



*Universidad de Buenos Aires*

*Facultad de Ingeniería*

*Departamento de Estabilidad*

*INGENIERÍA CIVIL*

*ESTABILIDAD II – 84.03*

# **SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO – SA - 01**

**“Solicitud Axil en Régimen Elástico – SA”**

*Autor: Ing. Luis Nelson SOSTI  
Abril 2021*



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### 01 – OBJETO

### 02 – DEFINICIÓN

### 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE

### 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE

### 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA

### 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES

### 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO

### 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO

### 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES

### 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES

### 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## 01 – OBJETO:

El objeto de este tema será el de:

- Estudiar y analizar los conceptos físicos, matemáticos e ingenieriles;
- Estudiar y analizar los principios y fundamentos de funcionamiento estructural;
- Aprender a dimensionar y a verificar;
- Introducirnos en las bases preliminares del diseño y el proyecto;

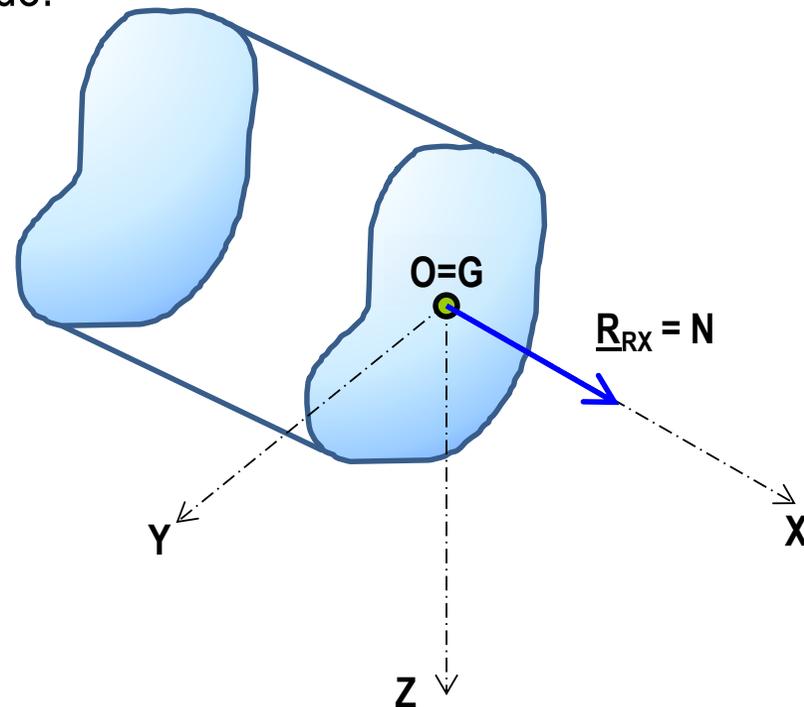
de elementos estructurales o sistemas de elementos estructurales o parte de ellos que están solicitados exclusivamente a **Esfuerzos Axiles o a Solicitación Axil**.

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN**
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 –
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### 02 – DEFINICIÓN:

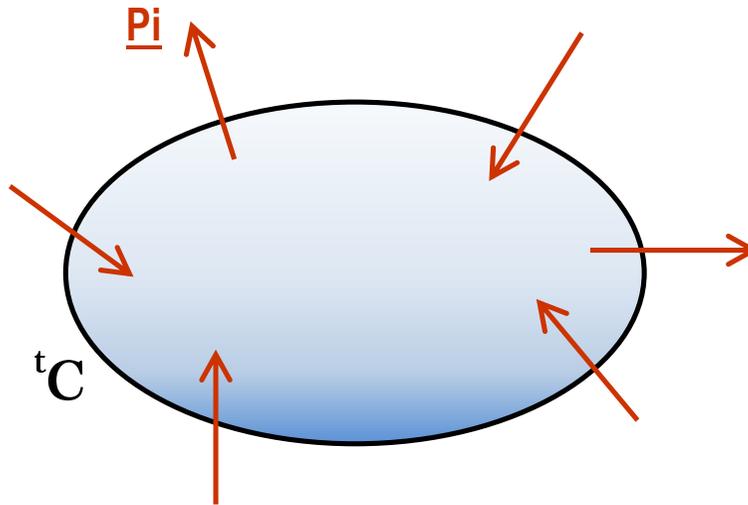
Una sección está solicitada exclusivamente a esfuerzo axial cuando al reducir las fuerzas al baricentro de la misma para poder equilibrar las fuerzas exteriores actuantes sobre la parte de la estructura a la que pertenece la sección, solamente existe o se presenta una componente perpendicular al plano de la sección. La figura a continuación muestra lo expresado:



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

Es necesario recordar el desarrollo teórico sobre el cual se basa la definición dada de **Solicitación Axil**. Las siguientes figuras muestran y ejemplifican al mismo.



- Considérese un cuerpo en un instante “ $t$ ” determinado,  $t^C$ , sobre el cual actúa un conjunto de fuerzas exteriores “ $P_i$ ”, que se encuentra en equilibrio;
- Por lo tanto, se tendrá que:

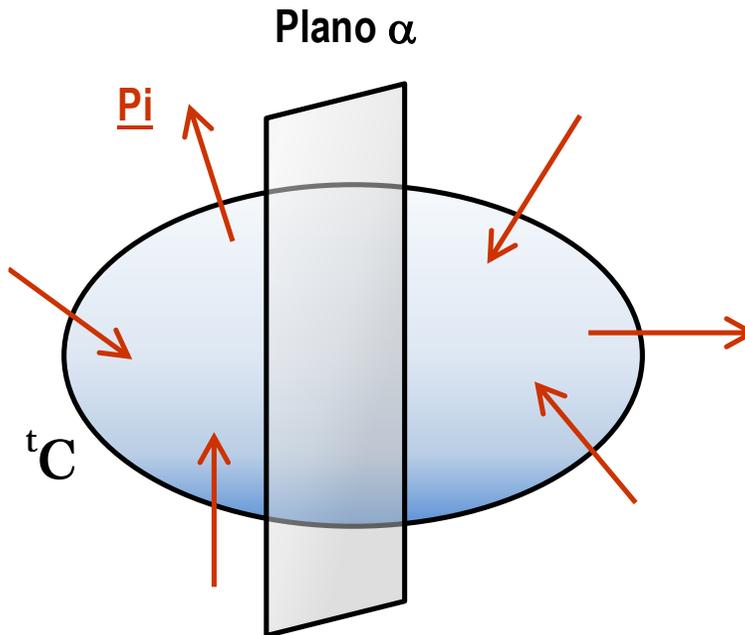
$$F_A + F_R = F_E = 0$$

- Verificándose que:

$$\Sigma P_i = 0$$
$$\Sigma M_i^C = 0$$

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



- Sea una plano “ $\alpha$ ” que corta al cuerpo  ${}^tC$ , por cualquier lugar del mismo tal como se muestra en la figura;
- A los planos como el “ $\alpha$ ” se los denominará “**Planos de Corte**”;
- El cuerpo  ${}^tC$  quedará dividido en 2 partes, la “I” y la “II”. Este corte no se realiza de manera real sino “abstracta” cuya finalidad es servir a al siguiente desarrollo teórico;
- Sobre cada parte actuarán las fuerzas exteriores que quedaban a un lado y al otro del plano de corte;

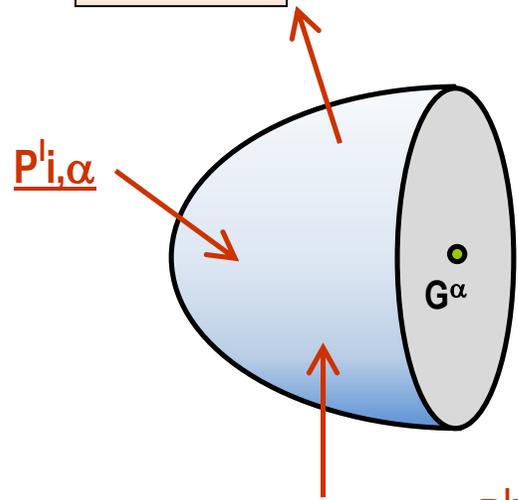
## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

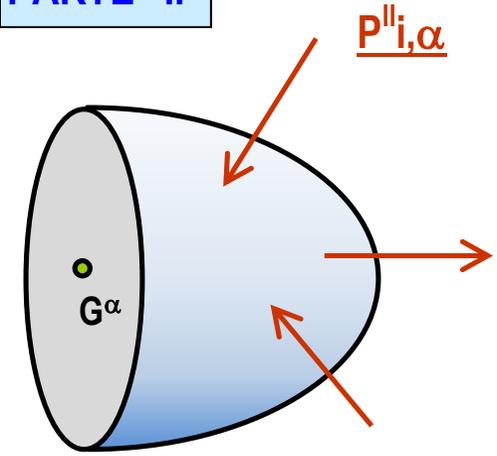
**PARTE "I"**

**PLANO "α"**

**PARTE "II"**



$P^I_{i,α} \neq 0$



$P^{II}_{i,α} \neq 0$

- Ahora, es decir, después del corte cada parte no se encontrará en equilibrio porque cada una necesita de la otra para estarlo. Es decir, el equilibrio se presentaba cuando:

$FE^I + FE^{II} = 0$

Y se verificaba que:

$FE^I = -FE^{II}$

$FE^{II} = -FE^I$

- Situación que con el corte y la separación de las partes no se presenta debido a que como surge de lo anterior, ahora se tendrá:

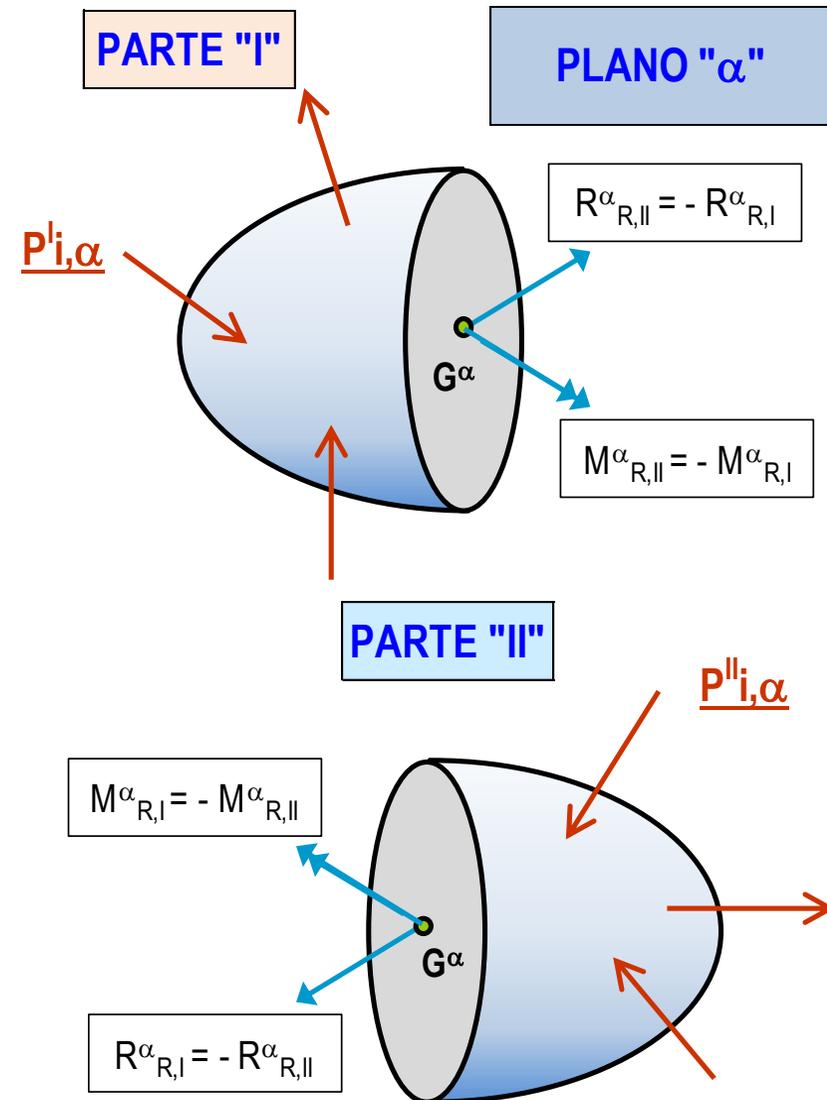
$FE^I \neq 0$

$FE^{II} \neq 0$

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Para lograr el equilibrio de cada parte, se reduce el sistema de fuerzas actuantes en ella a un punto cualquiera y se cambia el sentido de la fuerza y del momento resultante de reducción;
- De esta manera, se tienen 2 sistemas de fuerzas que van a estar en equilibrio;
- Es lo mismo elegir el sistema de fuerzas de la otra parte y reducirlo al mismo punto;
- El punto elegido es el baricentro "G" de la sección;
- Las figuras muestran cómo se obtiene el equilibrio para cada parte;
- Todo este desarrollo es un proceso de abstracción;

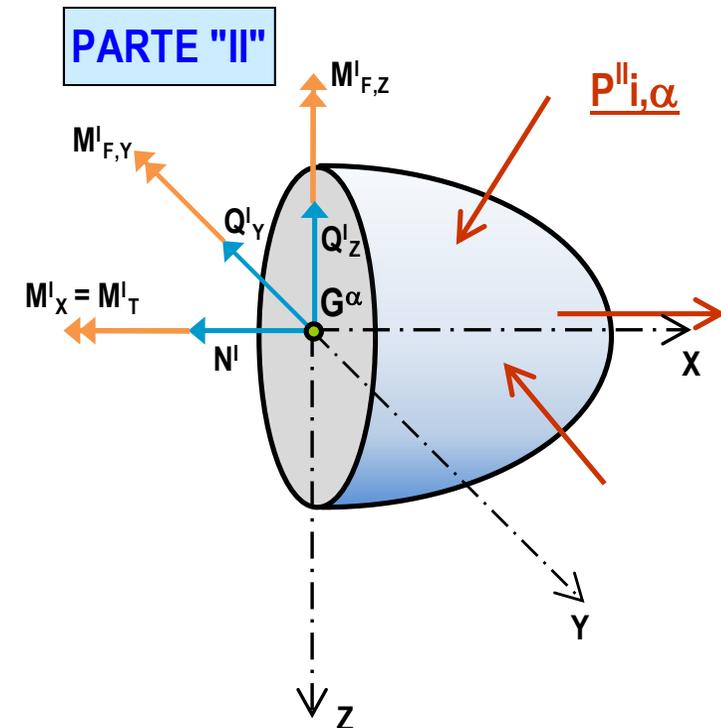
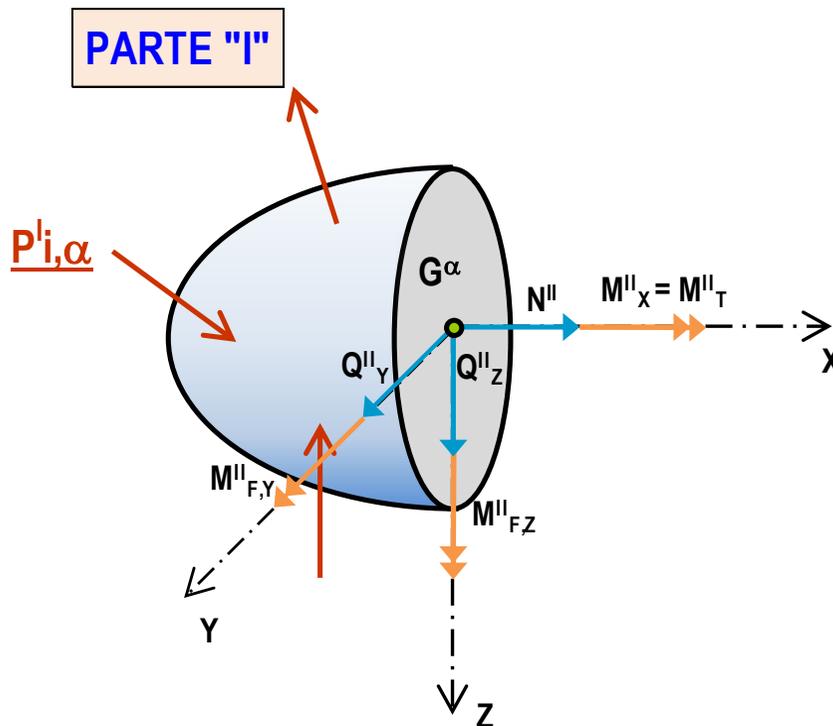


## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Se asocia una terna cartesiana con origen en el baricentro de la sección,  $O = G$ ;

Se descompone cada una de las fuerzas en 3 componentes según los ejes X, Y y Z, quedando 3 componentes de la resultante de reducción y 3 del momento resultante de reducción, como muestra la figura;



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Lo anterior define lo que se denominan como: **“Esfuerzos Internos”** o **“Solicitaciones Internas”** o **“Características Internas”**.

$$R_{R,II} \left\{ \begin{array}{l} N_{II} = -N_I \\ Q_{II} = -Q_I \end{array} \right\} - R_{R,I}$$

$$M_{R,II} \left\{ \begin{array}{l} M_{T,II} = -M_{T,I} \\ M_{F,II} = -M_{F,I} \end{array} \right\} - M_{R,I}$$

$$R_{R,II} \left\{ \begin{array}{l} N^{II} = -N^I \\ Q^{II}_Y = -Q^I_Z \\ Q^{II}_Z = -Q^I_Z \end{array} \right\} - R_{R,I}$$

$$M_{R,II} \left\{ \begin{array}{l} M_{T,II} = -M_{T,I} \\ M^{II}_{F,Y} = -M^I_{F,Y} \\ M^{II}_{F,Z} = -M^I_{F,Z} \end{array} \right\} - M_{R,I}$$

Esfuerzo Normal

Esfuerzo de Corte en "Y"

Esfuerzo de Corte en "Z"

Momento Torsor (en "X")

Momento Flector en "Y"

Momento Flector en "Z"



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE**
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE:

El alcance que será dado a este tema y el campo hacia el cual será aplicado el mismo, son los siguientes:

#### I. TIPOS DE ESTRUCTURAS:

- I. Sistemas Isostáticos;
- II. Sistemas Hipoestáticos;
- III. Sistemas Hiperestáticos.

