

ESTRUCTURAS I

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO | UDELAR 2020 **2020**

***DIMENSIONADO DE
ESTRUCTURAS CON
MATERIALES HOMOGÉNEOS***

EQUILIBRIO ESTABLE

Una estructura se encuentra en **equilibrio estable** cuando se verifican las siguientes condiciones.

EQUILIBRIO GLOBAL: todo el sistema se mantiene quieto con respecto a un marco de referencia.

Sin desplazamientos

$$\Sigma \text{ Fuerzas} = 0$$

Sin giros

$$\Sigma \text{ Momentos} = 0$$

EQUILIBRIO DE LAS PARTES: equilibrio de todos los subsistemas (partes) que descargan unos en otros, vinculados adecuadamente entre sí, y en cada parte de los subsistemas.

Se deben cumplir las mismas condiciones del equilibrio global, hasta nivel molecular, en última instancia por razones de **seguridad**.

ESTABILIDAD DE LA FORMA: frente a las acciones y estando la estructura en equilibrio, se deformará.

Frente a un sistema de cargas determinado debe existir una deformación **única, previsible y controlada**, por motivos de **integridad, apariencia y confort**.

EQUILIBRIO ESTABLE

Una estructura se encuentra en **equilibrio estable** cuando se verifican las siguientes condiciones.

EQUILIBRIO GLOBAL: todo el sistema se mantiene quieto con respecto a un marco de referencia.

Sin desplazamientos

$$\Sigma \text{ Fuerzas} = 0$$

Sin giros

$$\Sigma \text{ Momentos} = 0$$

EQUILIBRIO DE LAS PARTES: equilibrio de todos los subsistemas (partes) que descargan unos en otros, vinculados adecuadamente entre sí, y en cada parte de los subsistemas. Se deben cumplir las mismas condiciones del equilibrio global, hasta nivel molecular, en última instancia por razones de **seguridad**.

ESTABILIDAD DE LA FORMA: frente a las acciones y estando la estructura en equilibrio, se deformará.

Frente a un sistema de cargas determinado debe existir una deformación **única, previsible y controlada**, por motivos de **integridad, apariencia y confort**.

EQUILIBRIO ESTABLE

Una estructura se encuentra en **equilibrio estable** cuando se verifican las siguientes condiciones.

EQUILIBRIO GLOBAL: todo el sistema se mantiene quieto con respecto a un marco de referencia.

Sin desplazamientos

$$\Sigma \text{ Fuerzas} = 0$$

Sin giros

$$\Sigma \text{ Momentos} = 0$$

EQUILIBRIO DE LAS PARTES: equilibrio de todos los subsistemas (partes) que descargan unos en otros, vinculados adecuadamente entre sí, y en cada parte de los subsistemas. Se deben cumplir las mismas condiciones del equilibrio global, hasta nivel molecular, en última instancia por razones de **seguridad**.

ESTABILIDAD DE LA FORMA: frente a las acciones y estando la estructura en equilibrio, se deformará. Frente a un sistema de cargas determinado debe existir una deformación **única, previsible y controlada**, por motivos de **integridad, apariencia y confort**.

MODELO DE LA ESTRUCTURA

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

**ES IMPRESCINDIBLE RESOLVER EL
EQUILIBRIO GLOBAL DE FUERZAS PARA
PODER ANALIZAR UNA ESTRUCTURA!**

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

DIMENSIONADO

DIMENSIONADO

**DETERMINAR LA CANTIDAD DE MATERIAL
NECESARIO Y SU ADECUADA DISTRIBUCIÓN
PARA QUE EN NINGÚN PUNTO DE LA ESTRUCTURA
APAREZCAN VALORES
DE ESFUERZOS INTERNOS O DE
DEFORMACIONES
QUE PUEDAN COMPROMETER
LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA,
EN ADECUADAS
CONDICIONES DE SEGURIDAD.**

**PARA DETERMINAR LA
CANTIDAD DE MATERIAL
NECESARIO PARA LOGRAR
EL EQUILIBRIO ESTABLE, SE DEBEN
ESTABLECER Y CUANTIFICAR LOS
PUNTOS DE LA ESTRUCTURA DONDE SE
ENCUENTRAN LOS
MÁXIMOS ESFUERZOS INTERNOS.
(PUNTOS CRÍTICOS)**

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

PUNTOS CRÍTICOS

DIMENSIONADO

Solicitaciones en una sección

AXIL (N): es la componente paralela al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Si la parte izquierda empuja a la derecha a través de la sección de corte (provocando que las secciones contiguas tiendan a juntarse), el axil es de **compresión**. Si tira de ella (provocando que las secciones contiguas tiendan a separarse), es de **tracción**.

CORTANTE (V): es la componente perpendicular al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Es el esfuerzo que provoca la tendencia al **deslizamiento** de una cara del corte con respecto a la otra.

MOMENTO (M): es el momento que produce la resultante izquierda con respecto al centro de gravedad de la sección.

Es el esfuerzo que tiende a hacer **girar** una cara del corte con respecto a la otra, provocando que en una zona tiendan a **juntarse** y en la otra a **separarse**.

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

PUNTOS CRÍTICOS

SOLICITACIONES

ESFUERZOS EN LAS BARRAS

DIMENSIONADO

MODELO DE LA ESTRUCTURA

ACCIONES

GEOMETRÍA

FUNCIONAMIENTO

VÍNCULOS

MATERIAL

EQUILIBRIO GLOBAL

PUNTOS CRÍTICOS

SOLICITACIONES

ESFUERZOS EN LAS BARRAS

DIMENSIONADO

MODELO DEL MATERIAL

**ESTUDIO DEL ACERO COMO MATERIAL REPRESENTATIVO DE LOS
CLASIFICADOS COMO MATERIALES HOMOGÉNEOS.**

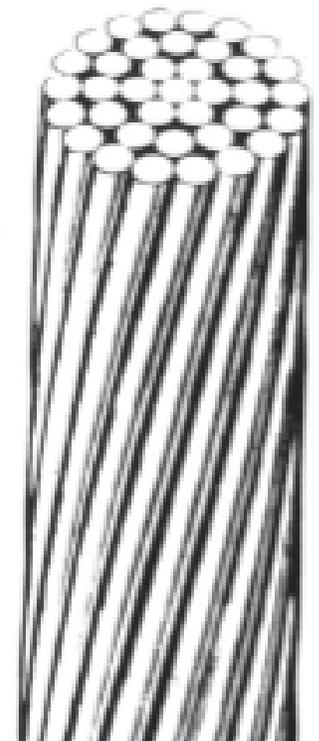
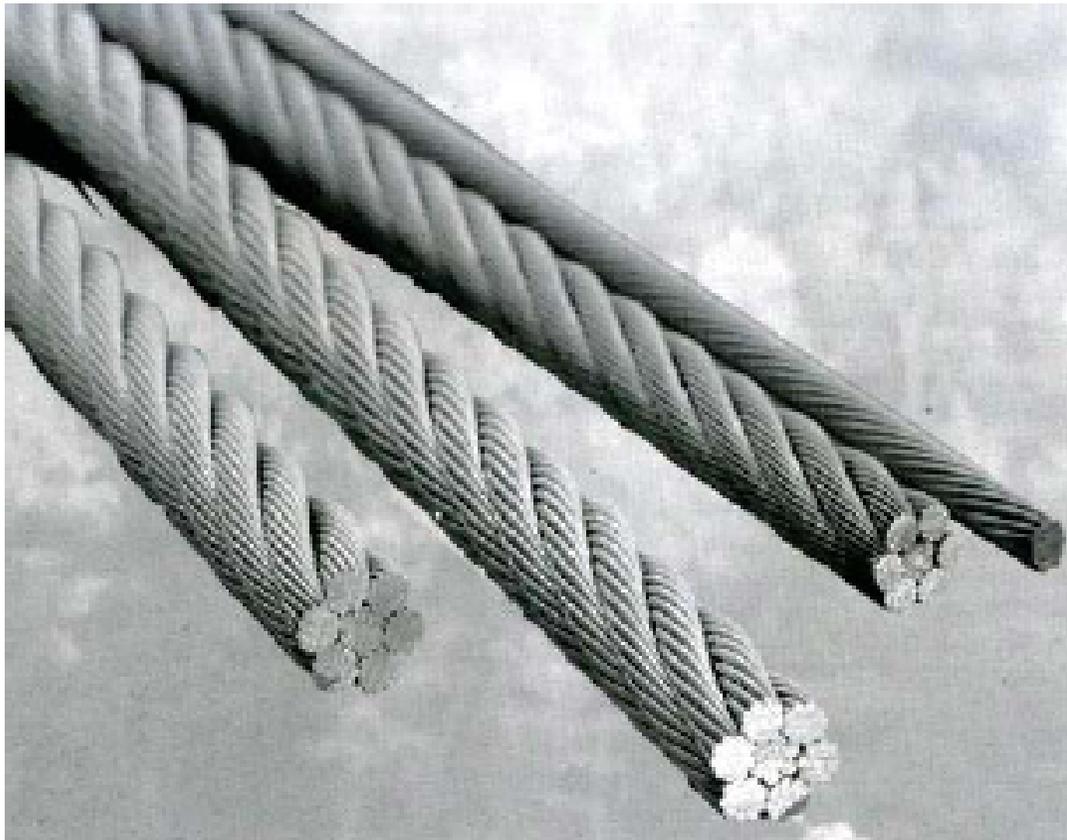
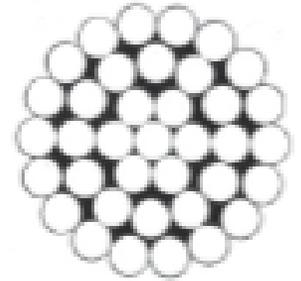
● Material

Acero:

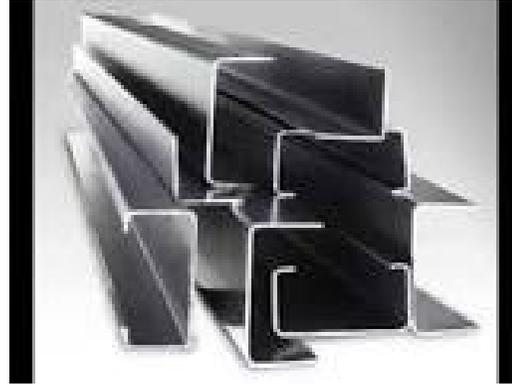
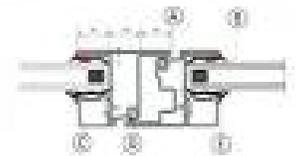
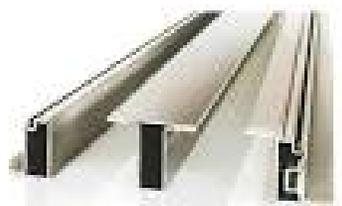
Homogeneo, Continuo e Isótropo

Cable:

Uno o mas hilos de acero torneados sobre si mismos



Imágenes de perfiles de acero



MODELO DEL MATERIAL

LO QUE DETERMINA LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE UN MATERIAL SON SU CAPACIDAD DE TENSIÓN Y DE DEFORMACIÓN.

LA PRIMERA ES UNA MEDIDA DE LA FUERZA DISTRIBUIDA POR UNIDAD SUPERFICIE DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN MATERIAL.

LA DEFORMACIÓN HACE AL CAMBIO DE DIMENSIÓN DE UNA PIEZA DE DICHO MATERIAL, AL APLICARSE LA TENSIÓN (FUERZA / SUPERFICIE)

MAQUINAS PARA ENSAYO DE TRACCION



Cruzeta

Agarradera

Probeta de Prueba

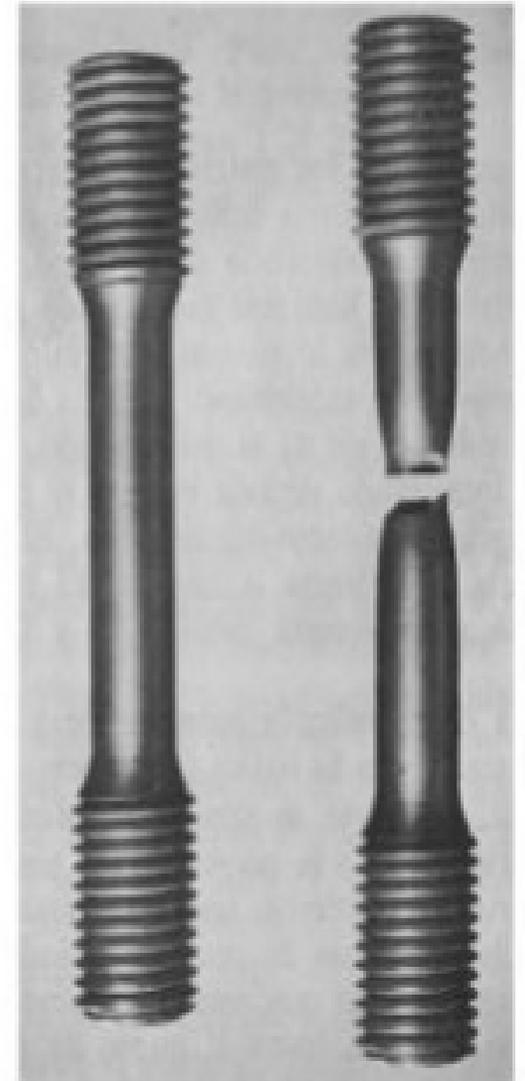
Extensómetro

Célula de Carga

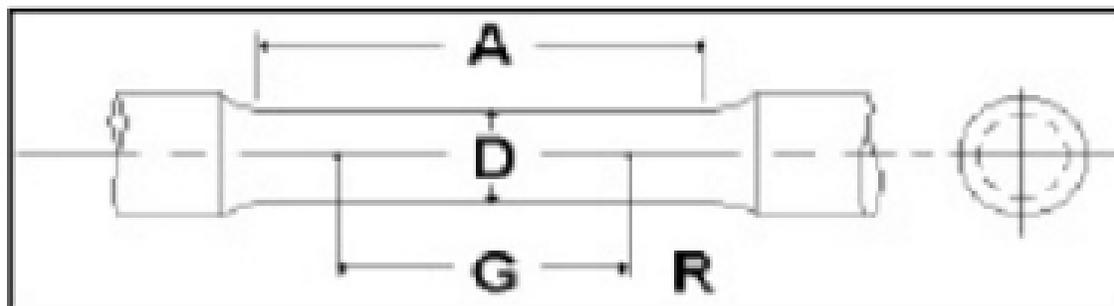


PROBETAS ENSAYO DE TRACCIÓN

Zona de Agarre



ASTM A 370



| Diámetro Nominal <i>Nominal Diameter</i> | Prob. normalizada <i>Std. Specimen</i> | | Probetas de medidas reducidas proporcionales a la normalizada <i>Small-size specimens proportional to the standardized</i> | | | | | | | |
|--|---|-------------------|---|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | <i>in.</i> | <i>mm</i> | <i>in.</i> | <i>mm</i> | <i>in.</i> | <i>mm</i> | <i>in.</i> | <i>mm</i> | <i>in.</i> | <i>mm</i> |
| | 0,500 | 12,5 | 0,350 | 8,75 | 0,250 | 6,25 | 0,160 | 4,00 | 0,113 | 2,50 |
| G-Medida entre Puntos <i>G-Gage length</i> | 2,00 +/-0,005 | 50,0 +/-0,10 | 1,400 +/-0,005 | 35,0 +/-0,10 | 1,000 +/-0,005 | 25,0 +/-0,10 | 0,640 +/-0,005 | 16,0 +/-0,10 | 0,450 +/-0,005 | 10,0 +/-0,10 |
| D-Diámetro <i>D-Diameter</i> | 0,500 +/-0,010 | 12,5 +/-0,25 | 0,350 +/-0,007 | 8,75 +/-0,18 | 0,250 +/-0,005 | 6,25 +/-0,12 | 0,160 +/-0,003 | 4,00 +/-0,08 | 0,113 +/-0,002 | 2,50 +/-0,05 |
| R-Radius, min. <i>R-Radius of fillet, min.</i> | 3/8 | 10 | 1/4 | 6 | 3/16 | 5 | 5/32 | 4 | 3/32 | 2 |
| A-Largo de la sección reducida <i>A-Length of reduced section</i> | 2 1/4 <i>min.</i> | 60 <i>min.</i> | 1 3/4 <i>min.</i> | 45 <i>min.</i> | 1 1/4 <i>min.</i> | 32 <i>min.</i> | 3/4 <i>min.</i> | 20 <i>min.</i> | 5/8 <i>min.</i> | 16 <i>min.</i> |

Nota: Note:

Para diferentes tipos de extremos, para ensayos de tracción con probeta redonda normalizada y otros tipos de probetas, ver ASTM A 370.

For different types of ends for standardized round specimen test and other types of specimens, refer to ASTM A 370

ENSAYO DE LAS BARRAS

Este ensayo consiste en someter una barra, de sección uniforme y conocida, a una fuerza de tracción que va aumentando progresivamente.

En forma simultánea se van midiendo los correspondientes alargamientos de la barra.

Dicho ensayo nos va arrojando valores, los que se grafican en un sistema de ejes donde en las abscisas se señala el alargamiento y en las ordenadas el valor de la fuerza aplicada.

ENSAYO DE LAS BARRAS

En el eje de las ordenadas, se indica la tensión aplicada, dada por la relación entre el fuerza y la superficie de la sección transversal de la probeta.

$$\sigma_s = \frac{\text{Fuerza de tracción (daN)}}{\text{Área de la sección (cm}^2\text{)}}$$

TENSION

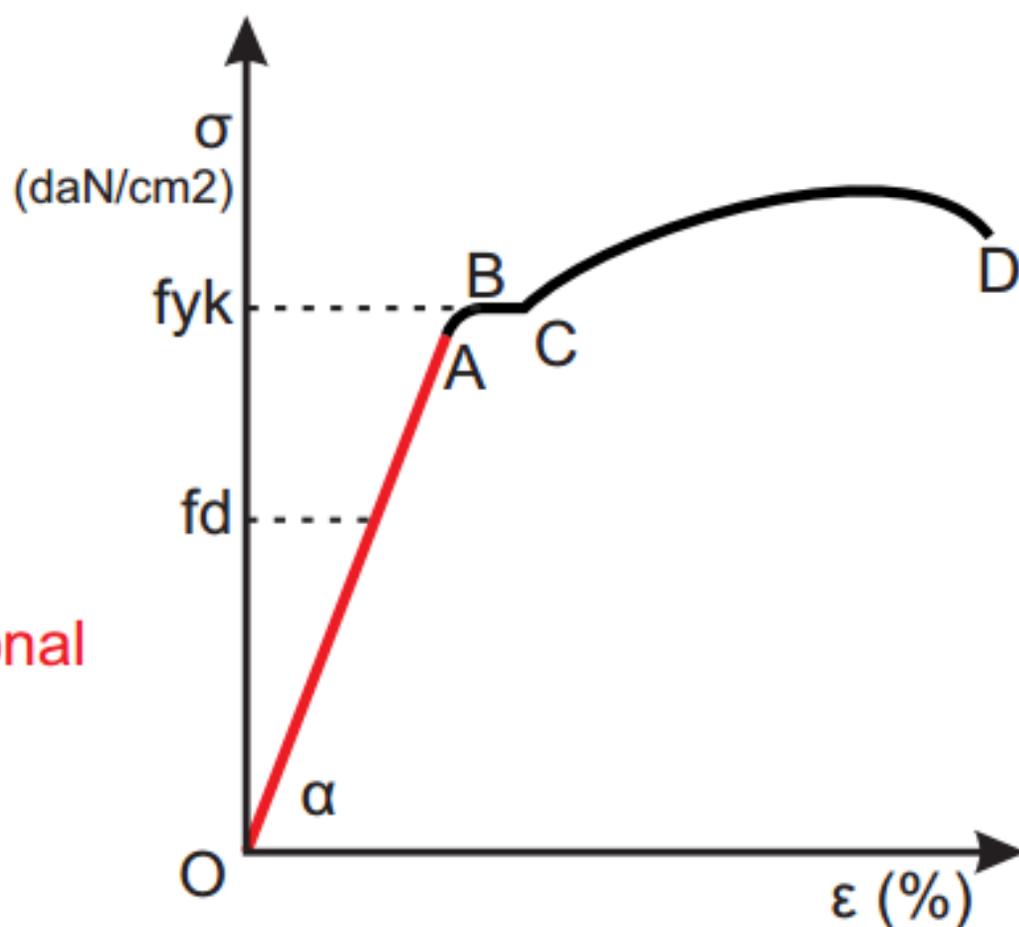
En el eje de las abcisas se indica el alargamiento unitario, dado por la relación entre el alargamiento real y el largo inicial.

$$\epsilon = \frac{\text{Largo final(cm)} - \text{Largo inicial(cm)}}{\text{Largo inicial (cm)}}$$

ALARGAMIENTO UNITARIO

● Diagrama Tensión-Deformación

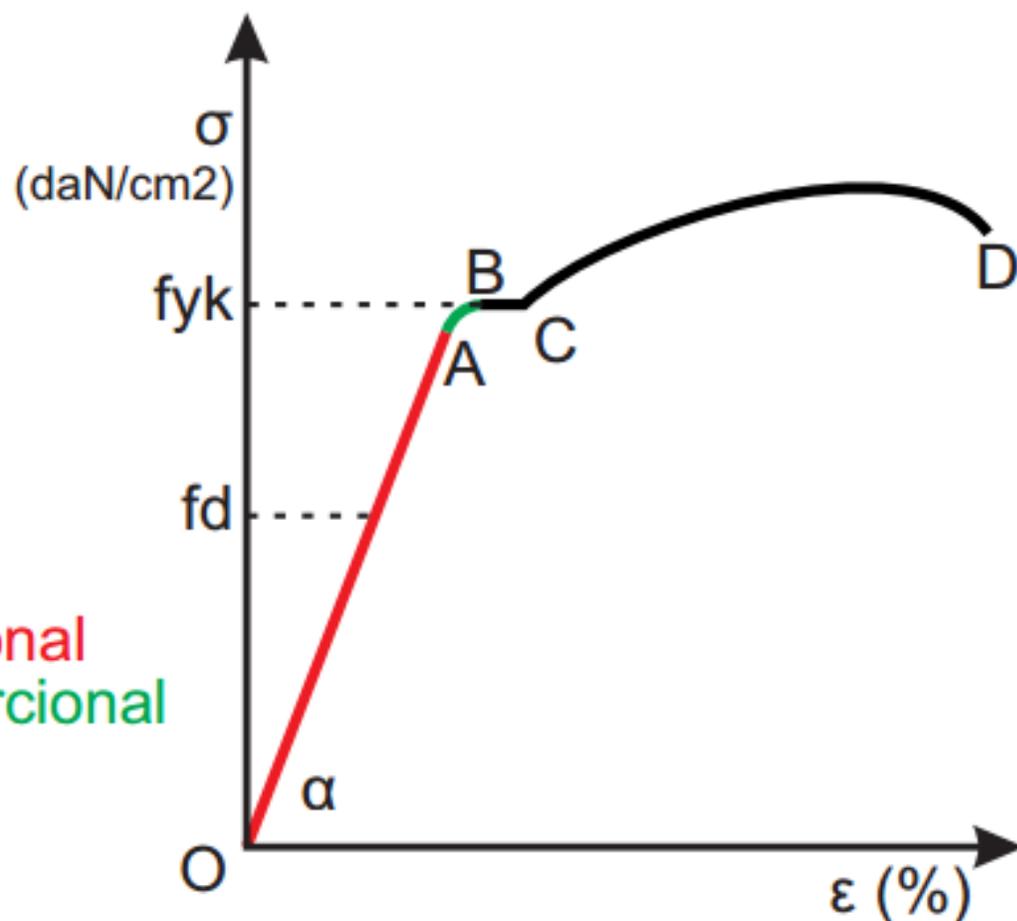
Experimentalmente se establecen ciertas características del material



OA: período elástico proporcional

● Diagrama Tensión-Deformación

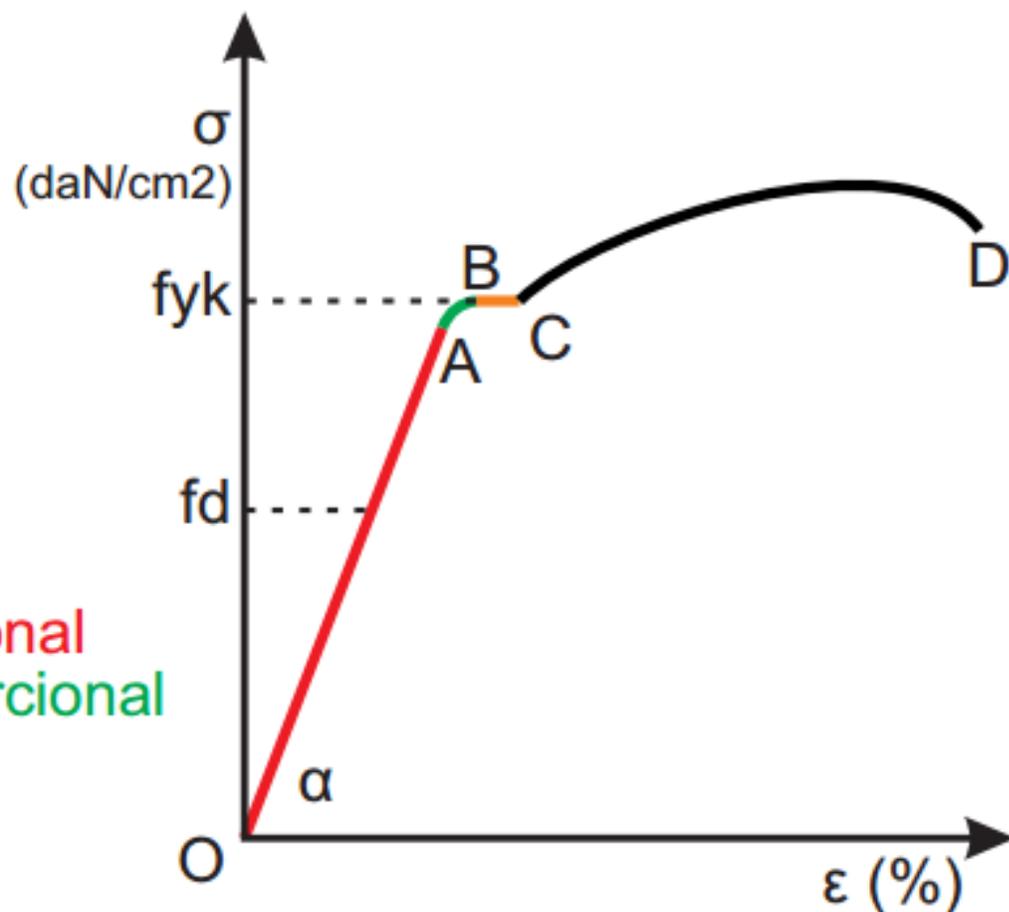
Experimentalmente se establecen ciertas características del material



OA: período elástico proporcional
AB: período elástico no proporcional

● Diagrama Tensión-Deformación

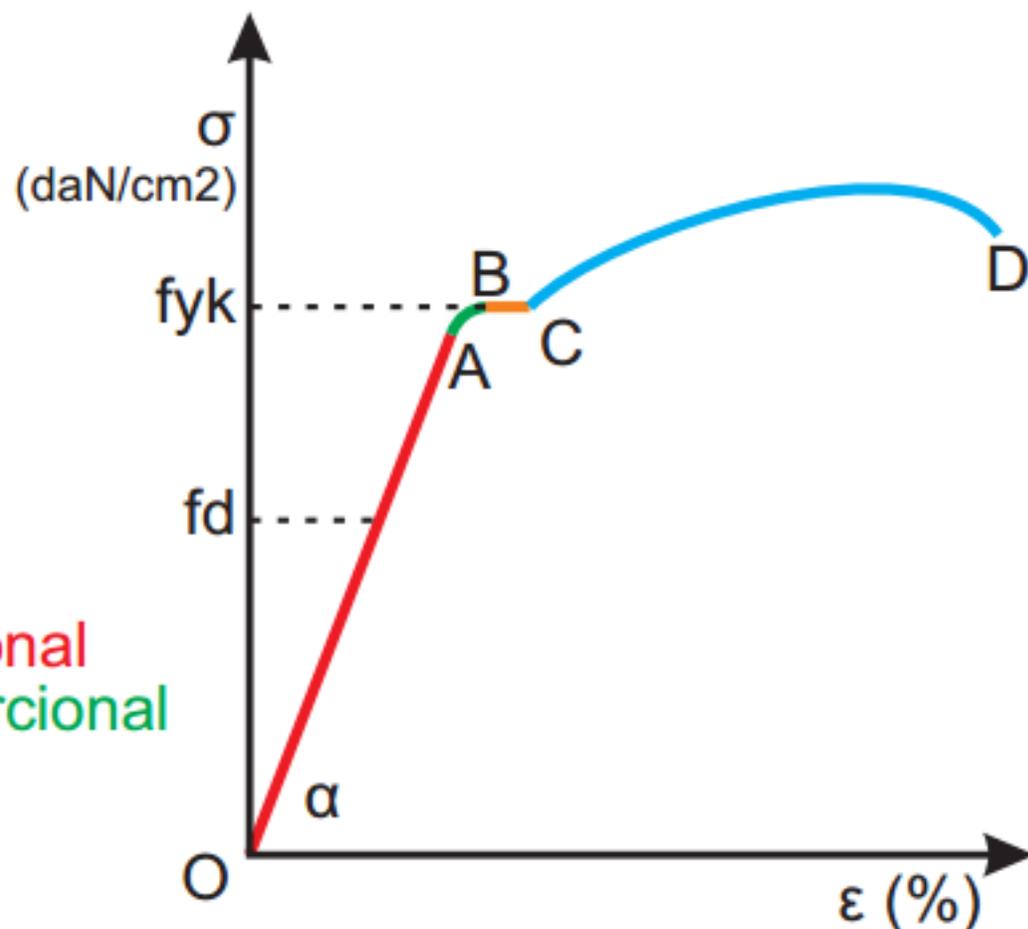
Experimentalmente se establecen ciertas características del material



