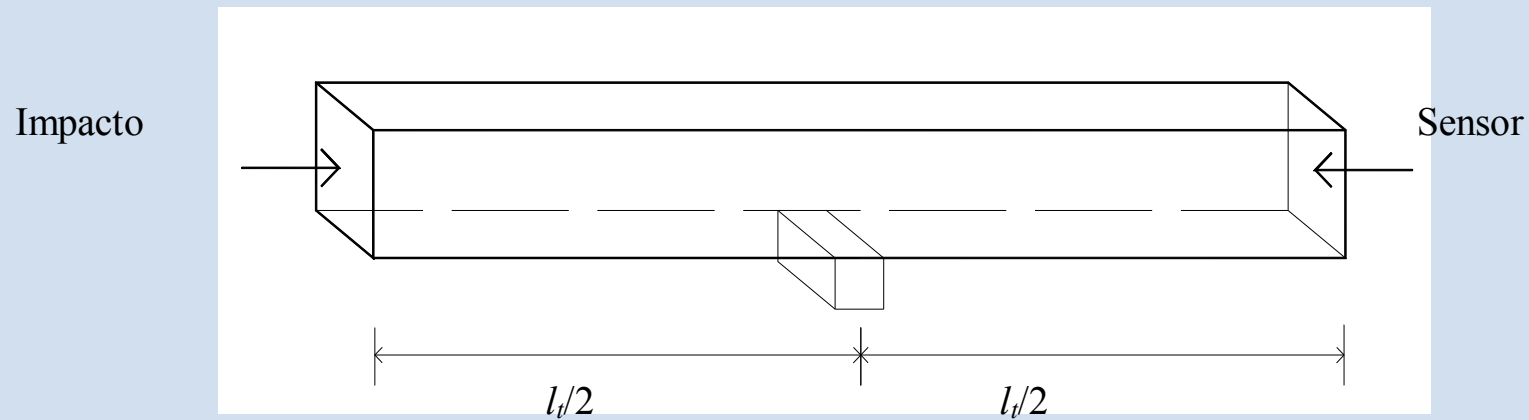
## Ensayo estático de compresión paralela a las fibras en piezas estructurales

$$f_{c,0} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad E_{c,0} = \frac{l_1(F_2 - F_1)}{A(\omega_2 - \omega_1)}$$



## Métodos no destructivos (calibrados con los estáticos)

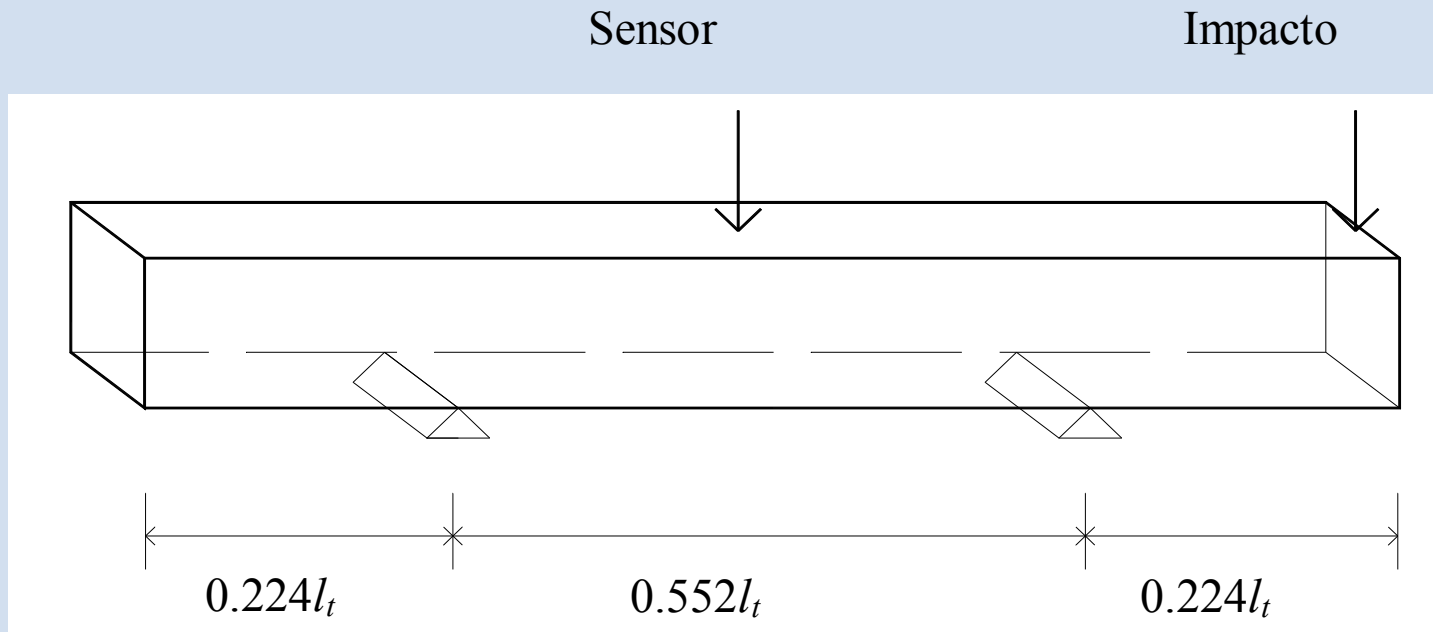
### Obtención del MOE a través de vibraciones longitudinales