#### II. CAUSAS O ACCIONES:

- i. Causa Fuerza “F” o “P”;
- ii. Causa Variación de Temperatura “ $\Delta T$ ”;
- iii. Causa Cedimiento de Vínculo “CV”.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### III. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE LAS ESTRUCTURAS:

- I. Homogéneos;
- II. Heterogéneos;
- III. NOTA: En general, las estructuras a estudiar podrán ser heterogéneas, pero cada uno de los elementos componentes de la misma serán homogéneos. Sin embargo, se verán materiales que si bien son heterogéneos, su comportamiento podrá asumirse como el de uno homogéneo. En cada caso se verá adecuadamente.

### II. PERÍODO DE TRABAJO DEL MATERIAL EN CUANTO A SU COMPORTAMIENTO MECÁNICO:

- i. Período o Comportamiento Elástico;
- ii. NOTA: En las últimas unidades de la asignatura se verá el comportamiento de estructuras solicitadas a esfuerzos axiales trabajando en el período anelástico o plástico.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE**
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE:

Los siguientes temas, en principio, el estudio y análisis de los mismos no serán abordados:

- I. Concentración de Tensiones;
- II. Recipientes a Presión.

El tratamiento de ellos dependerá del desarrollo del curso y de los tiempos involucrados.

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA:

Las ecuaciones de equivalencia ya vistas pero ahora aplicadas exclusivamente a una sollicitación axil son las siguientes:

$$N = \int_A \sigma_X \cdot dA \quad \boxed{1}$$

$$M_X = 0 = \int_A (-\tau_{XY} \cdot z + \tau_{XZ} \cdot y) \cdot dA \quad \boxed{4}$$

$$Q_Y = 0 = \int_A \tau_{XY} \cdot dA \quad \boxed{2}$$

$$M_Y = 0 = \int_A \sigma_X \cdot z \cdot dA \quad \boxed{5}$$

$$Q_Z = 0 = \int_A \tau_{XZ} \cdot dA \quad \boxed{3}$$

$$M_Z = 0 = \int_A -\sigma_X \cdot y \cdot dA \quad \boxed{6}$$

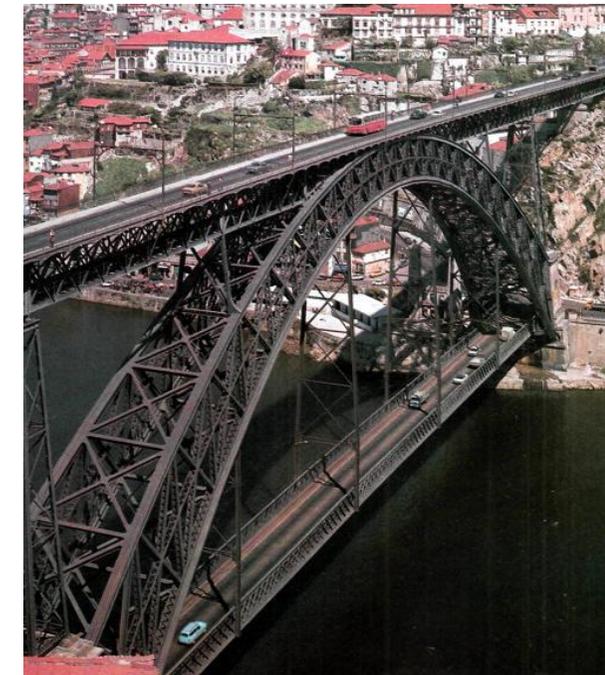
- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA**
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES**
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

# 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES:

A continuación se proporcionan una serie de fotografías que muestran estructuras o partes de ellas o algunos de sus elementos componentes trabajando exclusivamente a esfuerzos axiles:



**PUNTES**



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



# PUENTES



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

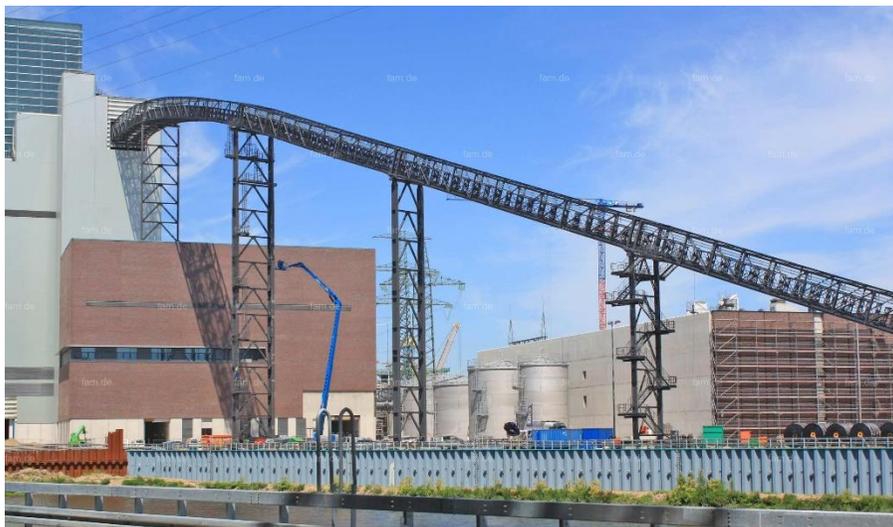


# GALERÍAS



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**GALERÍAS**

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



# GALPONES



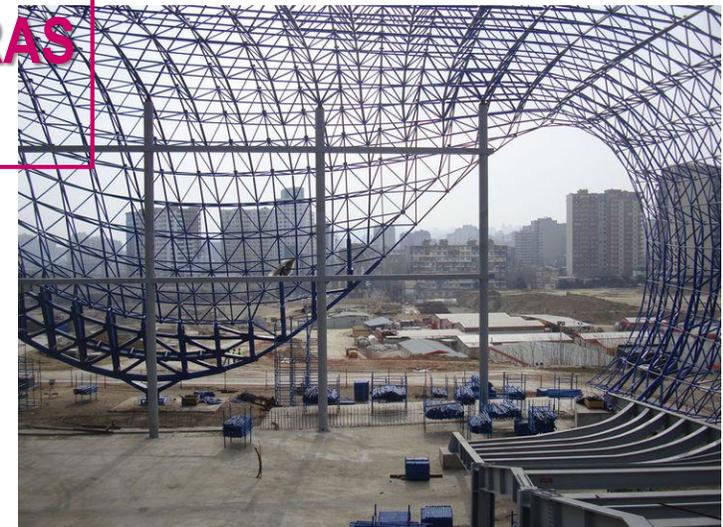
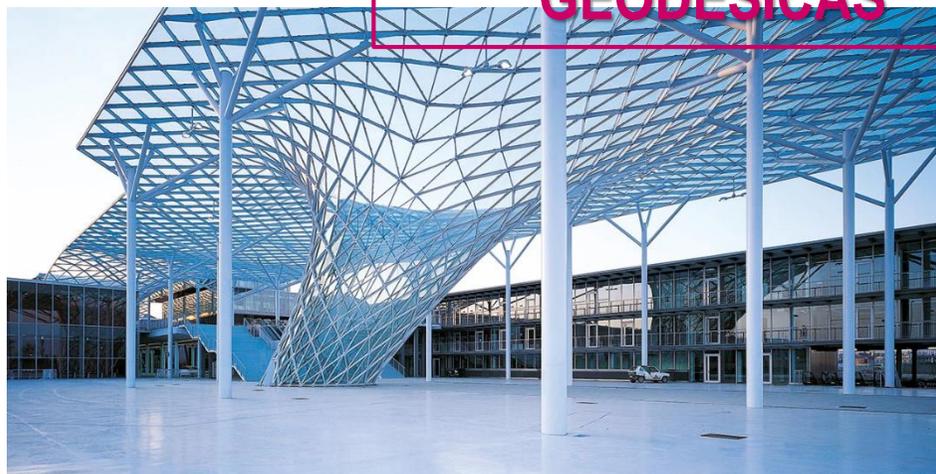


## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



## ESTEREOESTRUCTURAS GEODÉSICAS

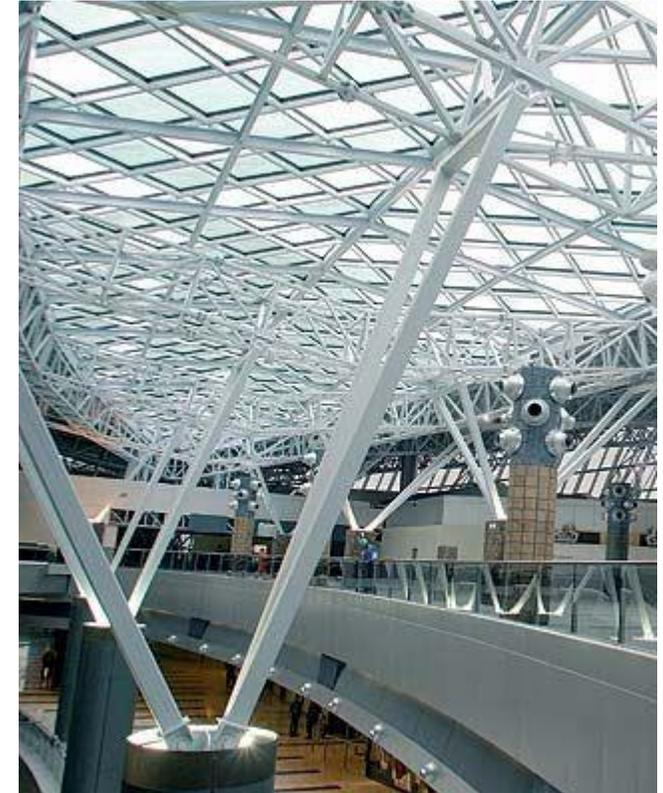


## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

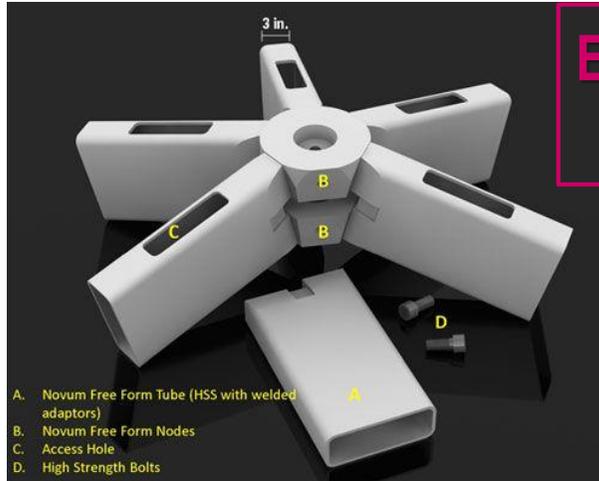


## ESTEREOESTRUCTURAS GEODÉSICAS

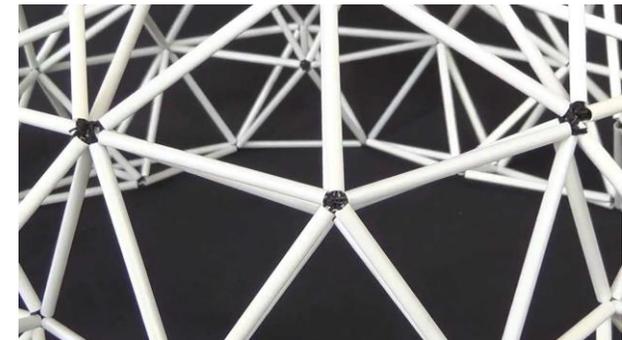


## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



# ESTEREOESTRUCTURAS GEODÉSICAS



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**MADERA**

## EII-84.03 – SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**PARRALES**

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**EQUIPOS**





## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

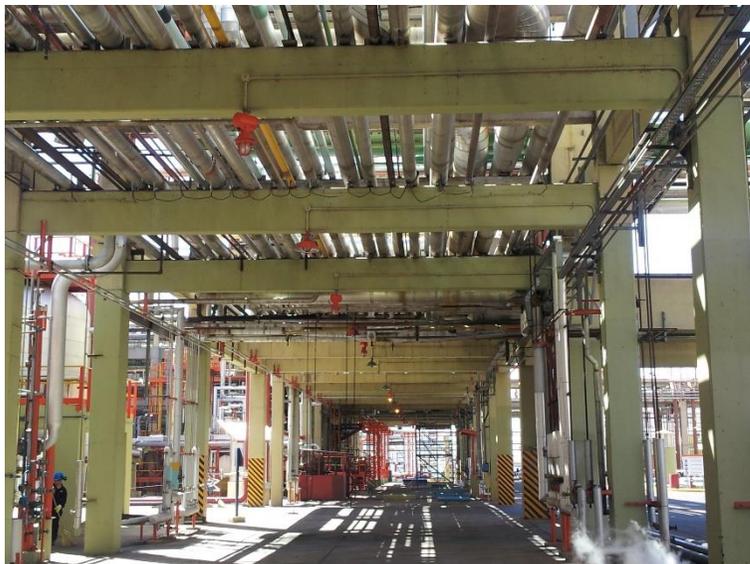


**Cañerías**



**TK+Recip+Cañerías**

**VARIOS**



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**VARIOS**



**Tanques-TK**





## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



**VARIOS**



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO**
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

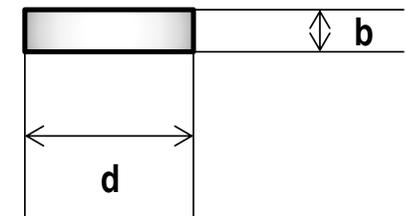
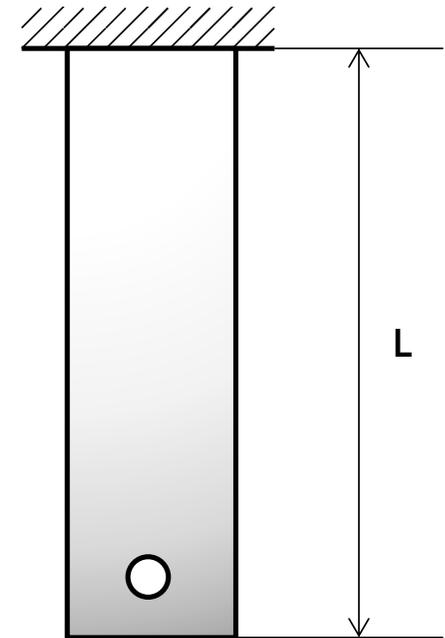
### 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO:

Considérese una barra cualquiera de eje recto y de sección transversal rectangular, sin perder por esto ningún tipo de generalidad, la cual está empotrada en un extremo y libre en el otro.

Cerca del extremo libre se ha realizado un agujero para poder introducir una carga (ya sea o colgar un peso, o vincular algún otro elemento estructural que la solicite o cualquier otra opción posible).

Las dimensiones son las siguientes:

- Longitud “L”;
- Sección transversal rectangular “b x d”, tal como se muestra en la figura.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

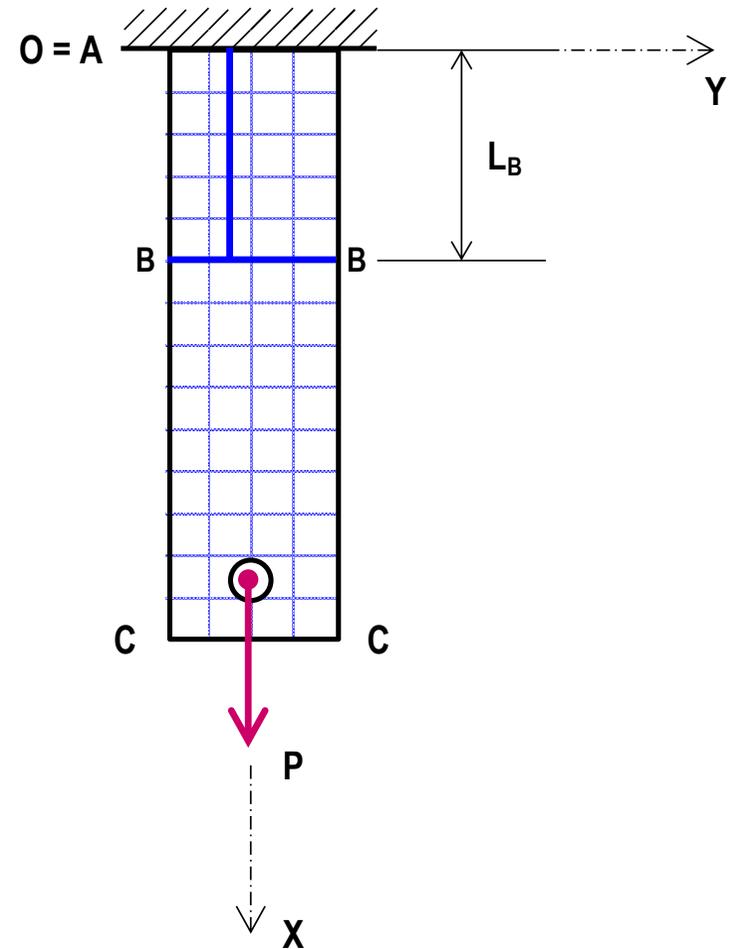
- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

En toda la superficie lateral de la barra se ha dibujado una cuadrícula que representa a las secciones horizontales y a las generatrices de la misma.

En el agujero se aplica una fuerza “P” que tracciona la barra.

Asimismo, se dispuso de una terna coordenada cartesiana (O; X; Y; Z) con origen en la sección del empotramiento (sección A-A), eje “X” coincidente con el de la barra, eje “Y” en el plano del dibujo y eje “Z” saliente de éste.

Definiremos como **FIBRA**: a un prisma de sección transversal constante y de área infinitésima, cuya longitud será igual o menor al de la barra.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

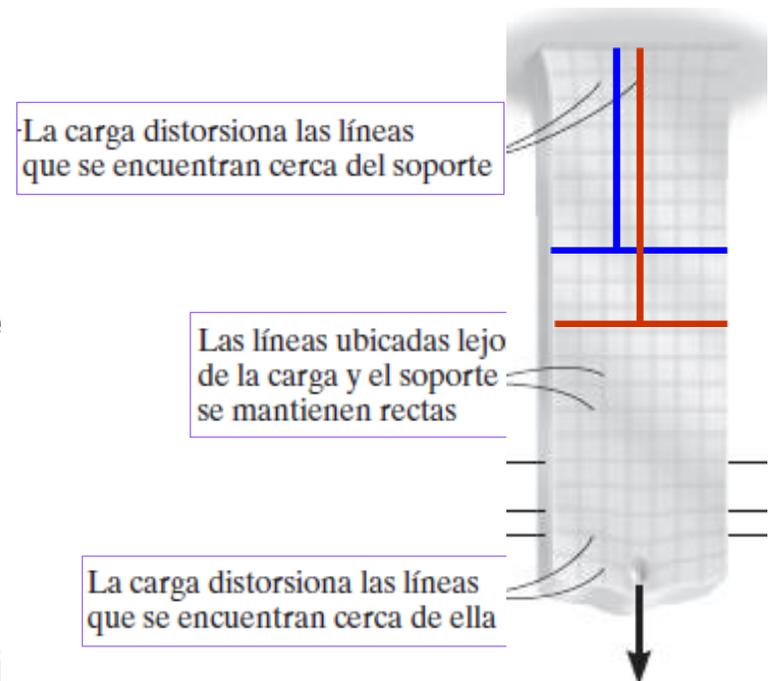
En la figura precedente, se distinguió la fibra AB, la cual conecta las secciones A-A y B-B.