OA: período elástico proporcional
AB: período elástico no proporcional
BC: escalón de fluencia

● Diagrama Tensión-Deformación

Experimentalmente se establecen ciertas características del material



OA : período elástico proporcional

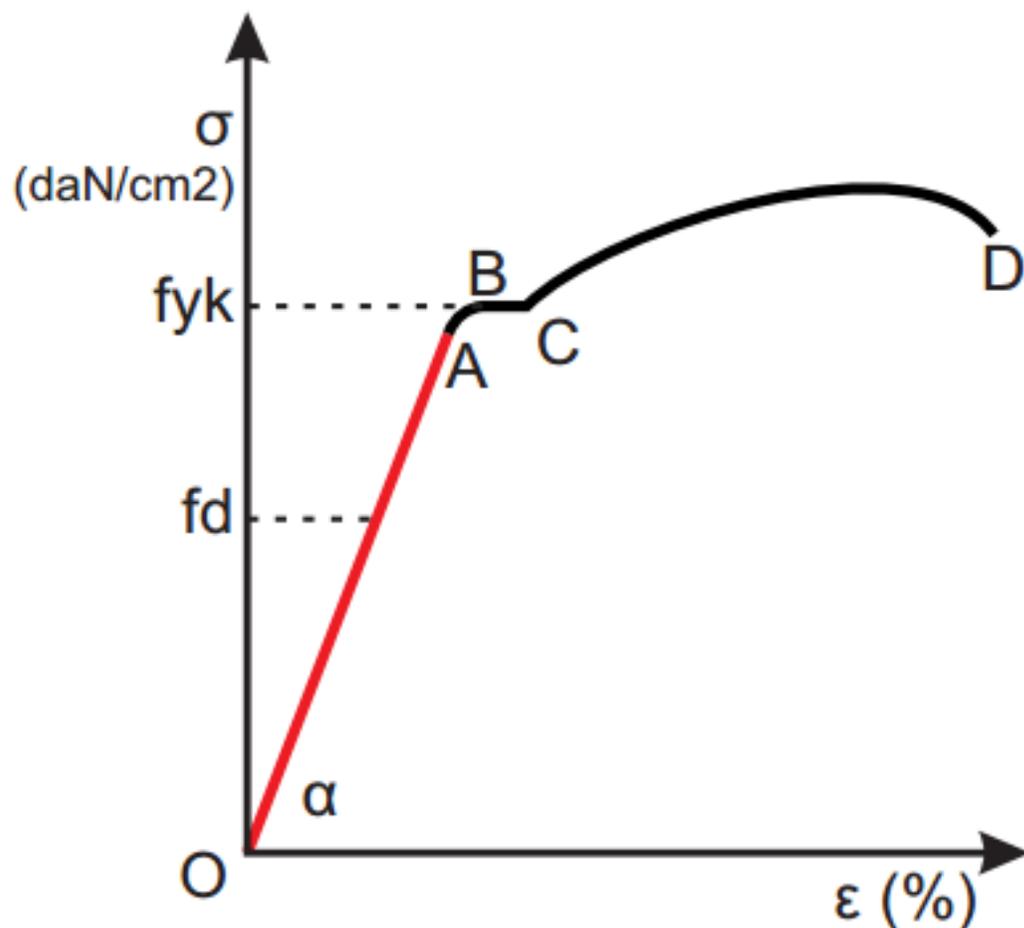
AB : período elástico no proporcional

BC : escalón de fluencia

CD : período plástico

● Ley de Hooke

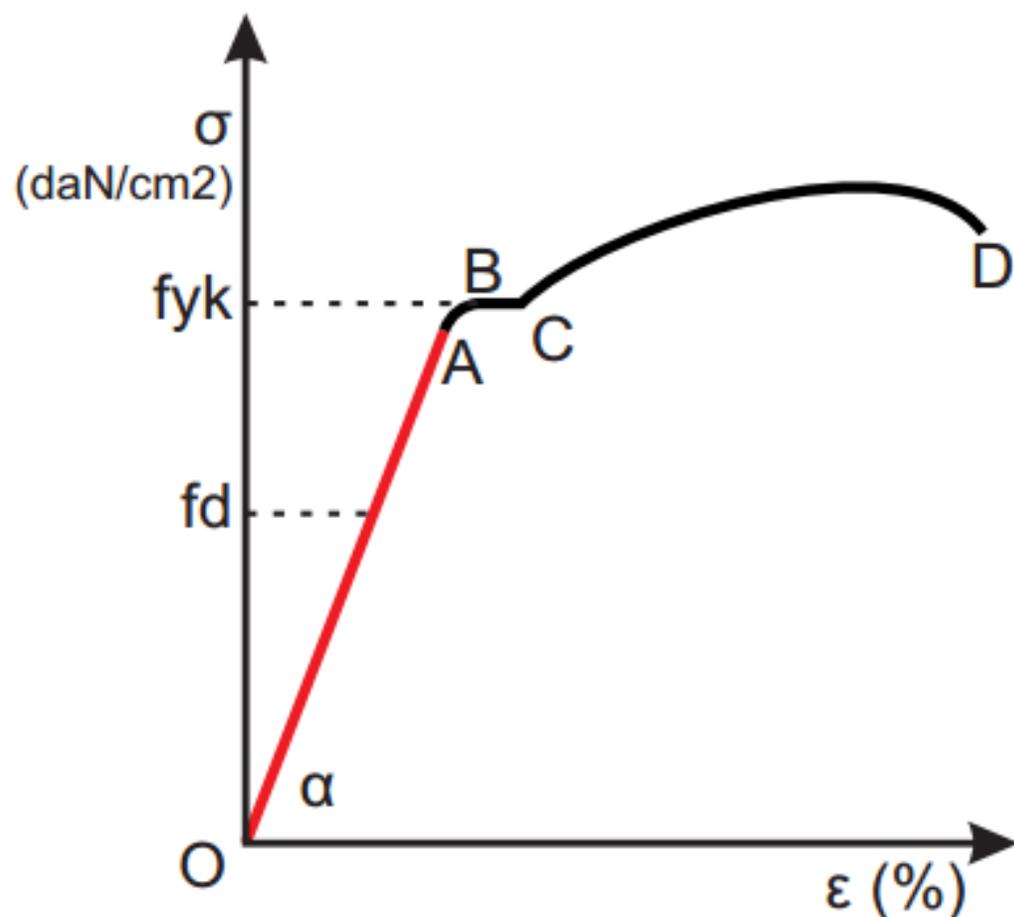
Cuando las cargas se encuentran entre los límites OA, el alargamiento de la barra es proporcional a la tensión y a su longitud es inversamente proporcional a la sección y al módulo de elasticidad.



● Ley de Hooke

Hasta el límite de la proporcionalidad es válida la Ley de Hooke.
El valor de $\tan \alpha$ en ese período se llama :

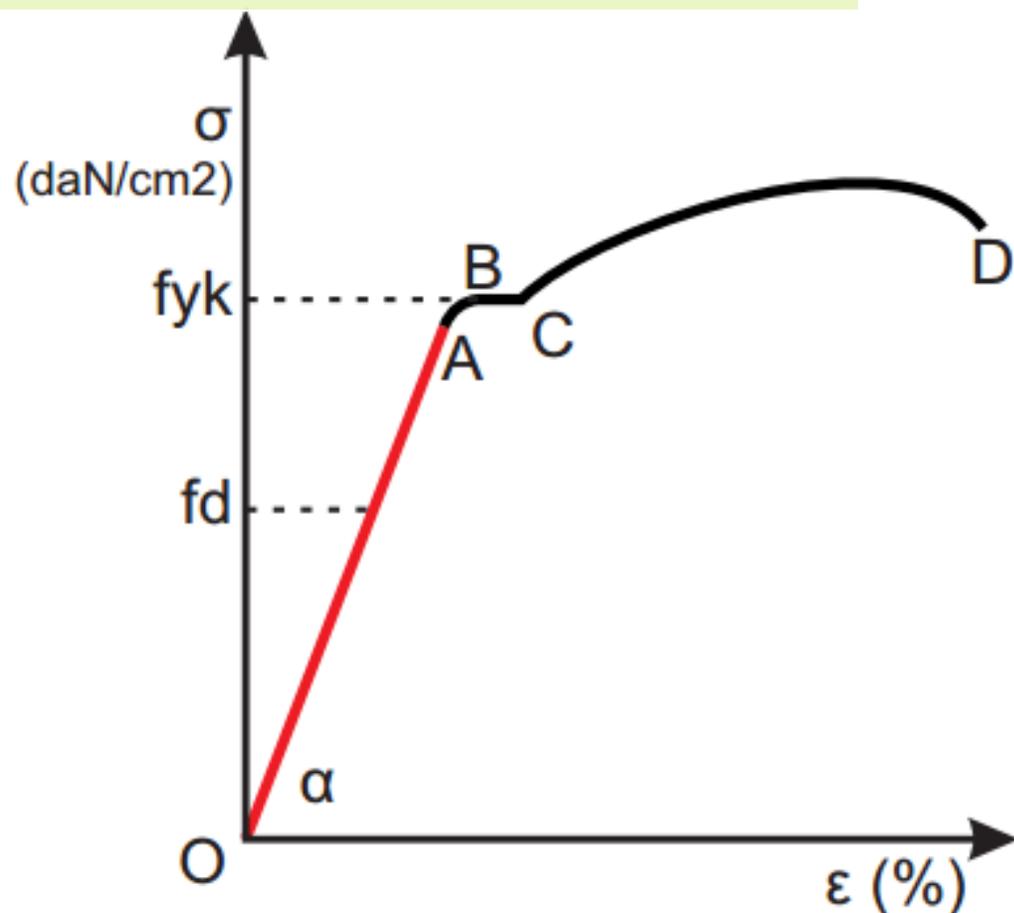
Módulo de Young o Módulo de elasticidad = E



● Ley de Hooke

Hasta el límite de la proporcionalidad es válida la Ley de Hooke.
El valor de $\tan \alpha$ en ese período se llama :

Módulo de Young o Módulo de elasticidad = E

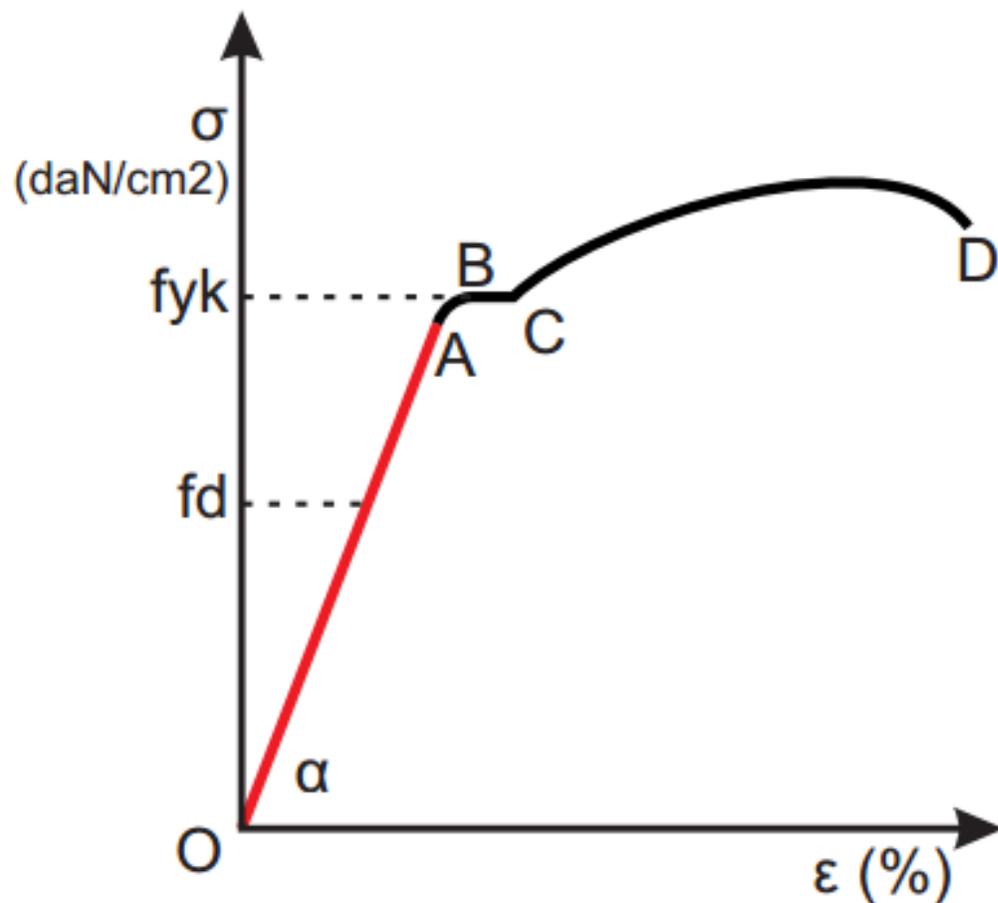


● Ley de Hooke

El módulo de elasticidad es un coeficiente cuyo valor depende de las propiedades del material. Este coeficiente caracteriza la capacidad del material a oponerse a las deformaciones.

Acero = 2.100.000 daN/cm²

Madera = 100.000 daN/cm²



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

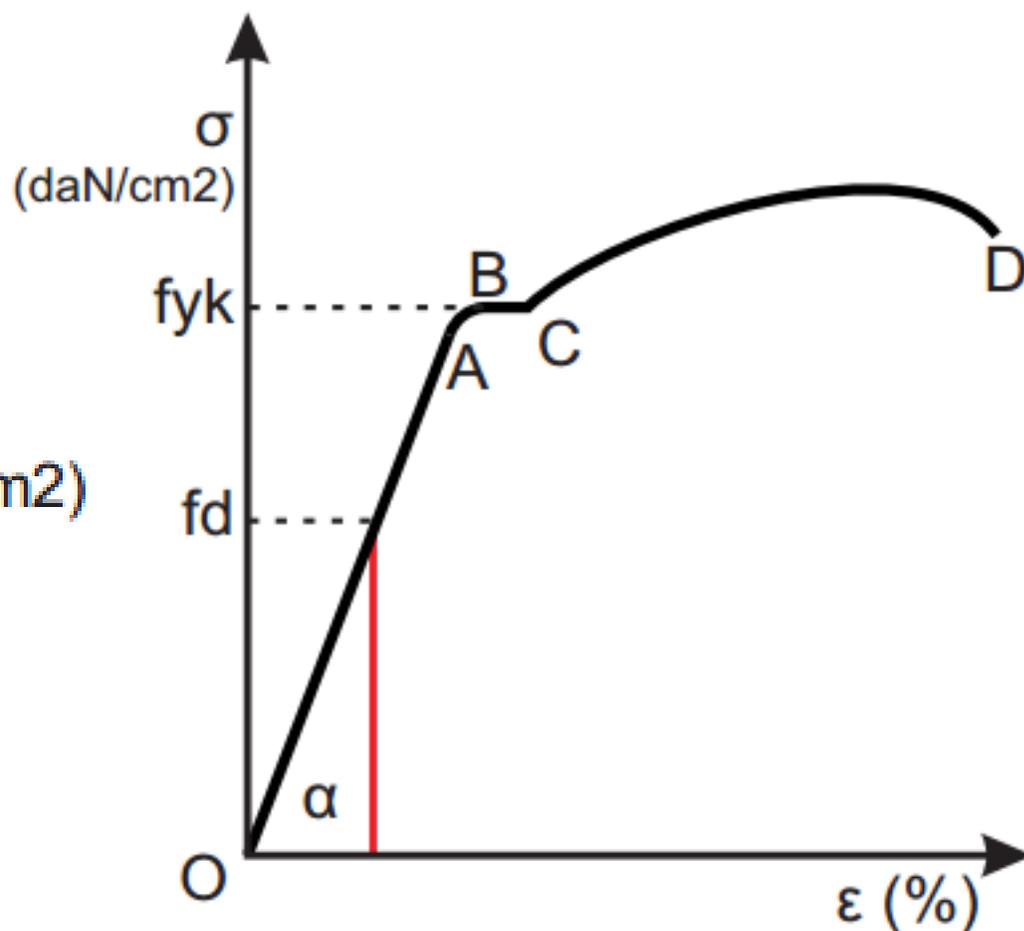
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} \rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

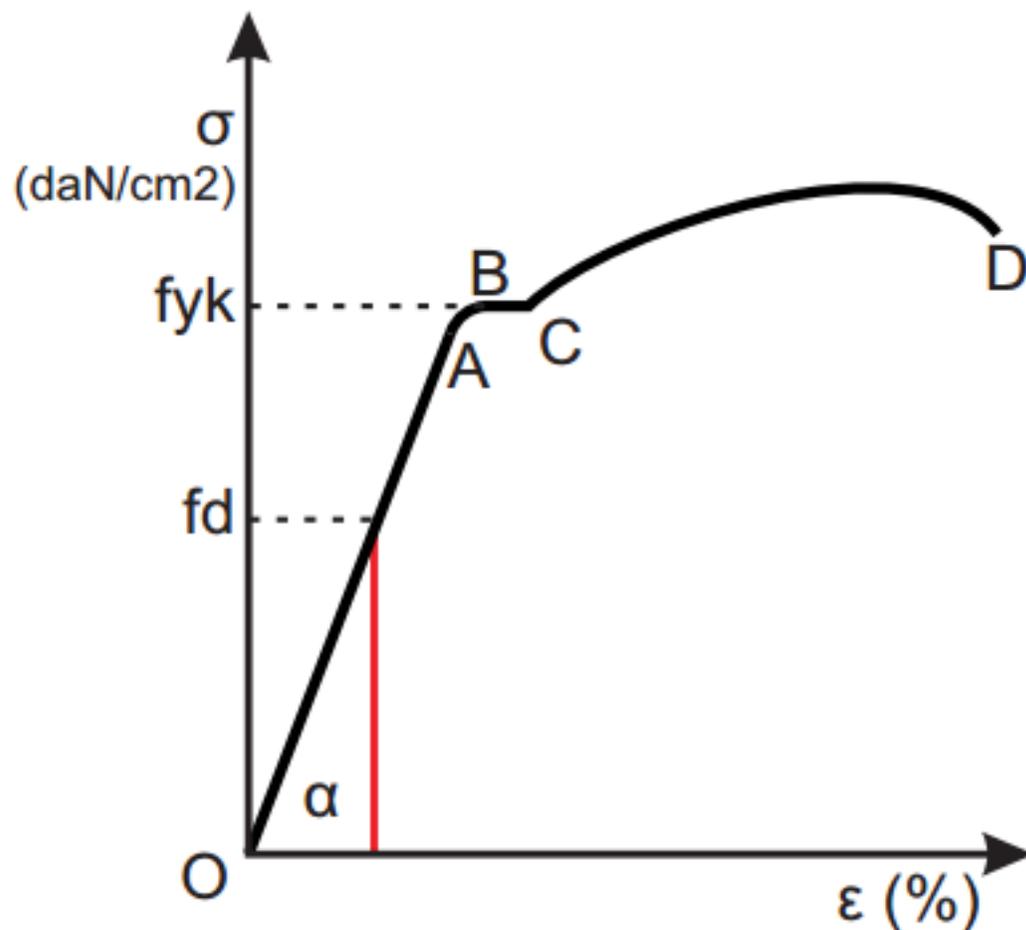
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

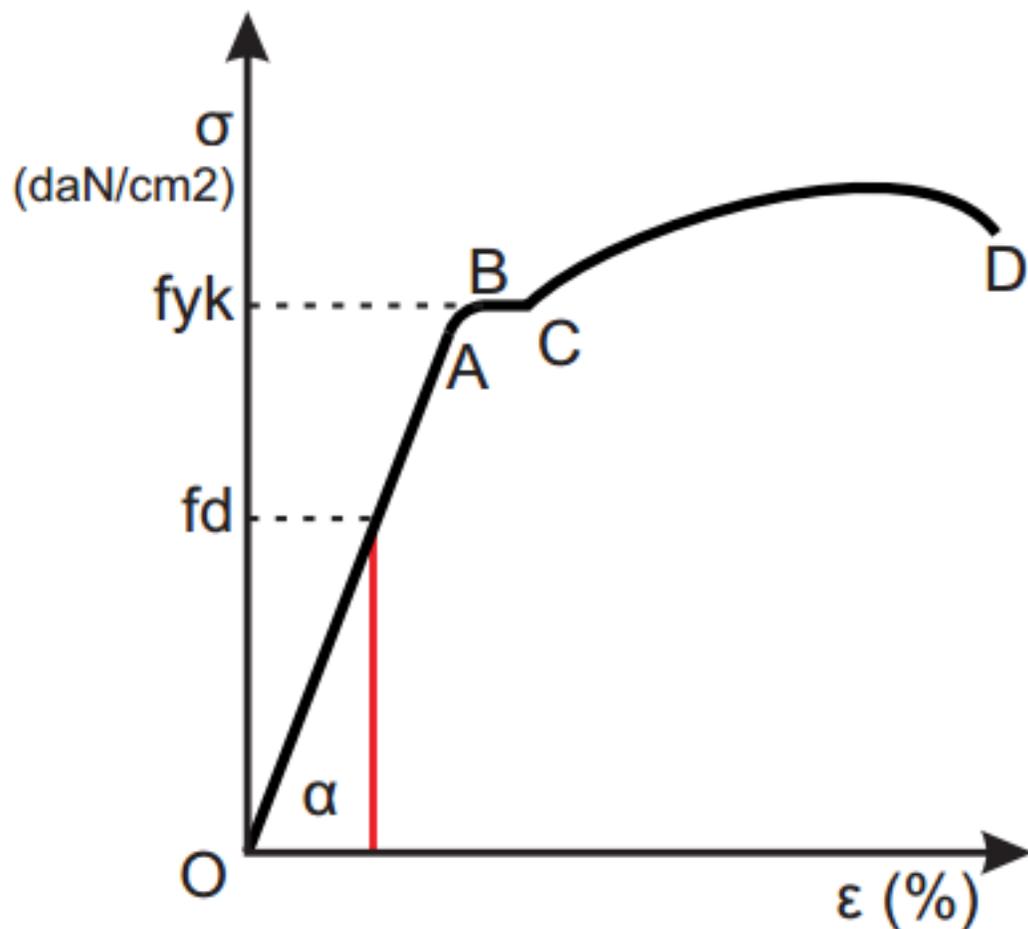
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

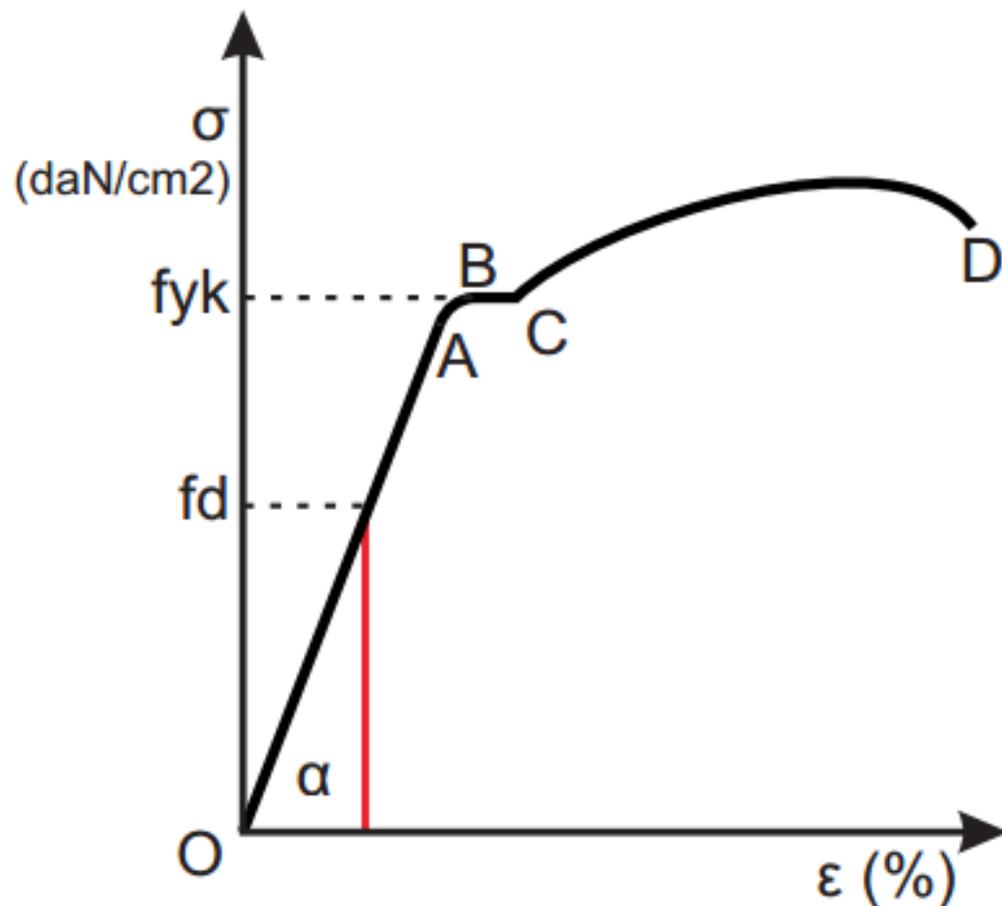
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} \rightarrow \Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

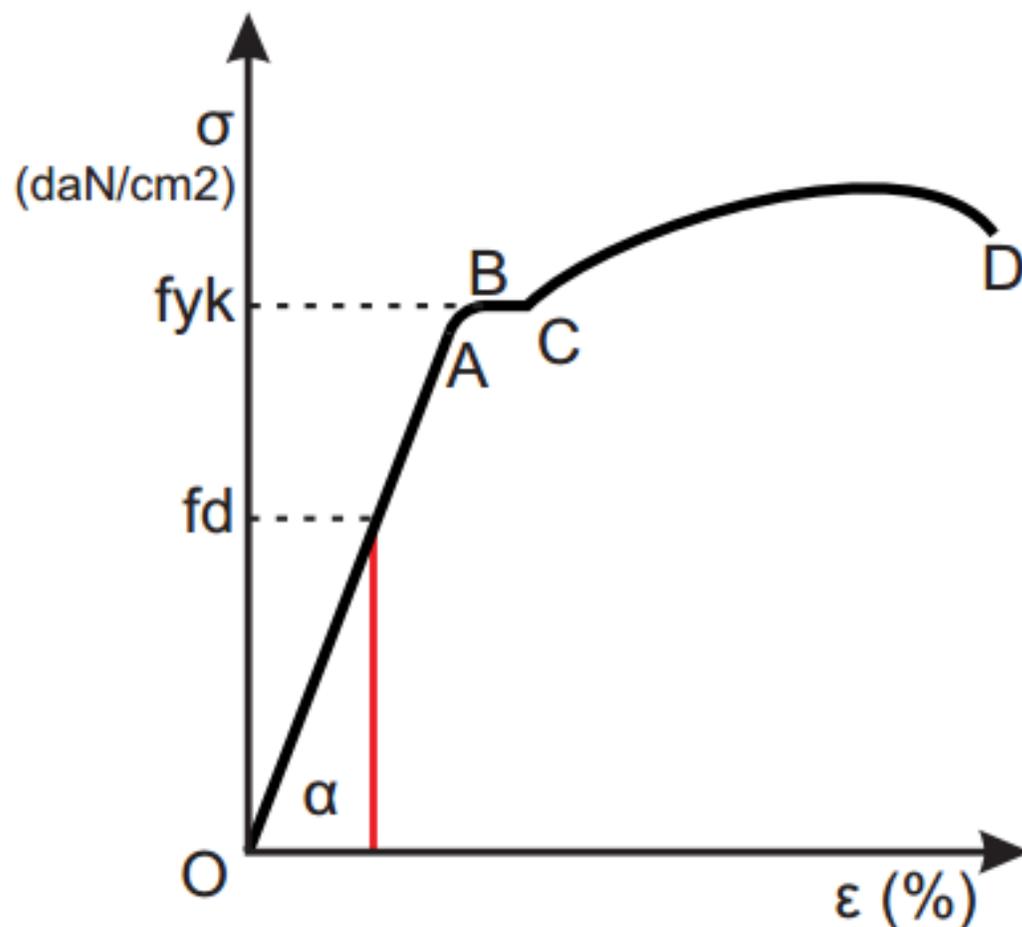
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$$

$$\Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E}$$

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

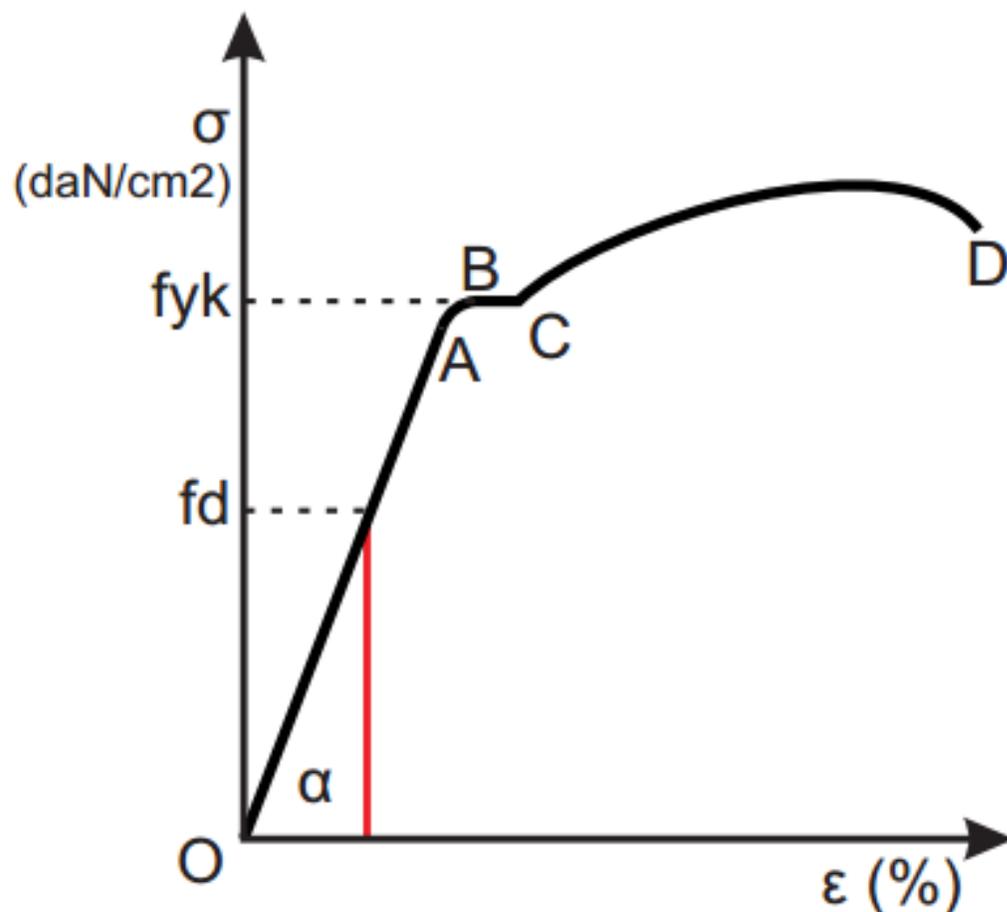
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Alargamiento