$$E_l = \frac{4l_t^2 f_l^2 \rho_p}{m_v^2}$$

## Métodos no destructivos (calibrados con los estáticos)

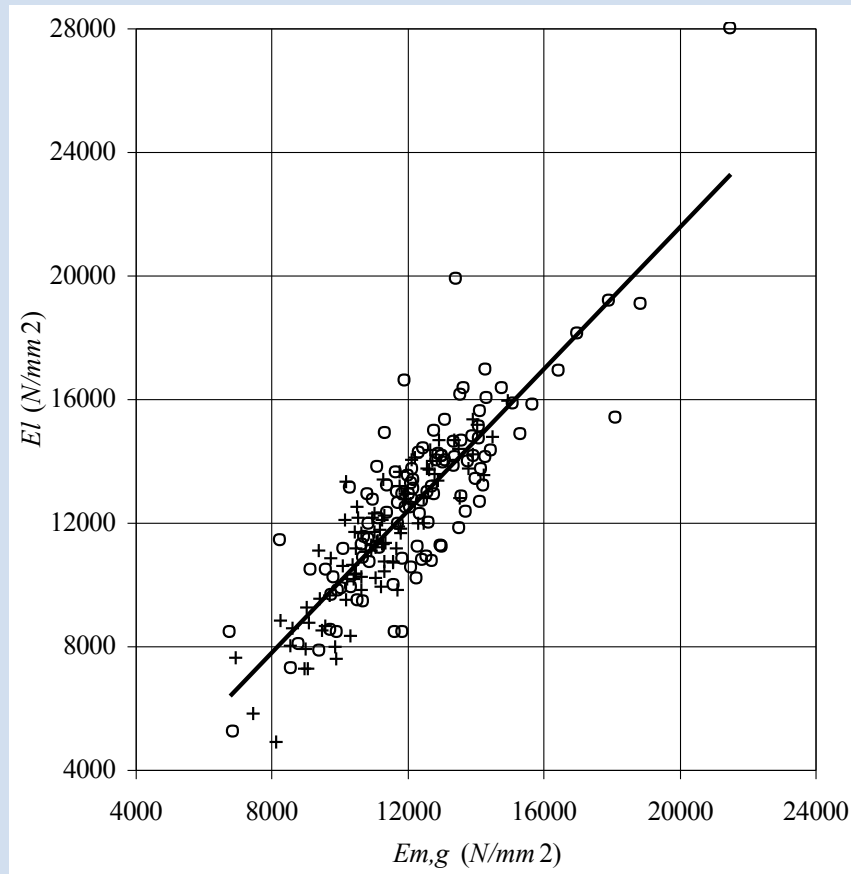
### Obtención del MOE a través de vibraciones flexionales



$$E_f = \frac{4\pi^2 l_t^4 f_f^2 \rho_p}{m_n^4 i^2} \left( 1 + \frac{i^2}{l_t^2} k_1 \right)$$

## Métodos no destructivos (calibrados con los estáticos)

Relación entre el MOE estático en flexión y el MOE dinámico calculado a través de vibraciones longitudinales para 200 vigas de *E. grandis*



(o) cuerpos de prueba libres de médula

(+) cuerpos de prueba con médula

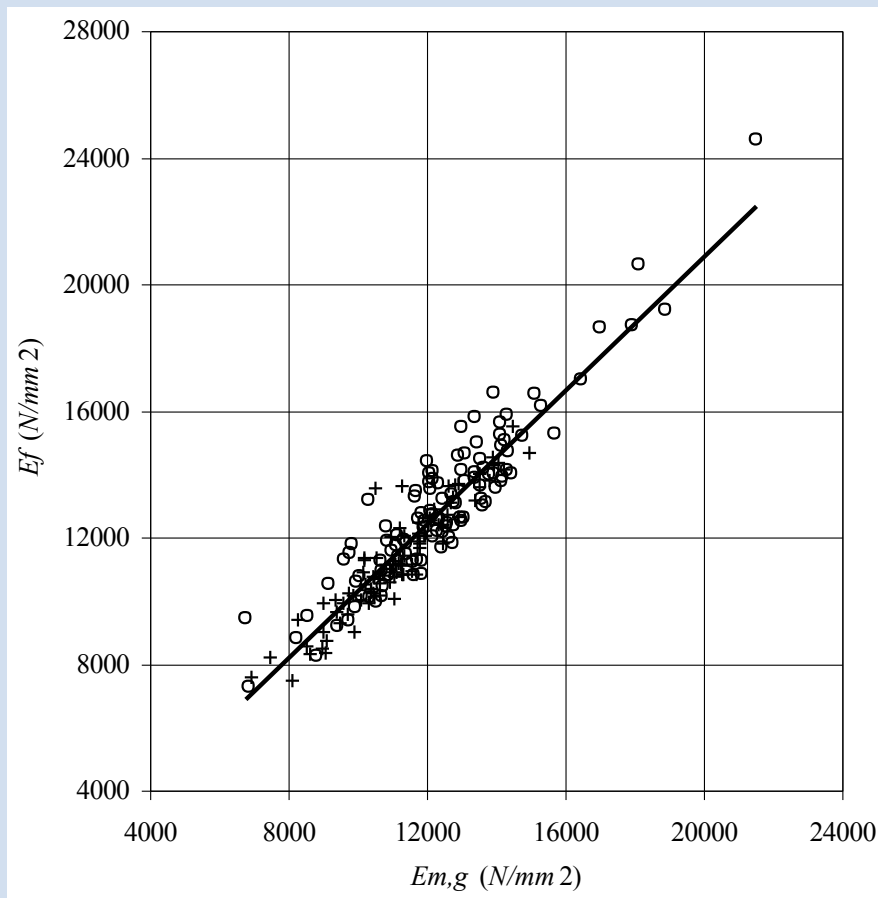
$r = 0,86$

ecuación de la recta:  $E_l = 1,1476E_{m,g} - 1358$



## Métodos no destructivos (calibrados con los estáticos)

Relación entre el MOE estático en flexión y el MOE dinámico calculado a través de vibraciones flexionales para 200 vigas de *E. grandis*