Además se distinguió la sección B-B.

Una vez aplicada la fuerza “P”, la barra se deforma como se indica en la figura siguiente.

Particularmente:

- La fibra AB se alargó  $\Delta L_B$ ;
- La sección B-B se trasladó paralela a sí misma, con lo cual todos los puntos de la misma experimentaron el mismo desplazamiento vertical;
- Consecuencia de lo anterior, es que la sección que originalmente era plana sigue siendo plana después de la deformación axial.



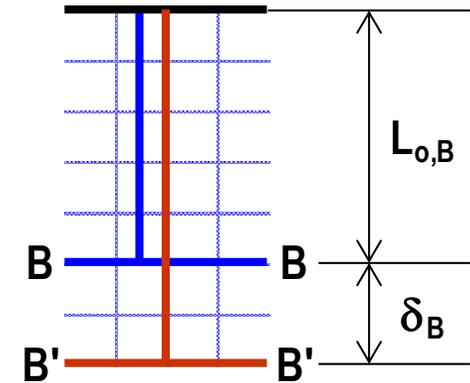
**FUENTE:** “Mecánica de Materiales” – Russell C. HIBBELER – Ed. Pearson – 8° Ed. – Cap. 4

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

La siguiente figura amplifica el detalle de lo que sucede con la sección B-B y con la fibra A-B. Además, incluye las magnitudes involucradas:

- Todos los puntos de la sección B-B experimentan el mismo desplazamiento  $\delta_B$ ;
- La fibra AB que originalmente tenía una longitud  $L_{o,B}$  experimenta un incremento de longitud o una variación positiva de longitud expresada por  $\Delta L_B$ ;
- La sección se traslada paralela a si misma, se mantiene plana y conserva su forma, pasando a ocupar la posición B'-B'.



$$\delta_B = \Delta L_B$$

$$\Delta L_B = L_f - L_o$$



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

La observación “experimental” anterior sobre las secciones es comprobada en todos los ensayos que se realizan de barras solicitadas a esfuerzos axiales sin posibilidad de pandeo (la barra es susceptible de pandear cuando la misma está comprimida), para las secciones alejadas de las zonas de aplicación de las cargas y de los apoyos .

Esta observación se transforma, entonces, al adoptarse como una suposición de trabajo en una hipótesis de estudio, análisis y trabajo; conocida como **“Hipótesis de Navier”**. La cual dice:

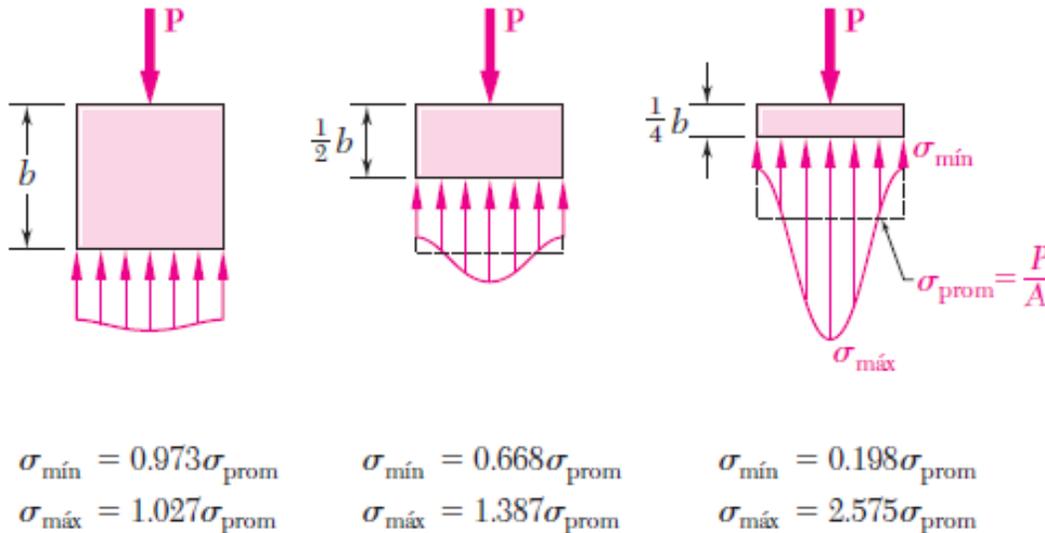
***“Las secciones que originalmente eran planas antes de la deformación por sollicitación axial, seguirán siendo planas después de la misma, conservarán su forma y se desplazarán paralelas a si mismas”***

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

Las siguientes figuras muestran como es la variación de las tensiones en las secciones cercanas a las zonas de aplicación de las cargas y de los apoyos para una carga, que si bien es de compresión, los diagramas terminan siendo muy similares, prácticamente idénticos, para una de tracción.

Asimismo, se indican los valores máximos y mínimos de cada diagrama y las respectivas relaciones entre ellos y los valores medios.



**FUENTE:** "Mecánica de Materiales" – BEER-JOHNSTON-DeWOLF-MAZUREK – McGraw Hill – 6ª Ed. – Cap. 2

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO

- De lo visto precedentemente, se observa que todos los puntos de una sección experimentan el mismo desplazamiento. Los otros puntos de otras secciones podrán experimentar, en su caso más general, distintos desplazamientos entre ellas y, en especial, con relación a la primera sección;
- Pero en todas ellas, se verificará que todos los puntos de una sección experimentarán el mismo desplazamiento.
- Es decir, se tendrá que:

$$\delta_B = \text{cte}$$

y que:

$$\delta_i = \delta_i(x)$$

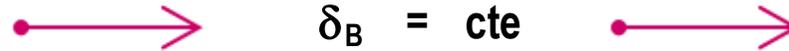
Siendo "i" cualquier sección

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO**
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- Se realiza a continuación el siguiente razonamiento:

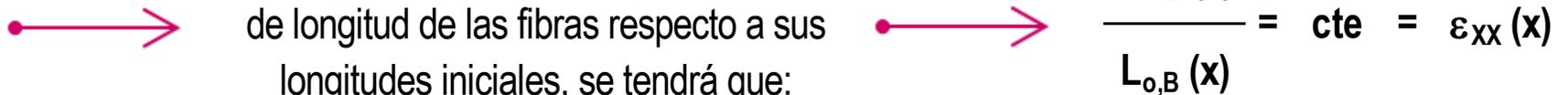
Al experimentar todos los puntos de una sección el mismo desplazamiento, se verifica que:


$$\delta_B = \text{cte}$$

Con lo cual, todas las fibras que alcanzan la sección en estudio, variarán su longitud en igual valor:


$$\Delta L_B = \text{cte}$$

Planteando el cociente entre la variación de longitud de las fibras respecto a sus longitudes iniciales, se tendrá que:


$$\frac{\Delta L_B(x)}{L_{o,B}(x)} = \text{cte} = \varepsilon_{xx}(x)$$

Luego, al ser válida la "Ley de Hooke", podrá plantearse que:


$$\sigma_x(x) = E \cdot \varepsilon_{xx}(x) = \text{cte}$$

- Se observa que en todos los puntos de una misma sección actúa la misma tensión normal.