Conociendo el módulo de elasticidad del material, la tensión aplicada y el largo de la pieza se puede deducir el alargamiento que va a tener:

$$E = \operatorname{tg}\alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$$

$$\Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E}$$

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

E = módulo de elasticidad (daN/cm²)

ε = deformación (%)

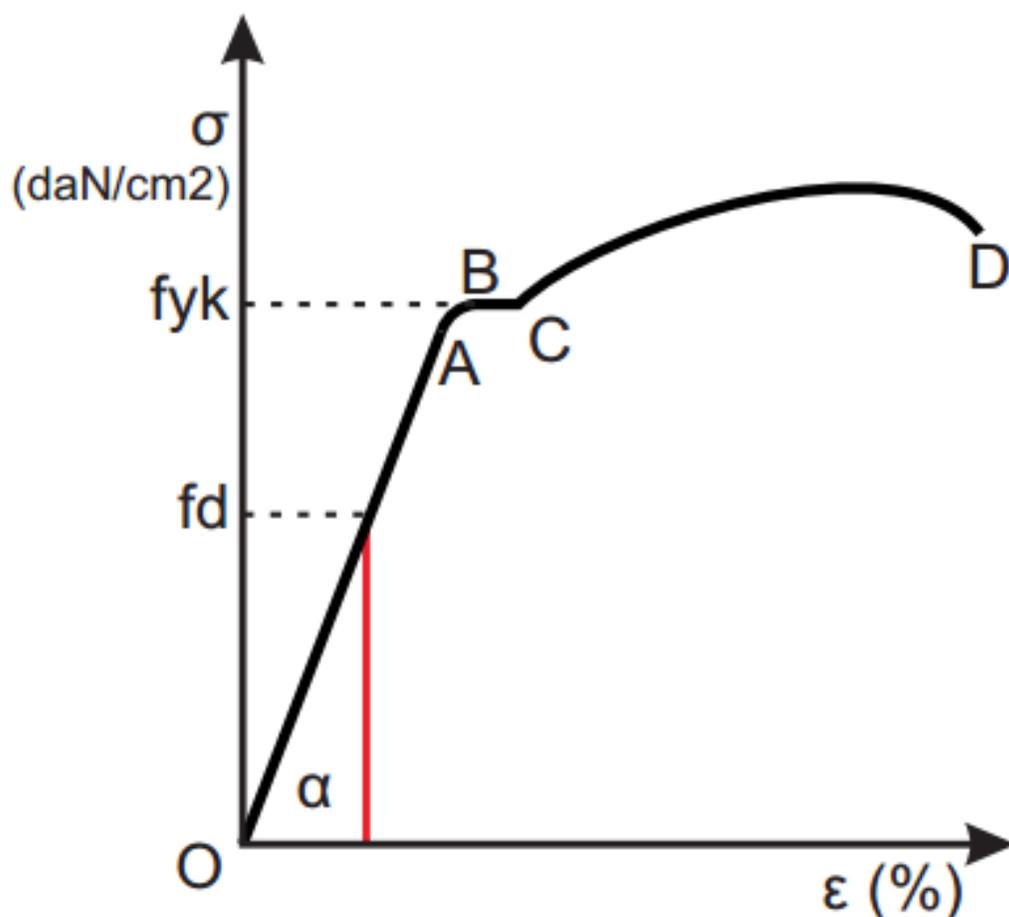
σ = tensión (daN/cm²)

Δl = alargamiento (cm)

l = longitud (cm)

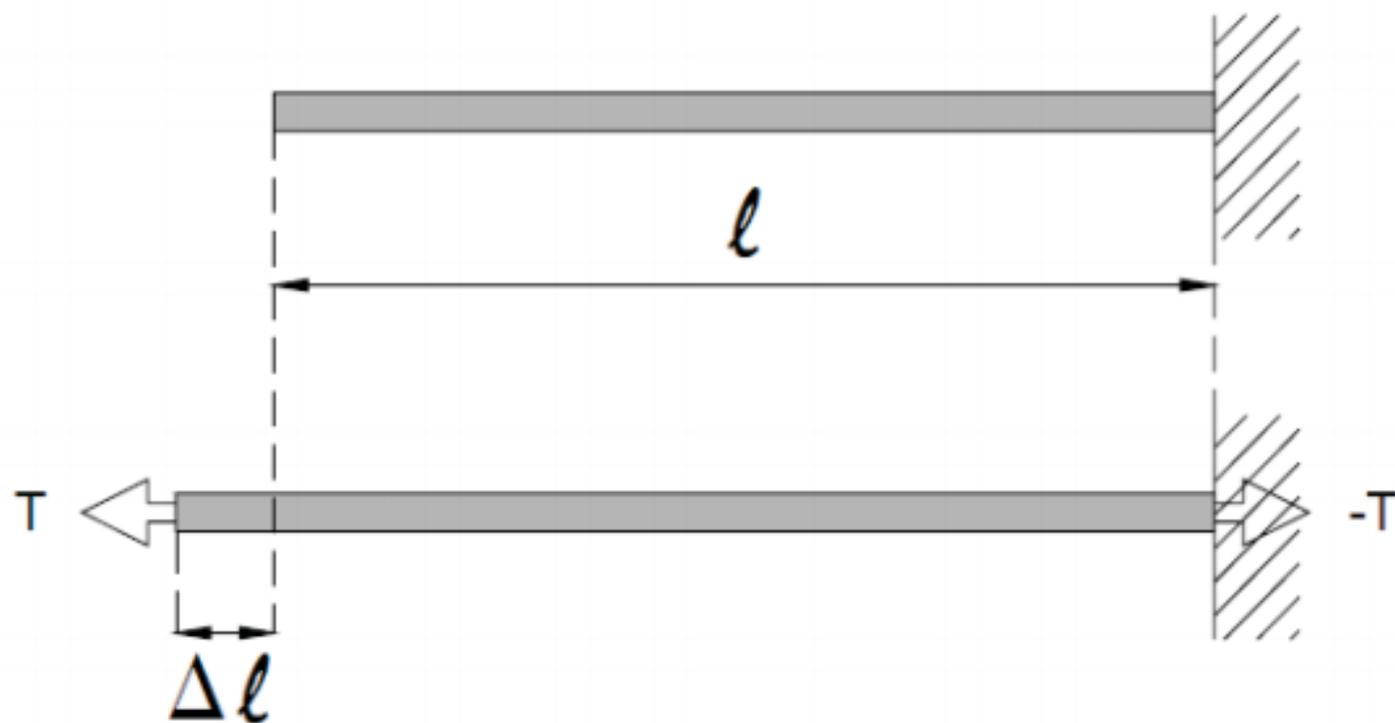
A = área (cm²)

F = Fuerza (daN)



● Hipótesis de Bernoulli

Las secciones transversales de la barra que eran planas y perpendiculares a su eje antes de la deformación, permanecen planas y normales, después de ocurrir la deformación.



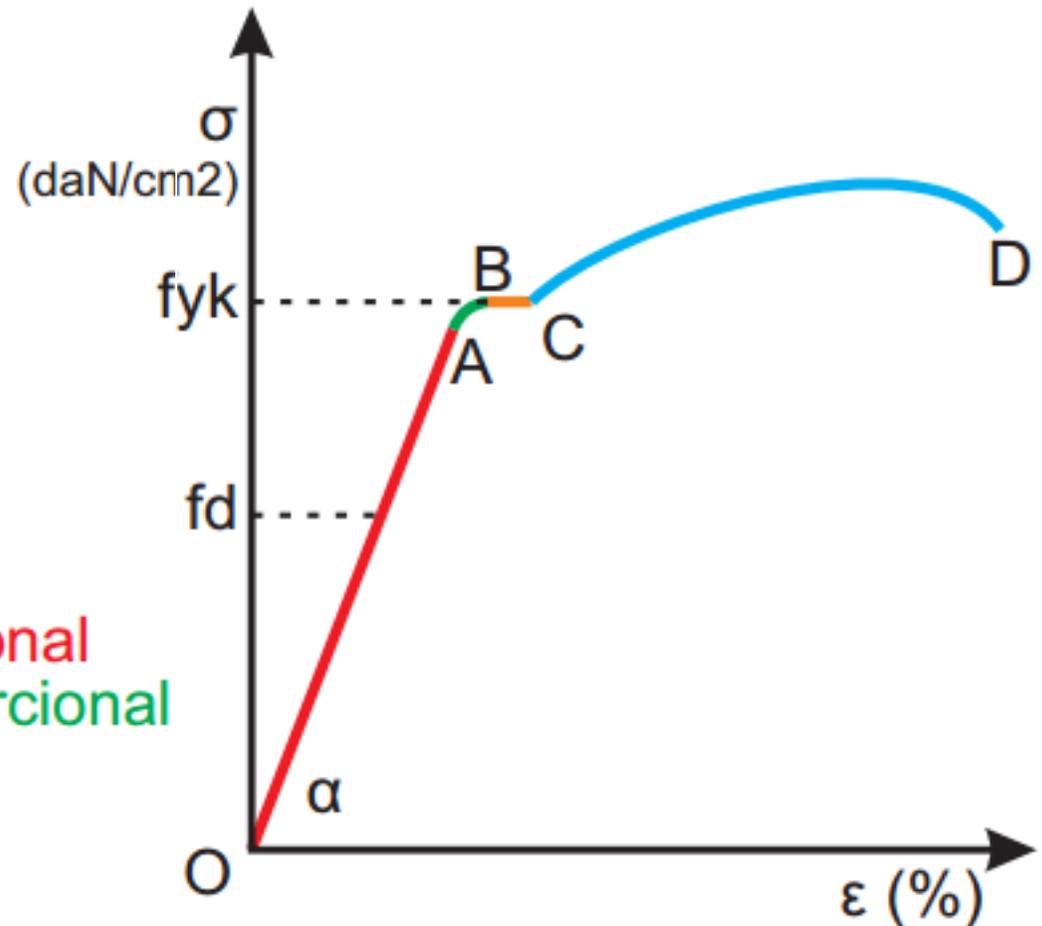
La distribución de las tensiones en la sección de la pieza es uniforme, excepto en la zona de aplicación de la fuerza.

● Diagrama Tensión-Deformación

Experimentalmente se establecen ciertas características del material

resistencia característica ($f_{y,k}$)

- OA: período elástico proporcional
- AB: período elástico no proporcional
- BC: escalón de fluencia
- CD: período plástico



Tensión de dimensionado

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ($f_{y,k}$):

Valor que surge del estudio estadístico de los resultados alcanzados en los ensayos de un material.

La resistencia característica ($f_{y,k}$) es aquel valor de resistencia a la fluencia (f_y) que tiene el **95% de probabilidad de ser superado. (coef. de seguridad)**

Es decir, la resistencia característica tiene un 95% de confiabilidad.

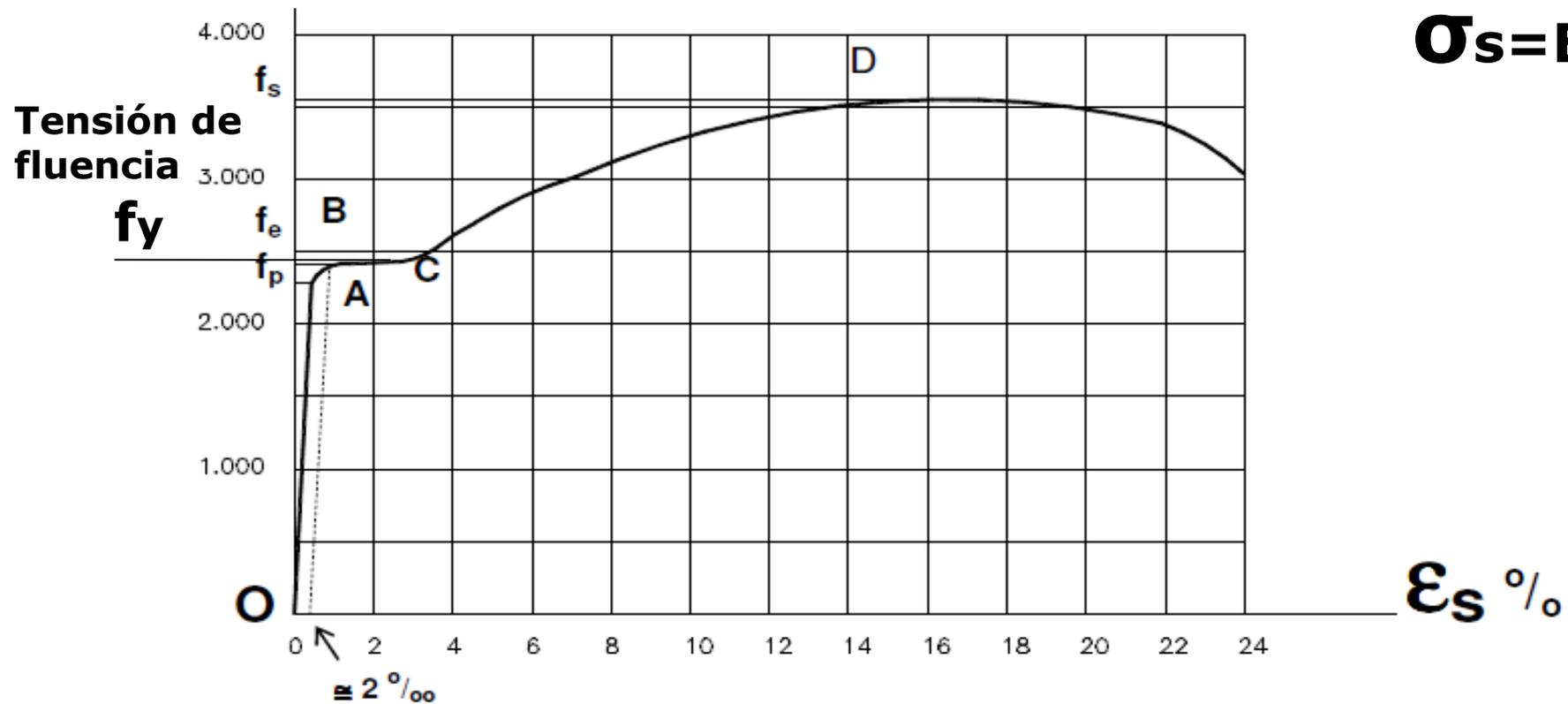
Este valor define la calidad del material.

DIMENSIONADO

La resistencia de un material se determina a través de ensayos

Gráfico de tensiones-deformaciones del acero común

σ_s daN/cm²



$$\sigma_s = E \cdot \epsilon_s$$

ACERO COMÚN

DIMENSIONADO

El dimensionado de las barras se realiza en el tramo en que el material tiene un comportamiento proporcional de tensiones y deformaciones.

En él se cumple:

$$\sigma_s = E \cdot \epsilon_s$$

Donde

E = MÓDULO DE ELASTICIDAD

o MÓDULO DE YOUNG

Se define como límite de tensiones ,

la tensión de fluencia : f_y

*Se define como límite de tensiones **admisibles** un valor menor, aplicando un **coeficiente de seguridad**:*

TENSIÓN ADMISIBLE : $f_d = \frac{f_y}{\gamma}$ *donde γ es un coeficiente de seguridad*

Tensión de dimensionado

La relación estudiada entre la tensión y deformación determina, para cada material, ciertos valores límites tales como la tensión de rotura o la característica.

Las estructuras deben trabajar por debajo de éstos límites, por lo que se aplican ciertos coeficientes de seguridad γ , reflejo de las imperfecciones del material, proceso de producción, modelos, etc.

Acero Común:

Tensión de fluencia $f_{yk} = 2600 \text{ daN/cm}^2$

Tensión de dimensionado $f_d = 1400 \text{ daN/cm}^2$

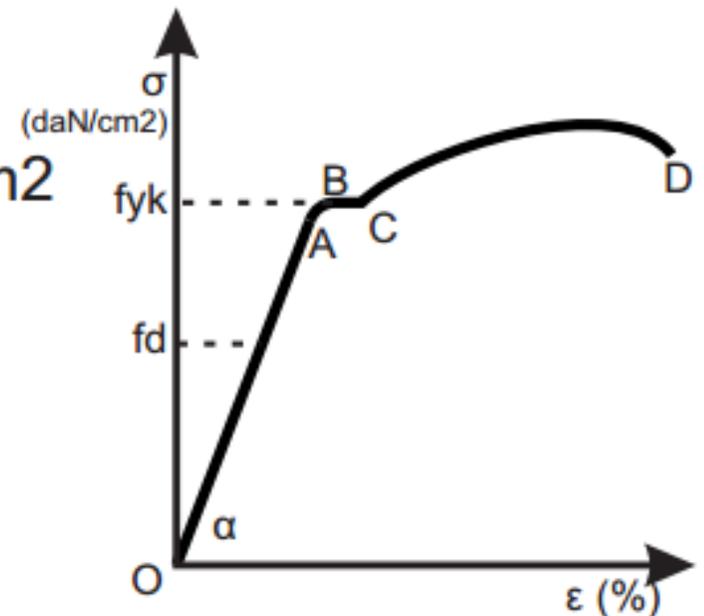
Aceros especiales:

$f_d = 5.000 \text{ daN/cm}^2$

$f_d = 8.000 \text{ daN/cm}^2$

$f_d = 10.000 \text{ daN/cm}^2$

$f_d = 18.000 \text{ daN/cm}^2$



DIMENSIONADO

El estudio de una estructura debe definir la cantidad, calidad y distribución del material necesario para su construcción, es decir, debe darle la dimensión material necesaria para garantizar su equilibrio estable.

Es necesario comparar las tensiones que producen las sollicitaciones con la capacidad resistente del material, para garantizar que no está comprometida la estabilidad de la estructura en adecuadas condiciones de seguridad.

TRACCIÓN SIMPLE

COMPRESIÓN SIMPLE

SOLICITACIONES: $V=0$; $M=0$; $N \neq 0$

**COMPORTAMIENTO DE BARRAS FRENTE A
ESFUERZOS AXILES**

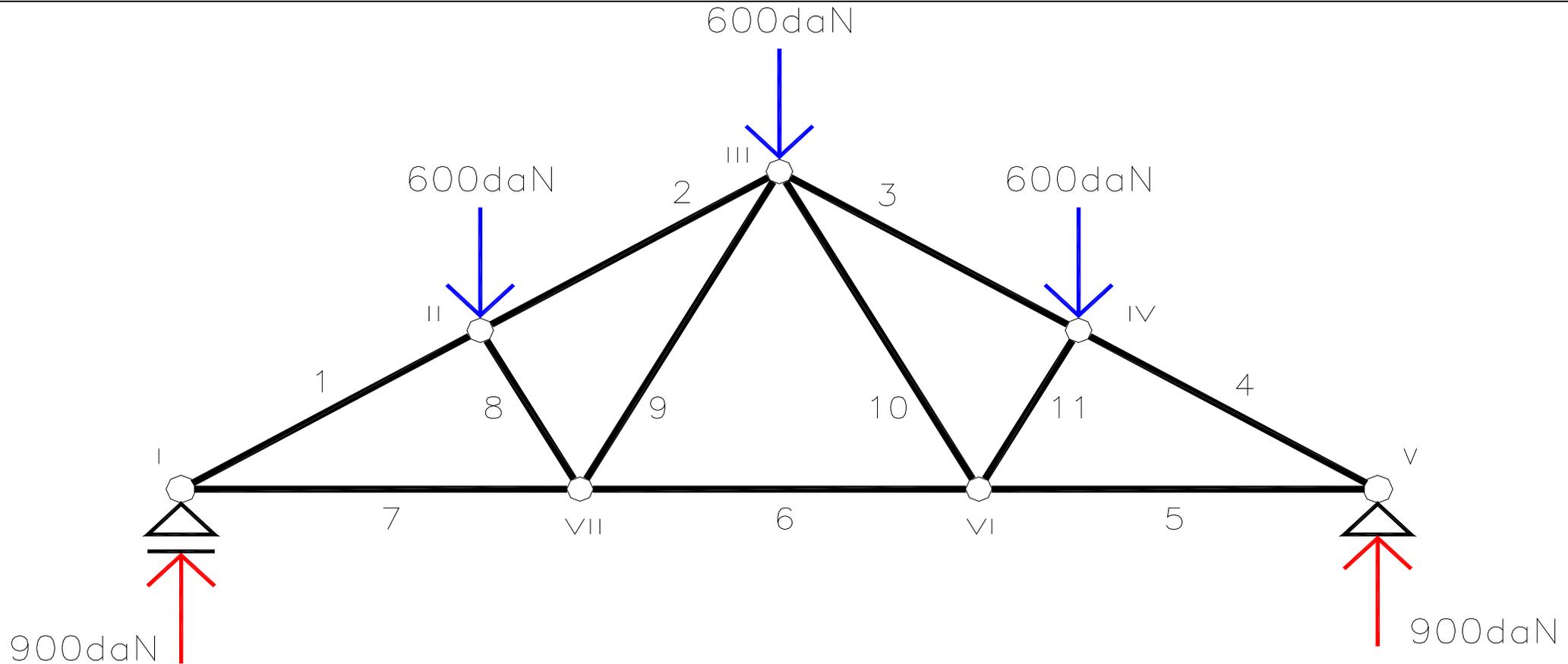
TRACCIÓN SIMPLE

COMPRESIÓN SIMPLE

SOLICITACIONES: $V=0$; $M=0$; $N \neq 0$

**COMPORTAMIENTO DE BARRAS FRENTE A
ESFUERZOS AXILES
MATERIALES HOMOGÉNEOS**

DIMENSIONADO DE LAS BARRAS



EN EL ESTUDIO DE LAS **ESTRUCTURAS RETICULADAS**, REALIZADAS MEDIANTE BARRAS ARTICULADAS ENTRE SI Y CON LAS CARGAS APLICADAS EN LOS NUDOS (INTERSECCIÓN ARTICULADA ENTRE LAS BARRAS), LA **SOLICITACIÓN** QUE SE PRESENTA EN CADA BARRA SERÁ **ÚNICAMENTE UN ESFUERZO AXIL**, DE TRACCIÓN O DE COMPRESIÓN.

EN ESTOS CASOS DEFINIREMOS LOS PUNTOS CRÍTICOS MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE LOS **ESFUERZOS EN LAS BARRAS**.

Solicitaciones en una sección

AXIL (N): es la componente paralela al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Si la parte izquierda **empuja** a la derecha a través de la sección de corte (provocando que las secciones contiguas tiendan a juntarse), el axil es de **compresión**. Si **tira** de ella (provocando que las secciones contiguas tiendan a separarse), es de **tracción**.

CORTANTE (V): es la componente perpendicular al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Es el esfuerzo que provoca la tendencia al **deslizamiento** de una cara del corte con respecto a la otra.

MOMENTO (M): es el momento que produce la resultante izquierda con respecto al centro de gravedad de la sección.

Es el esfuerzo que tiende a hacer **girar** una cara del corte con respecto a la otra, provocando que en una zona tiendan a **juntarse** y en la otra a **separarse**.

Solicitaciones en una sección

AXIL (N): es la componente paralela al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Si la parte izquierda **empuja** a la derecha a través de la sección de corte (provocando que las secciones contiguas tiendan a juntarse), el axil es de **compresión**. Si **tira** de ella (provocando que las secciones contiguas tiendan a separarse), es de **tracción**.

CORTANTE (V): es la componente perpendicular al eje de la barra, de la resultante izquierda de dicha sección.

Es el esfuerzo que provoca la tendencia al **deslizamiento** de una cara del corte con respecto a la otra.

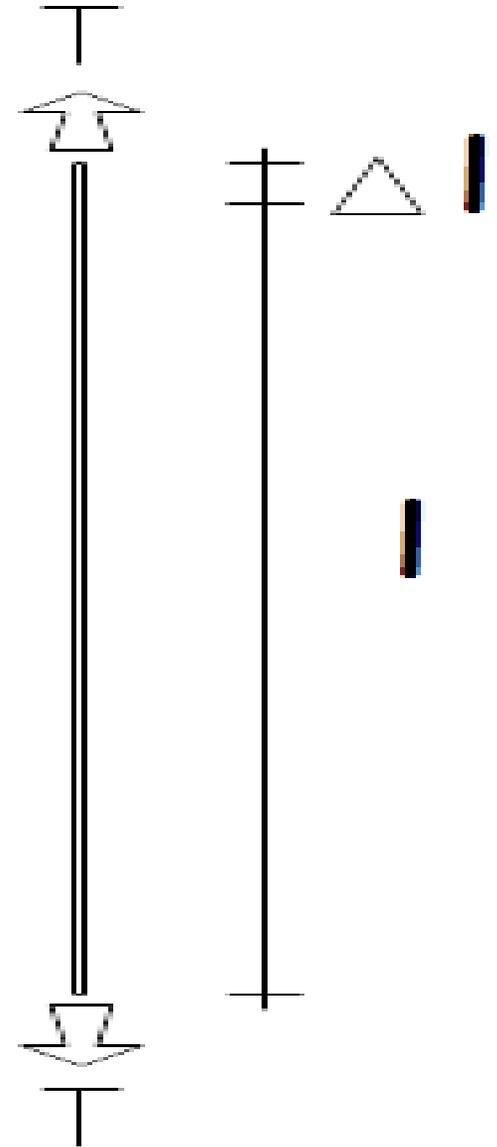
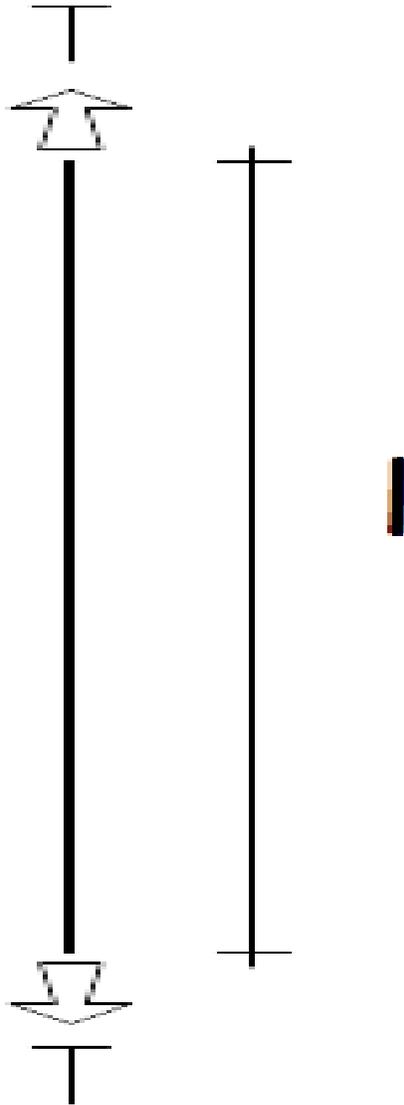
MOMENTO (M): es el momento que produce la resultante izquierda con respecto al centro de gravedad de la sección.

