

DE1

Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Cuyo

DISEÑO ESTRUCTURAL I

MATERIALES ESTRUCTURALES

Eduardo Totter



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

MATERIALES ESTRUCTURALES

HORMIGÓN ARMADO

Hormigón: Mezcla homogénea de agregados gruesos, finos, cemento y agua.

Adquiere resistencia adecuada luego del proceso de fraguado.

Posee buena resistencia a compresión, pero su resistencia a tracción es despreciable.

Hormigón armado: hormigón estructural al cual se le adiciona armadura de acero a los efectos de que trabaje en forma conjunta y solidaria.

El hormigón armado utilizado en proyectos estructurales debe cumplir requisitos de:

Durabilidad

Resistencia

Deformación

Especiales

MATERIALES ESTRUCTURALES

Reglamento CIRSOC 201
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

Reglamento INPRES-CIRSOC 103
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



MATERIALES ESTRUCTURALES

HORMIGÓN ARMADO

Resistencia de los hormigones

Tabla 2.7. Resistencias de los hormigones

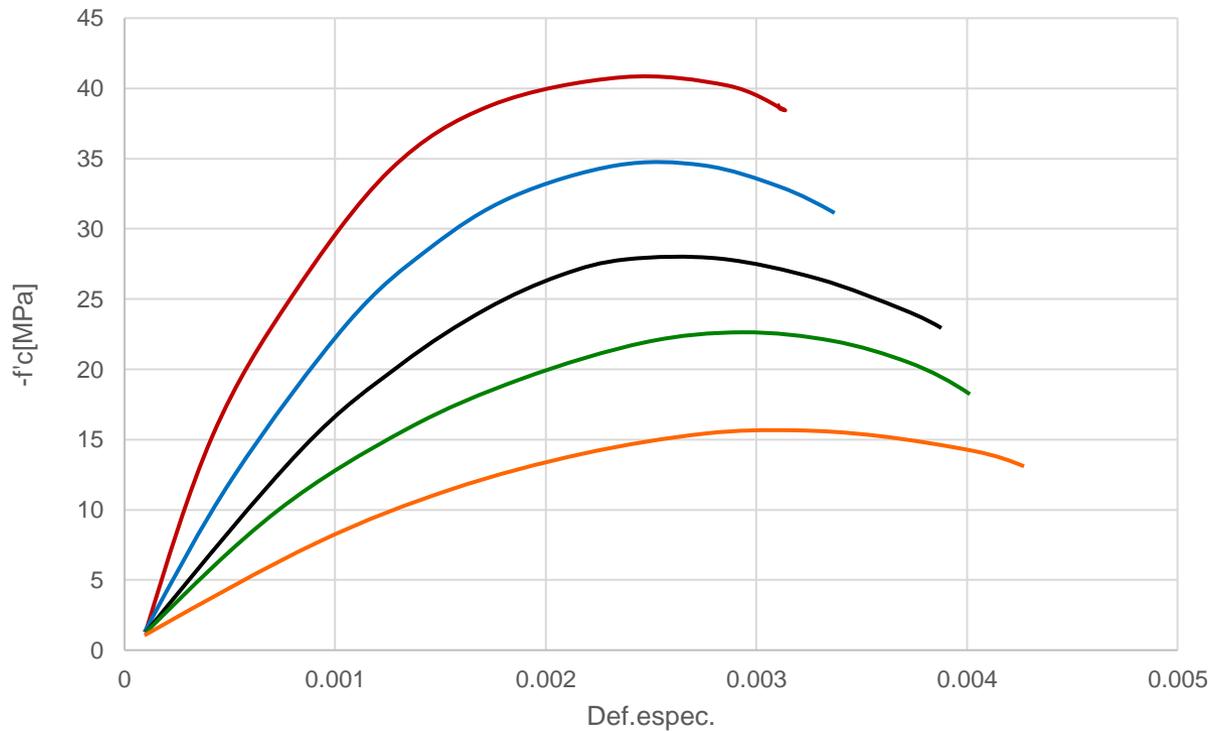
Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión f'_c (MPa)	A utilizar en hormigones
H – 15	15	simples (sin armar)
H – 20	20	simples y armados
H – 25	25	Simples, armados y pretensados
H – 30	30	
H – 35	35	
H – 40	40	
H – 45	45	
H – 50	50	
H – 60	60	

CIRSOC 201

MATERIALES ESTRUCTURALES

HORMIGÓN

Resistencia de los hormigones – Configuración de curvas tensión - deformación



MATERIALES ESTRUCTURALES

Armadura: Conjunto de barras, alambres, mallas soldadas o cables de acero, que se incorporan a la masa del hormigón con el objeto de resistir en forma conjunta con este, los esfuerzos internos calculados. Debe cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 3.6.

Armadura conformada: Barras, alambres o mallas soldadas de acero, cuya superficie presenta salientes con el fin de mejorar su adherencia con el hormigón, que deben cumplir los requisitos especificados en los artículos 3.6.1 y 3.6.2.