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- **1º Ecuación de Equivalencia:**

$$N(x) = \int_A \sigma_x(x) \cdot dA$$

Al ser  $\sigma_x(x) = \text{cte}$ , sale fuera de la integral:

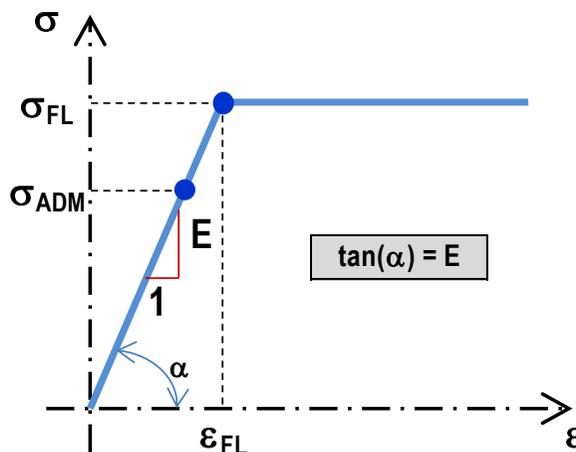
$$N(x) = \sigma_x(x) \cdot \int_A dA = \sigma_x(x) \cdot A(x)$$

$$N(x) = \sigma_x(x) \cdot A(x)$$

$$\sigma_x(x) = \frac{N(x)}{A(x)}$$

$$A(x) = \frac{N(x)}{\sigma_x(x)}$$

- Teniendo en cuenta el diagrama Tensión-Deformación ideal para un material dúctil:



## EII-358 – SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Se observa que el hecho de alcanzar la tensión y la deformación de fluencia por parte de algún punto de una sección, el mismo constituye un estado límite para el elemento estructural, tanto desde el punto de vista de la resistencia estructural como de la deformabilidad del mismo;
- Por lo tanto, se considera necesario que la estructura se encuentre alejada de tal punto y con un margen de seguridad mínimo, establecido por la Normas, Códigos y Reglamentos de Cálculo y Dimensionamiento Estructural de cada país;
- Este margen de seguridad se denomina “**Coeficiente de Seguridad – CS**” o “**Factor de Seguridad – FS**”, y cuyo valor es mayor que la unidad y es función de varias variables:

$$CS = FS > 1$$

$$\sigma_{ADM} = \frac{\sigma_F}{CS}$$

$$\sigma_F = CS \cdot \sigma_{ADM}$$



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Luego, los problemas que surgen de las expresiones anteriores son los siguientes:

### I. PROBLEMA DE VERIFICACIÓN DE SECCIONES:

- Verificar una sección o un elemento estructural, desde el punto de vista de la resistencia, es comparar la tensión de trabajo o de servicio con la tensión admisible:

$$\frac{N(x)}{A(x)} = \sigma_{X,SERV}(x) = \sigma_{X,TRAB}(x) \leq \sigma_{ADM}$$

- En este caso, se conoce el material del cual está hecho el elemento estructural o la estructura, la tipología estructural, los tipos de secciones, y el dimensionado de los mismos.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### II. PROBLEMA DE DIMENSIONADO DE SECCIONES:

- Dimensionar una sección es definir el tipo de sección y sus dimensiones;
- En el caso de la solicitación axil este dimensionado solamente depende de la cantidad de área de la sección, y no del tipo de la misma. Este concepto es rigurosamente cierto para elementos estructurales solicitados a tracción y para elementos estructurales solicitados a compresión que no son susceptibles de sufrir “pandeo”;
- Si están solicitados a compresión y pueden sufrir pandeo, el dimensionado dependerá no sólo de la cantidad de materia que constituye la sección transversal, es decir, del área; sino también del tipo de sección, de la distribución de la materia en la sección;
- La expresión de dimensionado viene dada por:

$$\frac{N(x)}{\sigma_{ADM}} \leq A_{MÍN}(x) = A_{NEC}(x)$$



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

01 – OBJETO
02 – DEFINICIÓN
03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### III. PROBLEMA DE CAPACIDAD PORTANTE:

- En muchas ocasiones o situaciones, sucede que es necesario determinar la capacidad portante del elemento estructural;
- Y la pregunta es, Qué es la Capacidad Portante?;
- Para ello se supondrá que son conocidas toda las dimensiones del elemento estructural, particularmente interesa el área; y también son conocidas las características del material, en particular, su tensión de fluencia y el coeficiente de seguridad a ser aplicado o directamente se conoce la tensión admisible;
- En principio, vamos a entender como “capacidad portante” de una sección, al valor del esfuerzo normal o axil que provoca que en todos los puntos de la misma, se alcance la tensión admisible;
- A dicho valor, también se lo conoce como “esfuerzo admisible” de la sección;
- De la definición anterior se desprende que si la sección y la función “esfuerzo normal” son constantes, la “capacidad portante” será la misma para todas ellas. Y por consiguiente, dicho valor será, también, la del elemento estructural;



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Si la sección no fuera constante, y la función “esfuerzo normal” si lo fuera en todo el elemento estructural, distintas secciones soportarán distintos esfuerzos admisibles o tendrán distintas capacidades portantes. El menor de todos ellos, justamente, se corresponderá con la sección de menor área, y por lo tanto, condicionará la “capacidad portante” del elemento estructural; el cual será el esfuerzo admisible de la sección de menor área;
- Y finalmente, si tanto la sección como la función “esfuerzo normal” no son constantes, la combinación entre el área de la sección y de la tensión admisible que arroje el menor valor del esfuerzo normal admisible definirá a éste como la capacidad portante del elemento estructural;
- La expresión de determinación de la capacidad portante está dada para una sección, por:

$$N(x)_{ADM} = \sigma_{ADM} \cdot A(x)_{REAL}$$



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### IV. CALIDADES DE ACERO:

- Las normas Argentinas establecen que las calidades de los aceros estructurales vienen dadas por la siguiente expresión:

**F-XX** : Valor de la Tensión de Fluencia (F)  
expresada en XX kN/cm<sup>2</sup>

- Ejemplos de lo anterior, son las siguientes calidades:

$$F-20 \quad \sigma_{FL} = 20,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$F-24 \quad \sigma_{FL} = 24,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$F-26 \quad \sigma_{FL} = 26,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$F-30 \quad \sigma_{FL} = 30,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$F-36 \quad \sigma_{FL} = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- 5° y 6° Ecuaciones de Equivalencia:

$$M_Y = 0 = \int_A \sigma_X \cdot z \cdot dA$$

Al ser  $\sigma_X(x) = \text{cte}$ , sale fuera de la integral:

$$M_Y = 0 = \sigma_X \int_A z \cdot dA \quad \longrightarrow$$

$$M_Z = 0 = \int_A -\sigma_X \cdot y \cdot dA$$

$$M_Z = 0 = -\sigma_X \int_A y \cdot dA \quad \longrightarrow$$

$$\longrightarrow 0 = \int_A z \cdot dA \quad \longrightarrow$$

Momento Estático del Área de la Sección respecto del Eje "Y" Baricéntrico

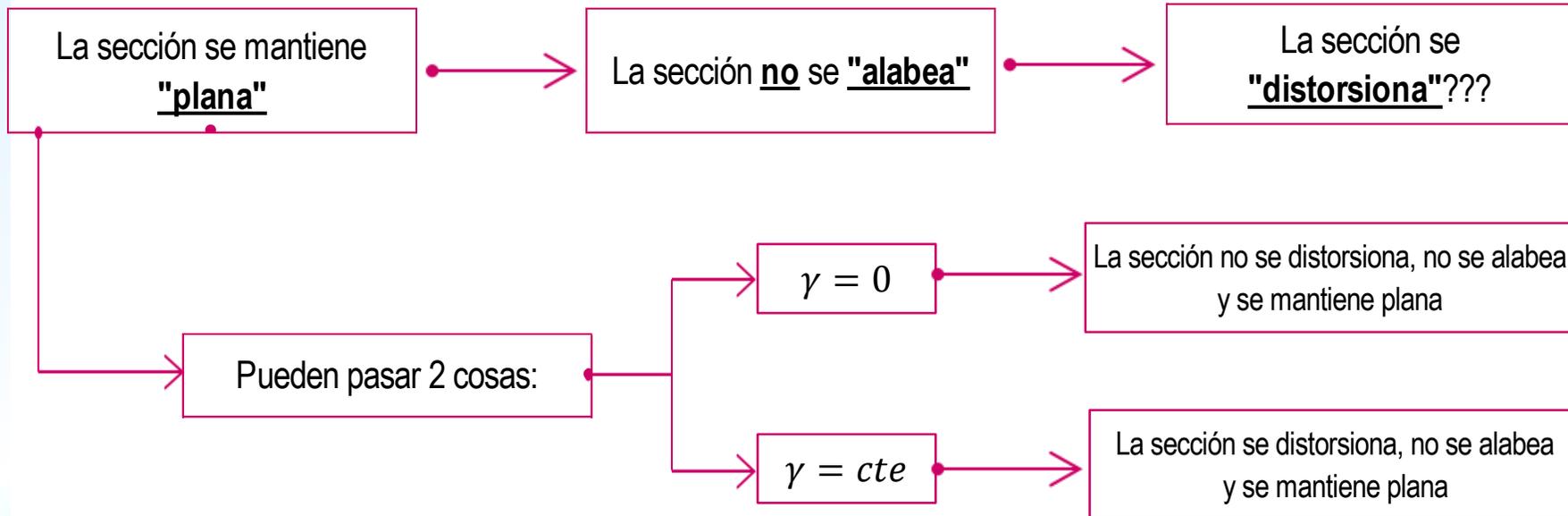
$$\longrightarrow 0 = \int_A y \cdot dA \quad \longrightarrow$$

Momento Estático del Área de la Sección respecto del Eje "Z" Baricéntrico

- Las Ecs. 5° y 6° se satisfacen.