Es el esfuerzo que tiende a hacer **girar** una cara del corte con respecto a la otra, provocando que en una zona tiendan a **juntarse** y en la otra a **separarse**.

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

TRACCIÓN SIMPLE

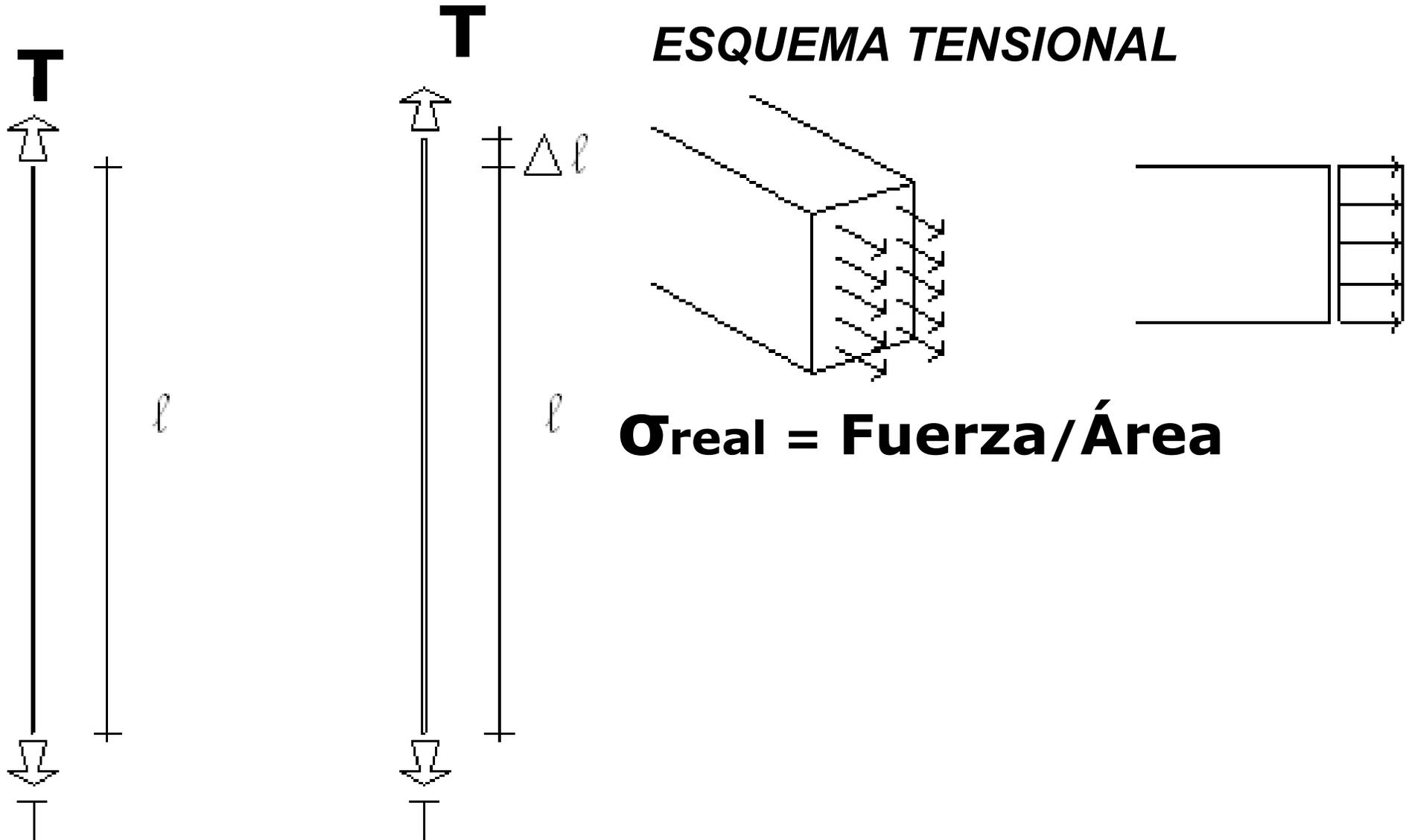
***Deformación característica :
el ALARGAMIENTO***



| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | |

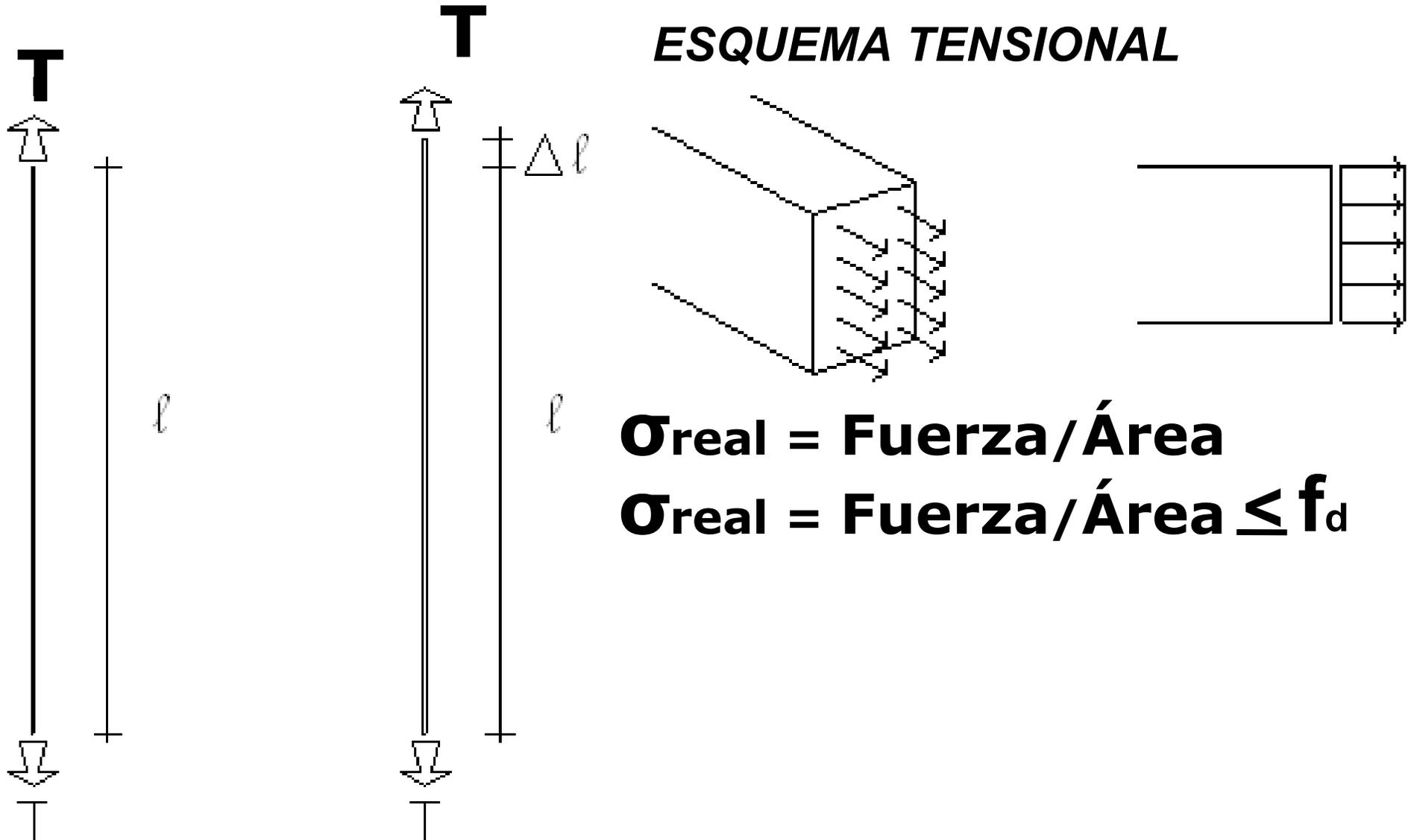
TRACCIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ALARGAMIENTO



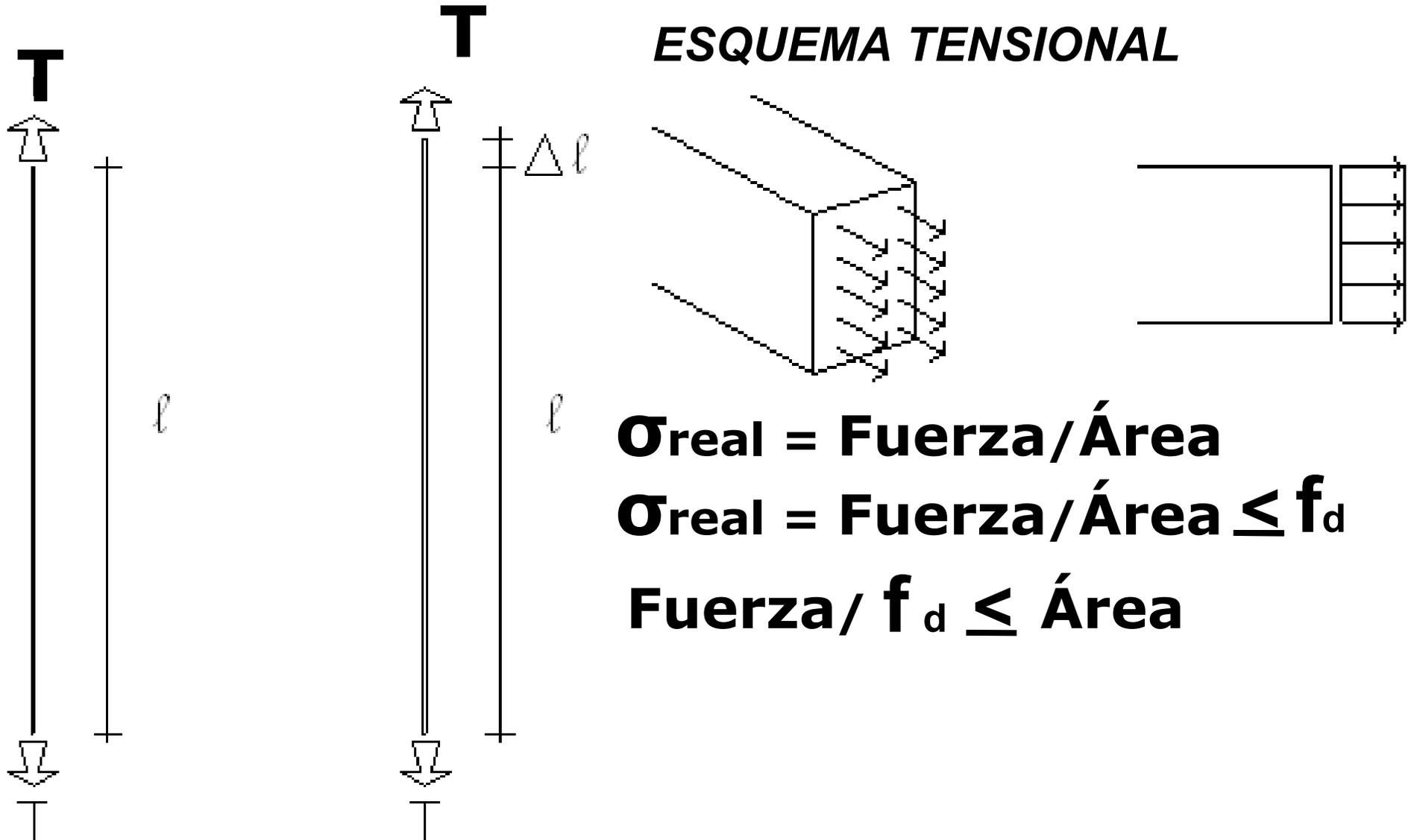
TRACCIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ALARGAMIENTO



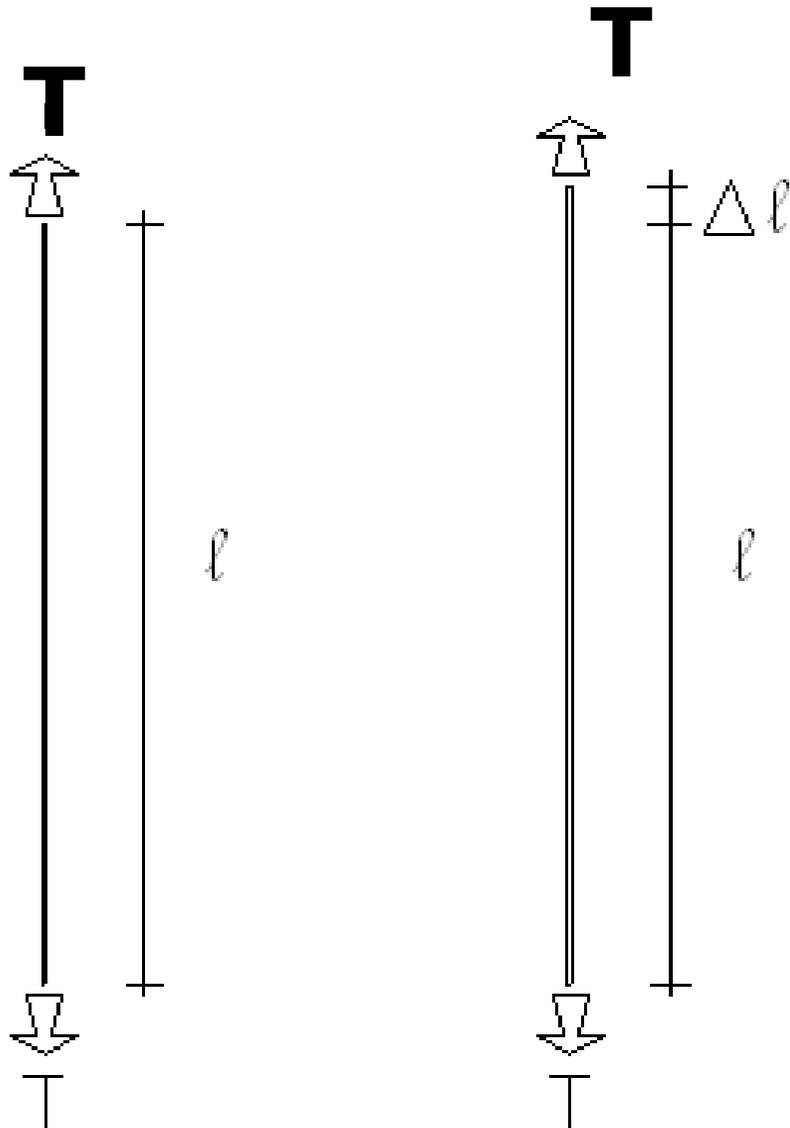
TRACCIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ALARGAMIENTO

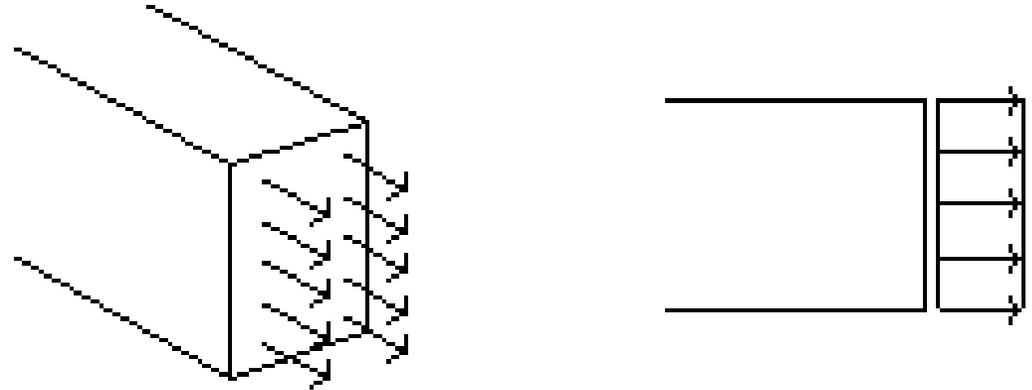


TRACCIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ALARGAMIENTO



ESQUEMA TENSIONAL



$$\sigma_{\text{real}} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

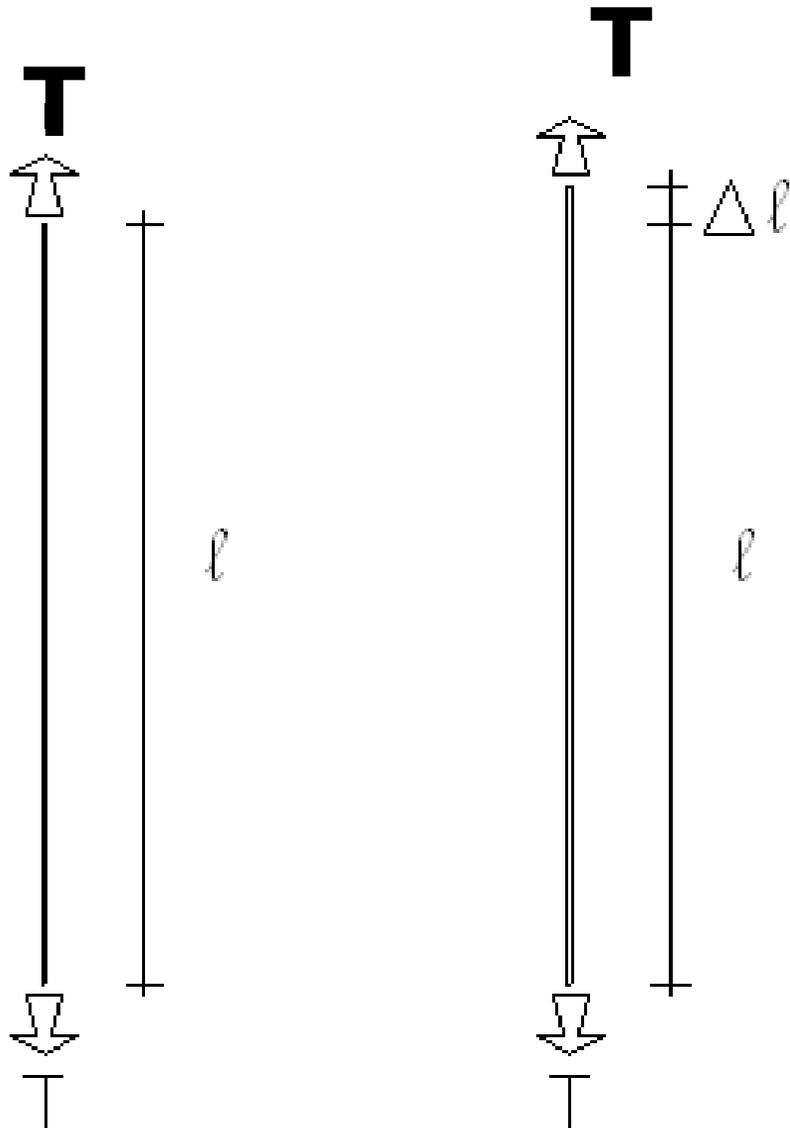
$$\sigma_{\text{real}} = \text{Fuerza} / \text{Área} \leq f_d$$

$$\text{Fuerza} / f_d \leq \text{Área}$$

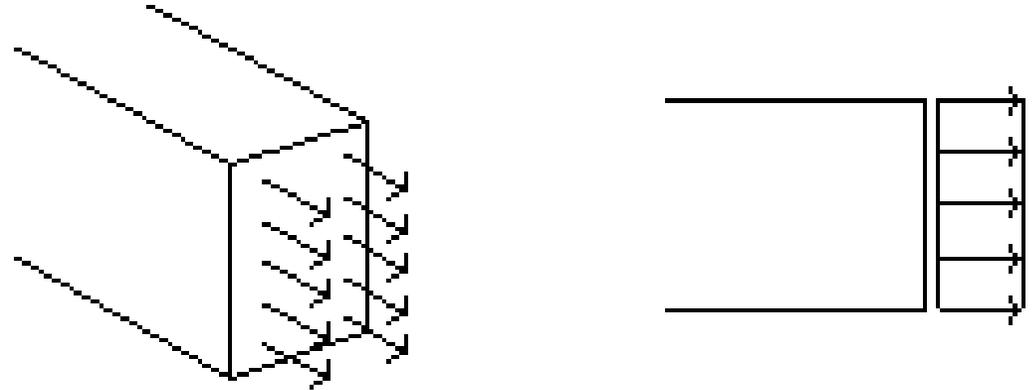
$$\frac{\text{daN}}{\text{daN/cm}^2} = \text{cm}^2$$

TRACCIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ALARGAMIENTO



ESQUEMA TENSIONAL



$$\sigma_{\text{real}} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

$$\sigma_{\text{real}} = \text{Fuerza} / \text{Área} \leq f_d$$

$$\text{Fuerza} / f_d \leq \text{Área}$$

$$\frac{\text{daN}}{\text{daN/cm}^2} = \text{cm}^2$$

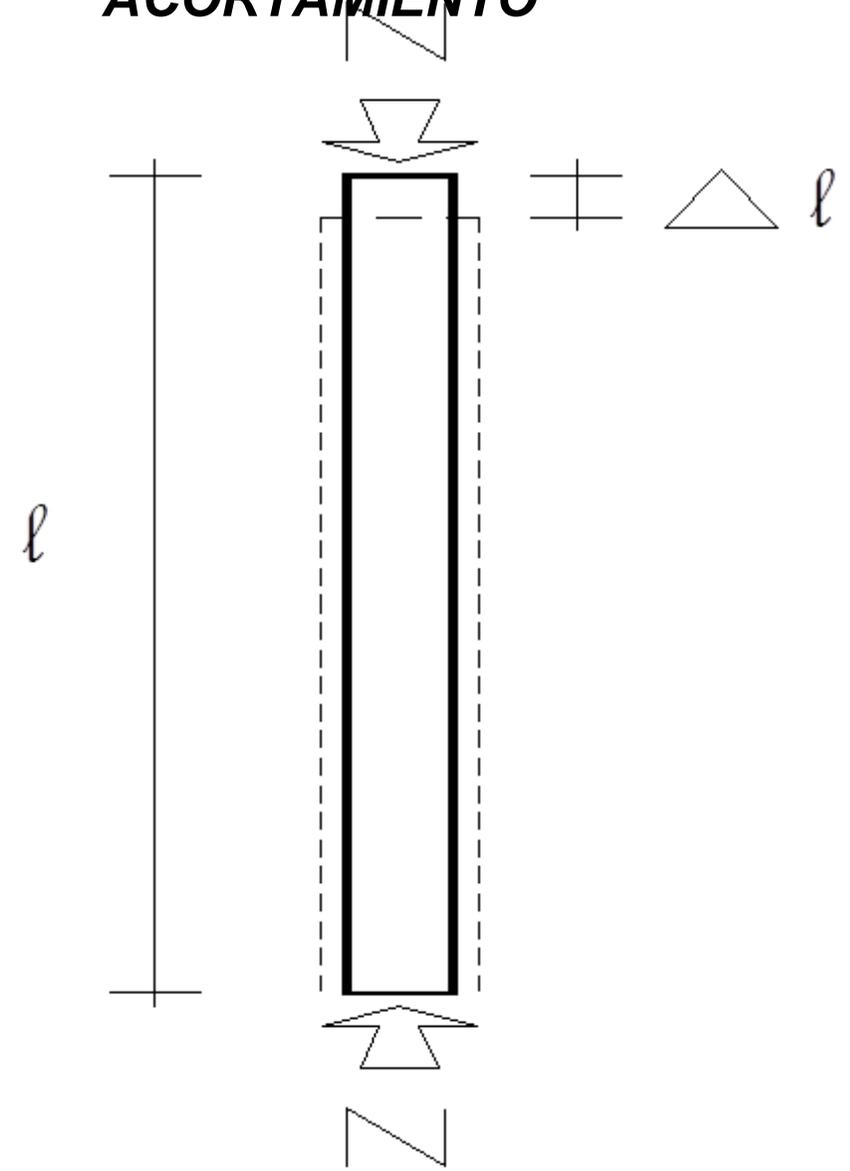
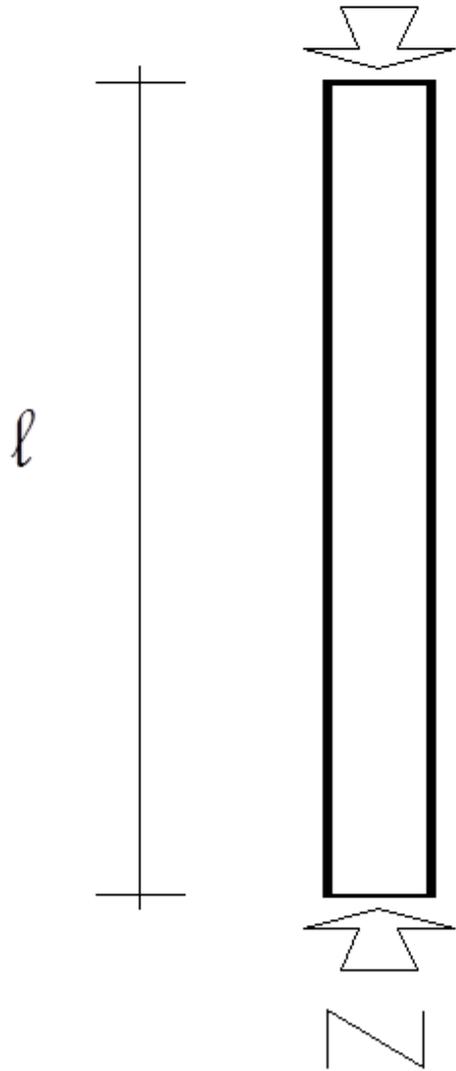
ALARGAMIENTO

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260 cm | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290 cm | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290 cm | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260 cm | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300 cm | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300 cm | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300 cm | | | |
| 8 | 519 daN | | 150 cm | | | |
| 9 | | 519 daN | 260 cm | | | |
| 10 | | 519 daN | 260 cm | | | |
| 11 | 519 daN | | 150 cm | | | |

COMPRESIÓN SIMPLE

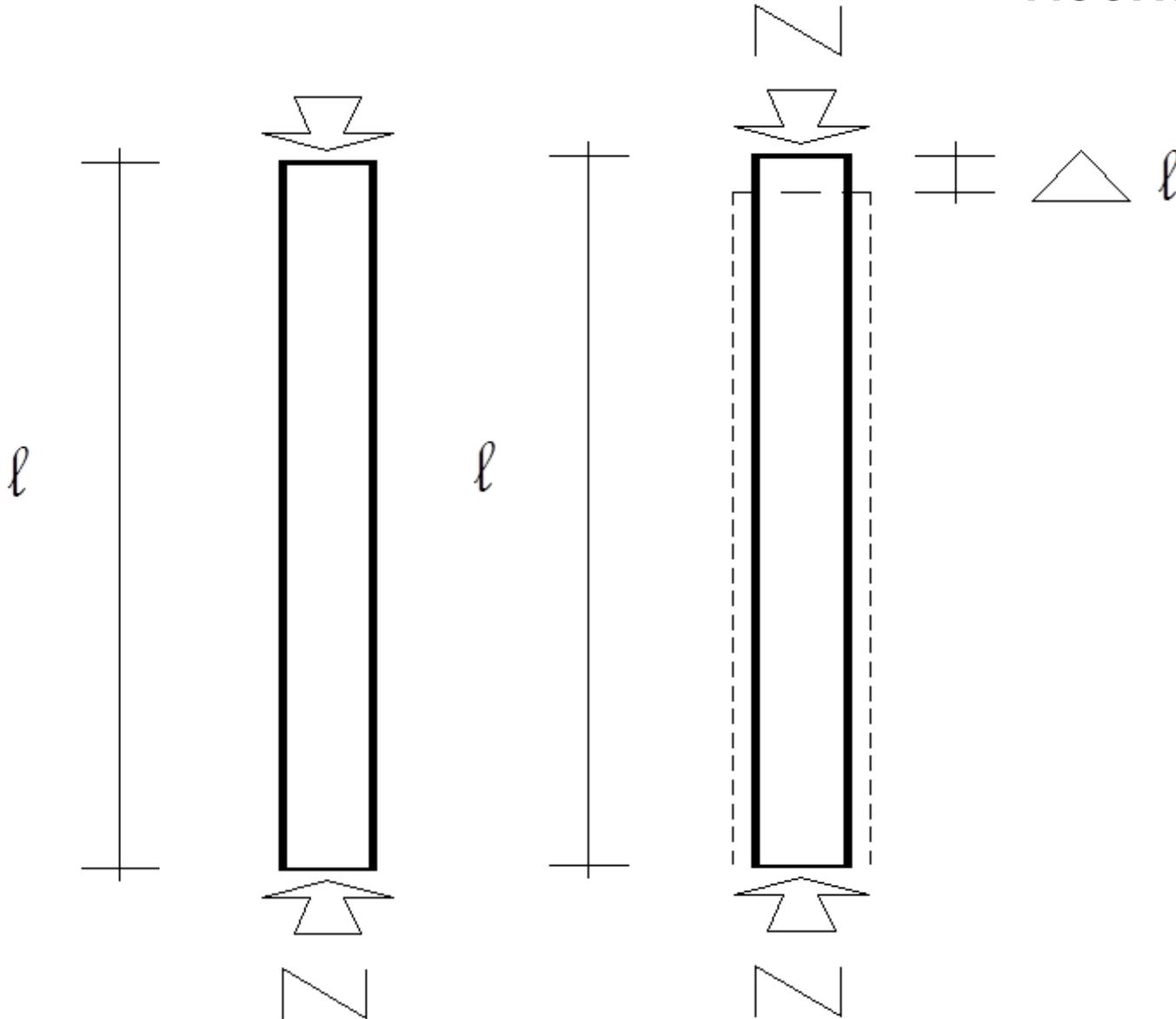
Deformación característica : el ACORTAMIENTO



| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260 cm | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290 cm | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290 cm | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260 cm | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300 cm | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300 cm | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300 cm | | | |
| 8 | 519 daN | | 150 cm | | | |
| 9 | | 519 daN | 260 cm | | | |
| 10 | | 519 daN | 260 cm | | | |
| 11 | 519 daN | | 150 cm | | | |

