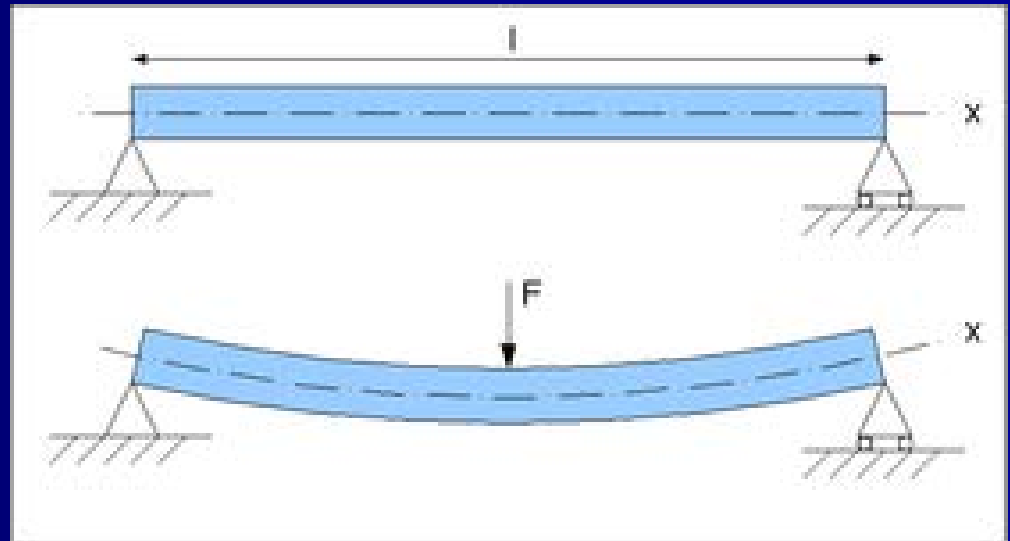
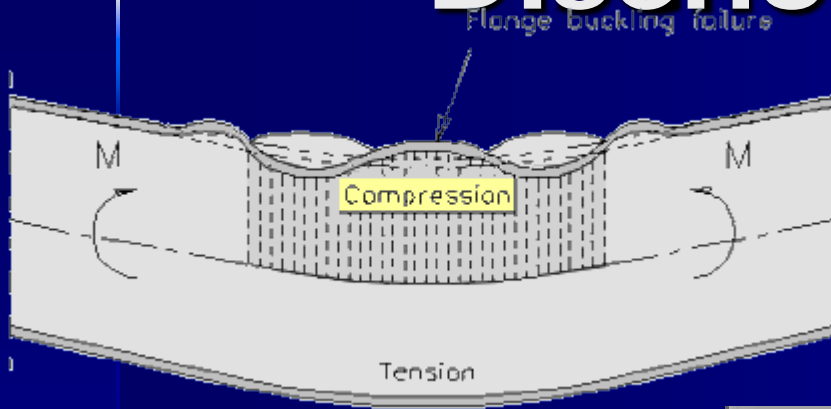
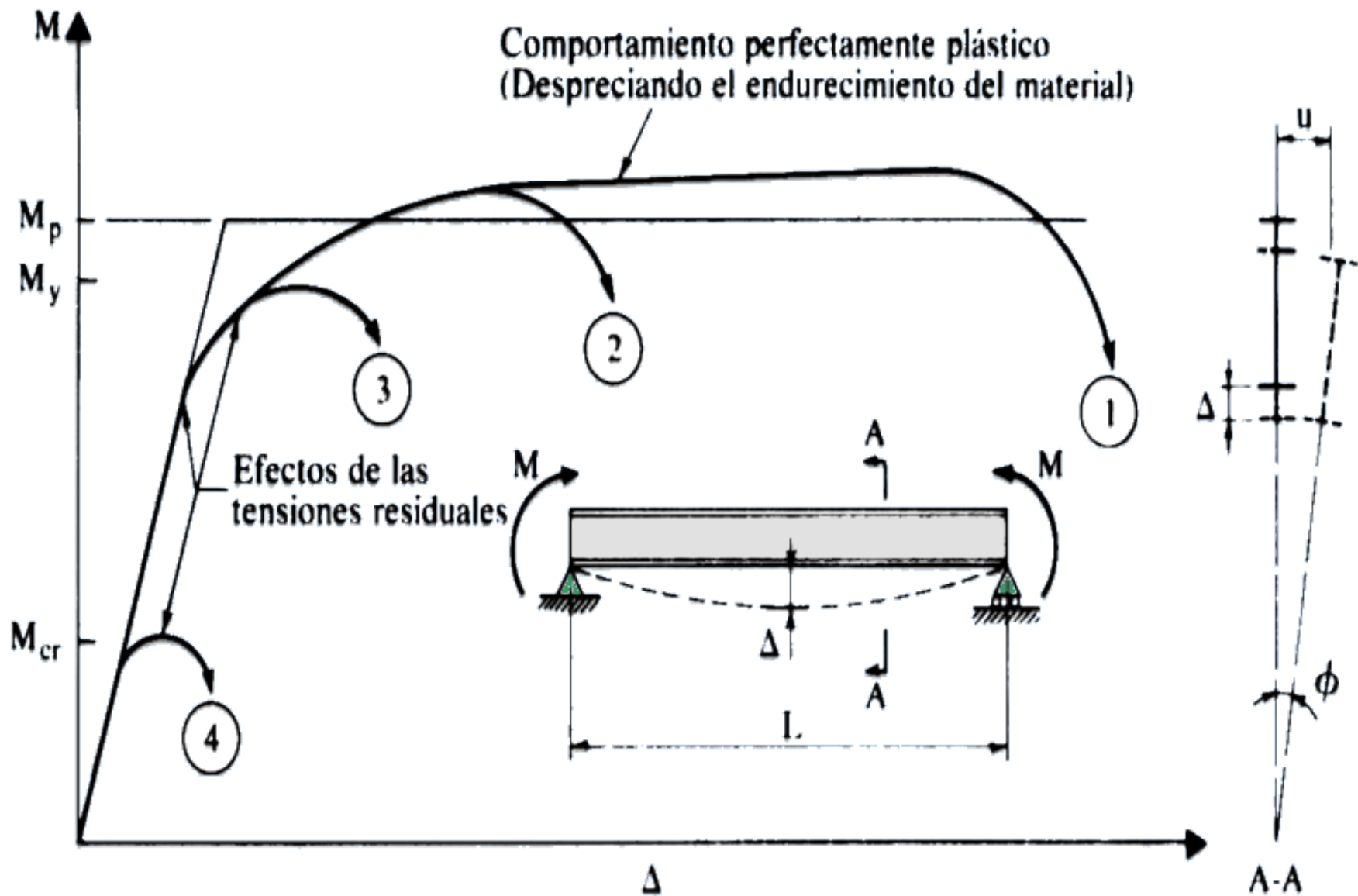