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 2º y 3º Ecuaciones de Equivalencia:



$$Q_Y = 0 = \int_A \tau_{XY} \cdot dA$$

$$Q_Z = 0 = \int_A \tau_{XZ} \cdot dA$$

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

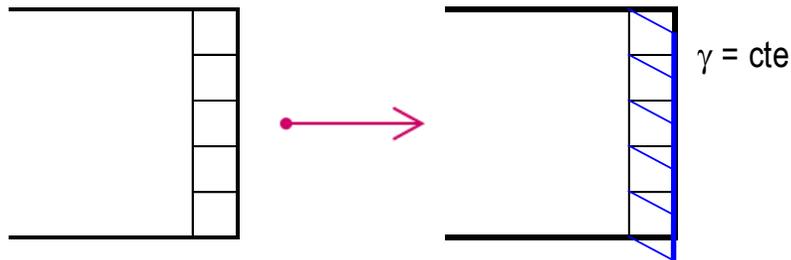
## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

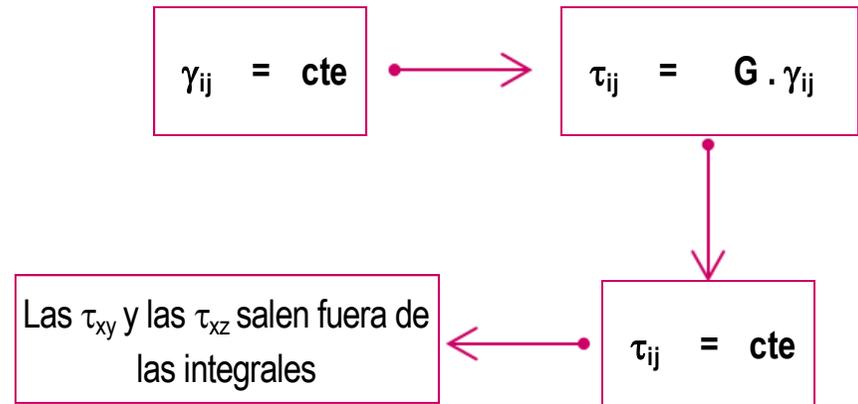
- 1º CASO:  $\gamma = 0$ :



- 2º CASO:  $\gamma = cte$ :



Cada cubito elemental o diferencial representa a un punto material



$$Q_Y = 0 = \int_A \tau_{XY} \cdot dA \quad Q_Z = 0 = \int_A \tau_{XZ} \cdot dA$$

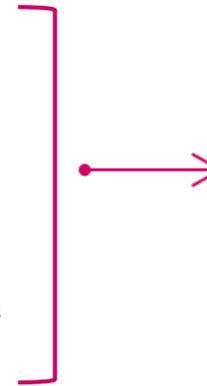
## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- **2º CASO:**  $\gamma = \text{cte:}$

$$Q_Y = 0 = \int_A \tau_{XY} \cdot dA = \tau_{XY} \cdot \int_A dA = \int_A dA$$

$$Q_Z = 0 = \int_A \tau_{XZ} \cdot dA = \tau_{XZ} \cdot \int_A dA = \int_A dA$$



Que la integral del área de una sección sea nula, constituye una incongruencia matemática en 1º término, y una física en 2º lugar; debido a que se está trabajando con un elemento estructural o cuerpo que tiene un volumen determinado y una sección con un área determinada.

- Por lo tanto, como el área de la sección no puede ser nula, la única posibilidad de que se satisfagan la 2º y la 3º Ecs. de Equivalencia es que las tensiones tangenciales sean nulas;
- En consecuencia, las tensiones tangenciales son efectivamente nulas en la solicitación axil y para aquellas secciones alejadas de las zonas de aplicación de las cargas y de los apoyos. Asimismo, en esas secciones, las mismas se mantienen planas, no se alabean y tampoco se distorsionan.



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

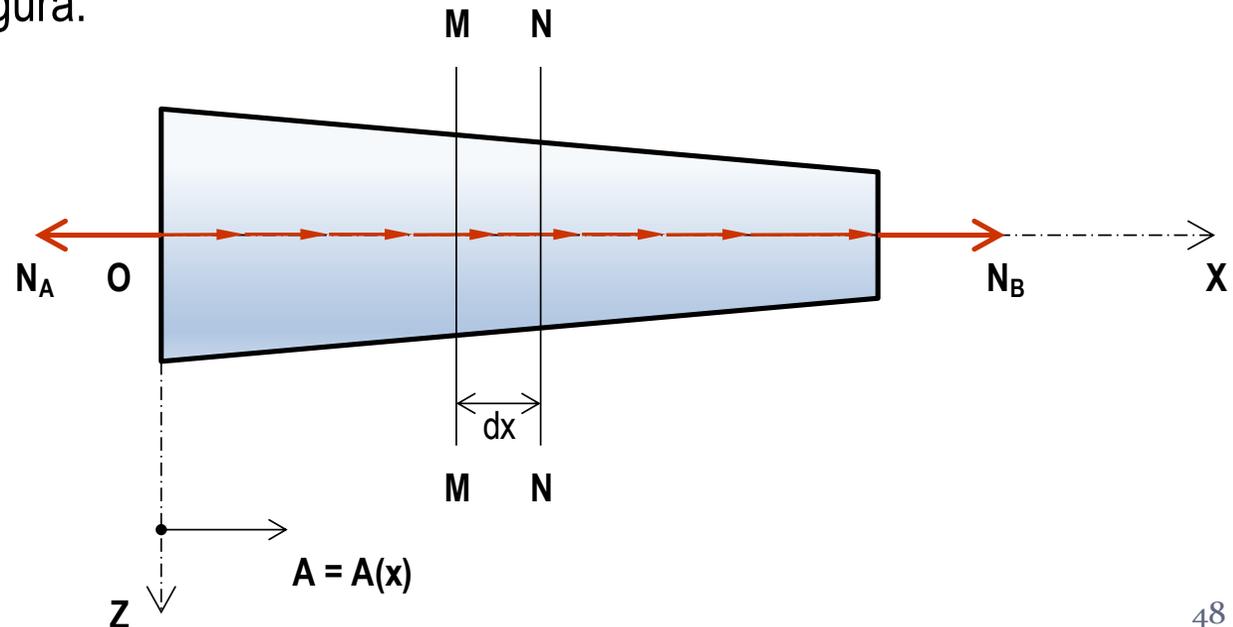
- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO**
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- **4º Ecuación de Equivalencia:**
  - Como de las 2º y la 3º Ecs. de Equivalencia se demostró que las tensiones tangenciales son nulas, la 4º Ec. de Equivalencia se satisface irremediabilmente.

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

### 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES:

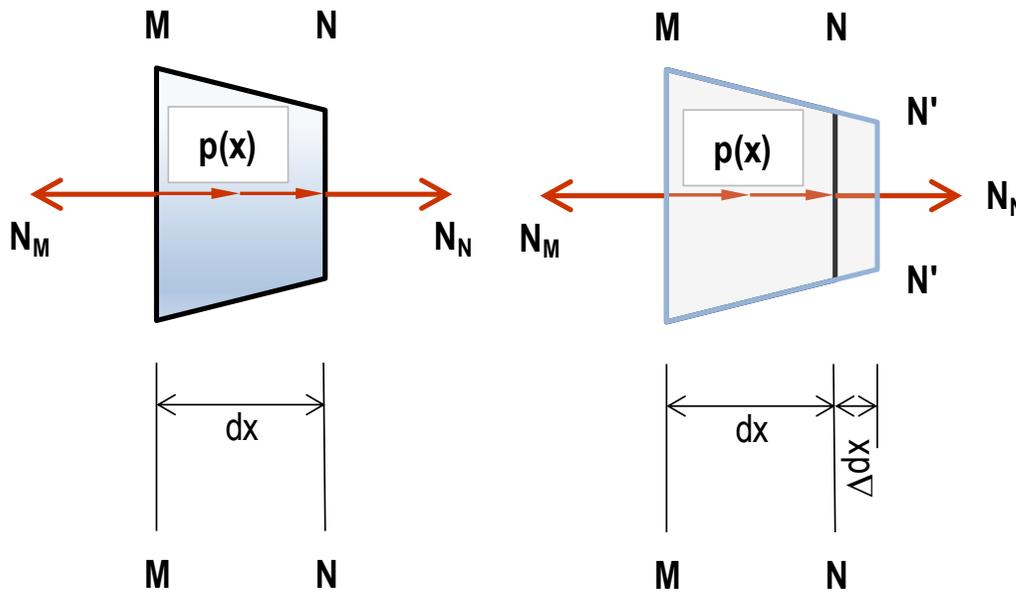
- Se pretende determinar las expresiones que caracterizan a los desplazamientos y a las deformaciones en un elemento estructura solicitado exclusivamente a esfuerzos axiales;
- Para ello se considerará una barra de eje recto y de sección variable a lo largo del mismo y cuya ley de variación es conocida:  $A = A(x)$ , de acuerdo a lo que se muestra en la figura:



- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES**
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- Considérese a continuación un diferencial de longitud “dx” de la barra, poniendo en evidencia los esfuerzos internos y externos actuantes de manera que el mismo se encuentre en equilibrio:



$$\frac{\Delta dx}{dx} = \epsilon_{xx}(x)$$

$$\Delta dx = \epsilon_{xx}(x) \cdot dx = \frac{\sigma_x(x)}{E} \cdot dx$$

$$\Delta dx = \frac{N(x)}{E \cdot A(x)} \cdot dx$$

$$\Delta L(x) = \delta(x) = \int_0^x \frac{N(x)}{E \cdot A(x)} \cdot dx$$

$$\epsilon_{xx}(x) = \frac{d\Delta L(x)}{dx} = \frac{d\delta(x)}{dx} = \frac{N(x)}{E \cdot A(x)}$$

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

- Si en la expresión anterior del alargamiento y/o de la variación de longitud, se supone que:

$$N(x) = \text{cte} \quad E = \text{cte} \quad A(x) = \text{cte}$$

- Se tendrá la expresión anterior pero en la forma más simplificada en la cual se puede presentar:

$$\Delta L(x) = \delta(x) = \int_0^x \frac{N(x)}{E \cdot A(x)} \cdot dx = \frac{N}{E \cdot A} \int_0^l dx = \frac{N \cdot L}{E \cdot A}$$