2.3.1. Resistencia especificada

2.3.1.1. La **resistencia especificada o resistencia característica de rotura a compresión f_c** es el valor de la resistencia a compresión que se adopta en el proyecto y se utiliza como base para los cálculos.

Clase de hormigón: Es la designación abreviada de un hormigón. Se indica con la letra H seguida de un número. La parte numérica indica la **resistencia característica a la compresión del hormigón a la edad de diseño**, expresada en MPa. Ejemplo: H-20, H-30, etc.

MATERIALES ESTRUCTURALES

Hormigón: Es una mezcla homogénea compuesta por una pasta de cemento y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementicia, adquiere resistencia. Además de estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos y/o adiciones minerales pulverulentas.

Hormigón armado ⁽⁷⁾: Hormigón estructural con armadura de acero sin tensión previa, o con aceros de pretensado en mayor cantidad que la mínima especificada por este Reglamento

Hormigón estructural ⁽⁷⁾: Todo hormigón utilizado con propósitos estructurales, incluyendo al hormigón simple y al hormigón armado (Se debe notar que de acuerdo con la definición anterior el hormigón armado incluye al hormigón pretensado).

Hormigón liviano estructural: Hormigón simple o armado que contiene agregados livianos y cuya masa por unidad de volumen del material seco a masa constante es igual o mayor que 800 kg/m^3 y menor que 2000 kg/m^3 . Este material será objeto de un documento CIRSOC específico.

Hormigón prefabricado o premoldeado: Hormigón estructural colado en un lugar diferente al de su ubicación final en la estructura.

Hormigón pretensado ⁽⁷⁾: Hormigón estructural al que se le aplican esfuerzos internos a fin de reducir las potenciales tensiones de tracción en el hormigón, causadas por las cargas.

Hormigón simple: Hormigón estructural sin armadura o con menos armadura que la mínima especificada para el hormigón armado.

MATERIALES ESTRUCTURALES

8.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD

8.5.1. El *módulo de elasticidad E_c del hormigón de densidad normal* (entre 2000 y 2800 kg/m³) se puede determinar con la expresión (8-1) siempre que las tensiones no superen el valor $0,45\sqrt{f'_c}$:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa}) \quad (8-1)$$

El *módulo de elasticidad del hormigón con valores de w_c comprendidos entre 1500 y 2500 kg/m³* se puede determinar con la siguiente expresión:

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa}) \quad (8-2)$$

en la cual f'_c se debe expresa en MPa.