(o) Cuerpos de prueba libres de médula

(+) cuerpos de prueba con médula

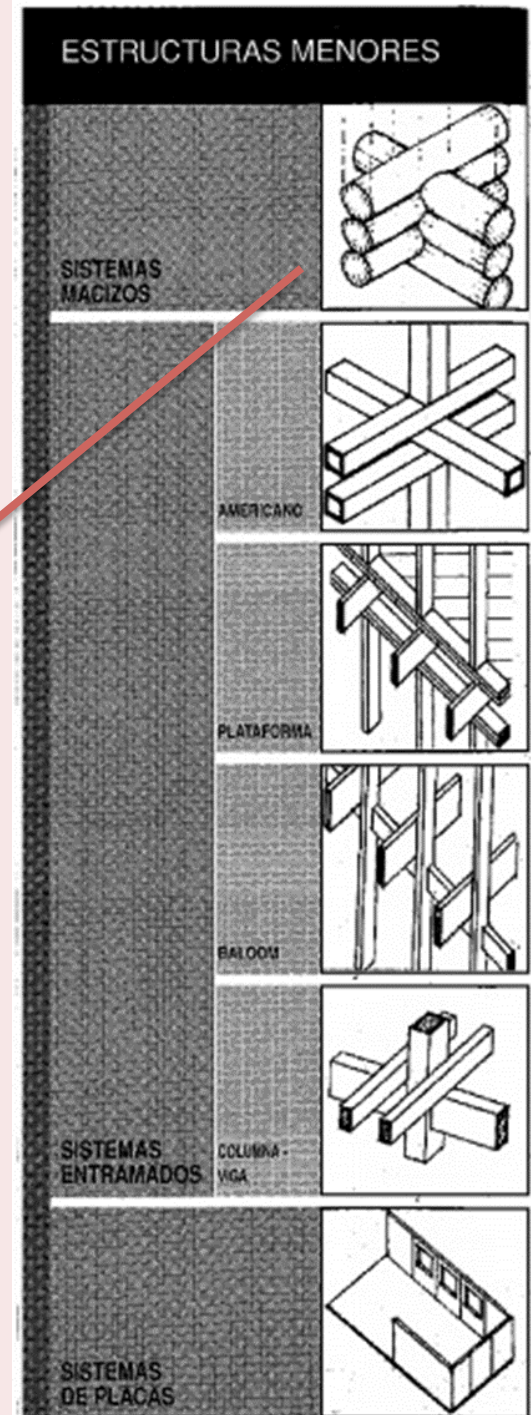
$r = 0,93$

ecuación de la recta:  $E_f = 1,0595E_{m,g} - 277$

# Clasificación de los sistemas estructurales

## Estructuras para luces menores

**Sistemas Macizos:** madera aserrada o rollizos , con sus dimensiones proporcionales al estado original. Aspecto de construcción pesada y gran rigidez.







**Sistemas de Entramados:** elemento básico: barra, largo predomina sobre las otras 2 dimensiones. Entramado propiamente dicho o de columna-viga.

**Sistema Ballon Frame:** columnas continuas. Se plantan pie derechos, se techa y por último entramados horizontales.

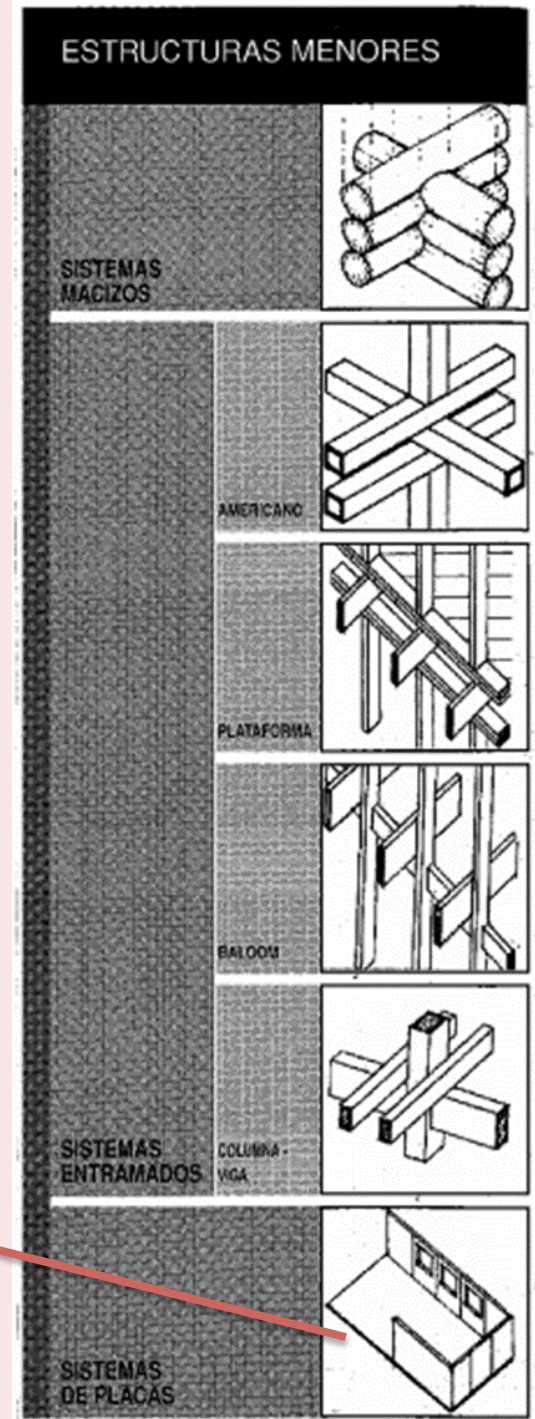
**Sistema Platform Frame:** columnas separadas, se hace piso por piso, se plantan columnas 1º piso, entramado horizontal, columna 2º piso y techo por último.