Capitulo IV

Diseño a Flexión

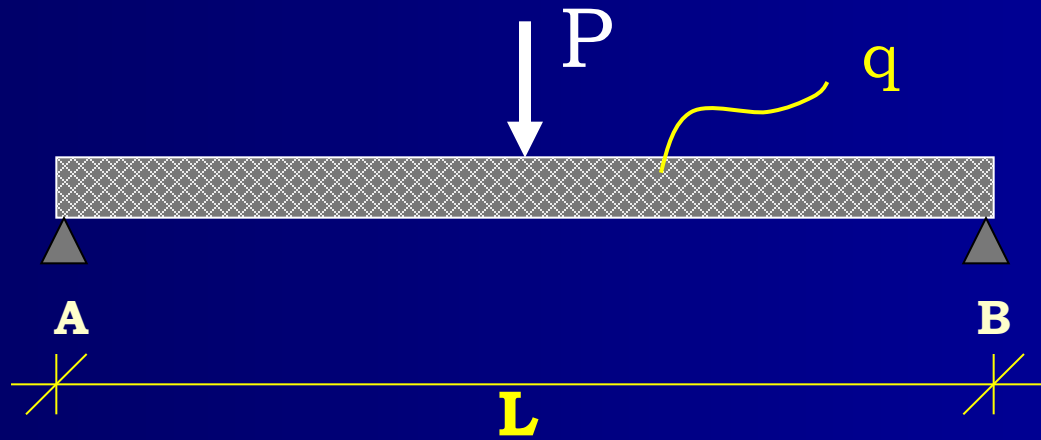




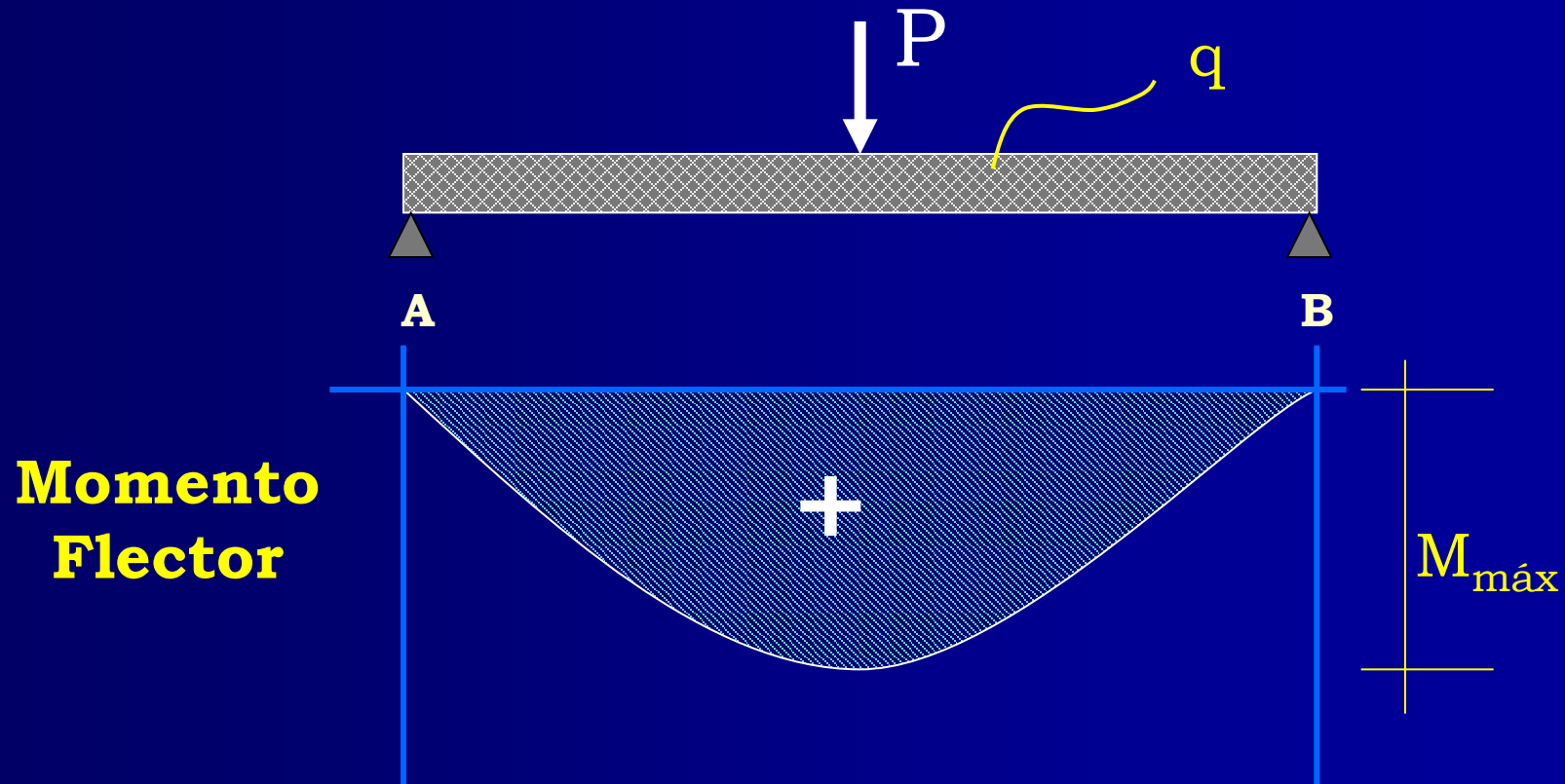


1.- Las Solicitaciones.

Sea una viga recta sometida a q y P .

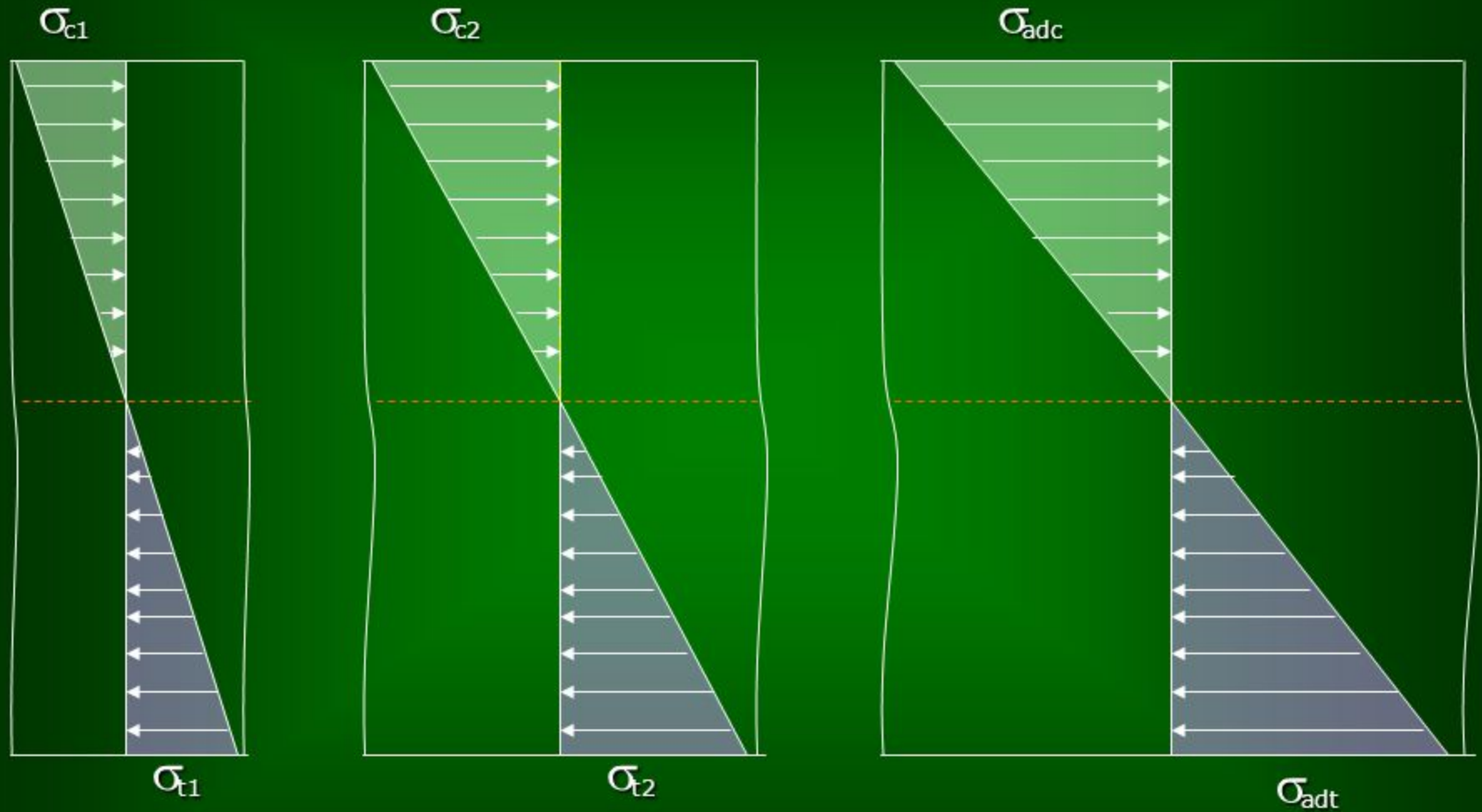


Se presentan las siguientes sollicitaciones:

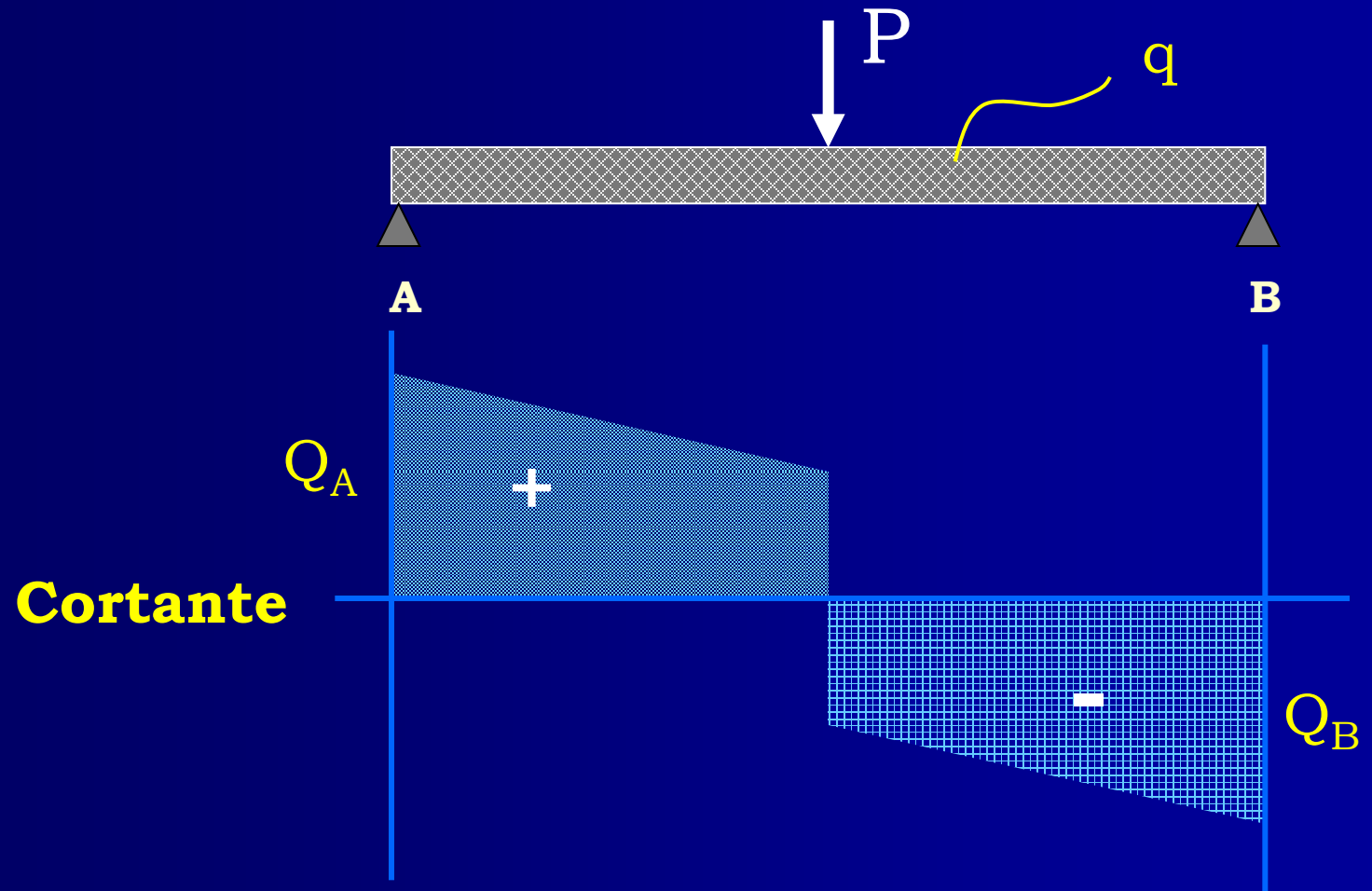


Esfuerzos elásticos de flexión

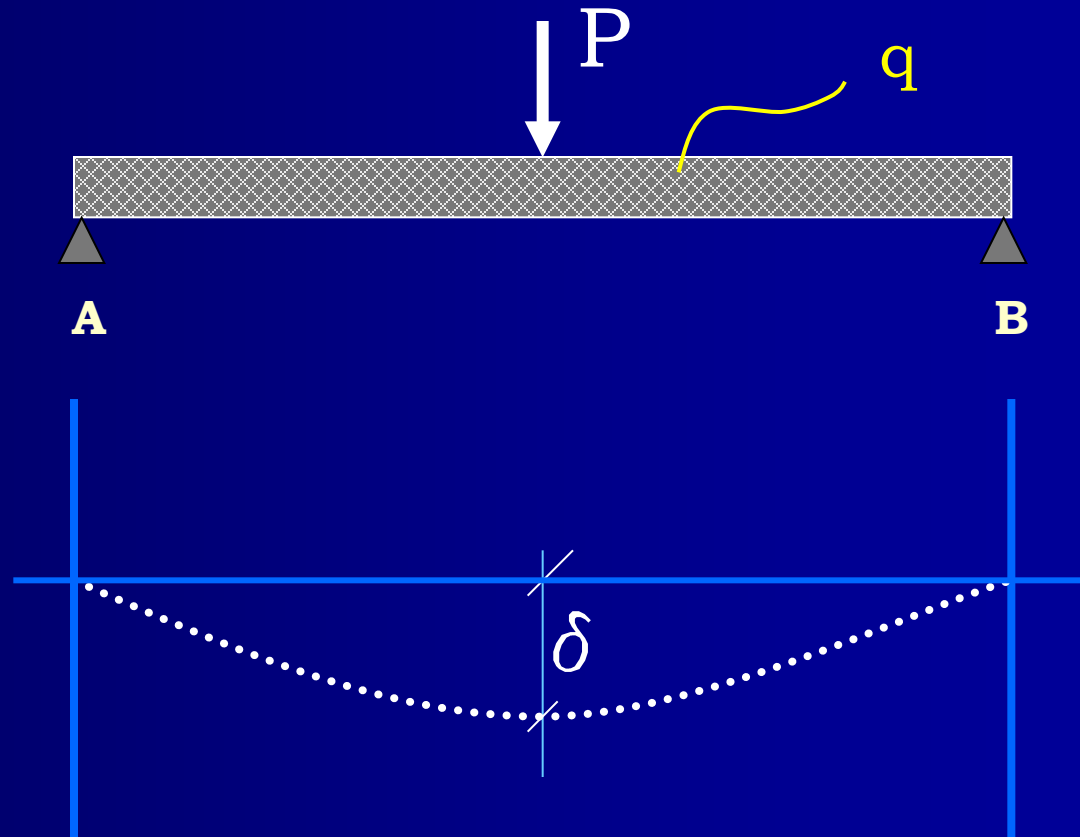
Si estudiamos el diagrama de esfuerzos internos en una viga rectangular:



Como el acero es material homogéneo e isotrópico, los esfuerzos admisibles a tracción y compresión son iguales: $\sigma_{adt} = \sigma_{adc}$



Cortante



Deformación

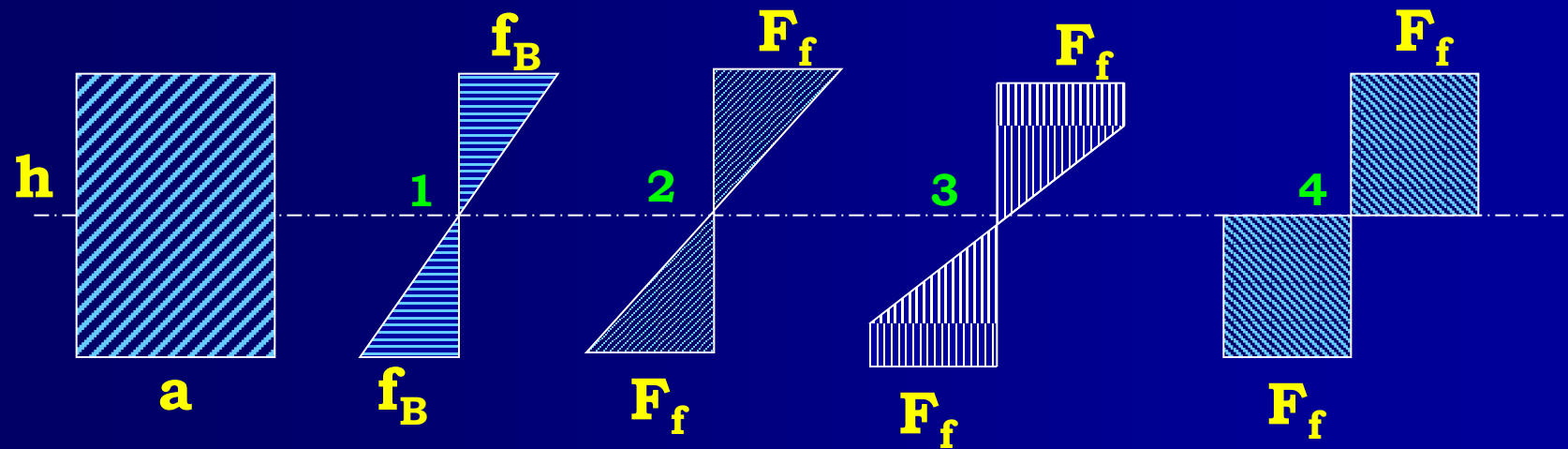
2.- Tablas

Para las diferentes condiciones de carga y de apoyo encontramos en Tablas del Anexo 547-562 los valores de M - Q y δ .

En estos se tabulan valores máximos y otros a calcular para puntos específicos de interés.

Para una condición dada de combinación de cargas es posible utilizar los valores de tablas mediante la simple suma punto a punto.