8.5.2. El *módulo de elasticidad E_s de la armadura no tesa*, se puede considerar igual a:

$$E_s = 200000 \text{ MPa} \quad (8-3)$$

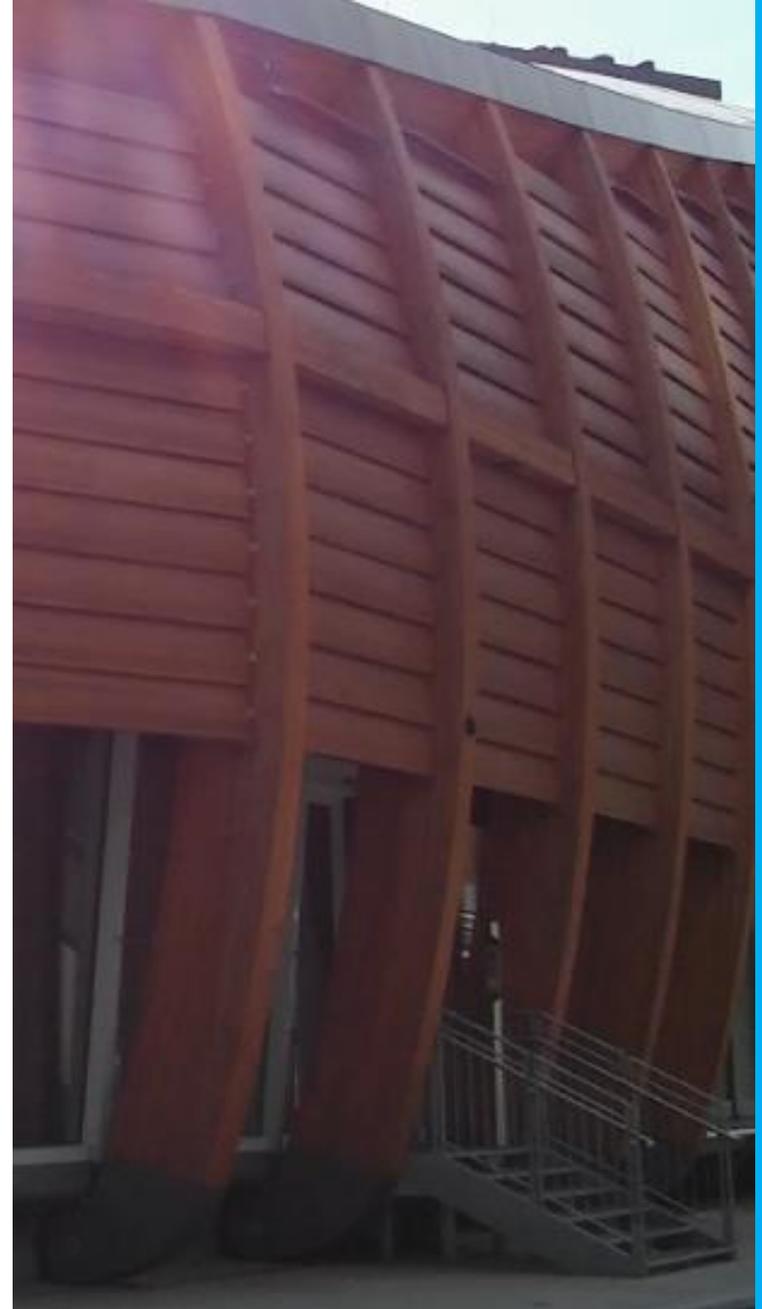
MATERIALES ESTRUCTURALES

Tabla 3.8. Barras de acero para armaduras en estructuras de hormigón

		Barras de acero			
Designación de las barras de acero		AL 220 AL 220 S	ADN 420	ADN 420 S	
Normas a las que responde		IRAM-IAS U 500-502	IRAM-IAS U 500-528	IRAM-IAS U 500-207	
Conformación superficial		Lisa (L)	Nervurada (N)	Nervurada (N)	
Diámetro nominal (d) (*)	mm	6 - 8 - 10 - 12 16 - 20 - 25	6 - 8 - 10 - 12 - 16 20 - 25 - 32 - 40	6 - 8 - 10 - 12 - 16 20 - 25 - 32 - 40	
Tensión de fluencia característica (**)	MPa	220	420	420	
Resistencia a la tracción, característica (**)	MPa	340	500	500	
Alargamiento porcentual de rotura característico (A ₁₀)	%	18	12	12	
Diámetro del mandril de doblado. Angulo de doblado 180°	mm	2 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d	
(*) Las normas IRAM-IAS designan al diámetro nominal de la barra o alambre como d mientras que en este Reglamento se designan como d _b					
(**) Según se define en el artículo 3.0. Simbología					

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA



MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA

Características mecánicas varían según duración carga, contenido humedad y calidad de la madera.

Calidad: densidad, dureza, cantidad de defectos (nudos).

Fibras paralelas o fibras perpendiculares. Anisotropía.

Mayor resistencia en sentido longitudinal.

Resistencias a flexión.

Resistencias a tracción.

Resistencias a compresión.

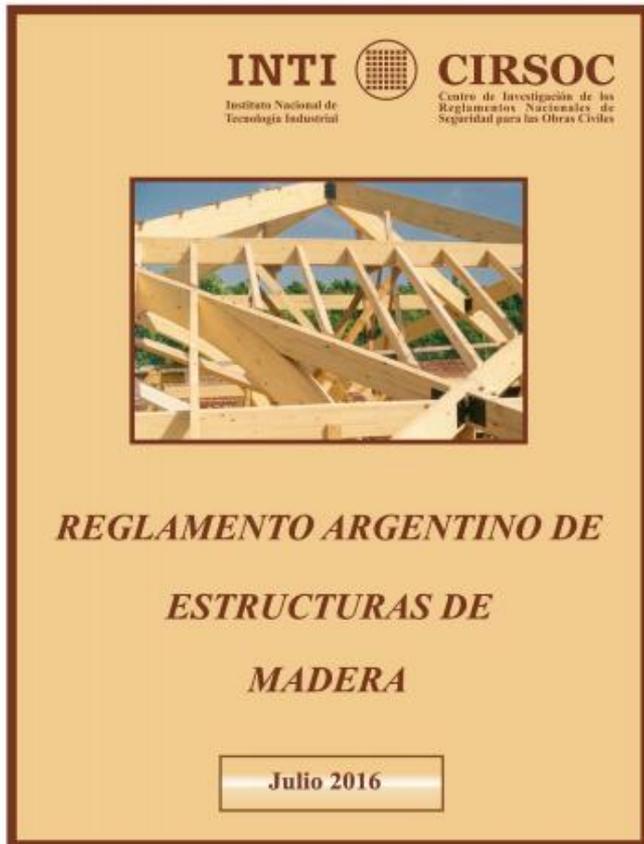
Módulo de elasticidad, variable con la calidad de la madera. Se analiza a partir de los ensayos de tracción y compresión.