**Sistema Columna- Viga:** entramados horizontales apoyan sobre vigas y éstas sobre columnas y éstas a fundaciones.

## Sistemas de placas: elemento básico: placa.

Cada placa formada por un bastidor de madera y revestimientos laterales que le dan rigidez, hecho en taller. En el montaje en obra: los medios de unión deben quedar visibles para poder desarmar, característica fundamental de este sistema frente a otros.





# Clasificación de los sistemas estructurales

## Estructuras para luces mayores

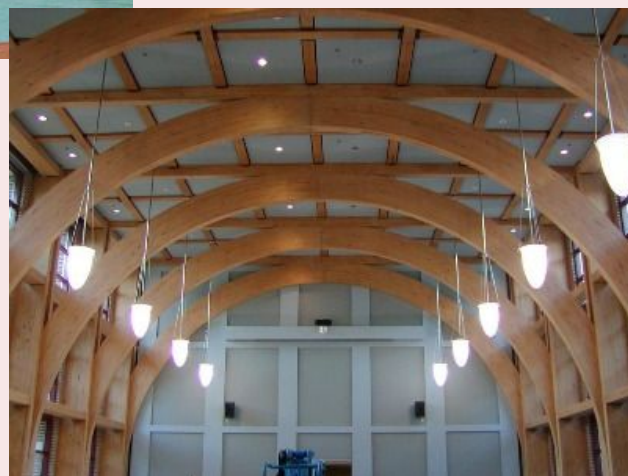
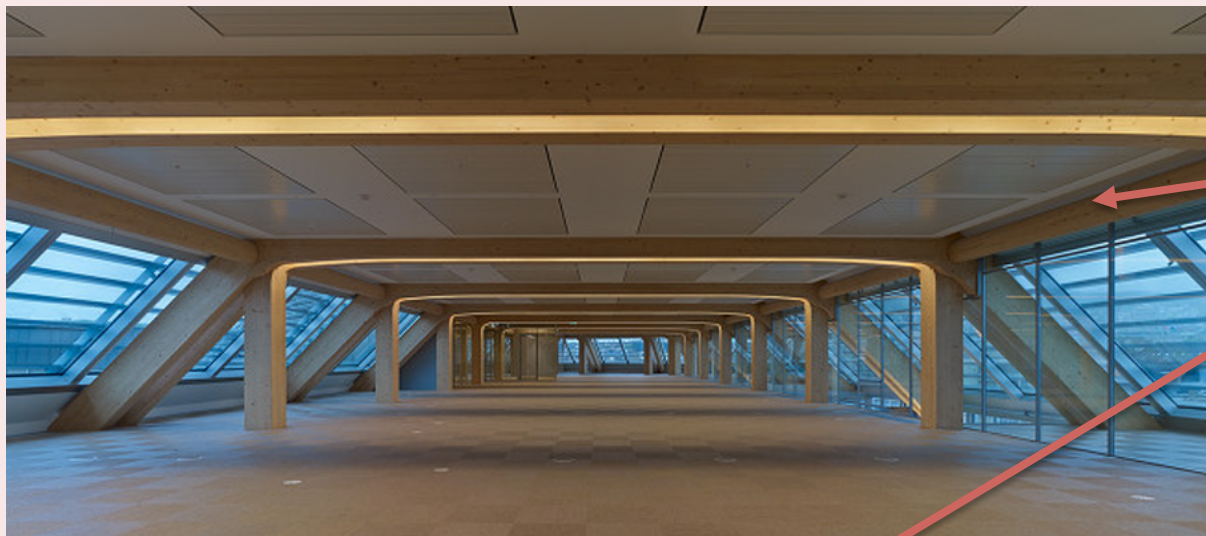
**Estructuras Planares:** estructuras formadas por elementos ubicados en un plano.

**Estructuras Espaciales Laminares:** estructuras formadas por láminas que conforman un volumen (ancho y largo predominan sobre el espesor)

**Estructuras Espaciales de Entramado:** estructuras formadas por barras rectas de pequeña sección que conforman un volumen.

| ESTRUCTURAS MAYORES              |                       |  |
|----------------------------------|-----------------------|--|
| SISTEMAS PLANARES                | VGAS                  |  |
|                                  | GERCHAS               |  |
|                                  | MARCOS                |  |
|                                  | ARCOS                 |  |
| SISTEMAS ESPACIALES LAMINARES    | PLEGADAS              |  |
|                                  | CASCARAS              |  |
|                                  | BOVEDAS               |  |
|                                  | CUPIJAS               |  |
|                                  | HIPERBOLAS            |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTRAMADO | COLGADAS              |  |
|                                  | RETCULADOS ESPACIALES |  |
|                                  | GEODESICAS            |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTRAMADO | LAMELAS               |  |