COMPRESIÓN SIMPLE

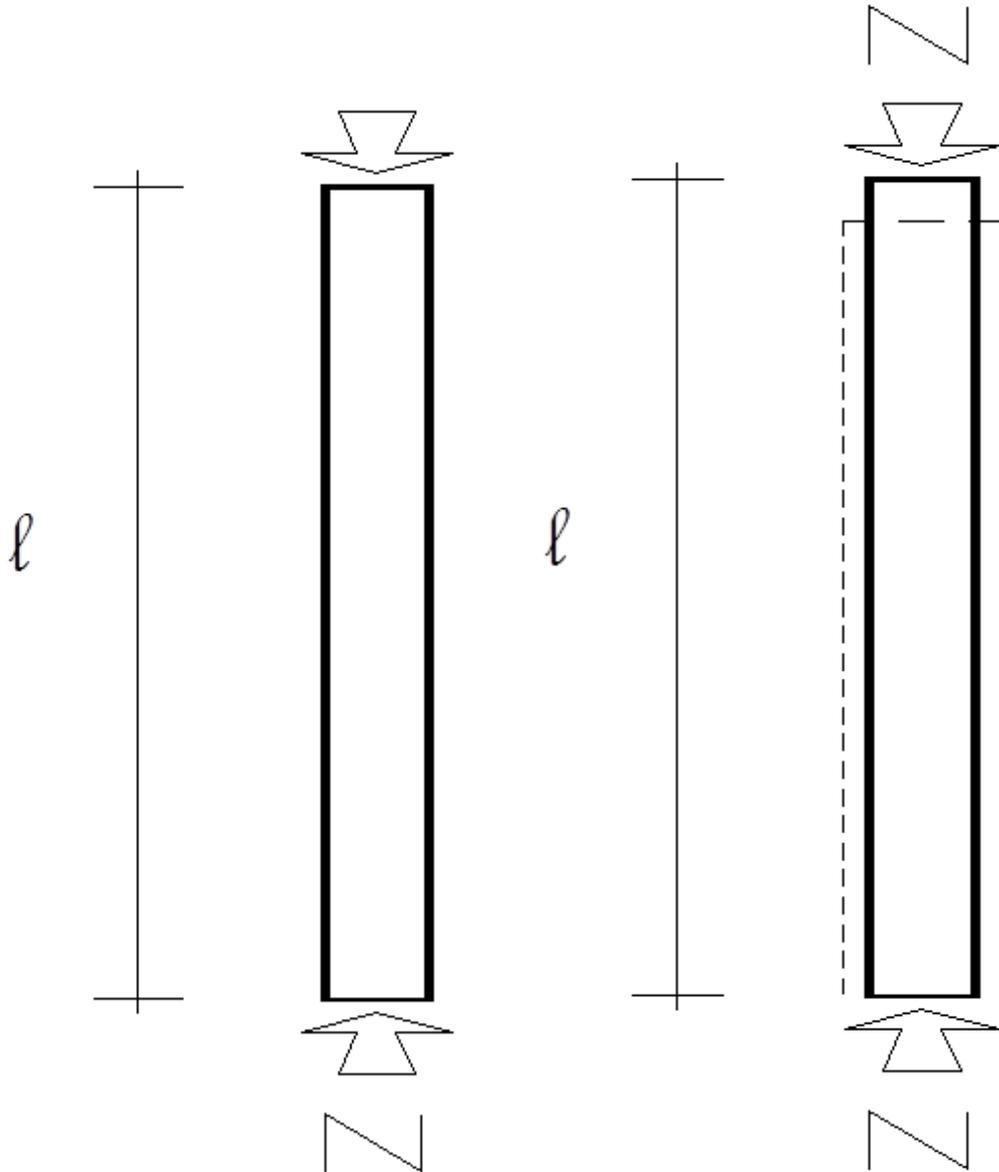
Deformación característica : el ACORTAMIENTO



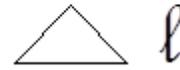
pero....

COMPRESIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ACORTAMIENTO



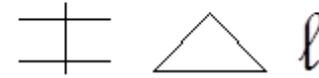
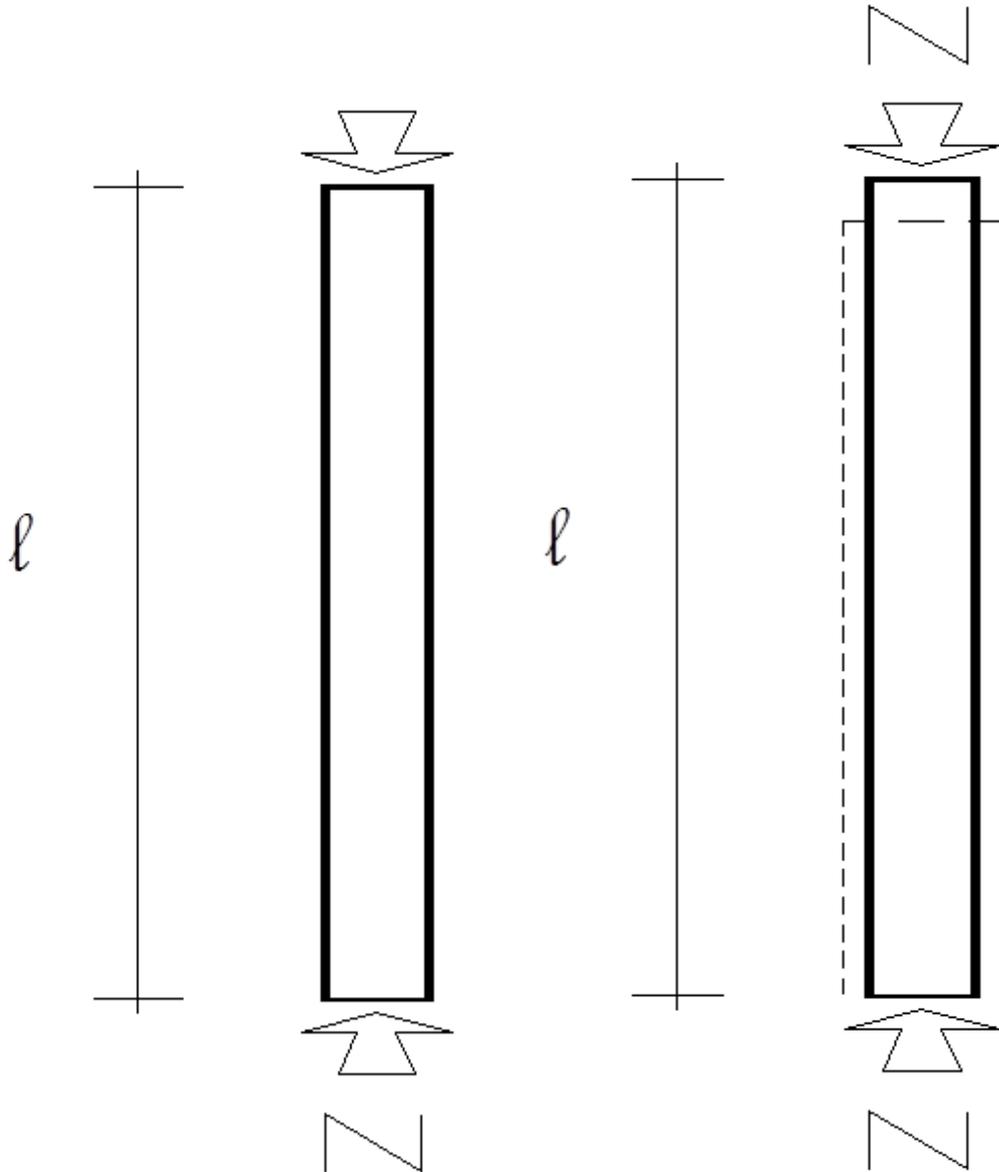
pero....



Aparece el fenómeno de **pandeo.**

COMPRESIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ACORTAMIENTO

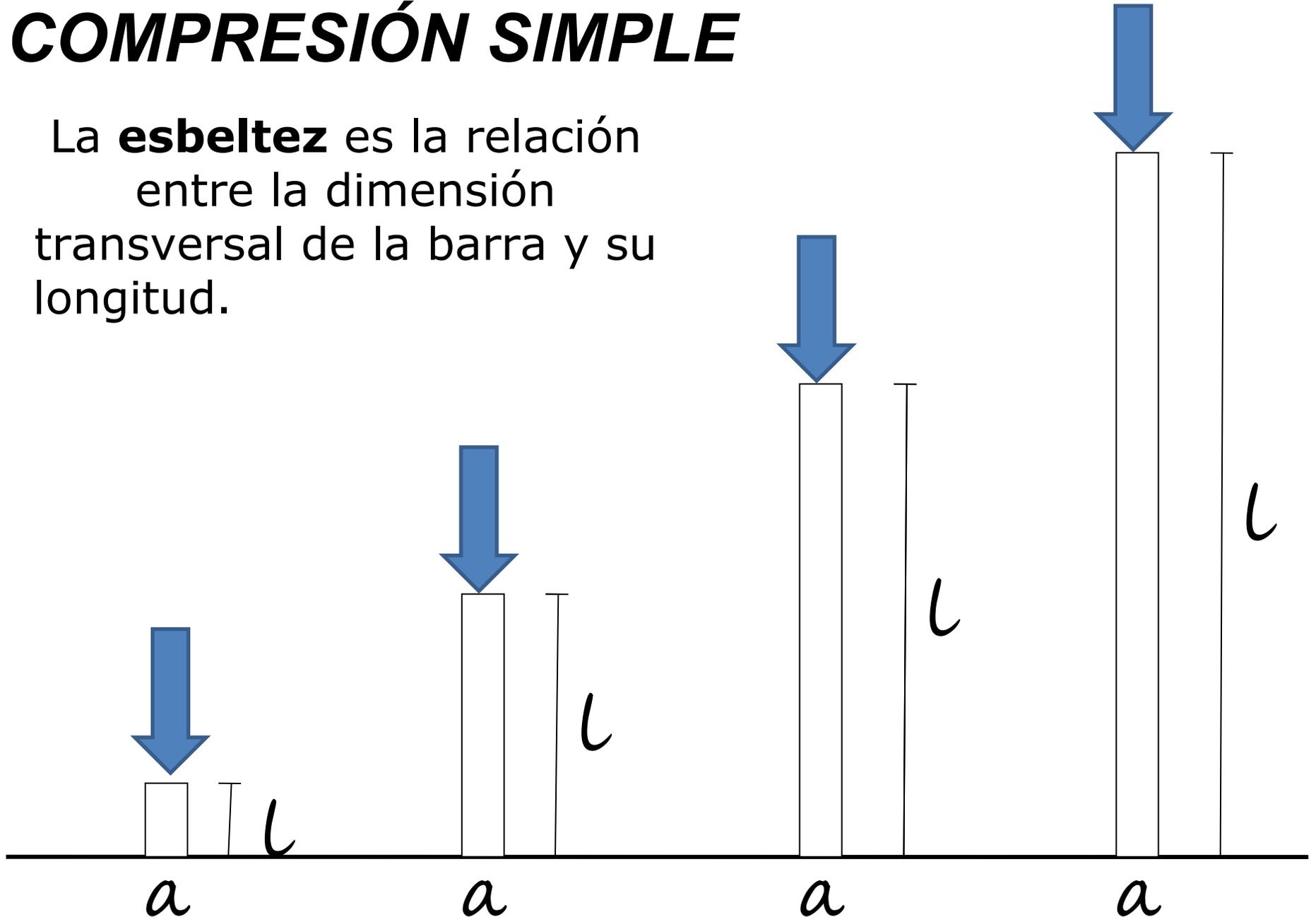


Aparece el fenómeno de **pandeo**.

El **pandeo**, o **inestabilidad elástica**, puede darse en elementos comprimidos **esbeltos**, y se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

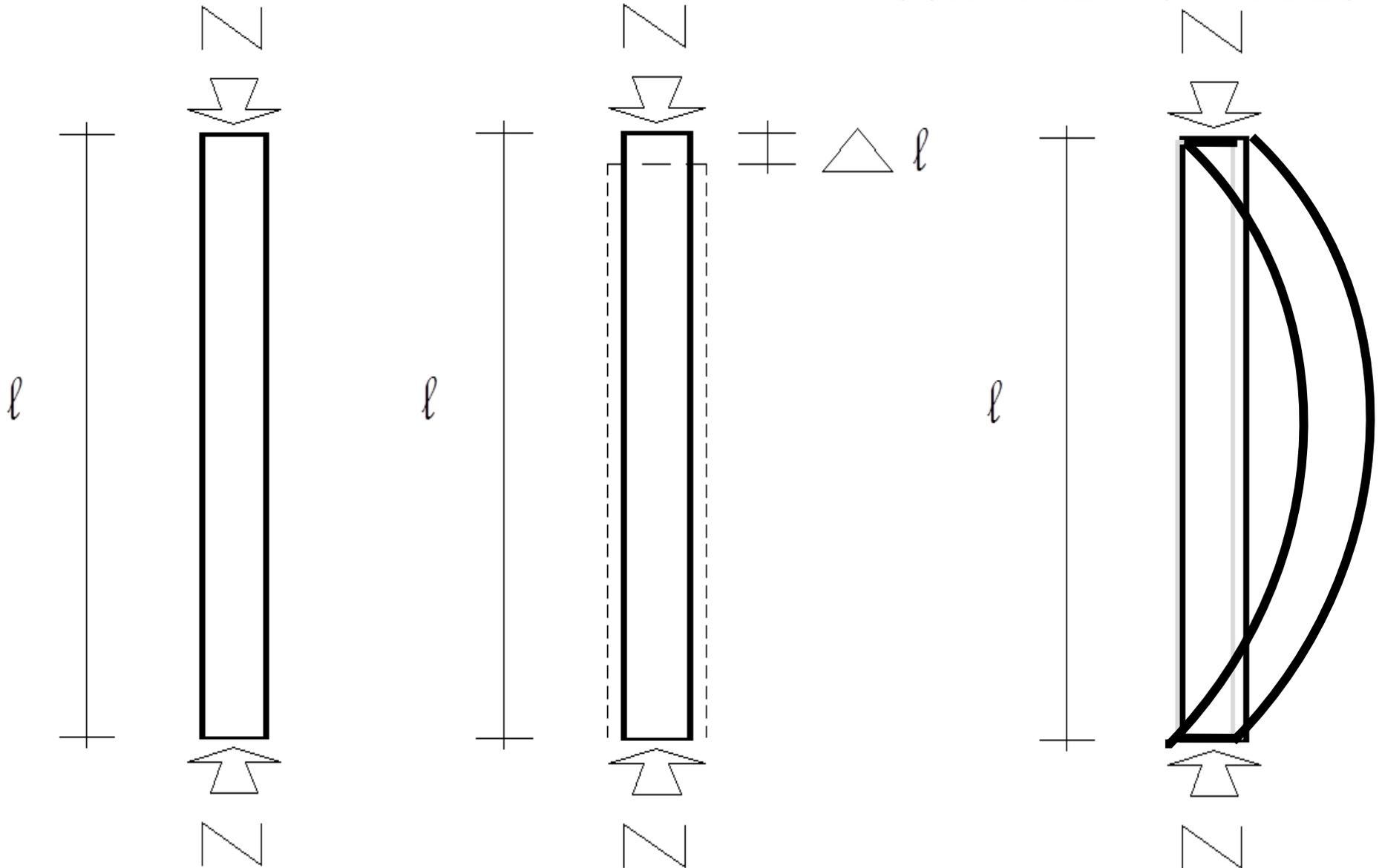
COMPRESIÓN SIMPLE

La **esbeltez** es la relación entre la dimensión transversal de la barra y su longitud.



COMPRESIÓN SIMPLE

Deformación característica : el ACORTAMIENTO-PANDEO



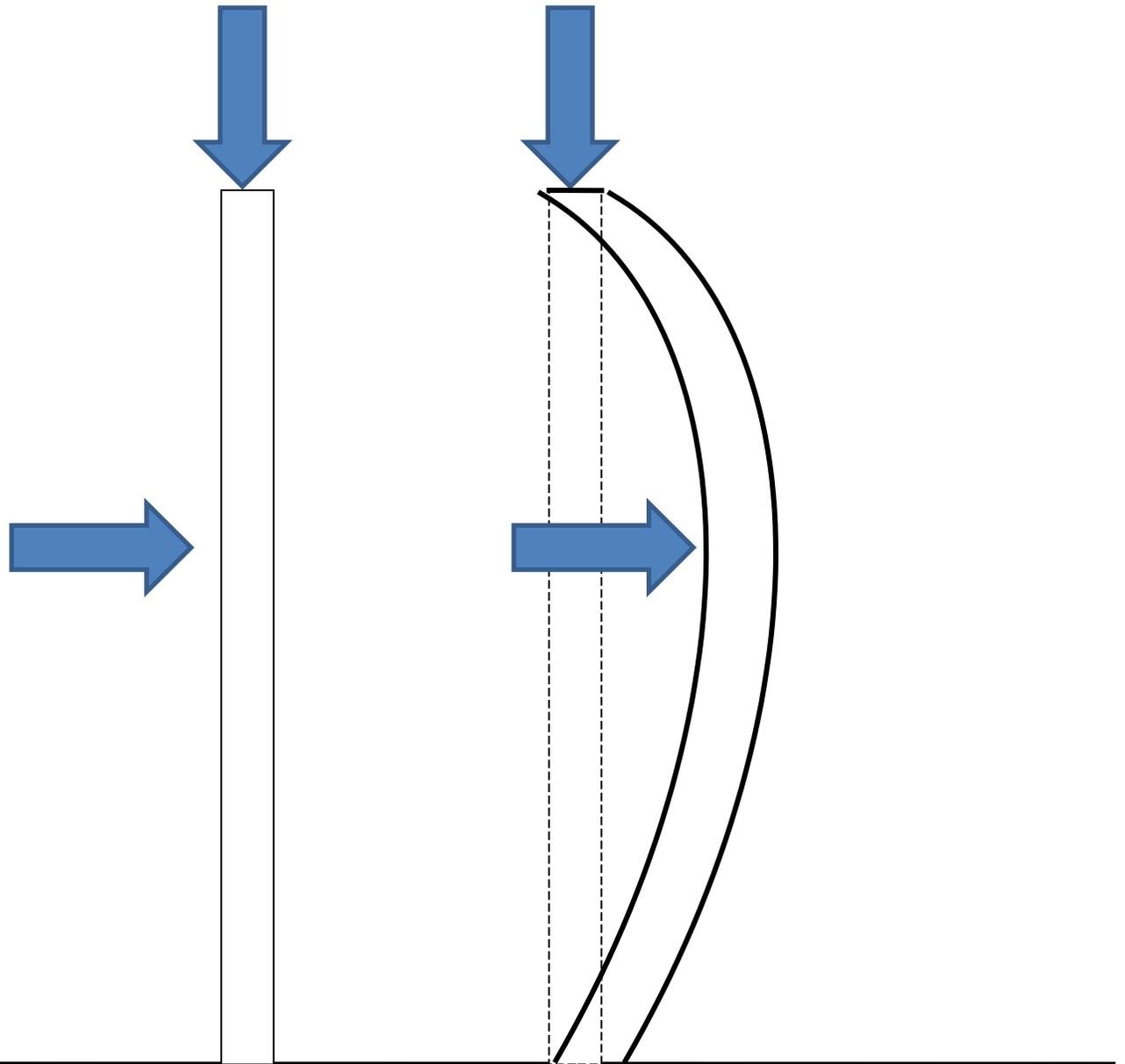


“Sin la acción visible de ningún agente capaz de producir deformaciones transversales en la columna, con la acción, aparentemente, de la fuerza P , se ha producido el pandeo. Sabemos que lo que sucede es que no es realizable una coaxialidad perfecta entre P y el eje de la columna, no sólo por imprecisión en el centrado y dirección de la carga P , sino porque el eje de la columna no será nunca perfectamente rectilíneo, ni constante su sección ni geométrica ni elásticamente, y tampoco podremos aplicar la carga sin producir vibraciones o sea deformaciones laterales”

Eladio Dieste

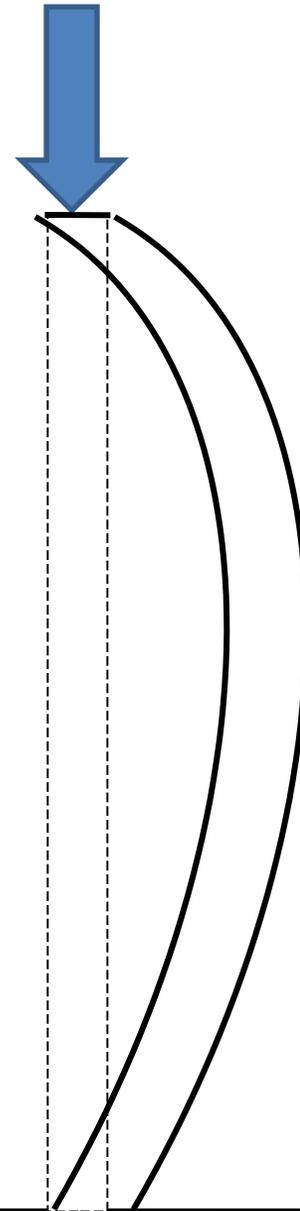
Momento externo – Momento interno

En la barra comprimida, introducimos una fuerza transversal. La barra se curva.



Momento externo – Momento interno

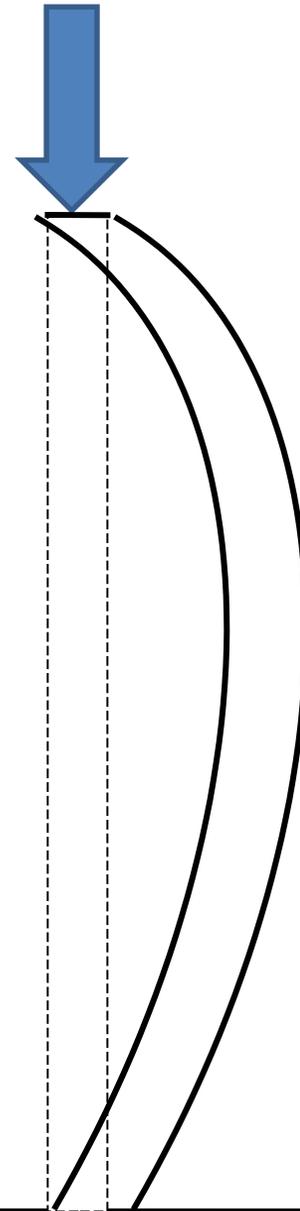
Retirada la fuerza transversal, la barra intenta volver a su posición inicial, debido a las tensiones que se producen en la barra curvada.



Momento externo – Momento interno

Retirada la fuerza transversal, la barra intenta volver a su posición inicial, debido a las tensiones que se producen en la barra curvada.

Las tensiones internas producen un **momento interno**, mayor cuanto mayor es la curvatura.

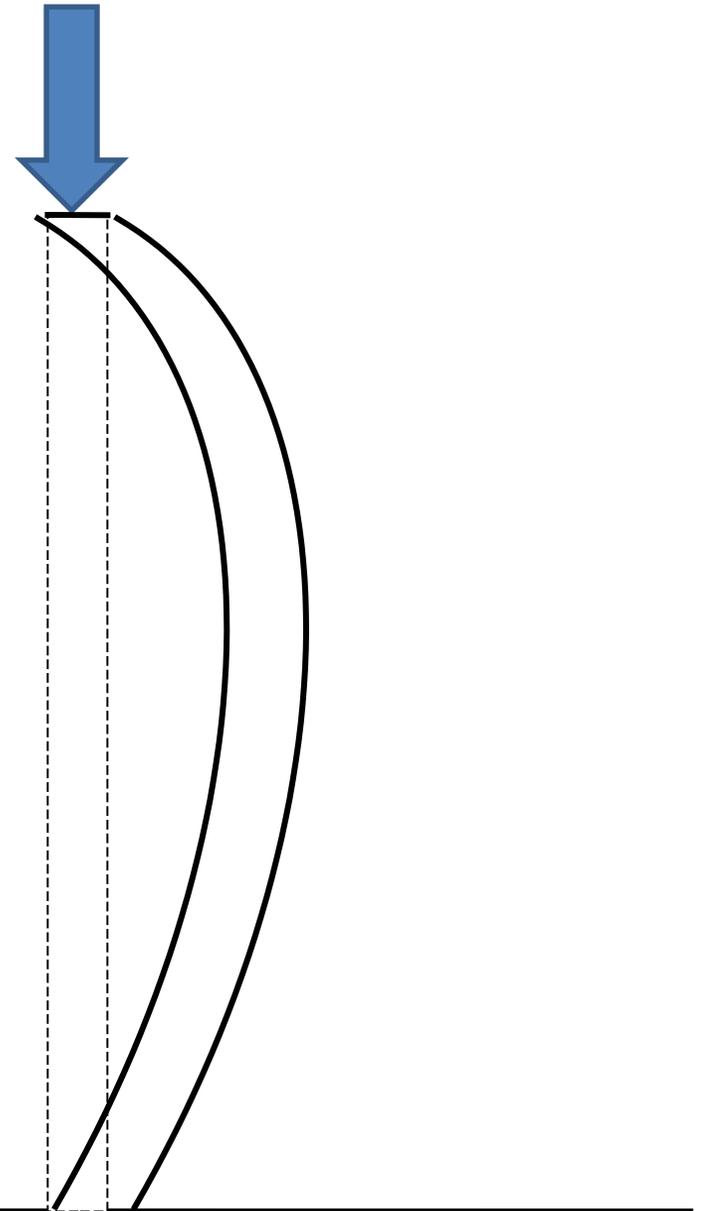


Momento externo – Momento interno

Retirada la fuerza transversal, la barra intenta volver a su posición inicial, debido a las tensiones que se producen en la barra curvada.

Las tensiones internas producen un **momento interno**, mayor cuanto mayor es la curvatura.

Por otra parte, la fuerza de compresión en la barra deformada, produce un **momento externo** que intenta mantener la barra curvada.