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES**
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

### 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES:

En este artículo se resumen las expresiones y variables que caracterizan a la “**Solicitud Axil**”:

#### VARIABLES ESTÁTICAS:

Esfuerzo Normal:

$$N(x)$$

Tensiones Normales:

$$\sigma_X(x)$$

#### VARIABLES CINEMÁTICAS:

Desplazamientos – Variaciones de Longitud:

$$\Delta L(x) = \delta(x)$$

Deformaciones Específicas Longitudinales:

$$\varepsilon_{XX}(x)$$

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

Siendo las expresiones características de la presente sollicitación en estudio, las siguientes:

$$\sigma_x(x) = \frac{N(x)}{A(x)}$$

$$\Delta L(x) = \delta(x) = \int_0^x \frac{N(x)}{E \cdot A(x)} \cdot dx$$

$$\varepsilon_{xx}(x) = \frac{d\Delta L(x)}{dx} = \frac{d\delta(x)}{dx} = \frac{N(x)}{E \cdot A(x)}$$

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES**
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL**

### 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL:

Considérese la expresión del desplazamiento en función del esfuerzo axil interno cuando éste es constante al igual que el área y el módulo de elasticidad, la cual se reproduce a continuación:

$$\delta(x) = \frac{N \cdot L}{E \cdot A}$$

La cual se escribe como se indica:

$$\delta(x) = \frac{N}{E \cdot A / L} = \frac{N}{K}$$

Siendo **K**: la rigidez a la sollicitación axil:

$$K = \frac{E \cdot A}{L}$$



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

Se expresa a la rigidez de las siguientes 3 formas posibles:

$$N = K \cdot \delta$$

$$\delta = \frac{N}{K}$$

$$K = \frac{N}{\delta}$$

De todas las expresiones precedentes se puede observar que:

- La rigidez representa una fuerza por unidad de desplazamiento, es decir, es la fuerza que se debe realizar al elemento estructural para que se desplace una unidad de longitud, independientemente en que unidad se la mida;
- A mayor rigidez, mayor será el esfuerzo que se deberá realizar para que se alargue o acorte una unidad;
- A menor rigidez, el esfuerzo a realizar para que se alargue o acorte una unidad, será menor;
- Las últimas 2 consideraciones se corresponden con la definición de cuerpo rígido, lo cual resulta lógico y coherente;
- Las expresiones indicadas en la diapositiva precedente, son idénticas a las del funcionamiento de un resorte;



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

01 – OBJETO
02 – DEFINICIÓN
03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXILES
07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

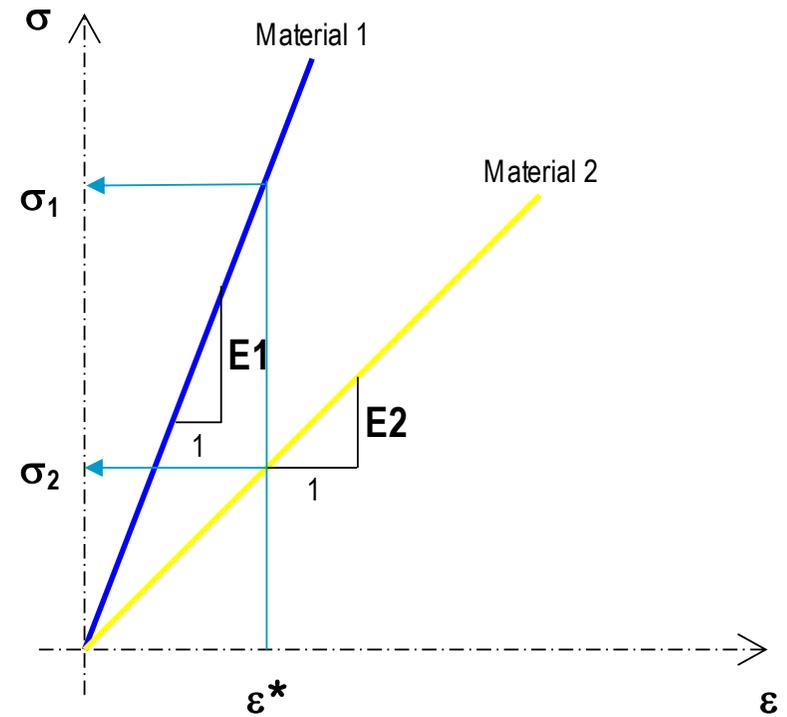
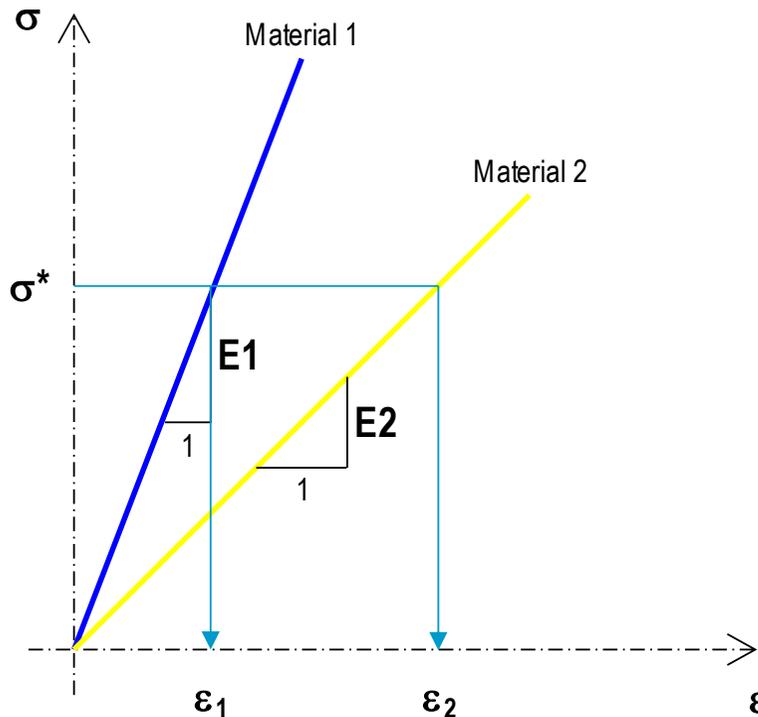
- La rigidez a la solicitación axil de un elemento estructural aumenta con el módulo de elasticidad longitudinal “E” y del área “A” de la sección transversal y disminuye con la longitud del mismo;
- En contraposición, para un elemento estructural su deformabilidad a la solicitación axil aumenta cuando disminuyen el módulo de elasticidad longitudinal “E” y el área “A” de la sección transversal y cuando aumenta la longitud del mismo;
- Es costumbre, con el objeto de independizarse de la longitud del elemento estructural, en designar como “Rigidez a la Solicitación Axil” al producto “**E.A**”, el cual tiene unidades de una fuerza; y se deberá entender como el valor de la fuerza que es capaz de desarrollar un desplazamiento unitario;
- Los últimos 2 comentarios están basados en la siguiente relación:

$$\varepsilon_{xx}(x) = \frac{N(x)}{E \cdot A(x)}$$

- De la cual se observa que a medida que aumenta el producto “**E.A**” disminuye la deformabilidad del elemento estructural; y por el contrario, si disminuye, la misma aumenta.

## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

De los parámetros vistos, merece realizar un comentario adicional acerca de la variabilidad del módulo de elasticidad longitudinal “E”, independizándose de los otros (A y L). Para ello considérese el diagrama tensión-deformación “ $\sigma$ - $\epsilon$ ” en el cual se han representado 2 relaciones correspondientes a 2 materiales; para los que se ha adoptado que  $E_1 > E_2$ . Esto se representa en las siguientes figuras o esquemas:



- 01 - OBJETO
- 02 - DEFINICIÓN
- 03 - CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 - LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 - ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 - EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 - EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 - EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 - DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 - RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 - RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL



## SOLICITACIÓN AXIL EN RÉGIMEN ELÁSTICO

- 01 – OBJETO
- 02 – DEFINICIÓN
- 03 – CAMPO DE APLICACIÓN - ALCANCE
- 04 – LIMITACIONES AL ALCANCE
- 05 – ECUACIONES DE EQUIVALENCIA
- 06 – EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS SOLICITADAS A ESFUERZOS AXIALES
- 07 – EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO
- 08 – EXPRESIONES Y VARIABLES: DESARROLLO
- 09 – DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
- 10 – RESUMEN DE EXPRESIONES Y VARIABLES
- 11 – RIGIDEZ A LA SOLICITACIÓN AXIL

Se observan los siguientes aspectos y consideraciones:

- De la 1º figura, la cual muestra que se alcanza para ambos materiales una misma tensión “ $\sigma^*$ ”, y se observa que el material “1” se deforma mucho menos que el “2”, por poseer un  $E1 > E2$ ;
- Es decir, el material “1” es más rígido que el “2”; y éste es más deformable que el “1”;
- De la 2º figura, la que propone alcanzar una misma deformación “ $\varepsilon^*$ ” para ambos materiales. Se observa que para el material “1” se debe aplicar una mayor tensión respecto de la que se debe aplicar para el “2”;
- Nuevamente, se observa que el material “1” es más rígido que el “2”; y éste es más deformable que el “1”.