# SISTEMAS ESTRUCTURALES Y RECAUDOS CONSTRUCTIVOS



Estructuras Planares:

## ESTRUCTURAS MAYORES

|                                 |                       |  |
|---------------------------------|-----------------------|--|
| SISTEMAS PLANARES               | VIGAS                 |  |
|                                 | GERCHAS               |  |
|                                 | MARCOS                |  |
|                                 | ARCOS                 |  |
|                                 | PLEGADAS              |  |
| SISTEMAS ESPACIALES LAMINARES   | CASCARAS              |  |
|                                 | BOVEDAS               |  |
|                                 | QUIPULAS              |  |
|                                 | HIPERBOLAS            |  |
|                                 | COLGADAS              |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTAMADO | RETCULADOS ESPACIALES |  |
|                                 | GEODESICAS            |  |
|                                 | LAMELAS               |  |



# SISTEMAS ESTRUCTURALES Y RECAUDOS CONSTRUCTIVOS



© Jose Hevia

## Estructuras Espaciales Laminares:



### ESTRUCTURAS MAYORES

|                                 |                       |  |
|---------------------------------|-----------------------|--|
| SISTEMAS PLANARES               | VIGAS                 |  |
|                                 | GERCHAS               |  |
|                                 | MARCOS                |  |
|                                 | ARCOS                 |  |
|                                 | PLEGADAS              |  |
| SISTEMAS ESPACIALES LAMINARES   | CASCARAS              |  |
|                                 | BOVEDAS               |  |
|                                 | CUPIJAS               |  |
|                                 | HIPERBOLAS            |  |
|                                 | COLGADAS              |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTAMADO | RETCULADOS ESPACIALES |  |
|                                 | GEODESICAS            |  |
|                                 | LAMELAS               |  |



## Estructuras Espaciales de Entramado:

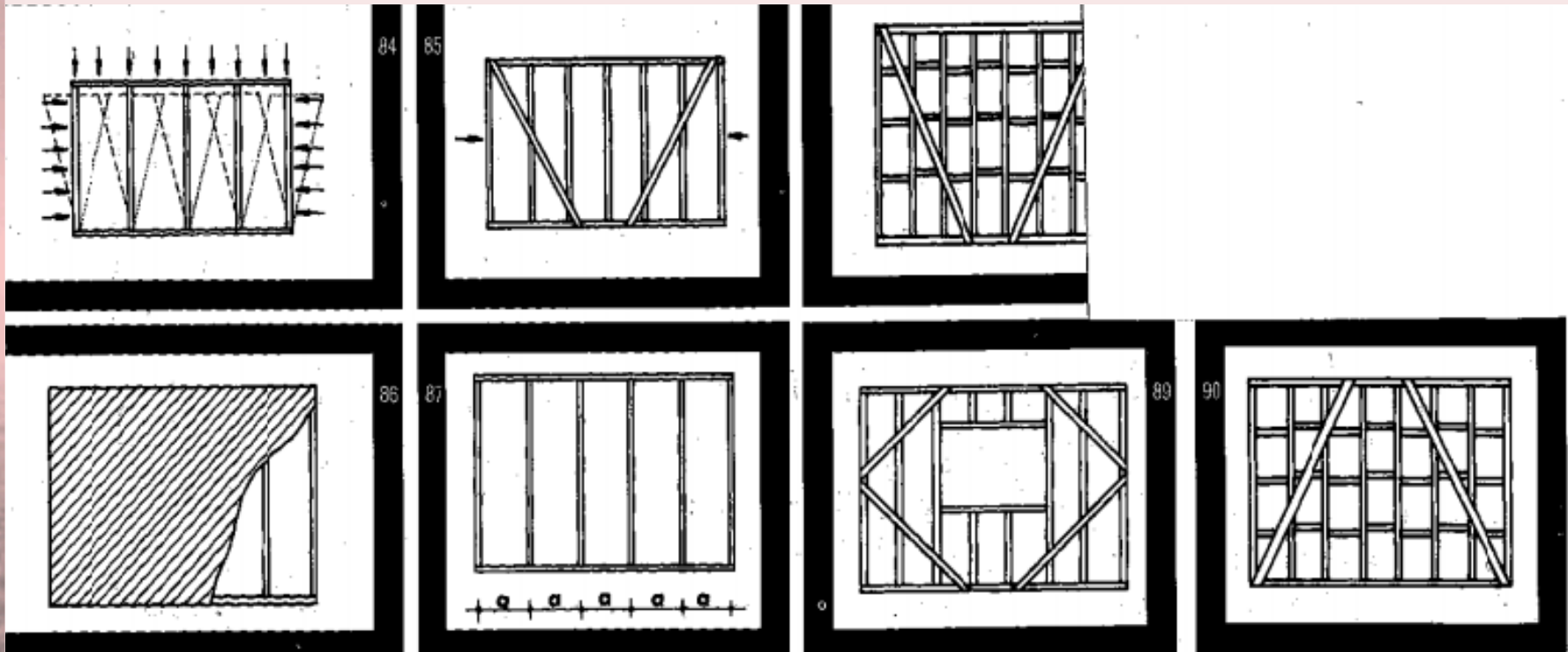


### ESTRUCTURAS MAYORES

|                                  |                       |  |
|----------------------------------|-----------------------|--|
| SISTEMAS PLANARES                | VIGAS                 |  |
|                                  | GERCHAS               |  |
|                                  | MARCOS                |  |
|                                  | ARCOS                 |  |
| SISTEMAS ESPACIALES LAMINARES    | PLEGADAS              |  |
|                                  | CASCARAS              |  |
|                                  | BOVEDAS               |  |
|                                  | CUPIJAS               |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTRAMADO | HIPERBOLAS            |  |
|                                  | DOIGADAS              |  |
|                                  | RETCULADOS ESPACIALES |  |
|                                  | GEODESICAS            |  |
| SISTEMAS ESPACIALES DE ENTRAMADO | LAMELAS               |  |