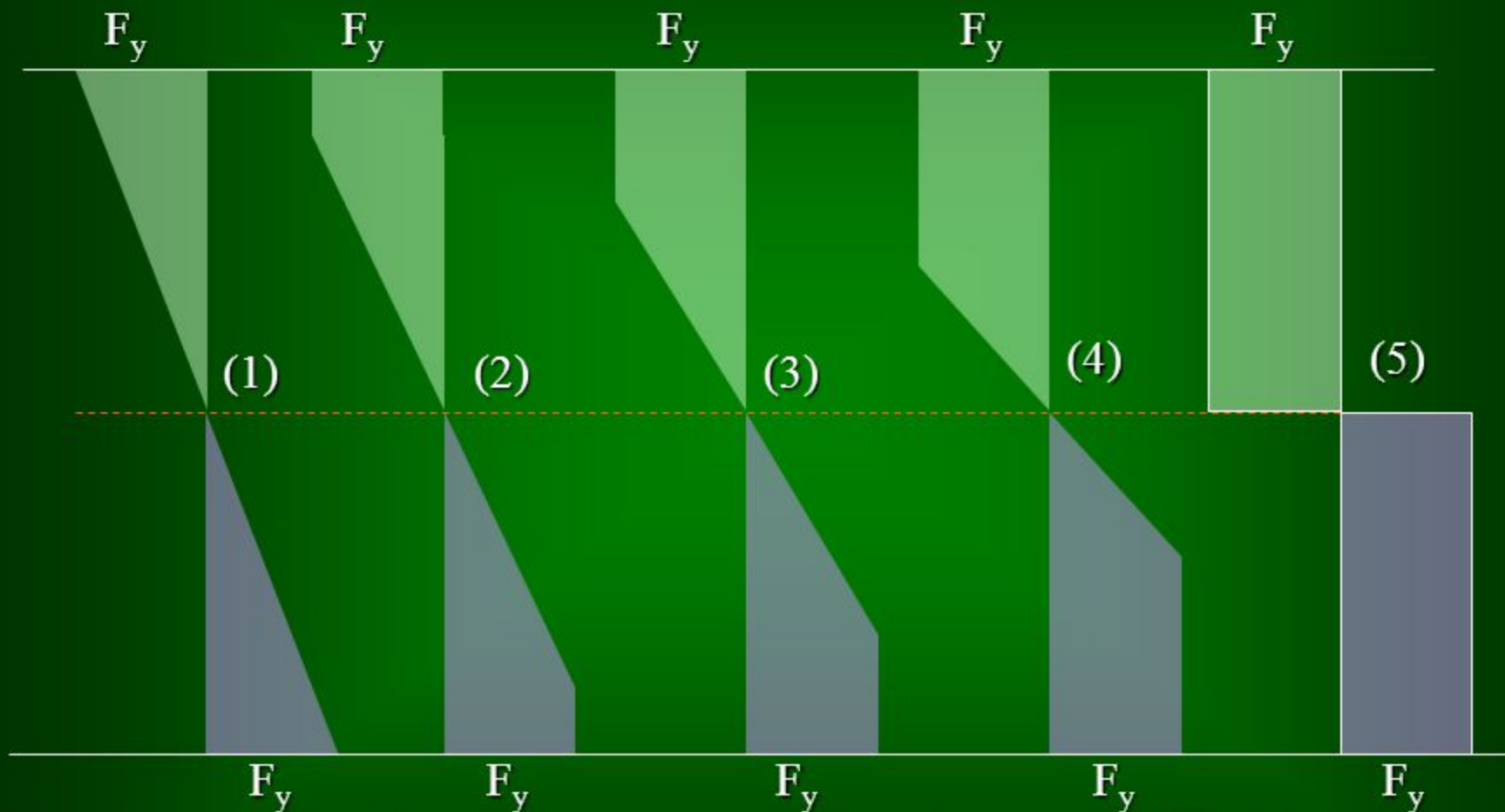
3.- Distribución de Tensiones en una sección dada de una viga.



1. Aplicación de un M_B .
2. Aplicación de un $M_B = M_{\text{fluencia}}$ en la fibra extrema.
3. Aplicación de un $M_B > M_{\text{fluencia}}$ comprometiendo más fibras que se van plastificando.
4. Aplicación de un $M_B = M_{\text{plástico}}$ en que todas las fibras han alcanzado F_f formándose una articulación plástica en esa sección.

Esfuerzos plásticos de flexión

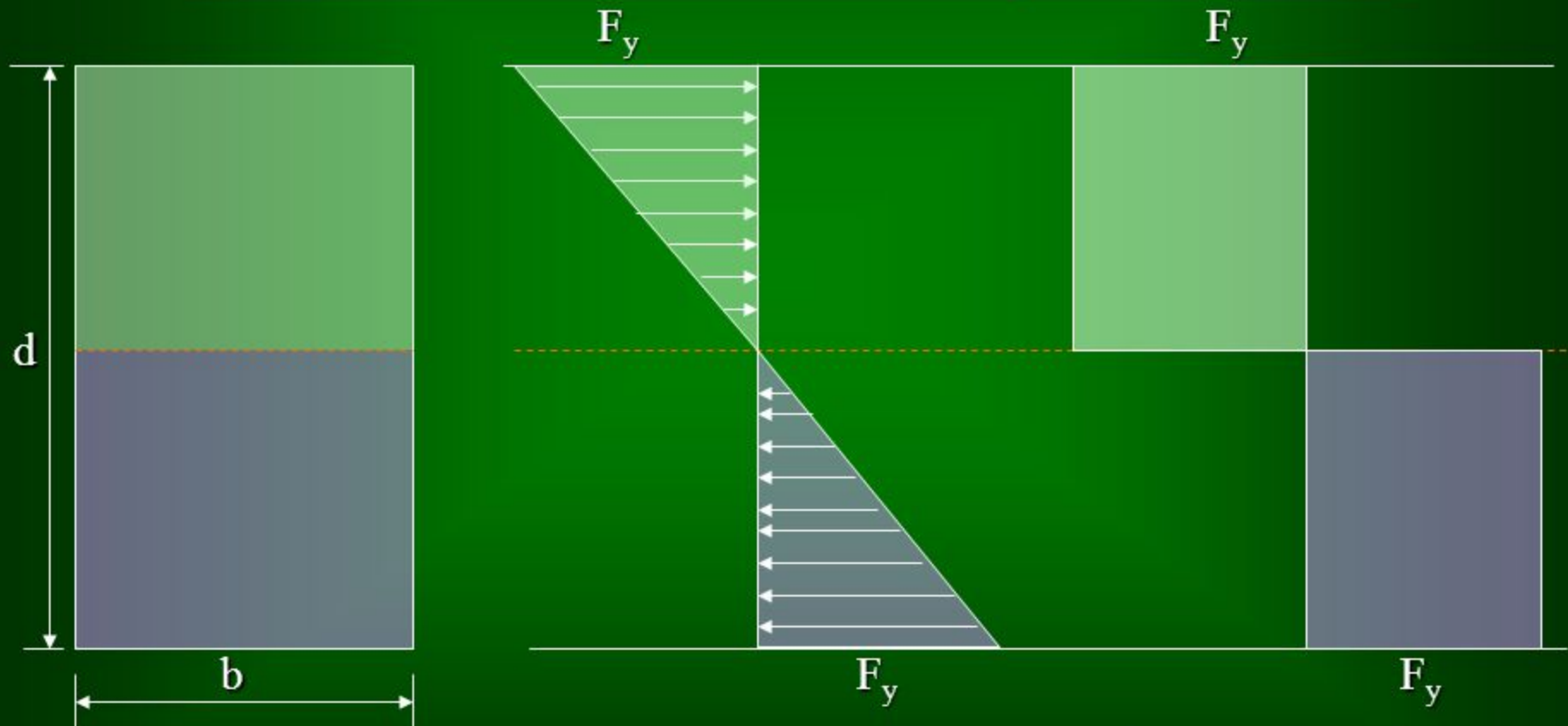
Si continuamos incrementando los esfuerzos hasta el esfuerzo de fluencia F_y condición(1), el diagrama de esfuerzos internos ingresa en la zona plástica:



En primera instancia las fibras extremas y posteriormente las fibras internas van llegando al esfuerzo de fluencia. En la condición (5) todas las fibras de la sección transversal alcanzan la fluencia en ese punto específico de la viga.

Cuando la distribución de esfuerzos alcanza la condición (5), se dice que se ha formado una *articulación (rótula) plástica*, porque en esa sección la viga no puede resistir ningún momento adicional. Cualquier momento adicional en ese punto causará una rotación de la viga ya que no hay esfuerzo interno resistente adicional.

Módulo de sección: Módulo Elástico y Módulo Plástico



Area seccional

Diagramas elástico y plástico de esfuerzos

$$\text{Factor de Forma} = \frac{M_p}{M_f}$$

1,5
para secciones
rectangulares.

1,1 a 1,2
para secciones
laminadas estándar.

4.- Clasificación de Secciones.

En atención a lo anterior las diferentes secciones posibles en el diseño de vigas se han clasificado así:

Secciones PLASTICAS.

SEMIPLASTICAS.

COMPACTAS.

ESBELTAS.

Ver Tablas 13 pág. 192 y Tablas 14 pág. 193

5.- Características de las secciones.

PLÁSTICAS:

Aquella que puede alcanzar F_f en todas sus fibras sin existir pandeo local en sus componentes.