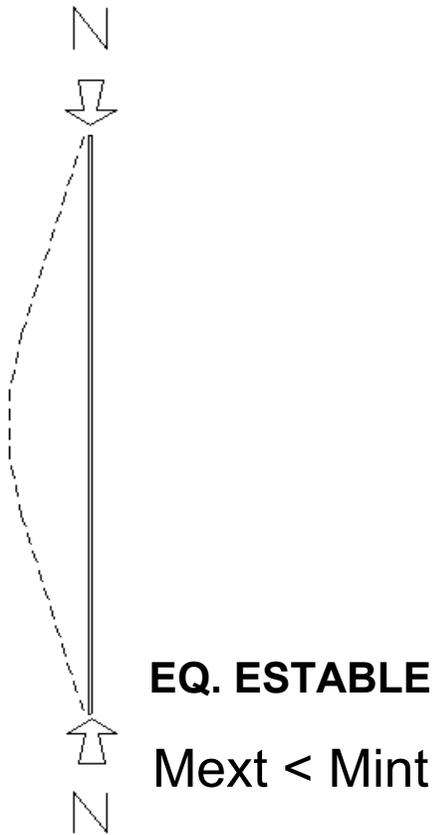


Momento externo – Momento interno

Se pueden presentar **tres** situaciones

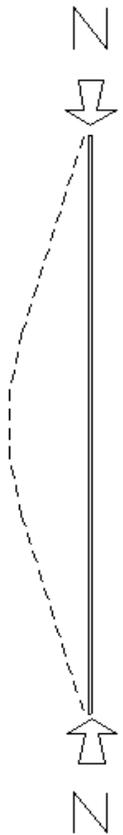
Momento externo – Momento interno

Se pueden presentar **tres** situaciones



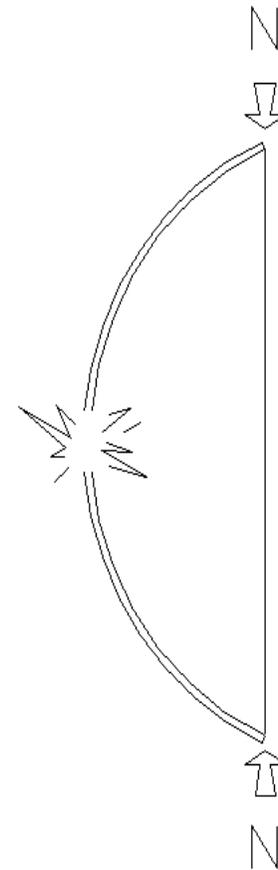
Momento externo – Momento interno

Se pueden presentar **tres** situaciones



EQ. ESTABLE

$M_{ext} < M_{int}$

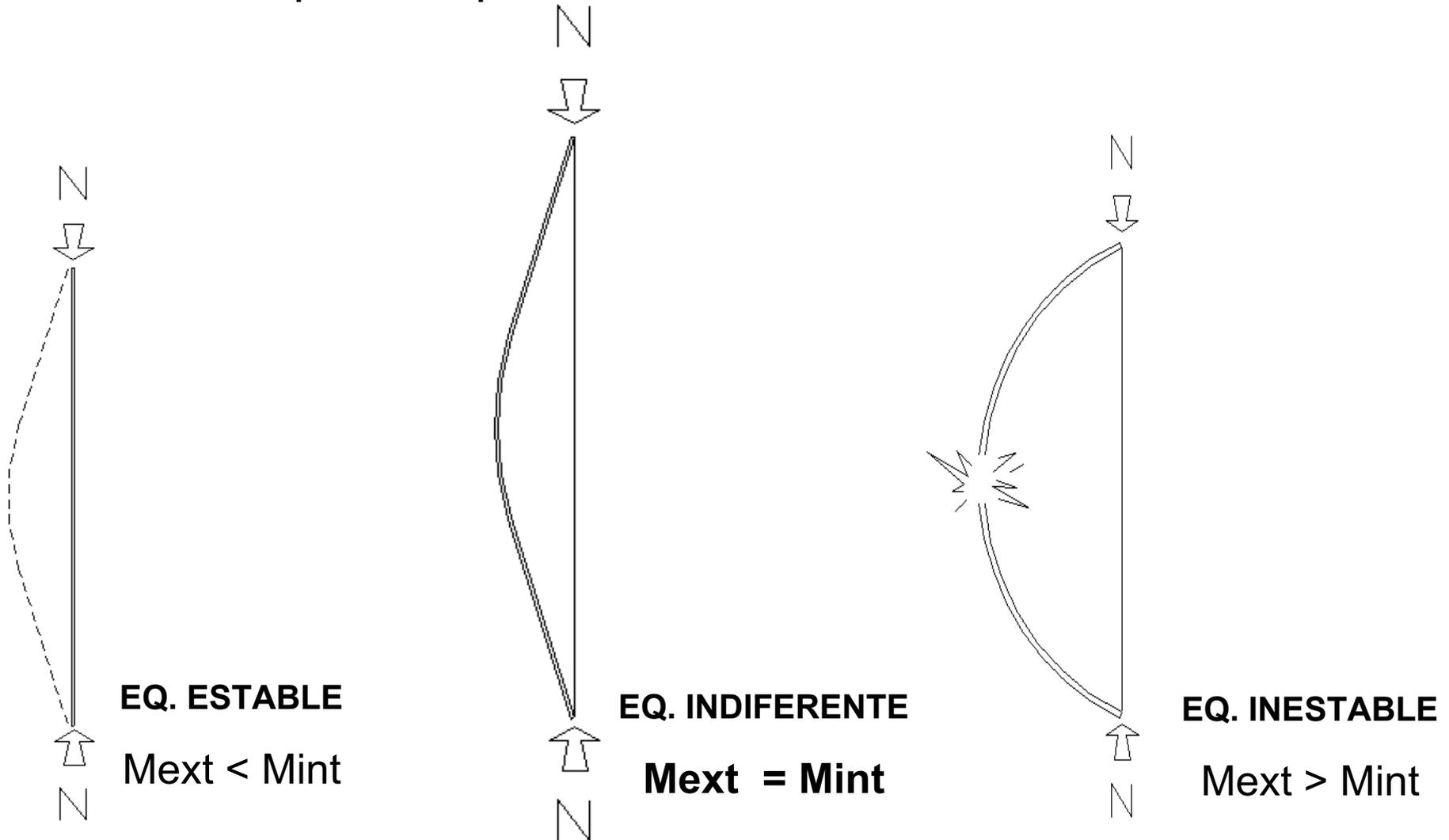


EQ. INESTABLE

$M_{ext} > M_{int}$

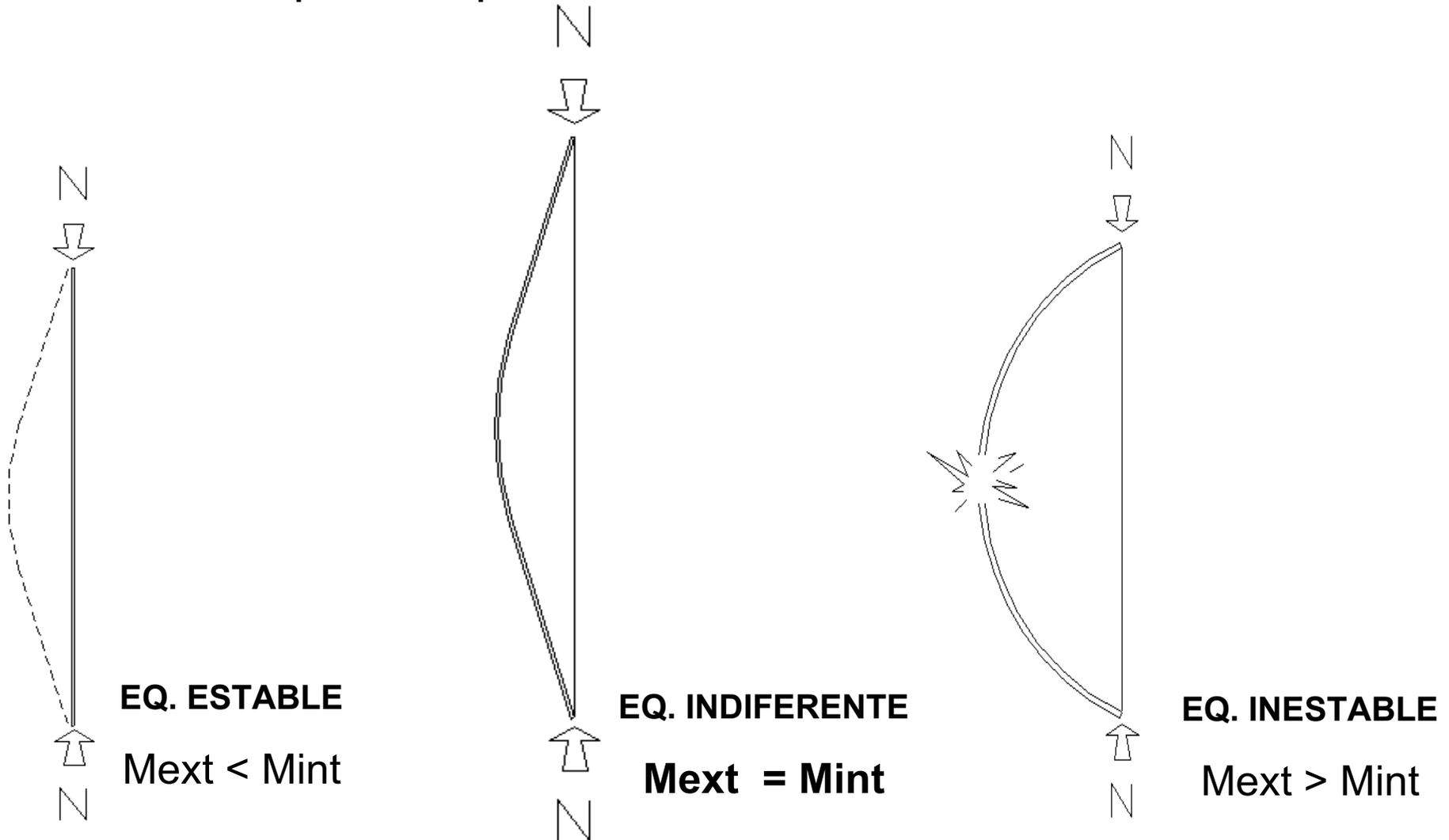
Momento externo – Momento interno

Se pueden presentar **tres** situaciones



Momento externo – Momento interno

Se pueden presentar tres situaciones

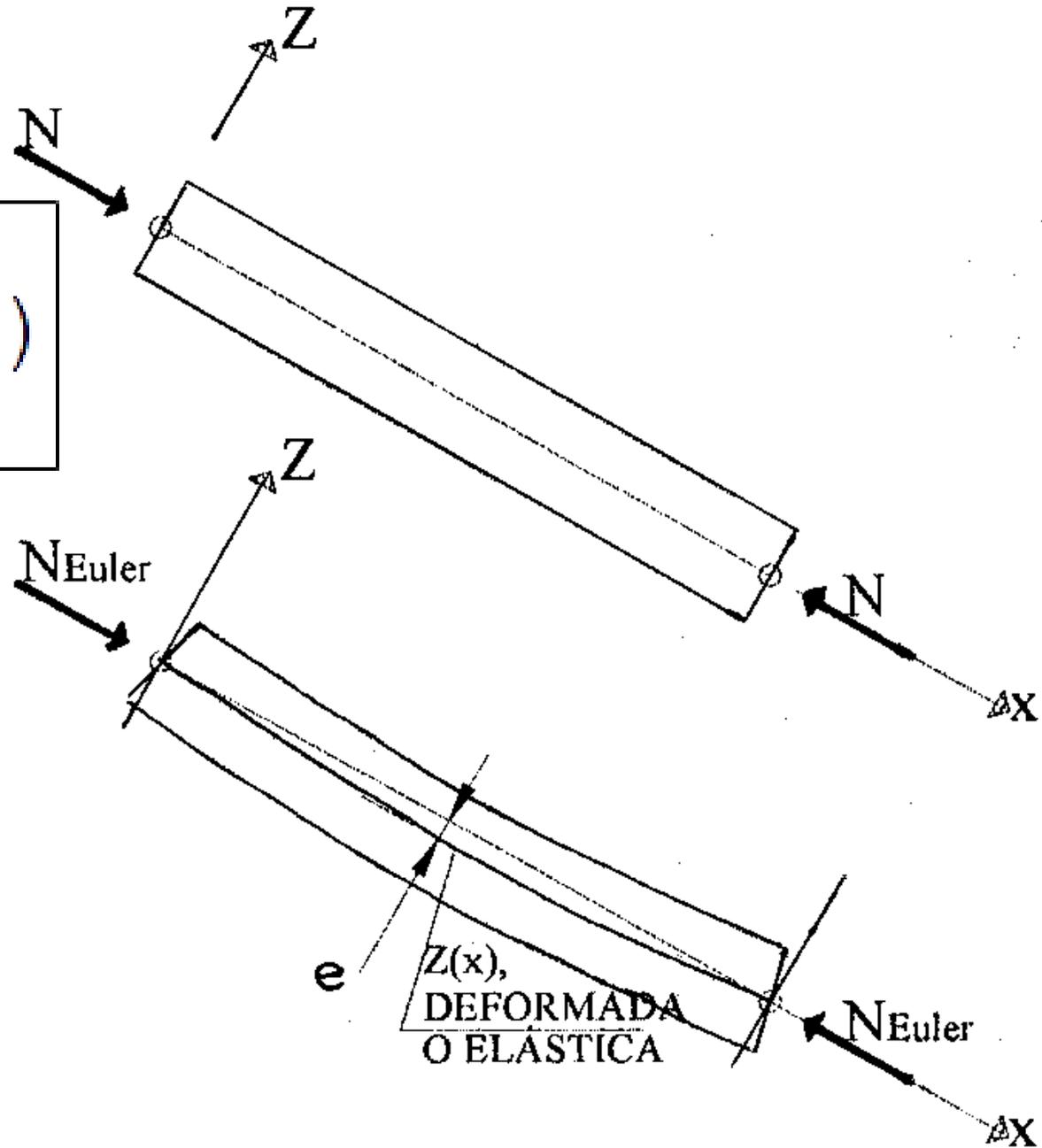


Analizaremos la situación límite, en la que se cumple: **$M_{ext} = M_{int}$**

Momento esterno

Tensión de Euler - Momento externo

$$M_f(x) = N_{EULER} \cdot z(x)$$

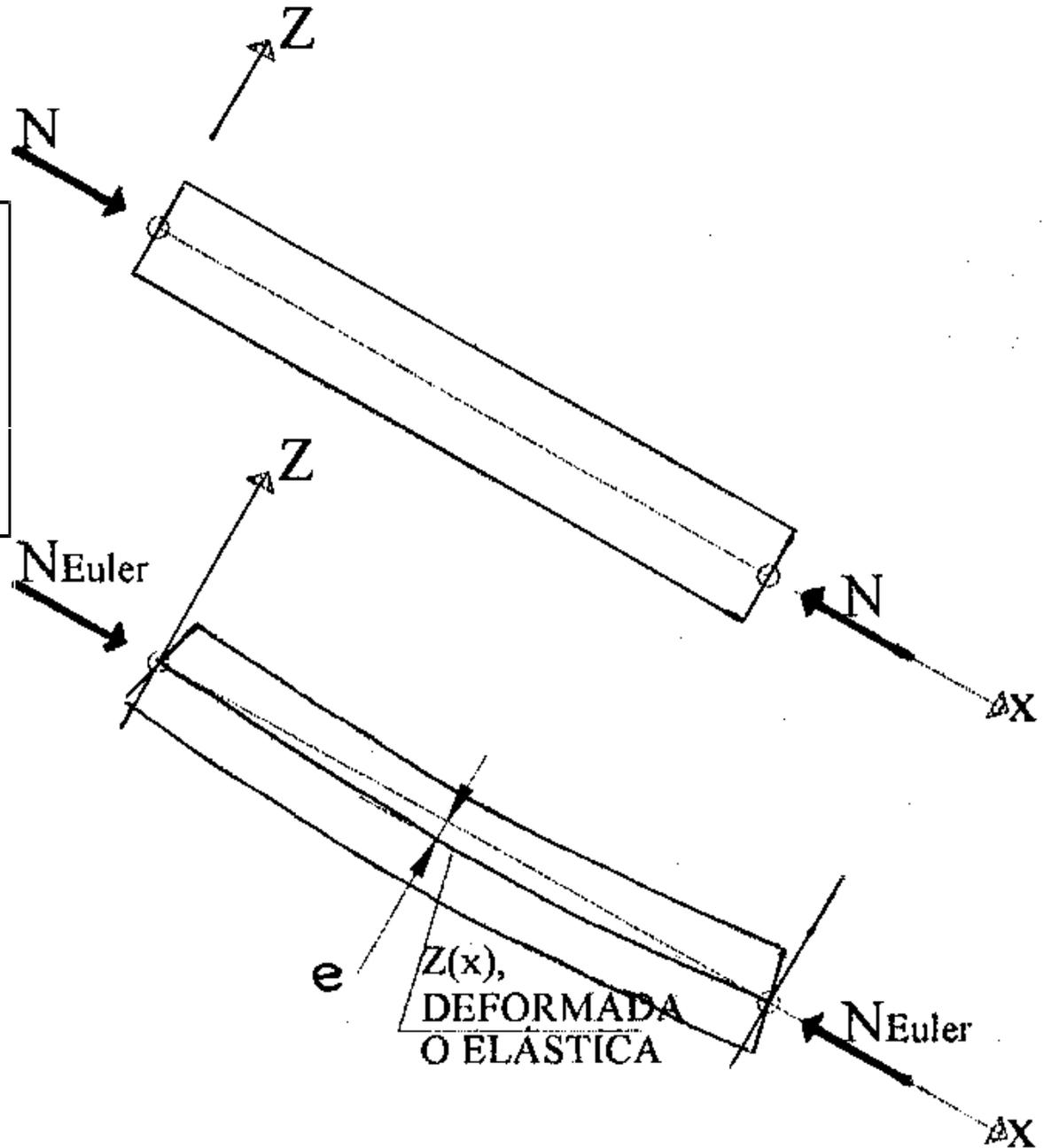


Momento interno

Tensión de Euler - Momento interno

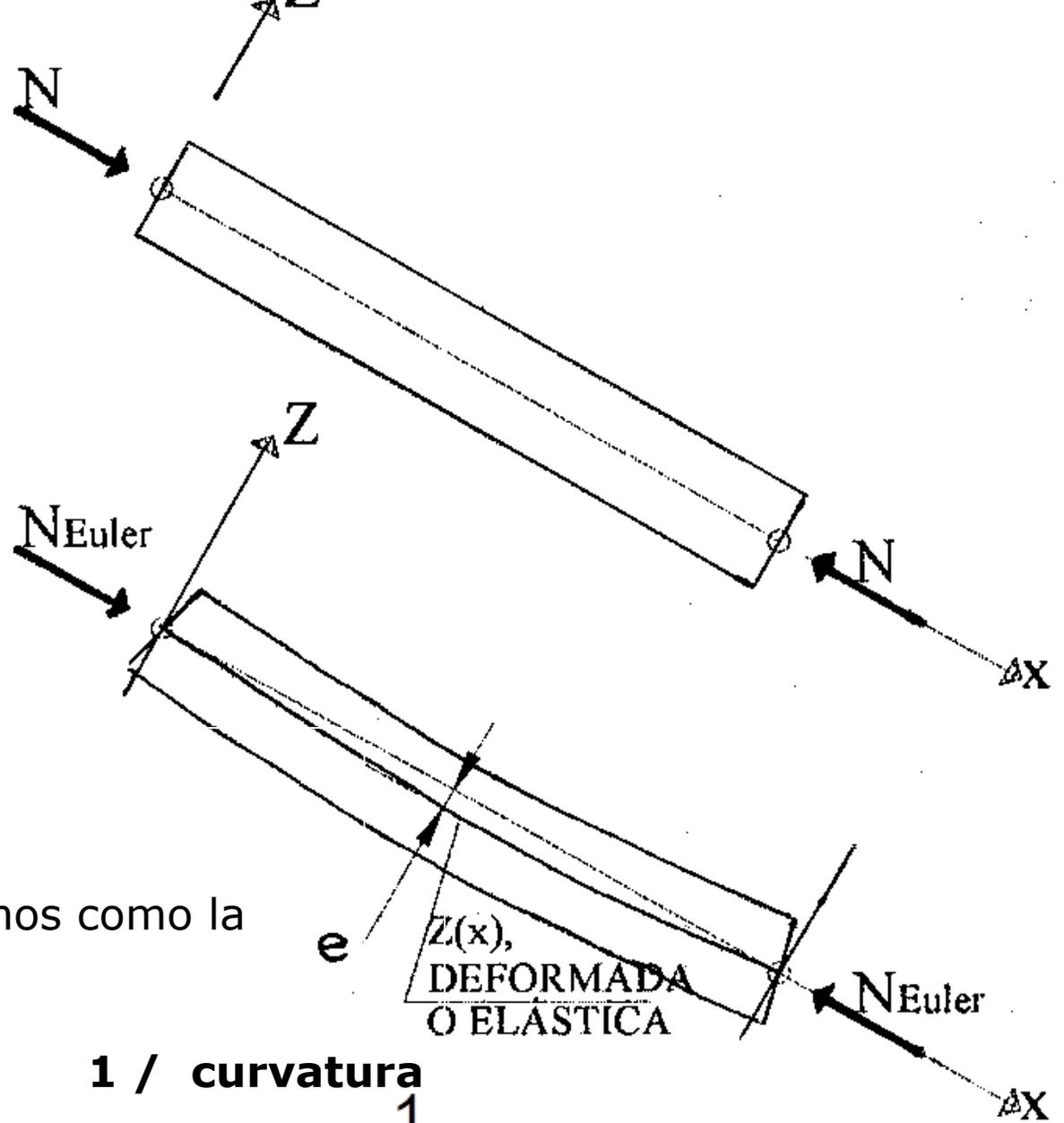
$$K(x) \approx z''(x)$$

Para barras con pequeña curvatura, podemos decir que la curvatura $K(x)$, es igual a la derivada segunda de la función de la curva de la barra



Tensión de Euler - Momento interno

$$K(x) \approx z''(x)$$



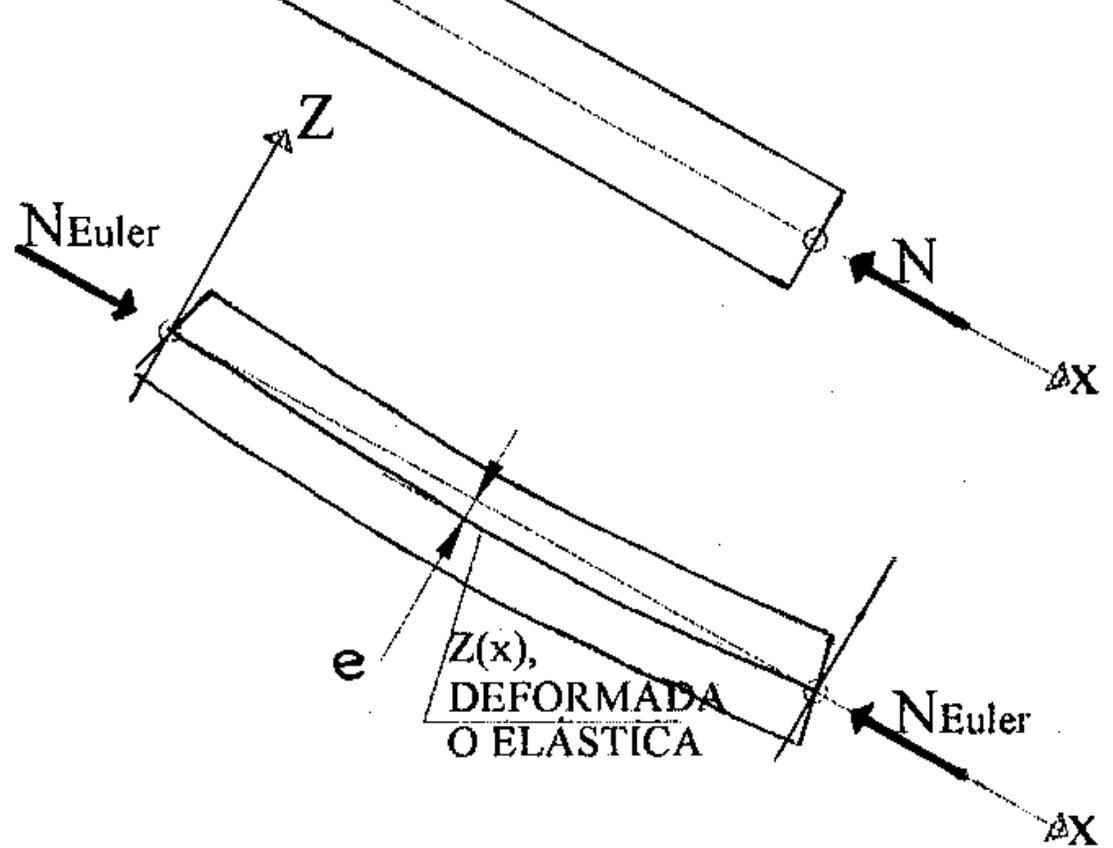
El radio de curvatura lo definimos como la función inversa a la curvatura

$$\text{radio de curvatura} = 1 / \text{curvatura}$$

$$\rho(x) = \frac{1}{K(x)}$$

Tensión de Euler - Momento interno

$$K(x) \cong z''(x)$$



$$\rho(x) = \frac{1}{K(x)}$$

$$M_f(x) = cte \cdot K(x)$$

$$K(x) \cong z''(x)$$

***Tensión de Euler -
Momento interno***

$$\rho(x) = \frac{1}{K(x)}$$

$$M_f(x) = cte \cdot K(x)$$

$$M_f(x) = E \cdot I \cdot K(x)$$

$$K(x) \cong z''(x)$$

***Tensión de Euler -
Momento interno***

$$\rho(x) = \frac{1}{K(x)}$$

$$M_f(x) = cte \cdot K(x)$$

$$M_f(x) = E \cdot I \cdot K(x)$$

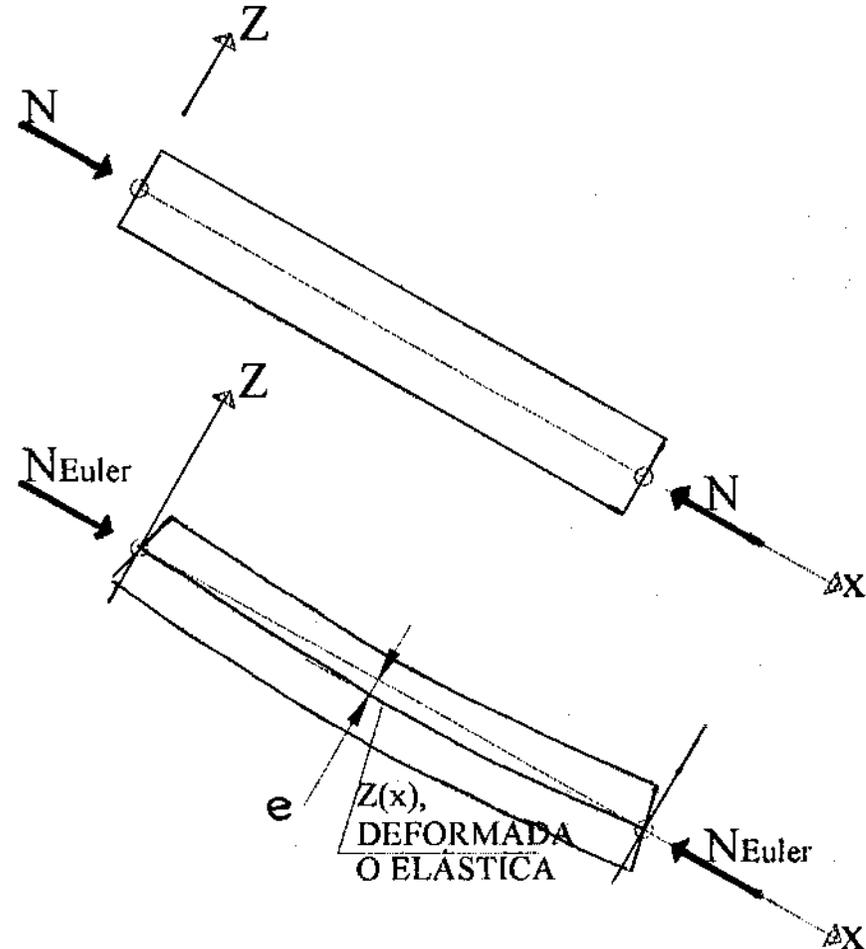
$$M_f(x) = E \cdot I \cdot z''(x)$$

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Analizaremos la situación límite, en la que se cumple: **$M_{ext} = M_{int}$**

$$N_{EULER} \cdot z(x) = E \cdot I \cdot z''(x)$$

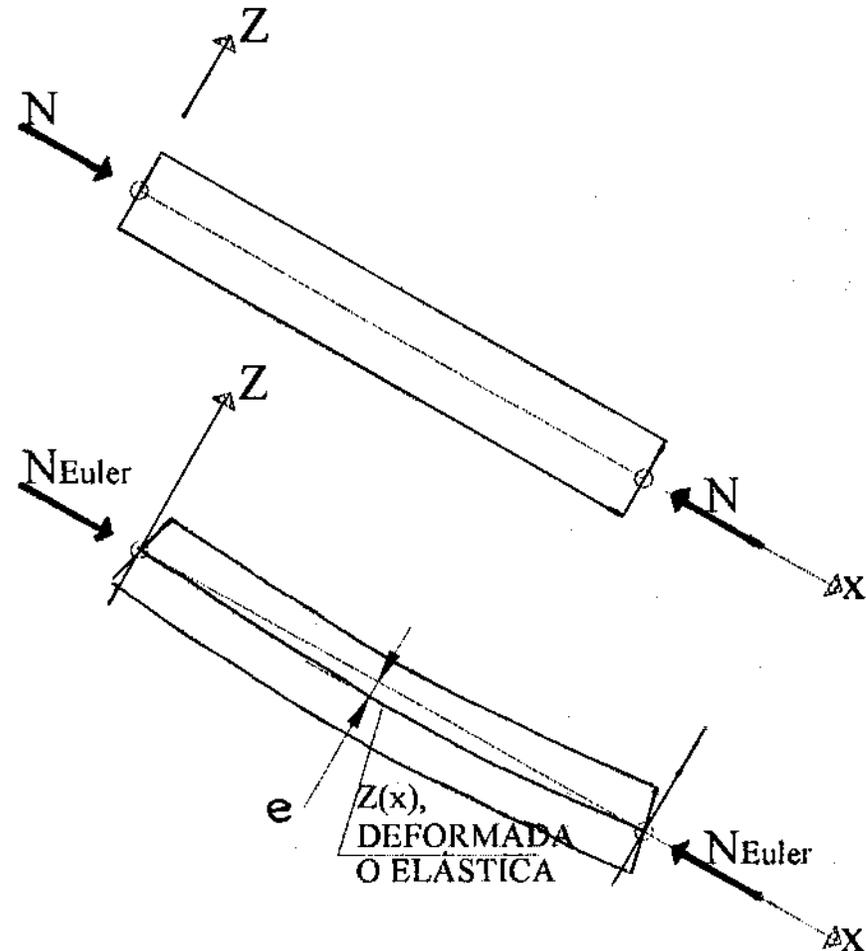


COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

$$N_{\text{EULER}} \cdot z(x) = E \cdot I \cdot z''(x)$$

$$z(x) = e \cdot \text{sen} \frac{\pi x}{l}$$



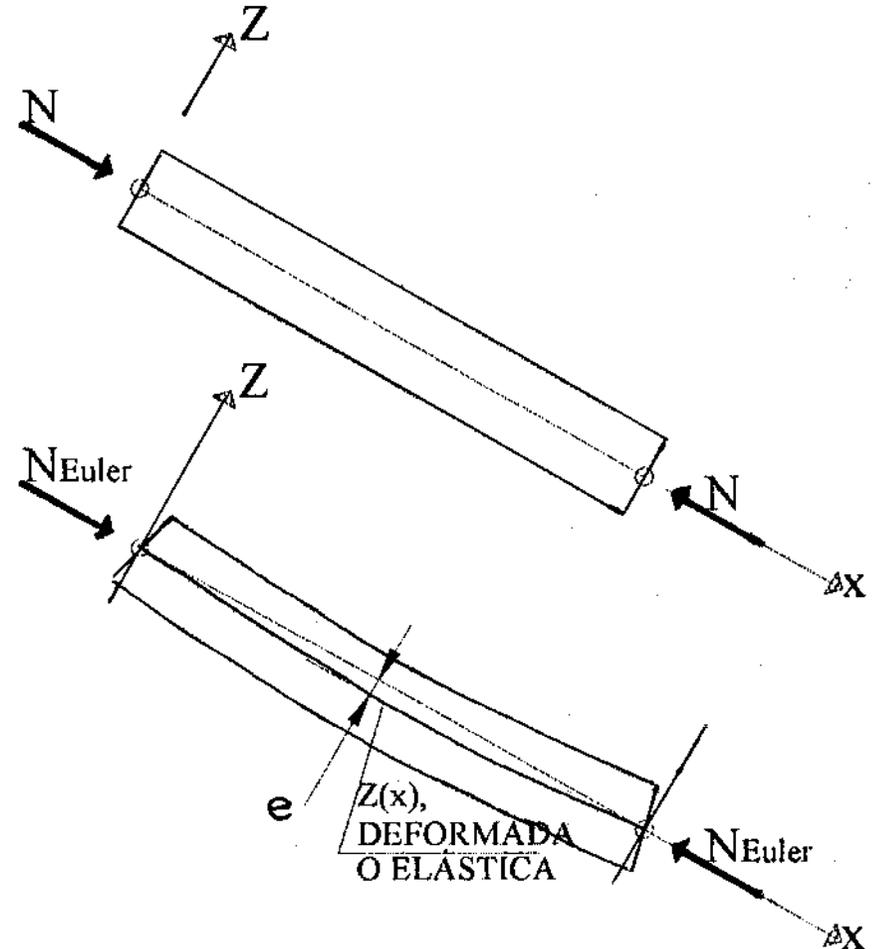
COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