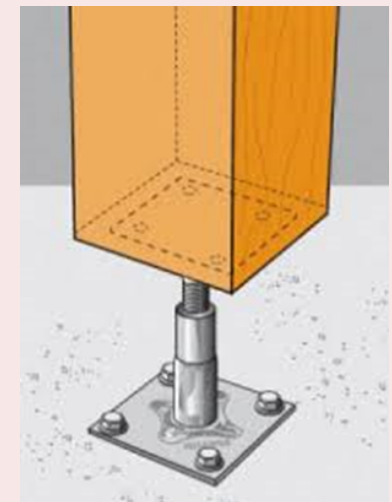
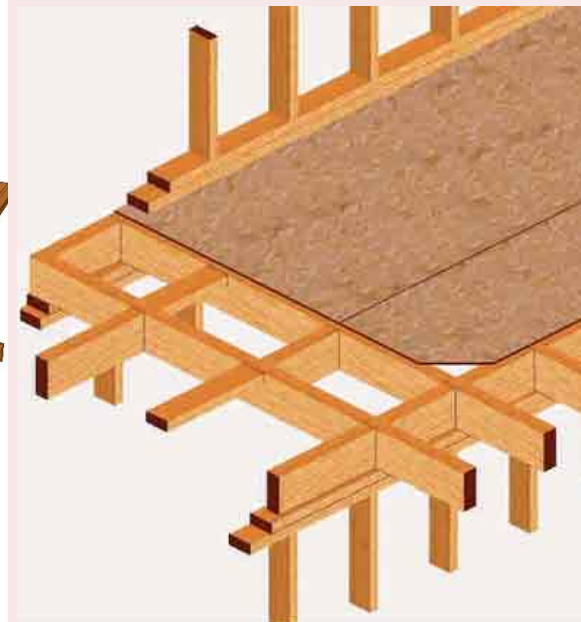
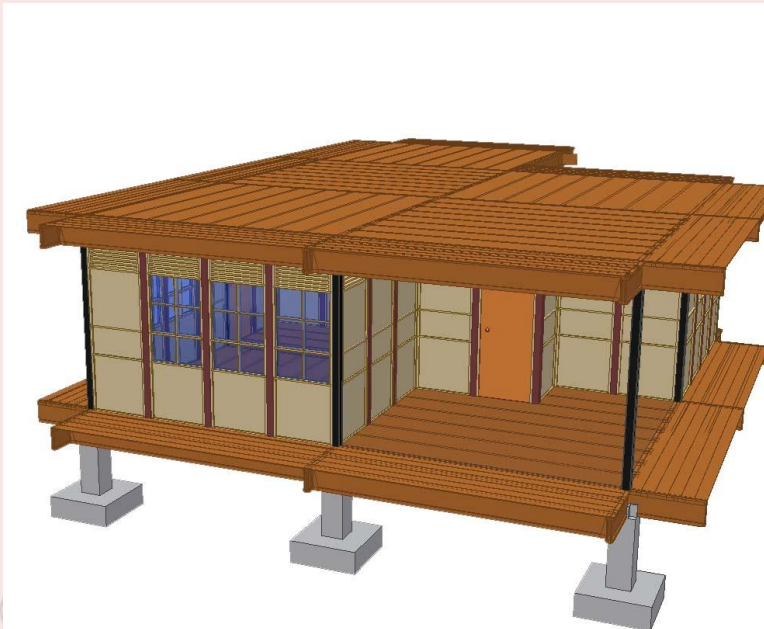
Triangular para dar rigidez ante esfuerzos externos



# SISTEMAS ESTRUCTURALES Y RECAUDOS CONSTRUCTIVOS

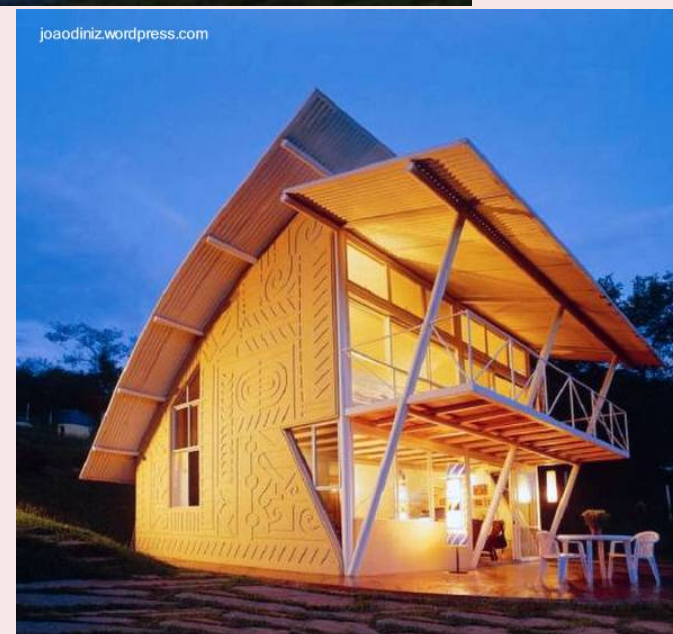


Alejar la construcción del suelo (apoyar sobre otro material, plateas, pilotes, etc)