$E=70000\text{kg/cm}^2$ a $E=110000\text{kg/cm}^2$. Valor de referencia: $E=85000\text{kg/cm}^2$

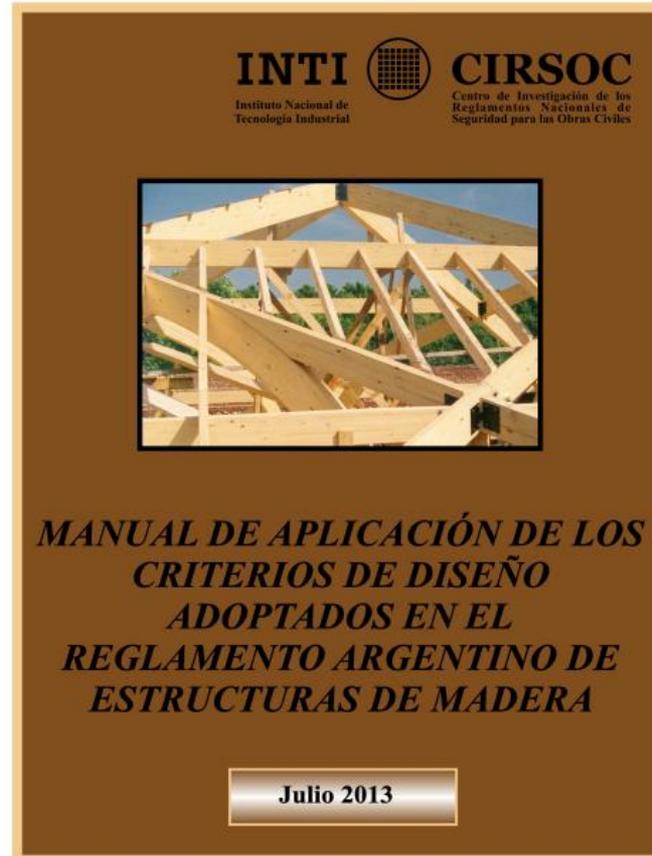
MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA

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



Reglamento CIRSOC 601
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA CCSR87



7.4.2.- TENSIONES DE CÁLCULO PARA ESTRUCTURAS DE MADERA

7.4.2.1.- CONDICIONES DE SERVICIO NORMAL

a) Piezas prismáticas (Tensiones admisibles en kg/cm²)

Solicitud	Grupo 4		Grupo 3			Grupo 2		Gr 2	Gr 1
	M o L		Maciza			Laminada		M/L	M
	III	II	III	II	I	II	I	II	II
1 Flexión	50	80	70	100	130	100	140	110	150
2 Tracción	0	70	0	85	105	85	105	100	120
3 Compresión //	45	70	60	85	110	85	110	100	120
4 Comp. Normal	15	15	20	20	20	20	20	30	60
Comp. Normal ¹	20	20	25	25	25	25	25	40	80
5 Hendimiento	7	7	9	9	9	9	9	10	15
6 Tang. Paralela	7	7	9	9	9	9	12	10	15
7 Módulo E/1000	70	70	100	100	100	100	100	125	150

¹ Siempre que las deformaciones por aplastamiento sean admisibles para el conjunto de las construcciones.

b) Tensiones admisibles para tableros de madera compensada según DIN 1052

c) Medios de unión según DIN 1052.

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA CIRSOC 601

Tabla S.1.1.1-2. Valores de la densidad para tablas de pino Paraná clasificadas por resistencia de acuerdo con la norma IRAM 9662-1 (2015) (kg / m³)

Clase de resistencia	$\rho_{0,05}$
1	460
2	400
siendo: $\rho_{0,05}$ el valor característico de la densidad correspondiente al percentil 5 % con un contenido de humedad del 12 %	

Tabla S.1.1.1-1. Valores de diseño de referencia para tablas de pino Paraná clasificadas por resistencia conforme a la norma IRAM 9662-1 (2015) (N / mm²)

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

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA CIRSOC 601

Tabla S.1.1.1-2. Valores de la densidad para tablas de pino Paraná clasificadas por resistencia de acuerdo con la norma IRAM 9662-1 (2015) (kg / m³)

Clase de resistencia	$\rho_{0,05}$
1	460
2	400
siendo: $\rho_{0,05}$ el valor característico de la densidad correspondiente al percentil 5 % con un contenido de humedad del 12 %	

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA

Tabla 3.2.3-1 Deformaciones admisibles recomendadas para las vigas

Destino de la construcción	Deformación instantánea originada por las cargas variables	Deformación final neta originada por la totalidad de las cargas
Viviendas y oficinas	$\Delta_{i(v)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$)	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 300$ (voladizos $\ell / 150$)
Comercio, recreación e institucional	$\Delta_{i(v)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$)	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 240$ (voladizos $\ell / 120$)
Construcciones industriales o rurales con bajo factor de ocupación	-	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 200$ (voladizos $\ell / 100$)
siendo:		
ℓ	la luz de cálculo de la viga;	
$\Delta_{i(v)}$	la deformación instantánea producida por las cargas variables;	
$\Delta_{fnet(TC)}$	la deformación final neta producida por la totalidad de las cargas.	