$$N_{\text{EULER}} \cdot z(x) = E \cdot I \cdot z''(x)$$

$$z(x) = e \cdot \text{sen} \frac{\pi x}{l}$$

$$z''(x) = e \frac{\pi^2}{l^2} \text{sen} \frac{\pi x}{l}$$



COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

$$z(x) = e \cdot \text{sen} \frac{\pi x}{l}$$

$$z''(x) = e \frac{\pi^2}{l^2} \text{sen} \frac{\pi x}{l}$$

para $x = l/2$

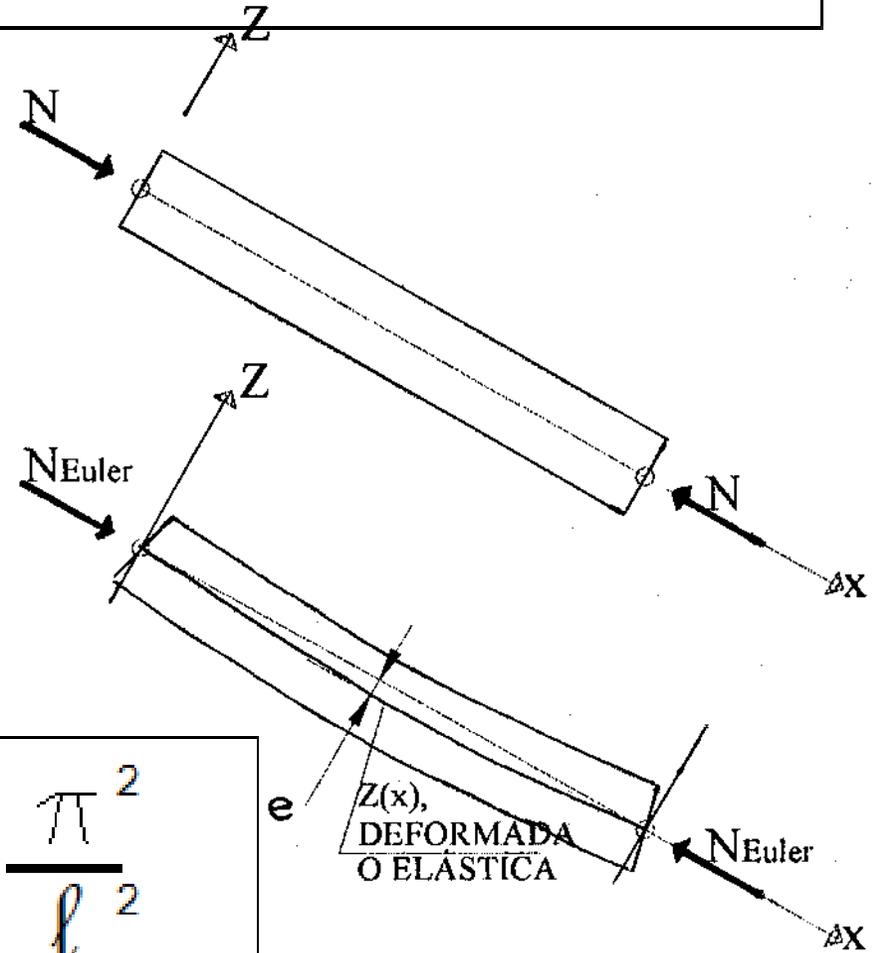
$$z(x) = e$$

$$\text{sen}(\pi/2) = 1$$

Que es donde se produce la situación crítica

$$N_{\text{EULER}} = EI \frac{\pi^2}{l^2}$$

$$N_{\text{EULER}} \cdot z(x) = EI \cdot z''(x)$$



COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Fuerza de EULER

$$N_{EULER} = E I \frac{\pi^2}{l^2}$$

Donde: N_{EULER} es la fuerza límite que lleva la barra al pandeo.

E *es el módulo de elasticidad del material.*

I *es la inercia menor de la sección.*

l *es el largo de la barra, dependiendo de los vínculos.*

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Fuerza de EULER

$$N_{\text{EULER}} = EI \frac{\pi^2}{\ell^2}$$

Nos interesa trabajar con tensiones, para hacer análisis tensional.

La tensión de EULER será Fuerza / Area

o sea:

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{N_{\text{EULER}}}{A}$$

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{EI \pi^2}{\ell^2 A}$$

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Fuerza de EULER

$$N_{\text{EULER}} = EI \frac{\pi^2}{\ell^2}$$

Nos interesa trabajar con tensiones, para hacer un análisis tensional.

La tensión de EULER será Fuerza / Area

o sea:

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{N_{\text{EULER}}}{A}$$

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{EI \pi^2}{\ell^2 A}$$

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Fuerza de EULER

$$N_{\text{EULER}} = EI \frac{\pi^2}{\ell^2}$$

Nos interesa trabajar con tensiones, para hacer un análisis tensional.

La tensión de EULER será Fuerza / Area

o sea:

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{N_{\text{EULER}}}{A}$$

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{EI \pi^2}{\ell^2 A}$$

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler - M externo = M interno

Fuerza de EULER

$$N_{\text{EULER}} = EI \frac{\pi^2}{\ell^2}$$

Nos interesa trabajar con tensiones, para hacer un análisis tensional.

La tensión de EULER será Fuerza / Area

o sea:

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{N_{\text{EULER}}}{A}$$

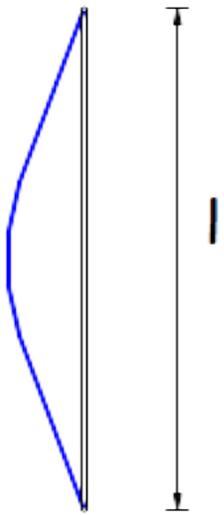
$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{EI \pi^2}{\ell^2 A}$$

Incidencia de los vínculos

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E I \pi^2}{\ell^2 A}$$

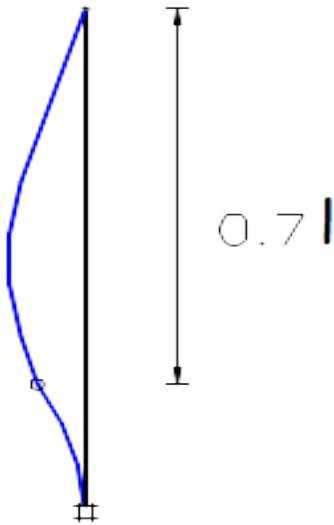
COMPRESIÓN SIMPLE

Incidencia de los vínculos en la longitud de pandeo:



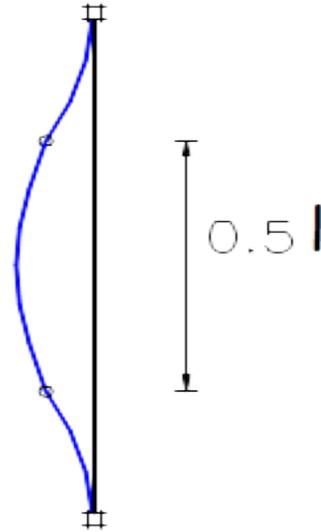
$$\alpha=1$$

*Articulado -
Articulado*



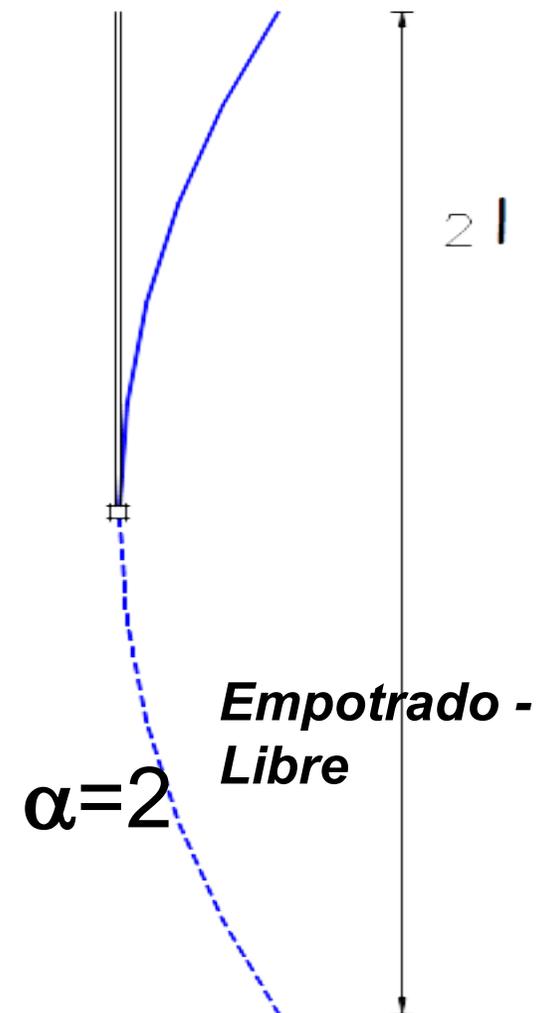
$$\alpha=0.7$$

*Empotrado -
Articulado*



$$\alpha=0.5$$

*Empotrado -
Empotrado*



$$\alpha=2$$

*Empotrado -
Libre*

$$l_0 = l \cdot \alpha$$

Geometría de la sección

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E I \pi^2}{\ell^2 A}$$

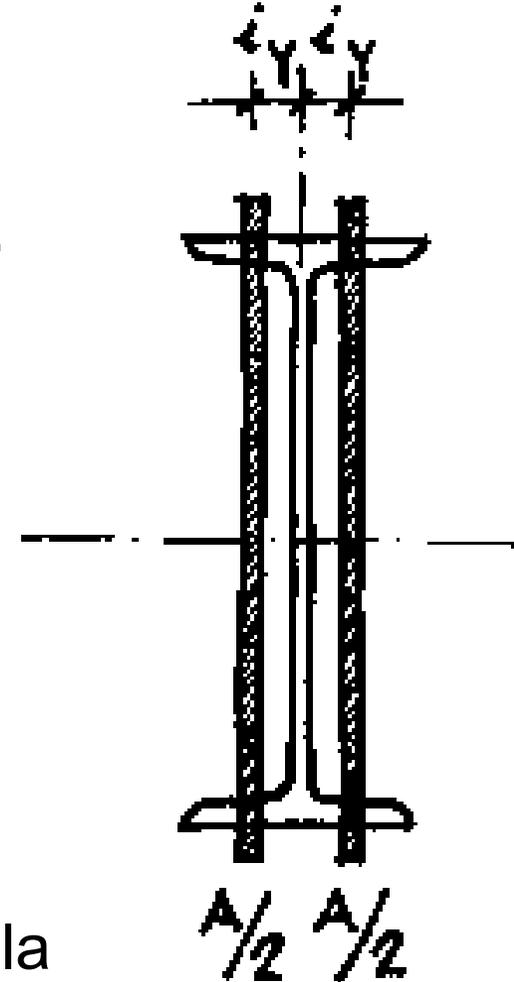
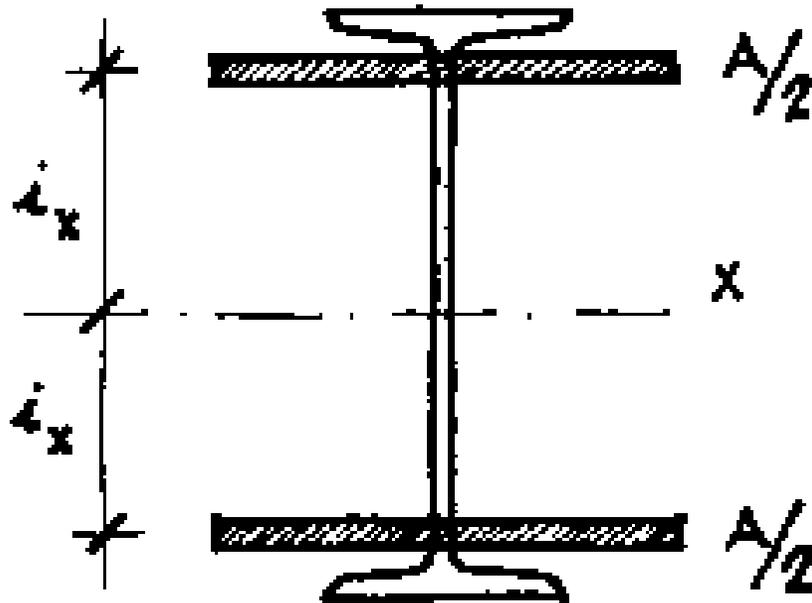
COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler en función de la **ESBELTEZ** $\lambda = l_0 / i$

I = Inercia A = Área i = Radio de giro

$$I = A \cdot i^2$$

$$i^2 = I / A$$



El Radio de giro es una característica geométrica de la sección, que relaciona la inercia y el área de la misma.

COMPRESIÓN SIMPLE

Tensión de Euler en función de la
ESBELTEZ $\lambda = l_0 / i$

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E I \pi^2}{l^2 A}$$

$$i^2 = I / A$$

radio de giro al cuadrado
= Inercia / Area

se utiliza el radio de giro
menor de todos

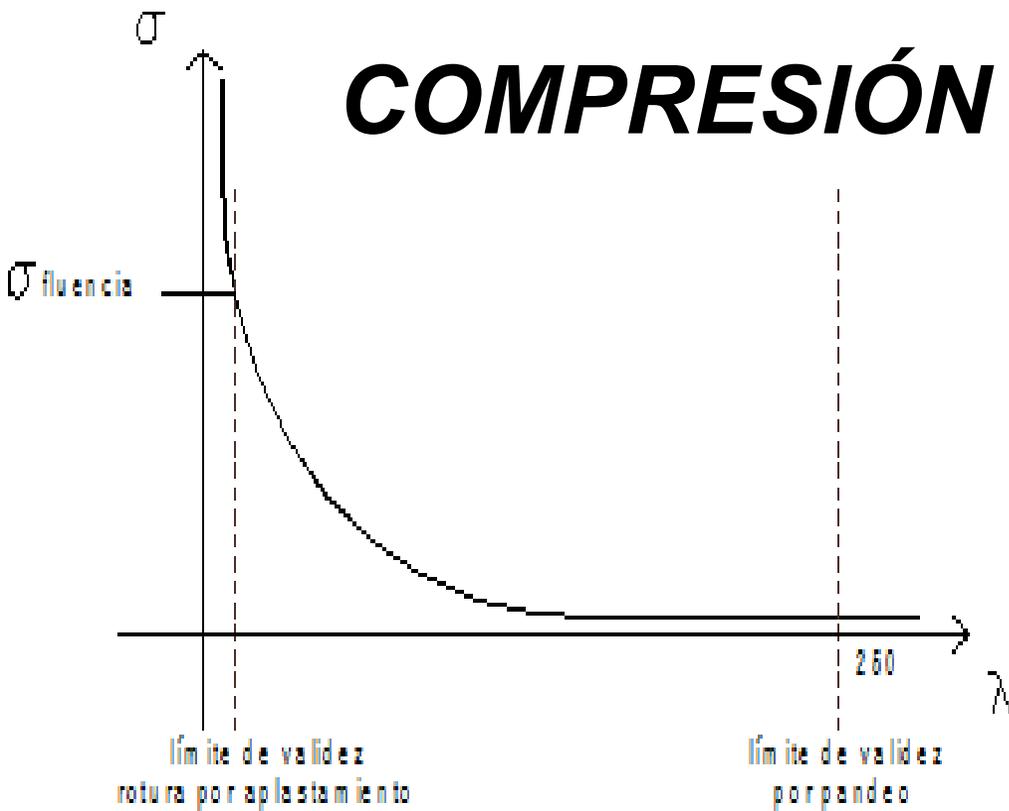
$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E \pi^2}{l^2 / i^2}$$

$$\lambda = l_0 / i$$

esbeltez = largo de
pandeo/radio de giro

$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E \pi^2}{\lambda^2}$$

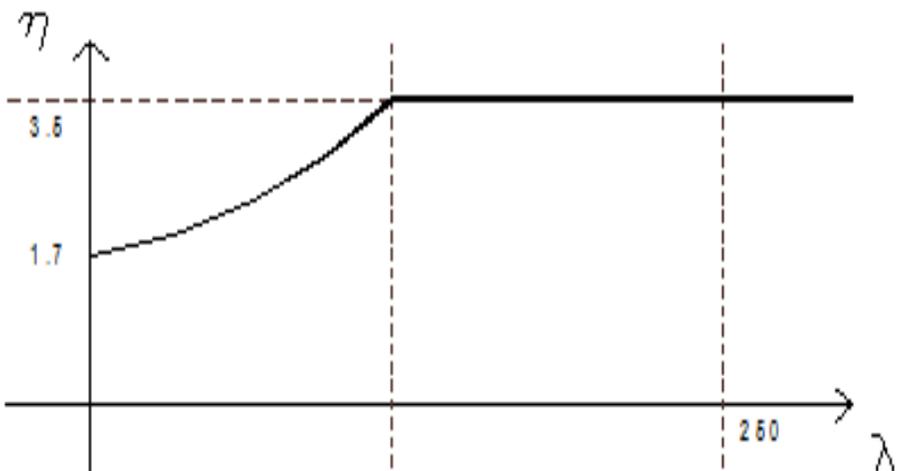
COMPRESIÓN SIMPLE *Verificación de tensiones*



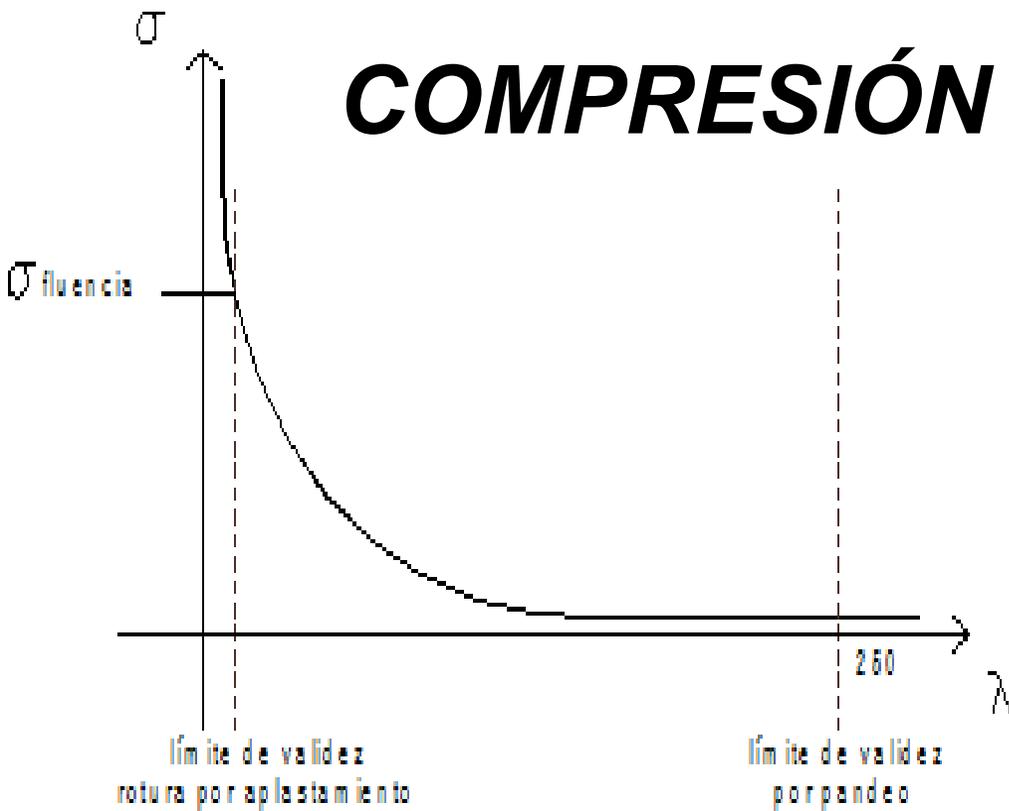
$$\sigma_{\text{EULER}} = \frac{E \pi^2}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{\text{d EULER}} = \frac{\sigma_{\text{EULER}}}{\eta}$$

$$\sigma_{\text{euler d}} \equiv \frac{f_d}{\omega}$$



COMPRESIÓN SIMPLE *Verificación de tensiones*

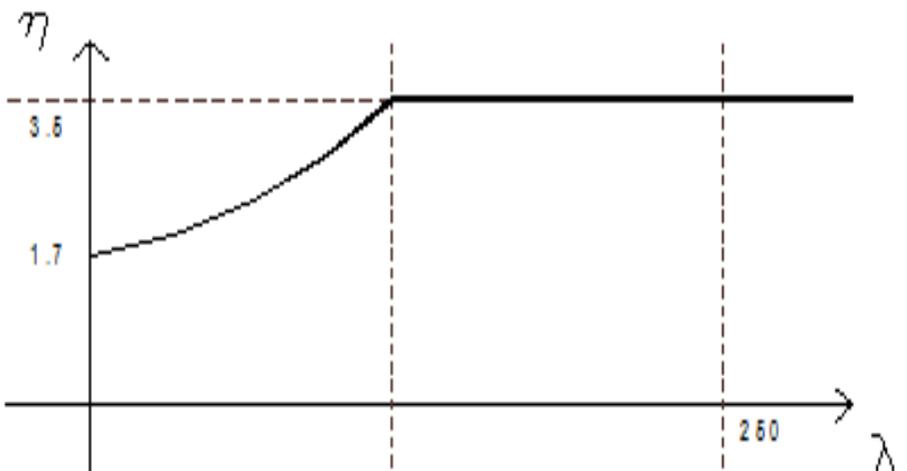


$$\sigma_{EULER} = \frac{E \pi^2}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{d EULER} = \frac{\sigma_{EULER}}{\eta}$$

$$\sigma_{euler d} \equiv \frac{f_d}{\omega}$$

siendo $\omega = \frac{f_d}{\sigma_{euler d}}$



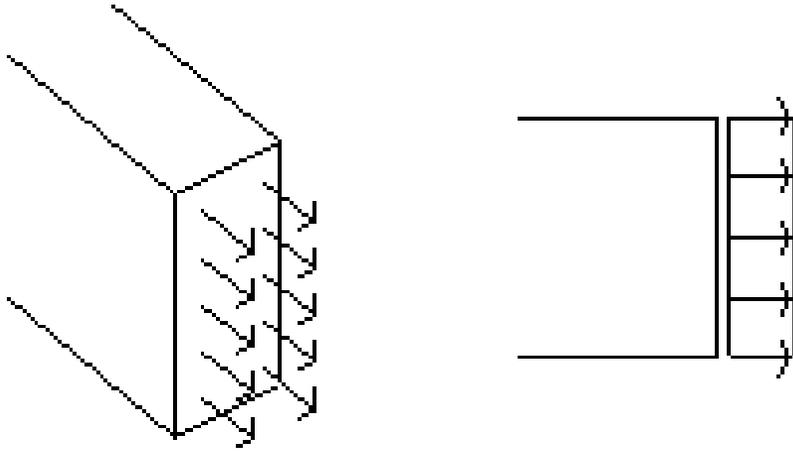
COMPRESIÓN SIMPLE

DEBEMOS VERIFICAR QUE:

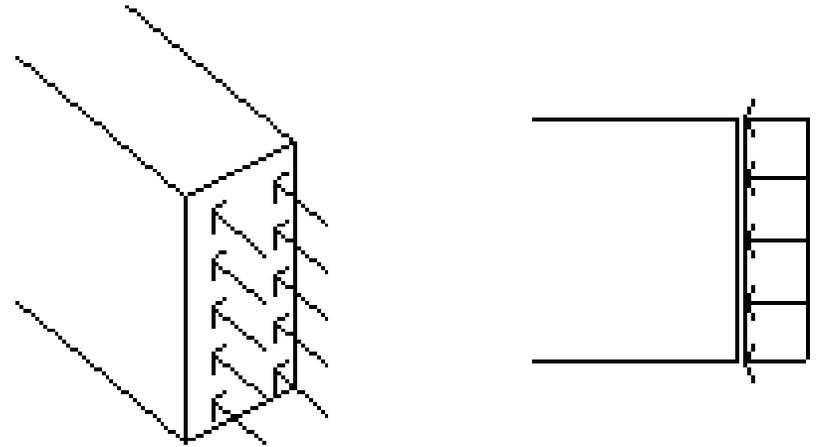
$$\sigma_{\text{real}} = \frac{N}{A} \leq \sigma_{\text{euler}} \frac{f_d}{\omega}$$

SÍNTESIS *Esquemas tensionales*

TRACCIÓN SIMPLE



COMPRESIÓN SIMPLE

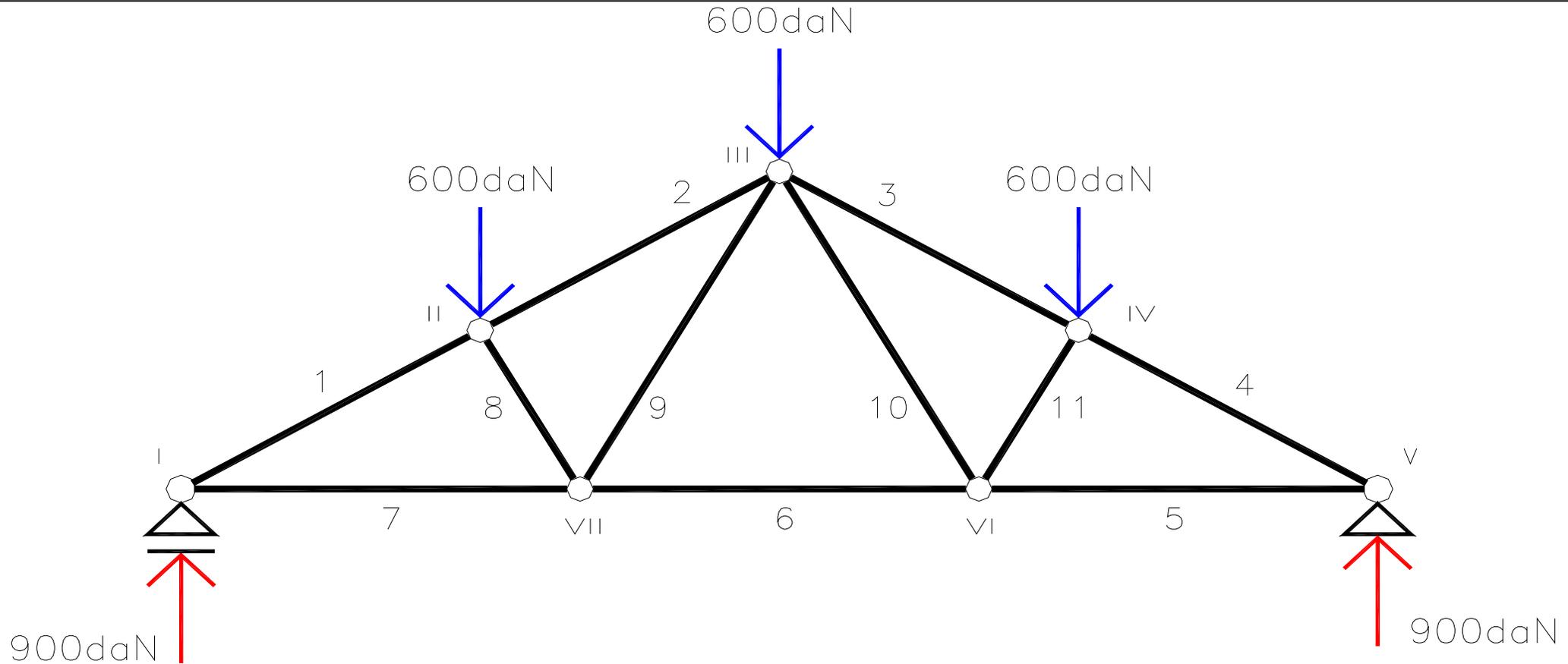


$$\sigma_{\text{real}} = \frac{T}{A} \leq f_d$$

$$\sigma_{\text{real}} = \frac{N}{A} \leq \sigma_{\text{euler}} = \frac{f_d}{\omega}$$