Proteger con aleros las construcciones

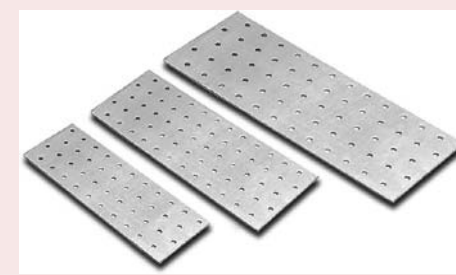
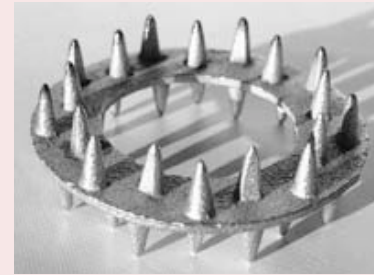


Prestar especial atención a los medios de unión utilizados

### Uniones Tipo Clavija

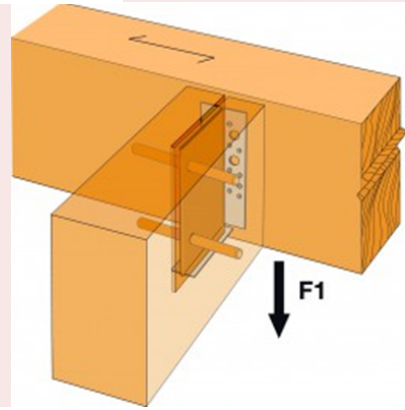


### Uniones de Superficie





# SISTEMAS ESTRUCTURALES Y RECAUDOS CONSTRUCTIVOS



# SISTEMAS ESTRUCTURALES Y RECAUDOS CONSTRUCTIVOS

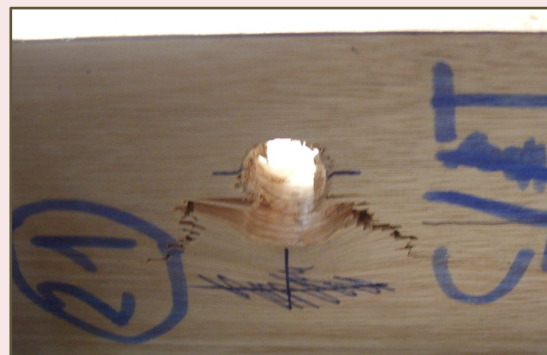
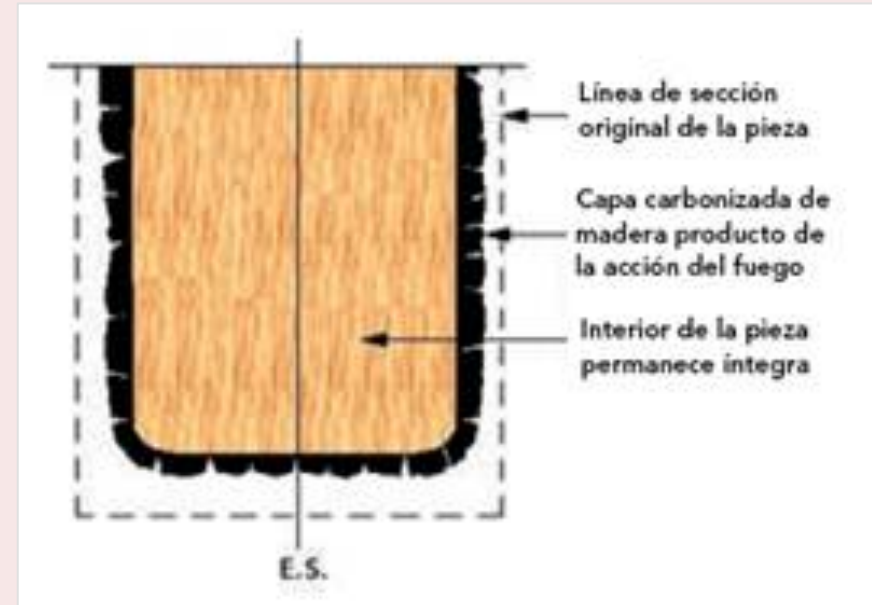


Tabla 0.35. Diferenciación de las uniones según la geometría y el tipo de esfuerzo transmitido

| Geometría de la unión | Tipo de esfuerzos   |                   |                   |                  |
|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                       | Compresión<br>→ • ← | Tracción<br>← • → | Cortante<br>↓ • ↑ | Flexión<br>↺ • ↻ |
|                       |                     |                   |                   |                  |
|                       |                     |                   |                   |                  |
|                       |                     |                   |                   |                  |



## Resistencia al fuego



La madera excelente resistencia a la penetración del fuego debido a su baja conductividad térmica y a su capacidad de formar una capa o carbonizada superficial, lo cual permite mantener sus propiedades físicas y mecánicas por mayor tiempo que estructuras de metal o cemento.

## Resistencia al fuego



**Velocidad de propagación 0,7 mm/min.**

Dimensionar las piezas con el "coeficiente de incendio" según la respuesta que queramos de nuestra estructura a razón de hacer crecer sus caras 7mm por cada 10 minutos de incendio que pueda soportar.