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA

CIRSOC 601

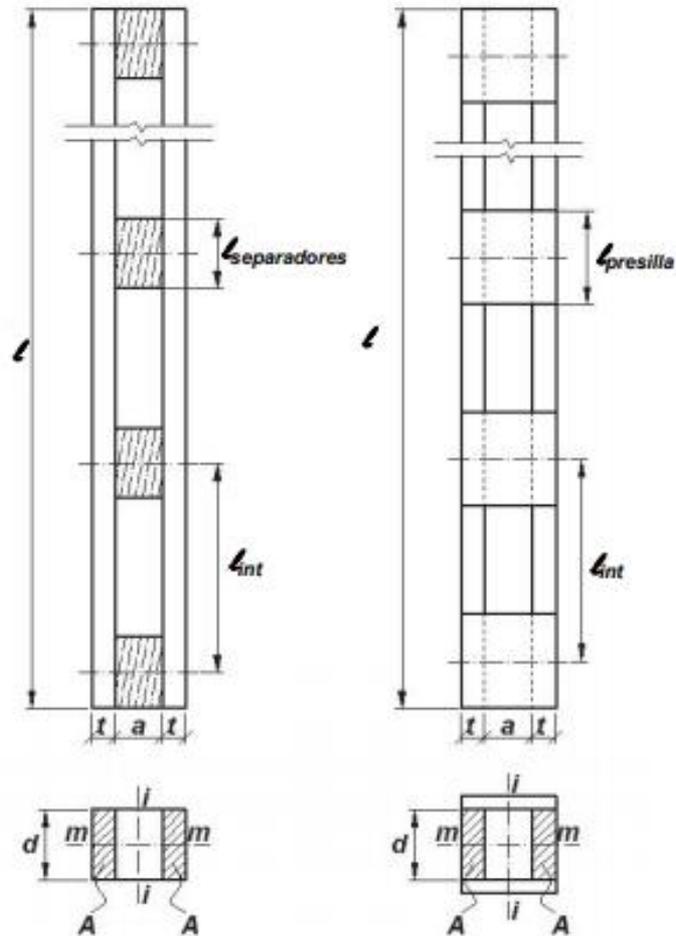


Figura 3.3.3-1. Miembros compuestos unidos por separadores o presillas laterales.