Se permite aplicar en ellos:

a) Coeficiente de Forma

Para perfiles I significa

$$F_{mx} = 0,66 F_f$$

$$F_{my} = 0,75 F_f$$

b) Redistribución de Momentos:

$9/10 M$ en momentos negativos

+ $1/10 M^-$ a momentos positivos

Características de las secciones (cont.).

SEMIPLÁSTICAS:

Sección de transición entre una plástica y una compacta, por lo que F_m tendrá un valor intermedio.

COMPACTA:

Aquella que tiene alas y almas no afectas a pandeo local para una tensión F_f en su fibra extrema y por lo tanto $F_m = 0,6 F_f$

Características de las secciones (cont.).

ESBELTA:

Aquella cuyos elementos constituyentes al estar solicitados por tensiones de compresión por flexión pueden estar afectados a:

- **Pandeo Local del ala comprimida y/o**
- **Pandeo del alma por flexión.**

Por lo tanto F_m dependerá de la esbeltez de sus elementos.

6.- Tensiones Admisibles F_m .

Pandeo lateral Torsional:

Toda viga sometida a flexión presenta la tendencia al giro (vuelco) de su sección transversal.

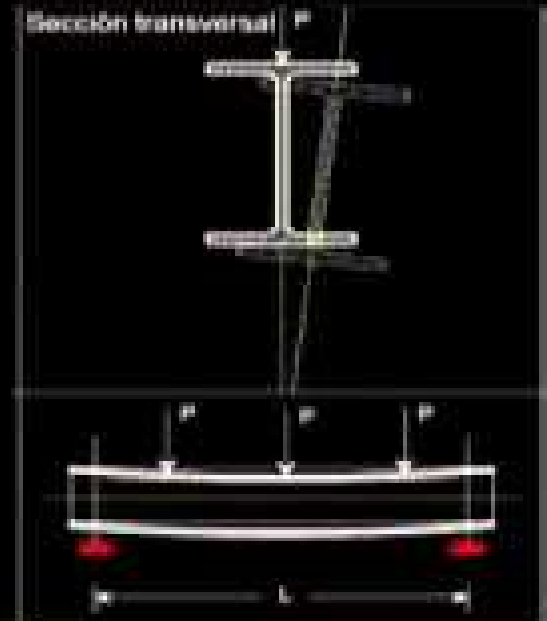
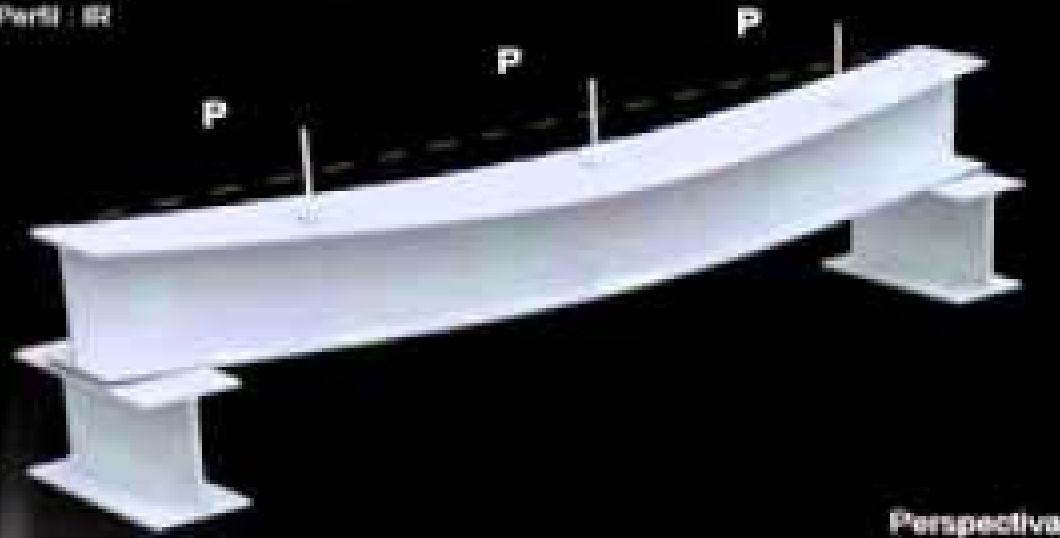
Según se controla esta tendencia será su resistencia al pandeo lateral torsional.

Por lo tanto según NCh 427 se verifica si una viga está o no afectada a P.L.T. con Tabla 16 (pág. 55

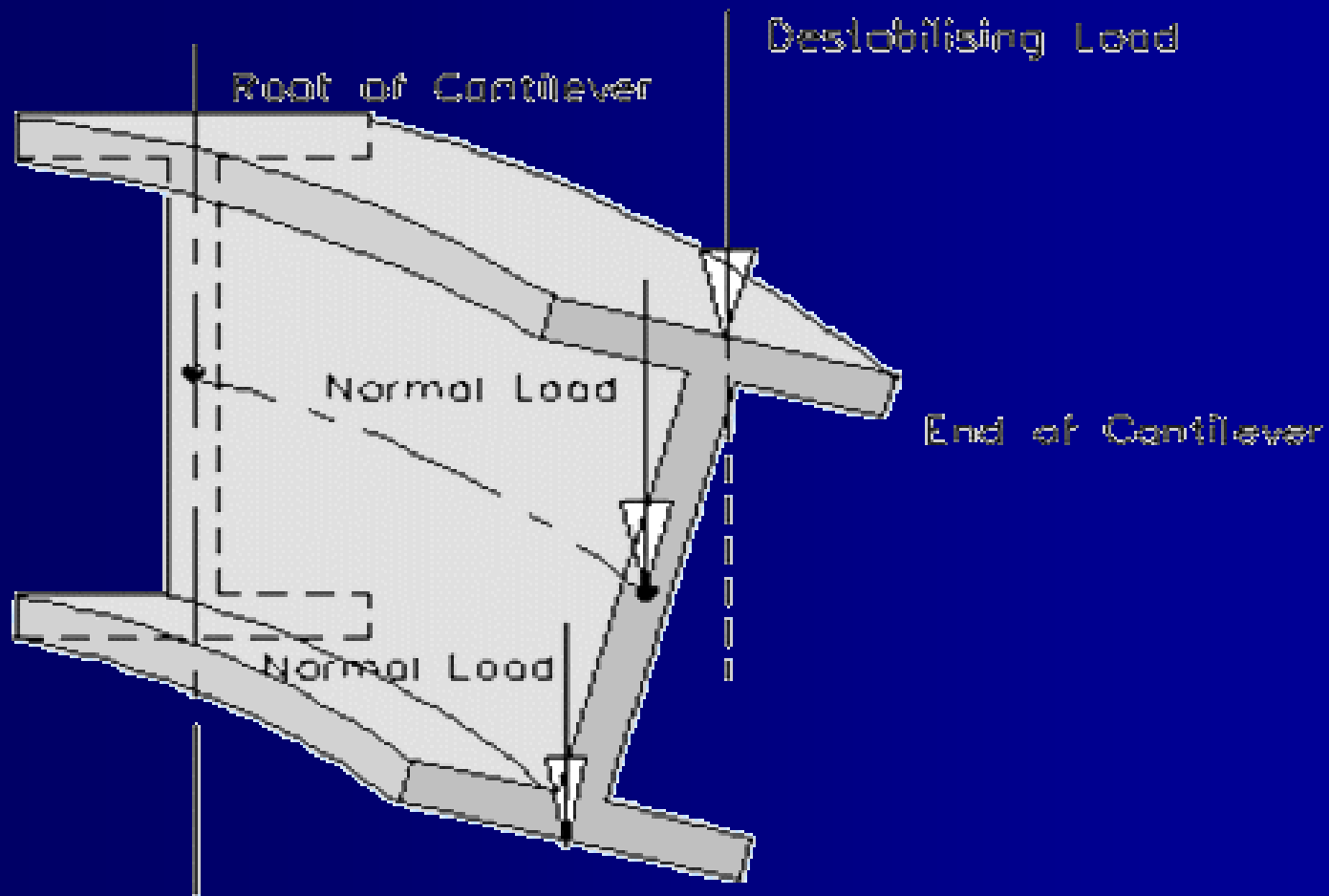
)

PANDEO LATERAL POR FLEXOTORSIÓN

Parte: III



Este modo de pandeo es fundamental en el diseño de una viga, especialmente cuando su patín comprimido carece de soportes laterales adecuados. Las vigas que se flexionan alrededor de los ejes centroidales y principales de mayor inercia, y no tienen elementos exteriores que lo impidan, tienden a flexionarse lateralmente y retorcerse; el pandeo lateral por flexotorsión constituye el estado límite de falla que suele regir el diseño de una viga de acero.



Tensiones Admisibles F_m .

El Pandeo lateral torsional se controla o disminuye con la existencia de arriostramientos laterales.

L_m = distancia entre arriostramientos laterales.