## Porqué construir con madera?

| Comparación de Tensiones Admisibles (kg/cm <sup>2</sup> ) |         |          |          |            |          |          |                       |
|-----------------------------------------------------------|---------|----------|----------|------------|----------|----------|-----------------------|
|                                                           | Flexión | Tracción |          | Compresión |          | Cortante | Módulo de Elasticidad |
|                                                           |         | paralela | perpend. | paralela   | perpend. |          |                       |
| Madera                                                    | 120     | 120      | 1,5      | 110        | 28       | 12       | 110.000               |
| Hormigón                                                  | 80      | 6        |          | 80         |          | 6        | 200.000               |
| Acero                                                     | 1700    | 1700     |          | 1700       |          | 1000     | 2.100.000             |

**Mayor resistencia a la flexión, a la tracción y a la compresión (paralela) que el hormigón.  
Resistencia al corte semejante al hormigón, muy baja ambos.**



**Bajo módulo de elasticidad, la mitad que el hormigón y veinte veces menor que el acero.**



**Relación resistencia / peso= 10 veces mayor que el hormigón y 1,3 veces mayor a la del acero.**



## XVI EBRAMEM – III CLEM-San Pablo- Brasil



















#### PASSARELA PÊNSIL SOBRE O RIO PIRACICABA

Passarela pênsil em estruturas de madeira de eucalipto, preservada contra o ataque de fungos e insetos.

O projeto foi elaborado pelos docentes do SET / LaMEM da Escola de Engenharia de São Carlos / USP e a obra foi concluída em 1992.

A passarela se situa na cidade de Piracicaba-SP e liga a Rua do Porto ao Engenho Central.

Com 105 metros de comprimento total de vão livre de 78 metros, esta passarela se constitui na mais longa do gênero, no hemisfério sul.





# Últimas investigaciones

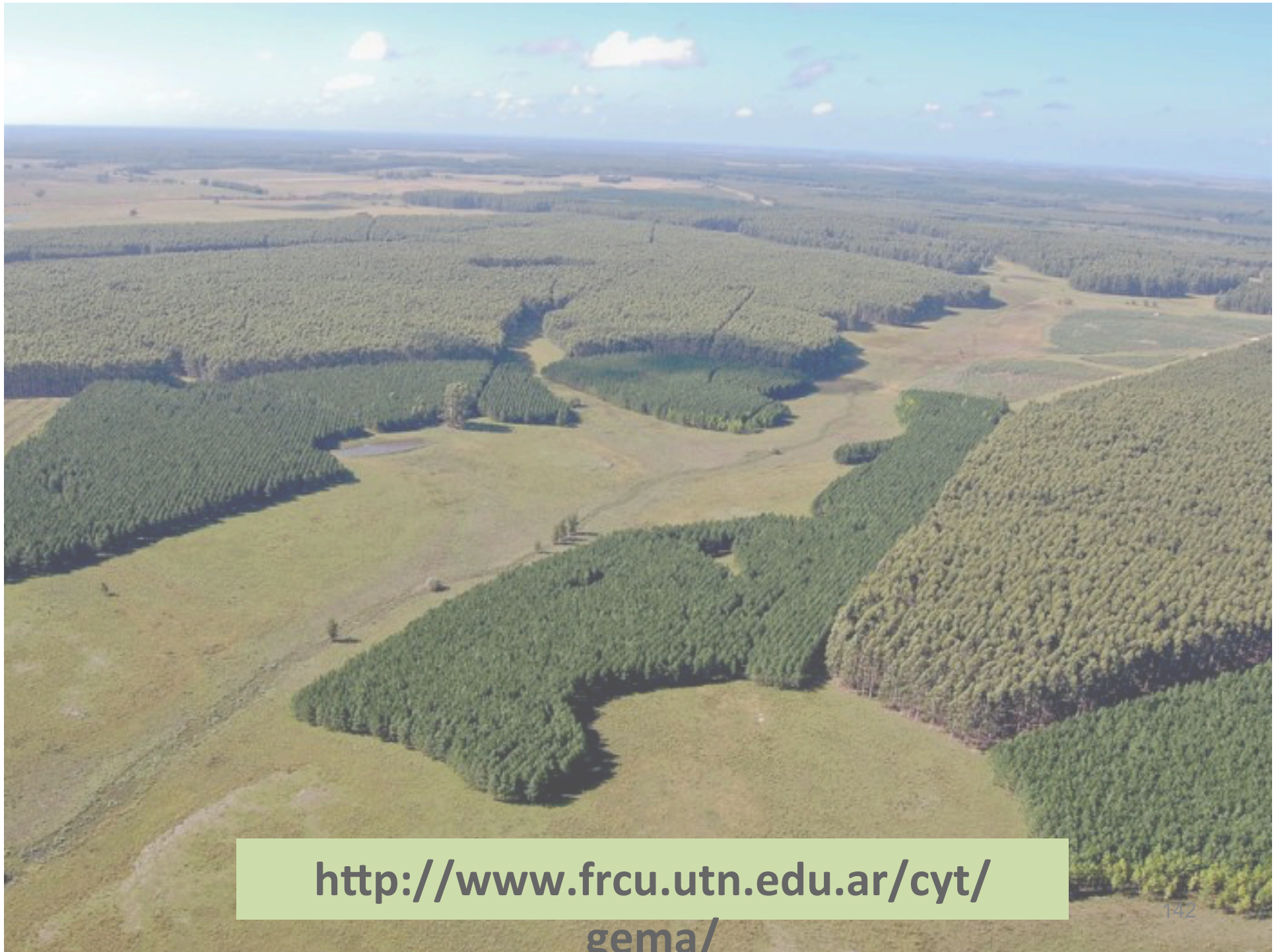


Resistencia al fuego



Paneles CLT





[http://www.frcu.utn.edu.ar/cyt/  
gema/](http://www.frcu.utn.edu.ar/cyt/gema/)