MATERIALES ESTRUCTURALES

MADERA CIRSOC 601

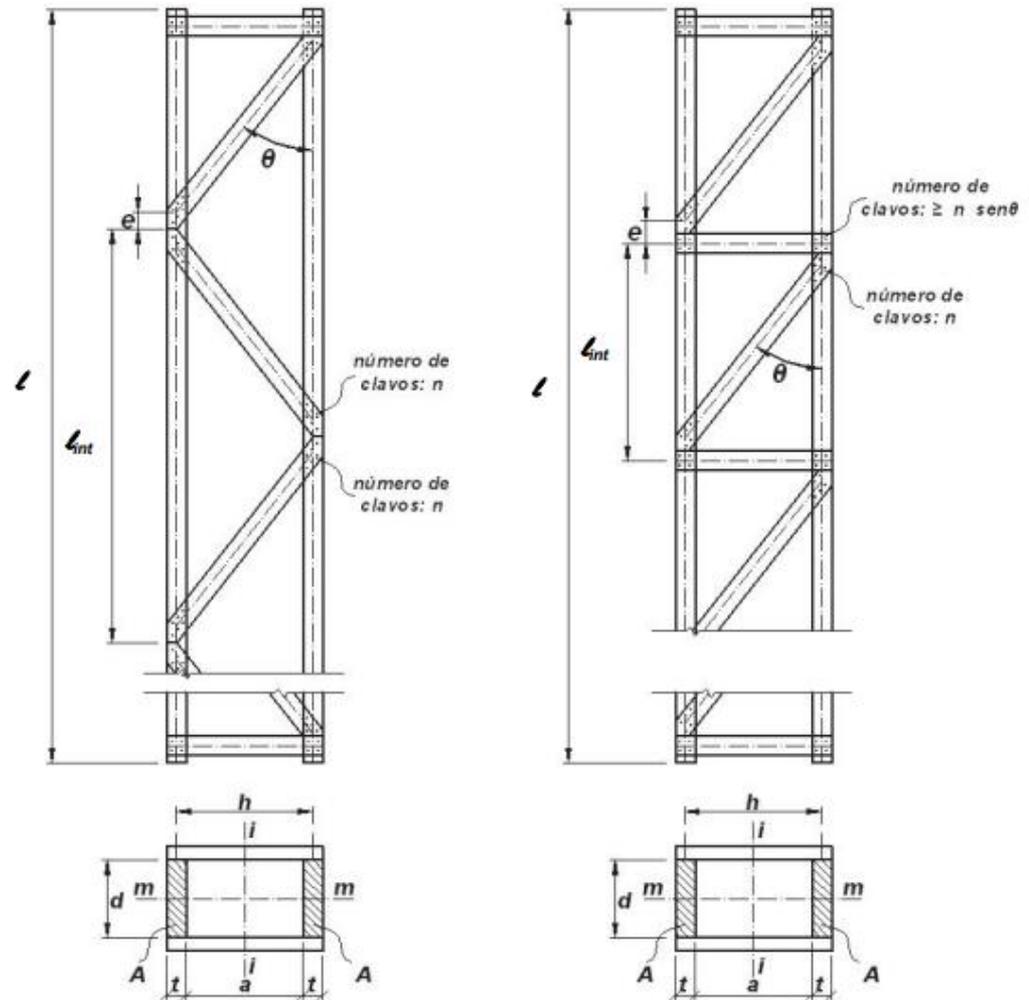
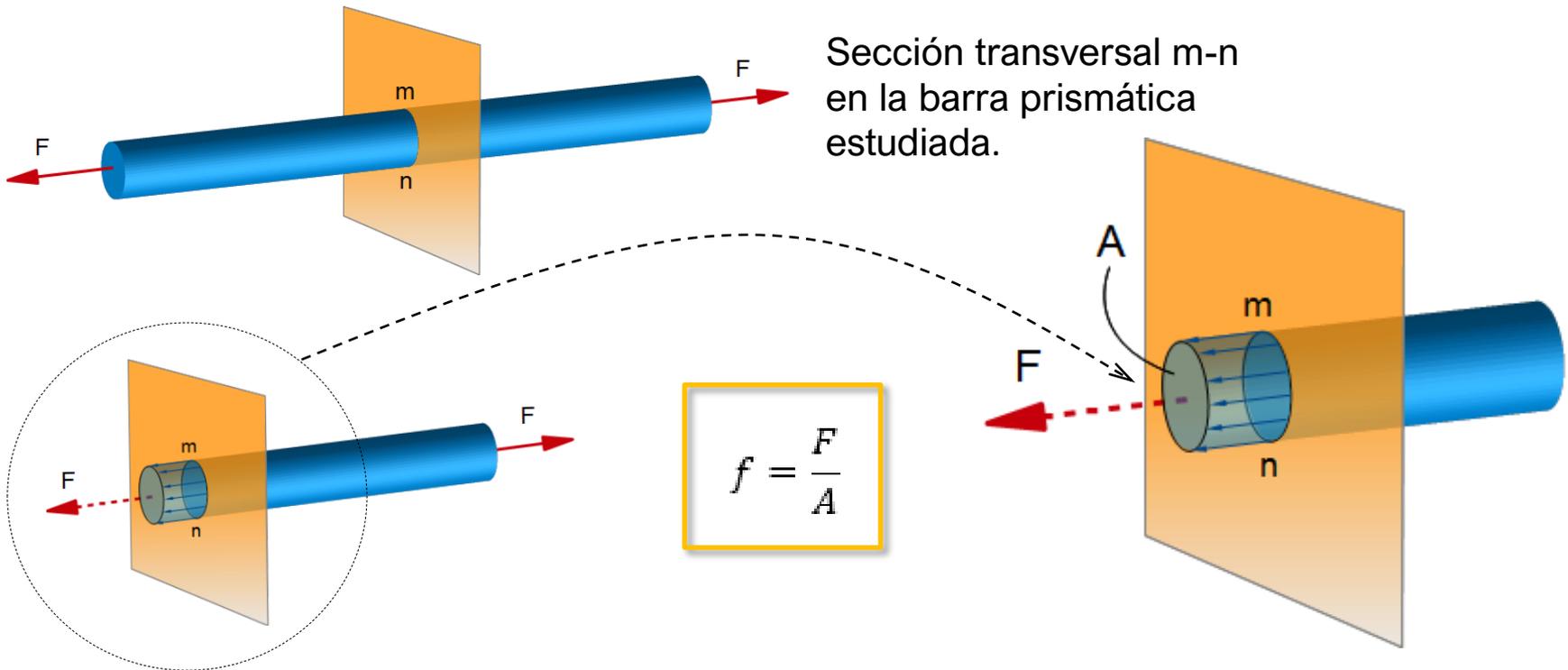


Figura 3.3.4-1. Miembros compuestos unidos en celosía.