APLICACIÓN PRÁCTICA

DIMENSIONADO DE LAS BARRAS



| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | $\sigma_{eul d}$ | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|------------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

TRACCIÓN

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d}$$

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{array}{l} \sigma = \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} = \frac{f_d}{\omega} \end{array} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

DIMENSIONADO DE LAS BARRAS TRACCIONADAS

Hierro de sección circular

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | |

TRACCIÓN

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d}$$

TRACCIÓN

Acero redondo

BARRA 5
BARRA 7

$$A = \frac{1558 \text{ daN}}{1400 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}} = 1.11 \text{ cm}^2$$

Hierro de sección circular

Tabla 7.3.2 - pág 87

BARRAS DE SECCION CIRCULAR

| DIAMETRO (mm) | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| PERIMETRO (cm) | 1.885 | 2.513 | 3.142 | 3.770 | 4.398 | 5.026 | 6.283 | 7.854 | 10.053 | 12.566 |
| PESO (daN/ml) | 0.222 | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 2.466 | 3.853 | 6.313 | 9.865 |
| SECCION (cm ²) | 0.283 | 0.503 | 0.785 | 1.131 | 1.539 | 2.011 | 3.141 | 4.909 | 8.042 | 12.566 |

TRACCIÓN

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d}$$

TRACCIÓN

Acero redondo

BARRA 5
BARRA 7

$$A = \frac{1558 \text{ daN}}{1400 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}} = 1.11 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{SECCIÓN}} \phi 12 \quad (1.13 \text{ cm}^2)$$

$$\sigma = \frac{1558 \text{ daN}}{1.13 \text{ cm}^2} = 1379 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | $\sigma_{eul d}$ | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|-----------|-------------------------|------------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | $\phi 12$ | $1379 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | $\phi 12$ | $919 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | $\phi 12$ | $1379 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | $\phi 12$ | $459 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | $\phi 12$ | $459 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

DIMENSIONADO DE LAS BARRAS COMPRIMIDAS

Perfil “I” de acero

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

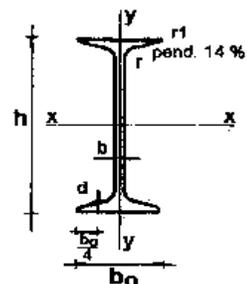
$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado I

$$\begin{array}{l} \text{BARRA } 1 \\ \text{BARRA } 4 \end{array} \quad A = \frac{1800 \text{ daN}}{1400 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}} = 1.29 \text{ cm}^2 \quad \xrightarrow{\text{TABLA}}$$

Características geométricas de elementos estructurales PERFILES DE ACERO I

Perfil "I" de acero



segun DIN 1025

largos normales: 4 a 15 m

h,bo,b,r,r1,d mme
A cms2
g daN/m
ly,ix cms4
Wx,Wy cms3
ix,iy cms
SLn cms3

| I | h | bo | b=r | d | r1 | A | g | ix | Wx | iy | Wy | iy | SLN | |
|----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.94 | 77.8 | 19.5 | 3.20 | 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.34 | 171 | 34.2 | 4.01 | 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 |
| 12 | 120 | 58 | 5.1 | 7.7 | 3.1 | 14.2 | 11.1 | 328 | 54.7 | 4.81 | 21.5 | 7.41 | 1.23 | 31.8 |
| 14 | 140 | 66 | 5.7 | 8.6 | 3.4 | 18.2 | 14.3 | 573 | 81.09 | 5.61 | 35.2 | 10.70 | 1.40 | 47.7 |
| 16 | 160 | 74 | 6.3 | 9.5 | 3.8 | 22.8 | 17.9 | 935 | 117 | 6.40 | 54.7 | 14.80 | 1.55 | 68.0 |
| 18 | 180 | 82 | 6.9 | 10.4 | 4.1 | 27.9 | 21.9 | 1450 | 161 | 7.20 | 81.3 | 19.80 | 1.71 | 93.4 |
| 20 | 200 | 90 | 7.5 | 11.3 | 4.5 | 33.4 | 26.2 | 2140 | 214 | 8.00 | 117 | 26.00 | 1.87 | 125 |
| 22 | 220 | 98 | 8.1 | 12.2 | 4.9 | 39.5 | 31.1 | 3060 | 278 | 8.80 | 162 | 33.10 | 2.02 | 162 |
| 24 | 240 | 106 | 8.7 | 13.1 | 5.2 | 46.1 | 36.2 | 4250 | 354 | 9.59 | 221 | 41.70 | 2.20 | 206 |
| 26 | 260 | 113 | 9.4 | 14.1 | 5.6 | 53.3 | 41.9 | 5740 | 442 | 10.4 | 288 | 51.00 | 2.32 | 257 |
| 28 | 280 | 119 | 10.1 | 15.2 | 6.1 | 61.0 | 47.9 | 7590 | 542 | 11.1 | 364 | 61.20 | 2.45 | 316 |
| 30 | 300 | 125 | 10.8 | 16.2 | 6.5 | 69.0 | 54.2 | 9800 | 653 | 11.9 | 451 | 72.20 | 2.58 | 381 |
| 32 | 320 | 131 | 11.5 | 17.3 | 6.9 | 77.7 | 61.0 | 12510 | 782 | 12.7 | 555 | 84.70 | 2.67 | 457 |
| 34 | 340 | 137 | 12.2 | 18.3 | 7.3 | 86.7 | 68.0 | 15700 | 923 | 13.5 | 674 | 98.40 | 2.80 | 540 |
| 36 | 360 | 143 | 13.0 | 19.5 | 7.8 | 97.0 | 76.1 | 19610 | 1090 | 14.2 | 818 | 114 | 2.90 | 638 |

Perfil "I" de acero

| I | h | b_o | b_w | d | r_t | A | g |
|----------|----------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.9 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.3 |

| I_y | W_y | i_y | SLN |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------|
| 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 |

PNI N°8 $A = 7.54 \text{ cm}^2$
 $i = 0.91 \text{ cm}$

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

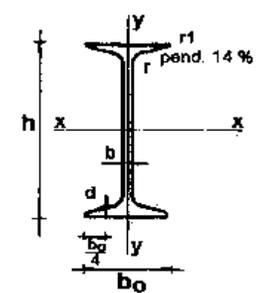
COMPRESIÓN Perfil Normalizado I

| | | | | |
|---------|--|------------------------------|---------|--|
| BARRA 1 | $A = \frac{1800 \text{ daN}}{1400 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}} = 1.29 \text{ cm}^2$ | $\xrightarrow{\text{TABLA}}$ | PNI N°8 | $A = 7.54 \text{ cm}^2$ $i = 0.91 \text{ cm}$ |
| BARRA 4 | | | | |

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{0.91 \text{ cm}} = 286 \neq 250 \text{ NO CUMPLE}$$

Características geométricas de elementos estructurales
PERFILES DE ACERO I

Perfil "I"
de acero



segun DIN 1025

largos normales: 4 a 15 m

- h,bo,b,r,r1,d** mme
- A** cms2
- g** daN/m
- Iy,Ix** cms4
- Wx,Wy** cms3
- ix,iy** cms
- SLn** cms3

| I | h | bo | b=r | d | r1 | A | g | Ix | Wx | ix | Iy | Wy | iy | SLN |
|----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.94 | 77.8 | 19.5 | 3.20 | 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.34 | 171 | 34.2 | 4.01 | 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 |
| 12 | 120 | 58 | 5.1 | 7.7 | 3.1 | 14.2 | 11.1 | 328 | 54.7 | 4.81 | 21.5 | 7.41 | 1.23 | 31.8 |
| 14 | 140 | 66 | 5.7 | 8.6 | 3.4 | 18.2 | 14.3 | 573 | 81.09 | 5.61 | 35.2 | 10.70 | 1.40 | 47.7 |
| 16 | 160 | 74 | 6.3 | 9.5 | 3.8 | 22.8 | 17.9 | 935 | 117 | 6.40 | 54.7 | 14.80 | 1.55 | 68.0 |
| 18 | 180 | 82 | 6.9 | 10.4 | 4.1 | 27.9 | 21.9 | 1450 | 161 | 7.20 | 81.3 | 19.80 | 1.71 | 93.4 |
| 20 | 200 | 90 | 7.5 | 11.3 | 4.5 | 33.4 | 26.2 | 2140 | 214 | 8.00 | 117 | 26.00 | 1.87 | 125 |
| 22 | 220 | 98 | 8.1 | 12.2 | 4.9 | 39.5 | 31.1 | 3060 | 278 | 8.80 | 162 | 33.10 | 2.02 | 162 |
| 24 | 240 | 106 | 8.7 | 13.1 | 5.2 | 46.1 | 36.2 | 4250 | 354 | 9.59 | 221 | 41.70 | 2.20 | 206 |
| 26 | 260 | 113 | 9.4 | 14.1 | 5.6 | 53.3 | 41.9 | 5740 | 442 | 10.4 | 288 | 51.00 | 2.32 | 257 |
| 28 | 280 | 119 | 10.1 | 15.2 | 6.1 | 61.0 | 47.9 | 7590 | 542 | 11.1 | 364 | 61.20 | 2.45 | 316 |
| 30 | 300 | 125 | 10.8 | 16.2 | 6.5 | 69.0 | 54.2 | 9800 | 653 | 11.9 | 451 | 72.20 | 2.58 | 381 |
| 32 | 320 | 131 | 11.5 | 17.3 | 6.9 | 77.7 | 61.0 | 12510 | 782 | 12.7 | 555 | 84.70 | 2.67 | 457 |
| 34 | 340 | 137 | 12.2 | 18.3 | 7.3 | 86.7 | 68.0 | 15700 | 923 | 13.5 | 674 | 98.40 | 2.80 | 540 |
| 36 | 360 | 143 | 13.0 | 19.5 | 7.8 | 97.0 | 76.1 | 19610 | 1090 | 14.2 | 818 | 114 | 2.90 | 638 |

Perfil "I" de acero

| l | h | b _o | b _w | d | r _t | A | g |
|-----------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|-------------|-----|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.9 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.3 |

| I _y | W _y | i _y | SLN |
|----------------|----------------|----------------|------|
| 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 12.2 | 4.85 | 1.07 | 19.9 |

PNI N° 10

$$A = 10.60 \text{ cm}^2$$

$$i = 1.07 \text{ cm}$$

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado I

BARRA 1
BARRA 4 PNI N°10 $A = 10,60 \text{ cm}^2$
 $i = 1,07 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1,07 \text{ cm}} = 243 < 250 \text{ CUMPLE} \quad \xrightarrow{\text{TABLA}}$$

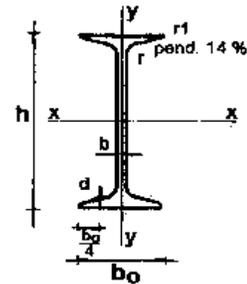
| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 9.46 | 9.55 | 9.65 | 9.74 | 9.84 | 9.94 | 10.03 | 10.13 | 10.23 | 10.33 |
| 210 | 10.43 | 10.53 | 10.63 | 10.73 | 10.83 | 10.93 | 11.03 | 11.13 | 11.24 | 11.34 |
| 220 | 11.44 | 11.55 | 11.65 | 11.76 | 11.86 | 11.97 | 12.08 | 12.18 | 12.29 | 12.40 |
| 230 | 12.51 | 12.62 | 12.72 | 12.83 | 12.94 | 13.06 | 13.17 | 13.28 | 13.39 | 13.50 |
| 240 | 13.62 | 13.73 | 13.84 | 13.96 | 14.08 | 14.19 | 14.31 | 14.42 | 14.54 | 14.66 |
| 250 | 14.78 | | | | | | | | | |

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1.07 \text{ cm}} = 243 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 13.96$$

Características geométricas de elementos estructurales
PERFILES DE ACERO I

Perfil "I" de acero



segun DIN 1025

largos normales: 4 a 15 m

h,bo,b,r,r1,d mms
A cms2
g daN/m
ly,ly cms4
Wx,Wy cms3
ix,iy cms
SLn cms3

| I | h | bo | b=r | d | r1 | A | g | lx | Wx | ix | ly | Wy | iy | SLN |
|----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.94 | 77.8 | 19.5 | 3.20 | 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.34 | 171 | 34.2 | 4.01 | 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 |
| 12 | 120 | 58 | 5.1 | 7.7 | 3.1 | 14.2 | 11.1 | 328 | 54.7 | 4.81 | 21.5 | 7.41 | 1.23 | 31.8 |
| 14 | 140 | 66 | 5.7 | 8.6 | 3.4 | 18.2 | 14.3 | 573 | 81.09 | 5.61 | 35.2 | 10.70 | 1.40 | 47.7 |
| 16 | 160 | 74 | 6.3 | 9.5 | 3.8 | 22.8 | 17.9 | 935 | 117 | 6.40 | 54.7 | 14.80 | 1.55 | 68.0 |
| 18 | 180 | 82 | 6.9 | 10.4 | 4.1 | 27.9 | 21.9 | 1450 | 161 | 7.20 | 81.3 | 19.80 | 1.71 | 93.4 |
| 20 | 200 | 90 | 7.5 | 11.3 | 4.5 | 33.4 | 26.2 | 2140 | 214 | 8.00 | 117 | 26.00 | 1.87 | 125 |
| 22 | 220 | 98 | 8.1 | 12.2 | 4.9 | 39.5 | 31.1 | 3060 | 278 | 8.80 | 162 | 33.10 | 2.02 | 162 |
| 24 | 240 | 106 | 8.7 | 13.1 | 5.2 | 46.1 | 36.2 | 4250 | 354 | 9.59 | 221 | 41.70 | 2.20 | 206 |
| 26 | 260 | 113 | 9.4 | 14.1 | 5.6 | 53.3 | 41.9 | 5740 | 442 | 10.4 | 288 | 51.00 | 2.32 | 257 |
| 28 | 280 | 119 | 10.1 | 15.2 | 6.1 | 61.0 | 47.9 | 7590 | 542 | 11.1 | 364 | 61.20 | 2.45 | 316 |
| 30 | 300 | 125 | 10.8 | 16.2 | 6.5 | 69.0 | 54.2 | 9800 | 653 | 11.9 | 451 | 72.20 | 2.58 | 381 |
| 32 | 320 | 131 | 11.5 | 17.3 | 6.9 | 77.7 | 61.0 | 12510 | 782 | 12.7 | 555 | 84.70 | 2.67 | 457 |
| 34 | 340 | 137 | 12.2 | 18.3 | 7.3 | 86.7 | 68.0 | 15700 | 923 | 13.5 | 674 | 98.40 | 2.80 | 540 |
| 36 | 360 | 143 | 13.0 | 19.5 | 7.8 | 97.0 | 76.1 | 19610 | 1090 | 14.2 | 818 | 114 | 2.90 | 638 |

Perfil "I" de acero

| l | h | b _o | b _r | d | r _t | A | g |
|----|-----|----------------|----------------|-----|----------------|------|------|
| 8 | 80 | 42 | 3.9 | 5.9 | 2.3 | 7.54 | 5.9 |
| 10 | 100 | 50 | 4.5 | 6.8 | 2.7 | 10.6 | 8.3 |
| 12 | 120 | 58 | 5.1 | 7.7 | 3.1 | 14.2 | 11.1 |

| I _y | W _y | i _y | SLN |
|----------------|----------------|----------------|------|
| 6.3 | 3.00 | 0.91 | 11.4 |
| 12.2 | 4.88 | 1.07 | 19.9 |
| 21.5 | 7.41 | 1.23 | 31.8 |
| 35.0 | 10.70 | 1.40 | 47.7 |

PNI N° 12

$$A = 14.20 \text{ cm}^2$$

$$i = 1.23 \text{ cm}$$

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 9.46 | 9.55 | 9.65 | 9.74 | 9.84 | 9.94 | 10.03 | 10.13 | 10.23 | 10.33 |
| 210 | 10.43 | 10.53 | 10.63 | 10.73 | 10.83 | 10.93 | 11.03 | 11.13 | 11.24 | 11.34 |
| 220 | 11.44 | 11.55 | 11.65 | 11.76 | 11.86 | 11.97 | 12.08 | 12.18 | 12.29 | 12.40 |
| 230 | 12.51 | 12.62 | 12.72 | 12.83 | 12.94 | 13.06 | 13.17 | 13.28 | 13.39 | 13.50 |
| 240 | 13.62 | 13.73 | 13.84 | 13.96 | 14.08 | 14.19 | 14.31 | 14.42 | 14.54 | 14.66 |
| 250 | 14.78 | | | | | | | | | |

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1.23 \text{ cm}} = 211 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 10.53$$

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado I

BARRA 2 PNI N° 12 $A = 14.20 \text{ cm}^2$
BARRA 3 $i = 1.23 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{290 \text{ cm}}{1.23 \text{ cm}} = 236 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}}$$

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 9.46 | 9.55 | 9.65 | 9.74 | 9.84 | 9.94 | 10.03 | 10.13 | 10.23 | 10.33 |
| 210 | 10.43 | 10.53 | 10.63 | 10.73 | 10.83 | 10.93 | 11.03 | 11.13 | 11.24 | 11.34 |
| 220 | 11.44 | 11.55 | 11.65 | 11.76 | 11.86 | 11.97 | 12.08 | 12.18 | 12.29 | 12.40 |
| 230 | 12.51 | 12.62 | 12.72 | 12.83 | 12.94 | 13.06 | 13.17 | 13.28 | 13.39 | 13.50 |
| 240 | 13.62 | 13.73 | 13.84 | 13.96 | 14.08 | 14.19 | 14.31 | 14.42 | 14.54 | 14.66 |
| 250 | 14.78 | | | | | | | | | |

$$\lambda = \frac{290 \text{ cm}}{1.23 \text{ cm}} = 236 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 13.17$$

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | $\sigma_{eul d}$ | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|-----------|-------------------------|------------------------|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 260cm | PNI 12 | $127 \frac{daN}{cm^2}$ | $133 \frac{daN}{cm^2}$ | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | PNI 12 | $105 \frac{daN}{cm^2}$ | $106 \frac{daN}{cm^2}$ | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | PNI 12 | $105 \frac{daN}{cm^2}$ | $106 \frac{daN}{cm^2}$ | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | PNI 12 | $127 \frac{daN}{cm^2}$ | $133 \frac{daN}{cm^2}$ | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | $\phi 12$ | $1379 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | $\phi 12$ | $919 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | $\phi 12$ | $1379 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | PNI 12 | $37 \frac{daN}{cm^2}$ | $398 \frac{daN}{cm^2}$ | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | $\phi 12$ | $459 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | $\phi 12$ | $459 \frac{daN}{cm^2}$ | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | PNI 12 | $37 \frac{daN}{cm^2}$ | $398 \frac{daN}{cm^2}$ | |

DIMENSIONADO DE LAS BARRAS COMPRIMIDAS

Perfil “doble C” de acero

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

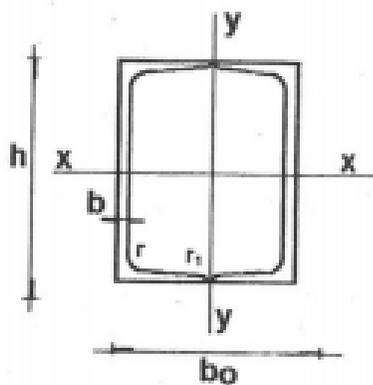
Perfil "doble C" de acero

Tabla 7.1.3 - pág 78

| Características geométricas de elementos estructurales COMBINACION DE PERFILES [DE ACERO | |
|--|--|
| | <p>h,bo,b,d,r,r1 mm</p> <p>A cms²</p> <p>g daN/m</p> <p>I_y,I_x cms⁴</p> <p>W_x,W_y cms³</p> <p>i_x,i_y cms</p> |

| | h | bo | b | d=r | r1 | A | g | I _x | W _x | i _x | I _y | W _y | i _y |
|-------|-----|--------|------|------|------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 3 | 30 | 66.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 10.88 | 8.54 | 12.78 | 8.52 | 1.08 | 53.55 | 1.63 | 2.22 |
| 4 | 40 | 70.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 12.42 | 9.74 | 28.20 | 14.10 | 1.50 | 71.84 | 2.05 | 2.41 |
| 5 | 50 | 76.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 14.24 | 11.18 | 52.80 | 21.12 | 1.92 | 102.33 | 2.69 | 2.68 |
| 6 1/2 | 65 | 84.00 | 5.50 | 7.5 | 4.00 | 18.06 | 14.18 | 115.00 | 35.38 | 2.52 | 167.77 | 3.99 | 3.05 |
| 8 | 80 | 90.00 | 6.00 | 8.0 | 4.00 | 22.00 | 17.28 | 212.00 | 53.00 | 3.10 | 243.46 | 5.41 | 3.33 |
| 10 | 100 | 100.00 | 6.00 | 8.5 | 4.50 | 27.00 | 21.20 | 412.00 | 82.40 | 3.91 | 379.97 | 7.60 | 3.75 |
| 12 | 120 | 110.00 | 7.00 | 9.0 | 4.50 | 34.00 | 26.80 | 728.00 | 121.33 | 4.62 | 603.54 | 10.97 | 4.21 |
| 14 | 140 | 120.00 | 7.00 | 10.0 | 5.00 | 40.80 | 32.00 | 1210.00 | 172.86 | 5.45 | 862.35 | 14.37 | 4.60 |
| 16 | 160 | 130.00 | 7.50 | 10.5 | 5.50 | 48.00 | 37.60 | 1850.00 | 231.25 | 6.21 | 1212.95 | 18.66 | 5.03 |
| 18 | 180 | 140.00 | 8.00 | 11.0 | 5.50 | 56.00 | 44.00 | 2700.00 | 300.00 | 6.95 | 1673.16 | 23.90 | 5.47 |
| 20 | 200 | 150.00 | 8.50 | 11.5 | 6.00 | 64.40 | 50.60 | 3820.00 | 382.00 | 7.7 | 2237.02 | 29.83 | 5.89 |
| 22 | 220 | 160.00 | 9.00 | 12.5 | 6.50 | 74.80 | 58.80 | 5380.00 | 489.09 | 8.48 | 2962.60 | 37.03 | 6.29 |

Características geométricas COMBINACION



| | h | bo | b | d=r | r1 | A | |
|---|----|-------|------|-----|------|-------|----|
| 3 | 30 | 66.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 10.88 | 8. |
| 4 | 40 | 70.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 12.42 | 9. |
| 5 | 50 | 76.00 | 5.00 | 7.0 | 3.50 | 14.24 | 11 |

Elementos estructurales FILES [DE ACERO

| | |
|---------------|-------|
| h,bo,b,d,r,r1 | mm |
| A | cms2 |
| g | daN/m |
| ly,ix | cms4 |
| Wx,Wy | cms3 |
| ix,iy | cms |

| ix | Wx | ix | ly | Wy | iy |
|------|-------|------|--------|------|------|
| 1.78 | 8.52 | 1.08 | 53.55 | 1.63 | 2.22 |
| 1.20 | 14.10 | 1.50 | 71.84 | 2.05 | 2.41 |
| 0.80 | 21.12 | 1.92 | 102.33 | 2.69 | 2.68 |

PN[] N°4 A = 12.42 cm²
 i = 1.50 cm

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado []

BARRA 1
BARRA 4

PN[] N°4 $A = 12,42 \text{ cm}^2$
 $i = 1,50 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1,50 \text{ cm}} = 173 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}}$$

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 150 | 5.52 | 5.59 | 5.66 | 5.73 | 5.81 | 5.88 | 5.95 | 6.03 | 6.10 | 6.18 |
| 160 | 6.05 | 6.13 | 6.20 | 6.28 | 6.36 | 6.44 | 6.51 | 6.59 | 6.67 | 6.75 |
| 170 | 6.83 | 6.91 | 6.99 | 7.08 | 7.16 | 7.24 | 7.32 | 7.41 | 7.49 | 7.57 |
| 180 | 7.66 | 7.75 | 7.83 | 7.92 | 8.00 | 8.09 | 8.18 | 8.27 | 8.36 | 8.44 |
| 190 | 8.53 | 8.62 | 8.72 | 8.81 | 8.90 | 8.99 | 9.08 | 9.17 | 9.27 | 9.36 |
| 200 | 9.46 | 9.55 | 9.65 | 9.74 | 9.84 | 9.94 | 10.03 | 10.13 | 10.23 | 10.33 |
| 210 | 10.43 | 10.53 | 10.63 | 10.73 | 10.83 | 10.93 | 11.03 | 11.13 | 11.24 | 11.34 |
| 220 | 11.44 | 11.55 | 11.65 | 11.76 | 11.86 | 11.97 | 12.08 | 12.18 | 12.29 | 12.40 |

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1.50 \text{ cm}} = 173 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 7.08$$

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{array}{l} \sigma = \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} = \frac{f_d}{\omega} \end{array} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado []

BARRA 1
BARRA 4 PN[] N°4 $A = 12.42 \text{ cm}^2$
 $i = 1.50 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{260 \text{ cm}}{1.50 \text{ cm}} = 173 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 7.08$$

$$\frac{1800 \text{ daN}}{12.42 \text{ cm}^2} < \frac{1400 \text{ daN/cm}^2}{7.08}$$

$$145 \text{ daN/cm}^2 < 198 \text{ daN/cm}^2 \text{ VERIFICA}$$

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado []

BARRA 2
BARRA 3 PN[] N°4 $A = 12.42 \text{ cm}^2$
 $i = 1.50 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{290 \text{ cm}}{1.50 \text{ cm}} = 193 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}}$$

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 150 | 5.52 | 5.59 | 5.66 | 5.73 | 5.81 | 5.88 | 5.95 | 6.03 | 6.10 | 6.18 |
| 160 | 6.05 | 6.13 | 6.20 | 6.28 | 6.36 | 6.44 | 6.51 | 6.59 | 6.67 | 6.75 |
| 170 | 6.83 | 6.91 | 6.99 | 7.08 | 7.16 | 7.24 | 7.32 | 7.41 | 7.49 | 7.57 |
| 180 | 7.66 | 7.75 | 7.83 | 7.92 | 8.00 | 8.09 | 8.18 | 8.27 | 8.36 | 8.44 |
| 190 | 8.53 | 8.62 | 8.72 | 8.81 | 8.90 | 8.99 | 9.08 | 9.17 | 9.27 | 9.36 |
| 200 | 9.46 | 9.55 | 9.65 | 9.74 | 9.84 | 9.94 | 10.03 | 10.13 | 10.23 | 10.33 |
| 210 | 10.43 | 10.53 | 10.63 | 10.73 | 10.83 | 10.93 | 11.03 | 11.13 | 11.24 | 11.34 |
| 220 | 11.44 | 11.55 | 11.65 | 11.76 | 11.86 | 11.97 | 12.08 | 12.18 | 12.29 | 12.40 |

$$\lambda = \frac{290 \text{ cm}}{1.50 \text{ cm}} = 193 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 8.81$$

| Barra | Compresión | Tracción | Longitud | Sección | σ_{real} | | Alargamiento |
|-------|------------|----------|----------|---------|-----------------|--|--------------|
| 1 | 1800 daN | | 280cm | | | | |
| 2 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 3 | 1500 daN | | 290cm | | | | |
| 4 | 1800 daN | | 260cm | | | | |
| 5 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 6 | | 1039 daN | 300cm | | | | |
| 7 | | 1558 daN | 300cm | | | | |
| 8 | 519 daN | | 150cm | | | | |
| 9 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 10 | | 519 daN | 260cm | | | | |
| 11 | 519 daN | | 150cm | | | | |

COMPRESIÓN

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} < \sigma_{d \text{ EULER}} \leq f_d \\ \sigma_{d \text{ EULER}} &= \frac{f_d}{\omega} \end{aligned} \right\} \frac{F}{A} < \frac{f_d}{\omega} \leq f_d$$

$$A = \frac{F}{f_d} \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad l_0 = l_{\text{real}} \cdot \alpha$$

COMPRESIÓN Perfil Normalizado []

BARRA 2
BARRA 3

| | | |
|------|-----|---------------------------|
| PN[] | N°4 | A = 12.42 cm ² |
| | | i = 1.50 cm |

$$\lambda = \frac{290 \text{ cm}}{1.50 \text{ cm}} = 193 < 250 \text{ CUMPLE} \xrightarrow{\text{TABLA}} \omega = 8.81$$

$$\frac{1500 \text{ daN}}{12.42 \text{ cm}^2} < \frac{1400 \text{ daN/cm}^2}{8.81}$$

$$121 \text{ daN/cm}^2 < 159 \text{ daN/cm}^2 \text{ VERIFICA}$$