L_p ó L_c = distancia entre arriostramientos para secciones plásticas o compactas.

Si $L_m \leq L_p$ ó L_c

No hay P.L.T. y F_m se obtiene de Tabla 15.

Si $L_m > L_p$ ó L_c

Hay P.L.T. Y F_m se obtiene usando el mayor valor resultante entre Tabla 17 (F_{mc}^A) y tabla 18 (F_{mc}^T).





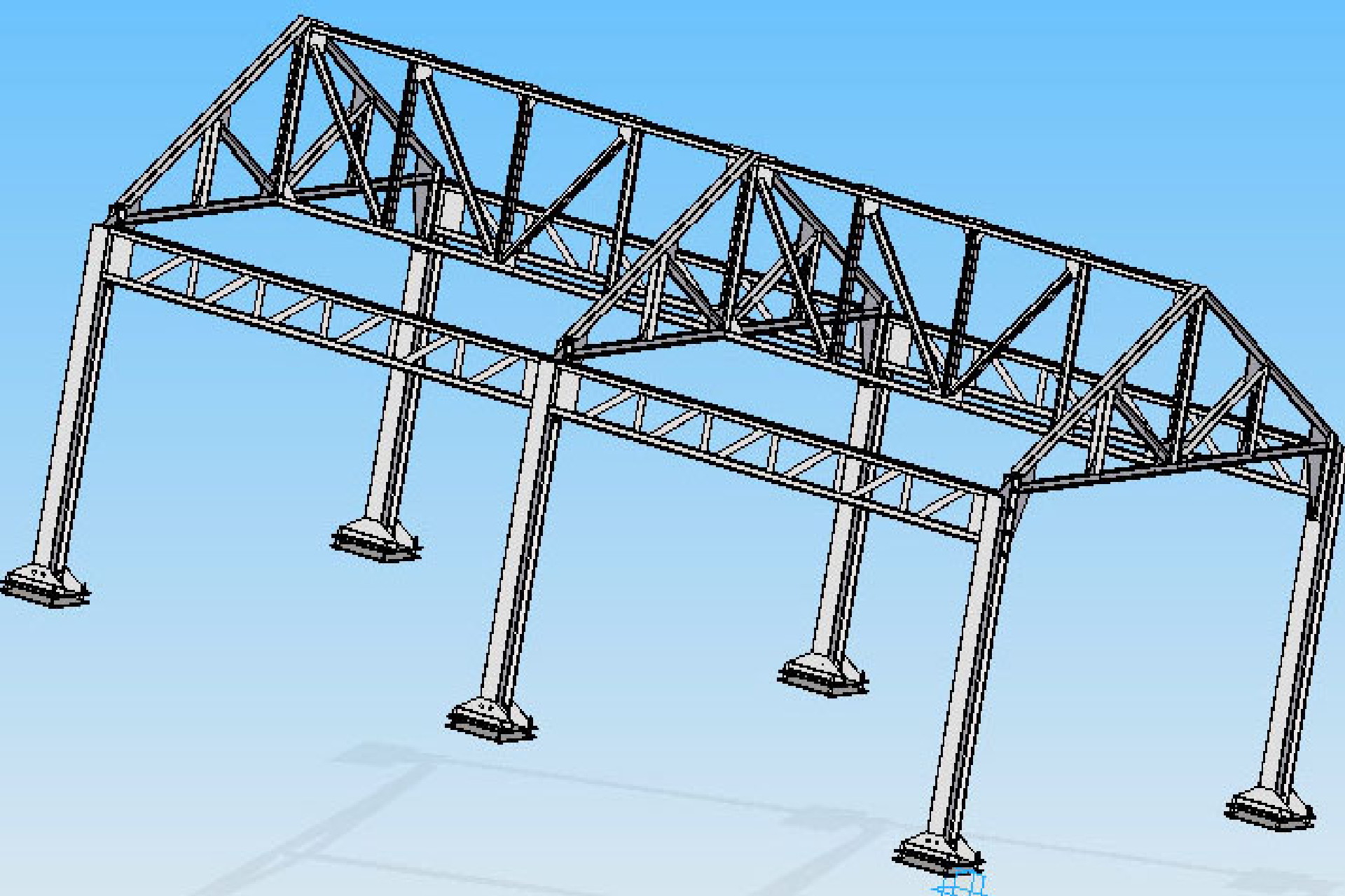
07/03/2018

Esc.Ing.Construcción-Universidad de Valparaíso.

13.10.2012

24









En estas Tablas se necesita calcular:

$$\lambda_a = \frac{K_a L_m}{i_a}$$

$$\lambda_t = \frac{K_t L_m}{i_t}$$

$$C_e = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_f}}$$

Nota : i_a e i_t de Tablas de secciones.

$$K_a = \frac{1}{\sqrt{C_m}}$$

$$K_t = \frac{1}{C_m}$$

$$C_m = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$\|M_1\| < \|M_2\|$$

M_1 y M_2 Momentos de Flexión en los extremos del tramo entre arriostramientos.

Si una sección resulta ser ESBELTA usar Tabla 19 (pág. 199).

7.- Tensión de Trabajo a la Flexión.

$$f_m = \frac{M}{W} \left\langle \begin{array}{l} \text{momento flector máximo} \\ \hline \text{módulo de sección (Tablas)} \end{array} \right\rangle$$

$$y \quad f_m \leq F_m$$

8.- Esfuerzo de Corte

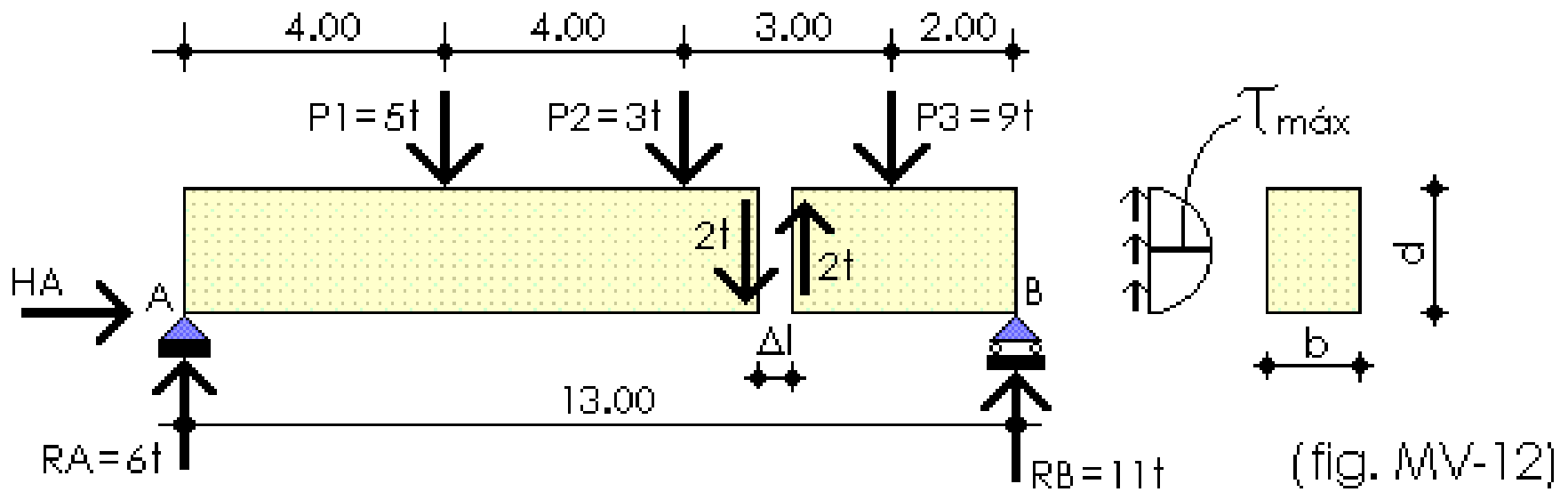
Cortante:

Se considera que el alma de la viga es la que resiste al cortante.

Su Capacidad resistente puede ser determinada por:

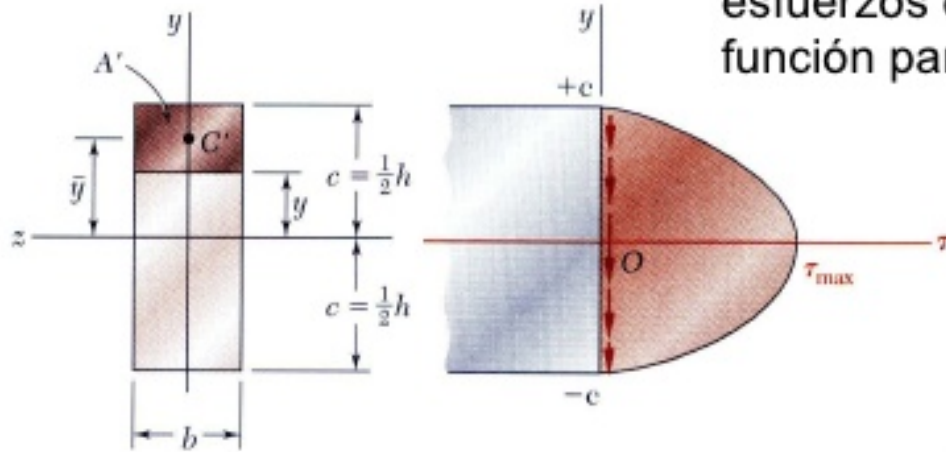
a.- RESISTENCIA AL PANDEO DEL ALMA.