MATERIALES ESTRUCTURALES

TENSIONES

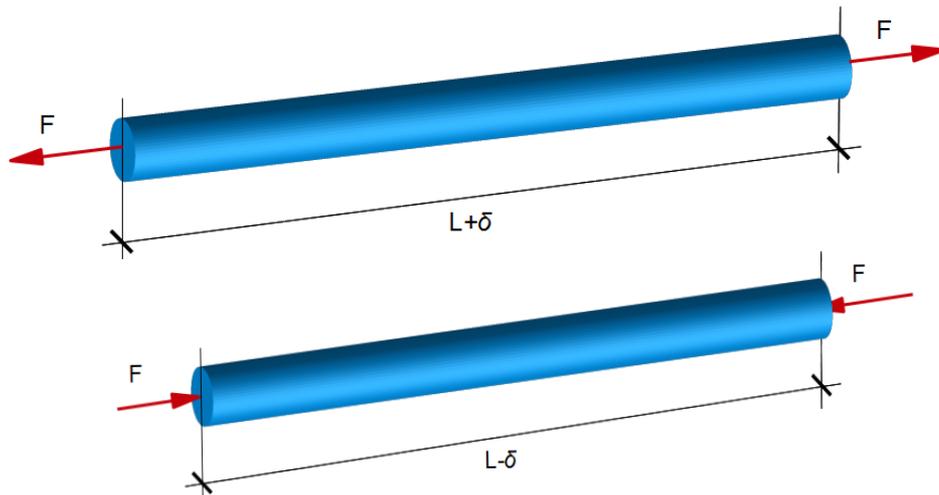


Aislamos la parte derecha de la sección transversal, poniendo en evidencia las acciones internas de la barra.

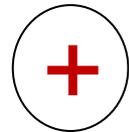
MATERIALES ESTRUCTURALES

TENSIONES

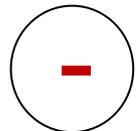
- La tensión tiene unidades de **fuerza** por **unidad de área**, por lo que en el caso del Sistema Internacional, se utiliza la unidad N/m^2 o **Pascal**.
- Cuando la barra se **estira** debido a las fuerzas F , las tensiones son de **tracción**. Si las fuerzas tienen sentido contrario y producen un **acortamiento** de la barra, las tensiones son de **compresión**.
- Cuando las tensiones actúan en dirección perpendicular a la superficie de corte, se denominan **tensiones normales**.



Tracción \Rightarrow Tensiones normales



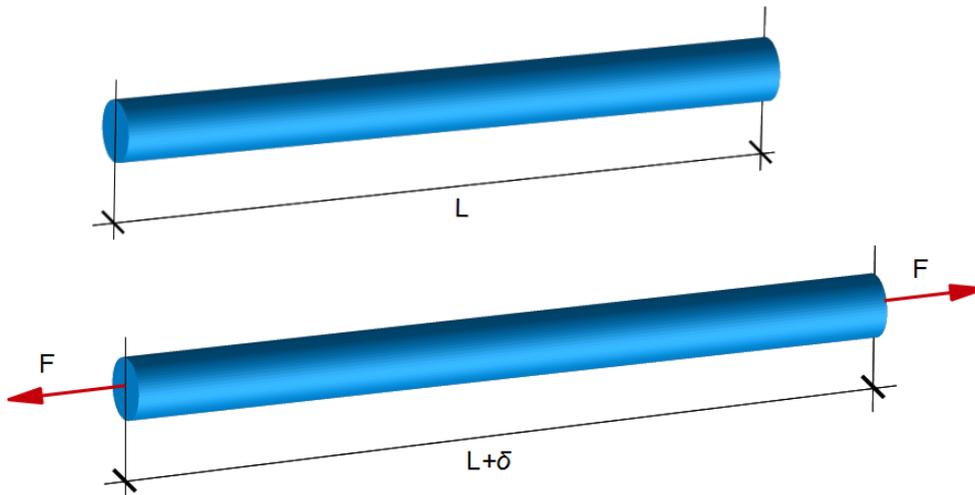
Compresión \Rightarrow Tensiones normales



MATERIALES ESTRUCTURALES

DEFORMACIONES UNITARIAS O ESPECÍFICAS

- Si toda la barra de longitud inicial L , sufrió un aumento de longitud δ debido a la acción de las cargas, una unidad de longitud de la barra tendrá una elongación igual a $1/L$ por el aumento de longitud δ . Esta cantidad se denomina **deformación unitaria** y se la representa con la letra griega ϵ (épsilon).



$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

Aumento de longitud δ en el elemento estructural bajo la acción de las fuerzas F en los extremos de la misma.

MATERIALES ESTRUCTURALES

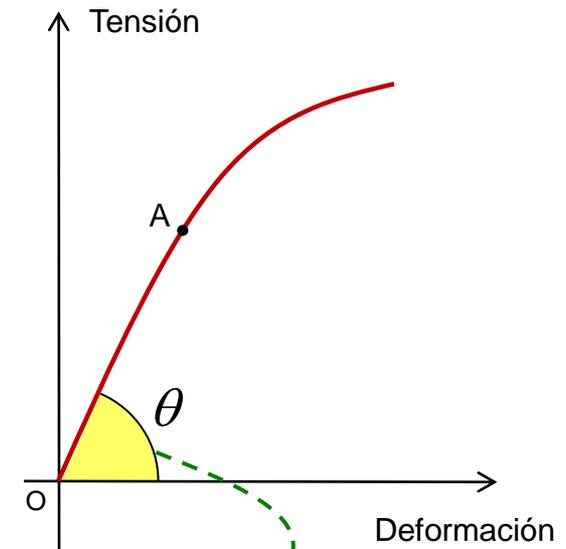
LEY DE HOOKE

- La relación lineal entre tensión f y deformación unitaria ϵ en una barra en tracción o compresión simple se expresa mediante la relación:

$$f = E\epsilon$$

- f : tensión axial
- ϵ : deformación unitaria axial
- E : **Módulo de elasticidad** o módulo de Young

- El módulo de elasticidad E , es la pendiente del diagrama tensión-deformación en la región linealmente elástica.
- La expresión presentada se designa como **Ley de Hooke** en honor al científico Robert Hooke (1635-1703) quién fue el primero en investigar en forma científica las propiedades elásticas de los materiales.