Depende de su esbeltez (h/t) y sus condiciones de borde (c/s atiesadores de rigidez).



Esfuerzos cortantes en tipos comunes de las vigas

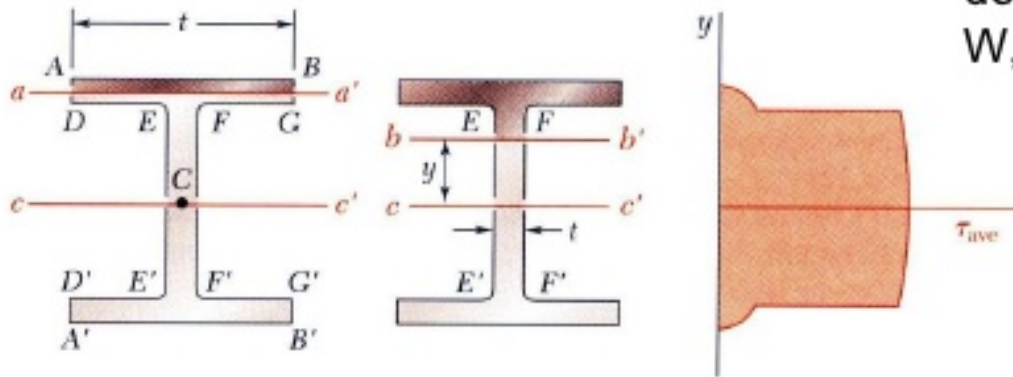
En una sección rectangular, la distribución de los esfuerzos cortantes a lo largo de la sección será una función parabólica.



$$\tau_{xy} = \frac{VQ}{Ib} = \frac{3V}{2A} \left(1 - \frac{y^2}{c^2} \right)$$

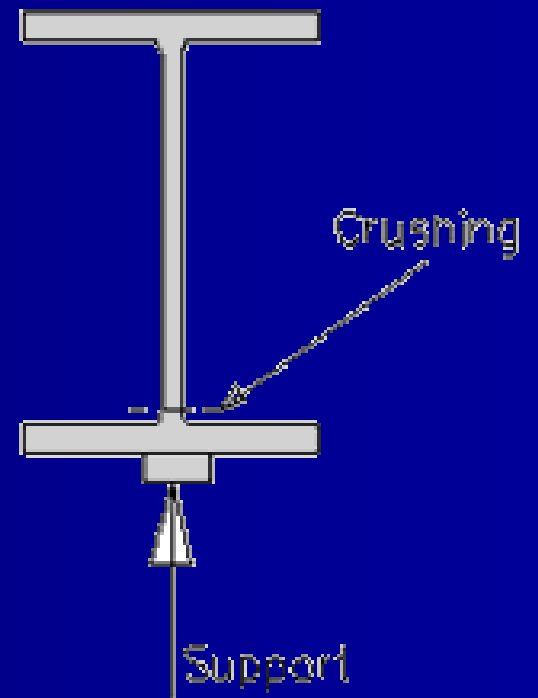
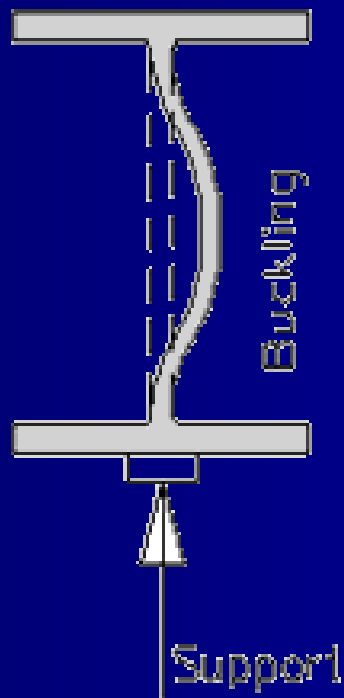
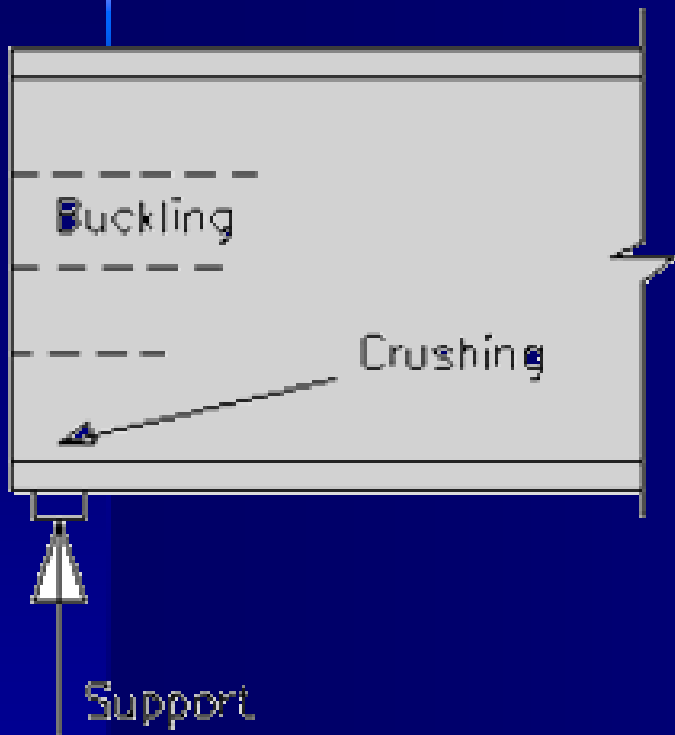
$$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$$

En las secciones laminadas en acero tipo I o H (de patín ancho), designadas según normas AISC como W, S o M.



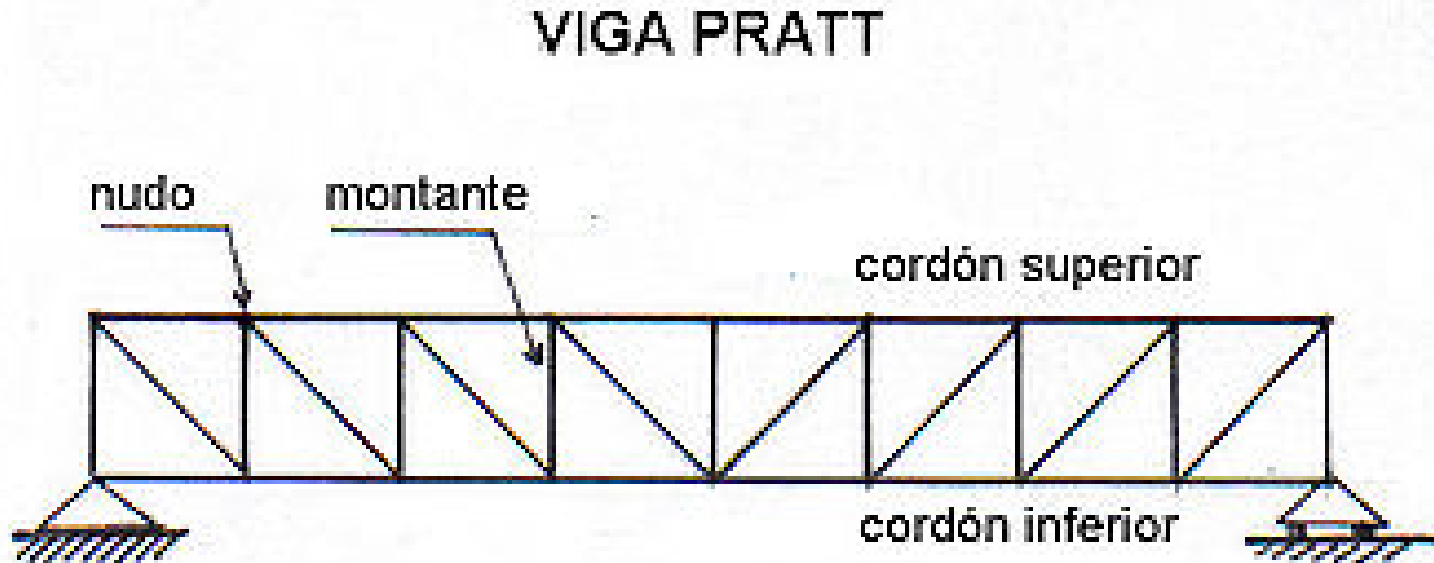
$$\tau_{ave} = \frac{VQ}{It}$$

$$\tau_{\max} = \frac{V}{A_{web}}$$



b.- CAMPO DE TRACCIÓN.