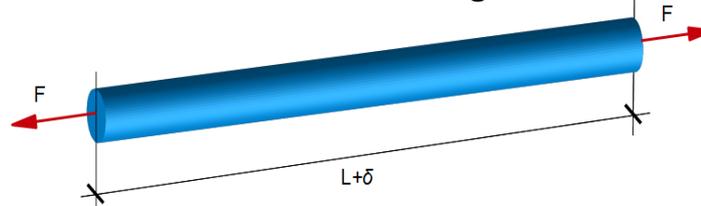


$$E = \operatorname{tg} \theta$$

MATERIALES ESTRUCTURALES

RIGIDEZ AXIAL

- Si la barra es de **material homogéneo**, la deformación unitaria **axial**, se evalúa a partir de $\epsilon = \frac{\delta}{L}$
- Si el material es linealmente elástico, satisface la Ley de Hooke $f = E\epsilon$ en la que E representa el **módulo de elasticidad** longitudinal.



- Combinando las expresiones anteriores obtenemos una relación que nos permite vincular el alargamiento de la barra con la fuerza F aplicada en sus extremos:

$$E\epsilon = \frac{\delta E}{L} \quad \frac{F}{A} = \frac{\delta E}{L} ; \quad \delta = \frac{L}{EA} F$$

MATERIALES ESTRUCTURALES

RIGIDEZ AXIAL DE UNA BARRA

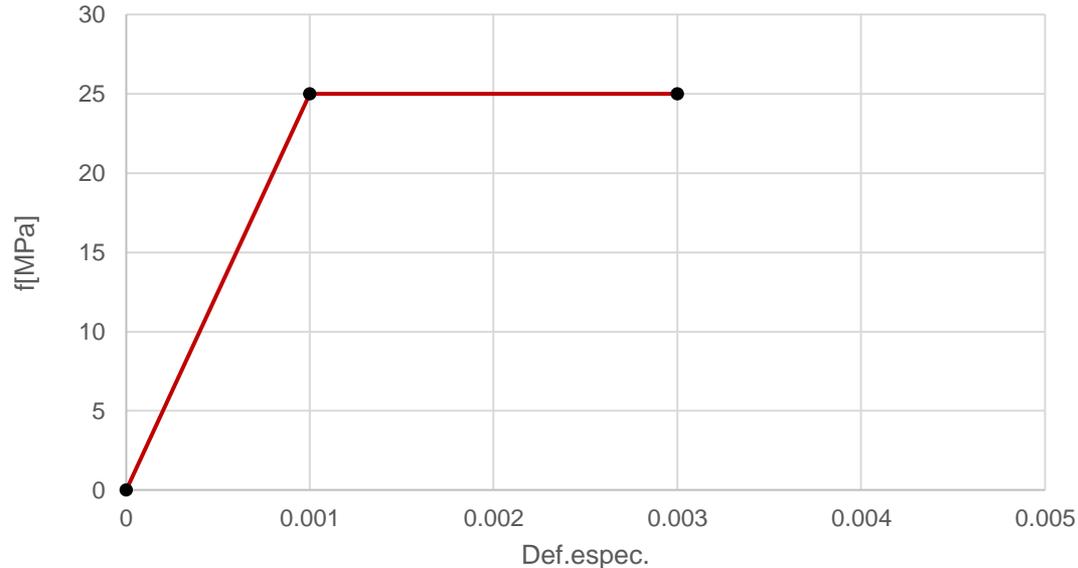
- La expresión hallada, : $\delta = \frac{L}{E A} F$ nos permite analizar que el alargamiento de una barra bajo la acción de una carga F aplicada en sus extremos, es directamente proporcional a la longitud de la barra e inversamente proporcional al módulo de elasticidad y a la sección transversal de la misma.
- De esta manera podemos escribir $F = \frac{E A}{L} \delta = k \delta$ donde la constante k se denomina **rigidez** axial de la barra.

$$k = \frac{E A}{L}$$

MATERIALES ESTRUCTURALES

DIAGRAMAS TENSIÓN DEFORMACIÓN SIMPLIFICADOS

DIAGRAMAS BILINEALES EQUIVALENTES



MATERIALES ESTRUCTURALES

DIAGRAMAS TENSIÓN DEFORMACIÓN SIMPLIFICADOS

DIAGRAMAS BILINEALES