Aplicable a almas atiesadas de vigas armadas como analogía con viga enrejada Pratt con montantes comprimidos y diagonales traccionadas.



9.- Tensión Admisible al corte F_v

Determinada por:

Tabla 21
(Alma no atiesada)

Esbeltez h/t	Tensión admisible F_v
A. $h/t \leq 3230/\sqrt{F_f}$	$\frac{1}{FS} \frac{F_f}{\sqrt{3}}$
B. $h/t > 3230/\sqrt{F_f}$ y $h/t \leq 4630/\sqrt{F_f}$	$\frac{1}{FS} \frac{2160}{h/t} \sqrt{F_f}$
C. $h/t > 4630/\sqrt{F_f}$ y $h/t \leq 260$	$\frac{1}{FS} \frac{10.000.000}{(h/t)^2}$

Tabla 22
(Alma atiesada)

Criterio	Tensión admisible F_v
A. Pandeo del alma	$\frac{1}{FS} \frac{F_f}{\sqrt{3}} C_v \leq 0,4F_f$
B. Campo de Tracción	$\frac{1}{FS} \left[C_v + \frac{1-C_v}{1,15\sqrt{1+(a/h)^2}} \right] \frac{F_f}{\sqrt{3}} \leq 0,35F_f$

10.- Tensión de Trabajo

$$f_v = \frac{V}{A_v}$$

$$A_v = h * t$$

h: Altura del alma.

t: espesor del alma.

11.- Deformación Vertical (δ o Δ)

No debería exceder los límites de Tabla 45, expresadas como función de la longitud L.

La tabla 45 expresa además una recomendación de altura H para condiciones específicas de:

- Carga uniformemente repartida.
- Simplemente apoyada.
- Para F_f conocidas.

Detalles de variaciones al pie de T.45 (pág 220)

Deformación Vertical (δ o Δ)

$$\Delta_{\text{real}} \leq \Delta_{\text{admisible}}$$

Por ejemplo:

$$\frac{5qL^4}{384EI} \leq \frac{L}{300}$$

12.- Interacción Flexión-Corte

Se verifica con tabla 26 caso A para almas no atiesadas y caso B para almas atiesadas con concepto campo de tracción.

Caso A:

Se aplica

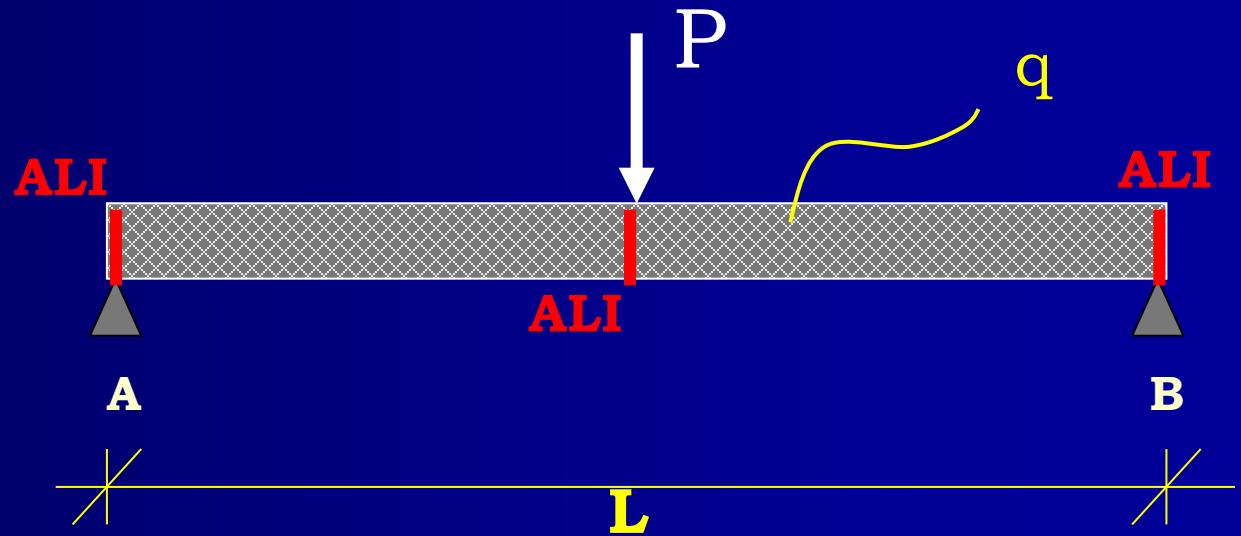
$$f_m = \frac{M}{W} \quad f_v = \frac{V}{A_v}$$

F_v de tabla 21

$$F_{mv} = \frac{1}{FS} \frac{45.400.000}{(h/t)^2}$$

$$FS = 1,23$$

Ejercicio



$P = 5 \text{ Ton.}$

$q = 1 \text{ (t/m)}$

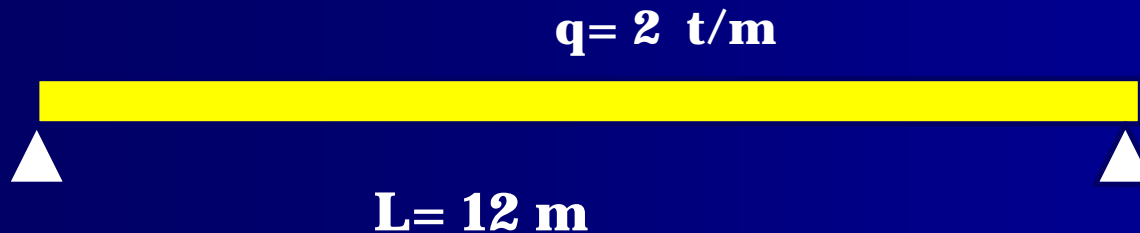
$L = 10 \text{ m}$

Acero A 270 ES

$\Delta_{\text{admissible}}: L/300$







VERIFICAR LA VIGA H 300x200x85,2 CON LA CARGA INDICADA PARA UNA DEFORMACIÓN ADMISIBLE $L / 300$ ACERO A270 ES

DISPONGA ARRIOSTRAMIENTOS LATERALES INTERMEDIOS PARA MÁXIMIZAR SU CAPACIDAD DE CARGA

- **DIBUJAR DIAGRAMAS DE MOMENTOS Y CORTE**
- **VERIFICAR TENSIONES DE FLEXIÓN Y CORTE**
- **DETERMINAR DEFORMACIÓN VERTICAL**

$$M_{\max} = M_{L/2} = \frac{qL^2}{8} = \frac{20 * 1200^2}{8} = 3.600.000 [kg * cm]$$

$$Q_{\max} = Q_A = Q_B = \frac{qL}{2} = \frac{20 * 1200}{2} = 12.000 [kg]$$

$$\Delta_{\max} = \Delta_{L/2} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 * 20 * 1200^4}{384 * 2,04 * 10^6 * I_x} = \frac{264.705,88}{I_x} \leq \frac{L}{300}$$

$$\Delta_{\max} = \Delta_{L/2} = \frac{264.705,88}{I_x} \leq \frac{1200}{300}$$

$$\Rightarrow I_x \geq 66.176,5 [cm^4]$$

Propiedades de H300x200x85,2

H=300 mm

B=200 mm

tf=22 mm

tw = 8 mm

A= 108,48 cm²

I_x = 18.200 cm⁴

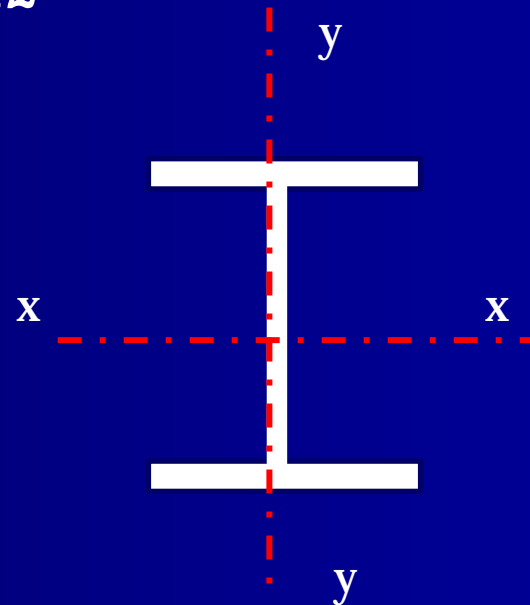
W_x=1.210 cm³

I_y = 2.930 cm⁴

W_y = 293 cm³

ia = 6,03 cm

it = 1,47 cm



ESFUERZOS COMBINADOS

Se dice de los elementos sometidos fundamentalmente a:

- Esfuerzos de flexión y Tracción

(Flexo-tracción)

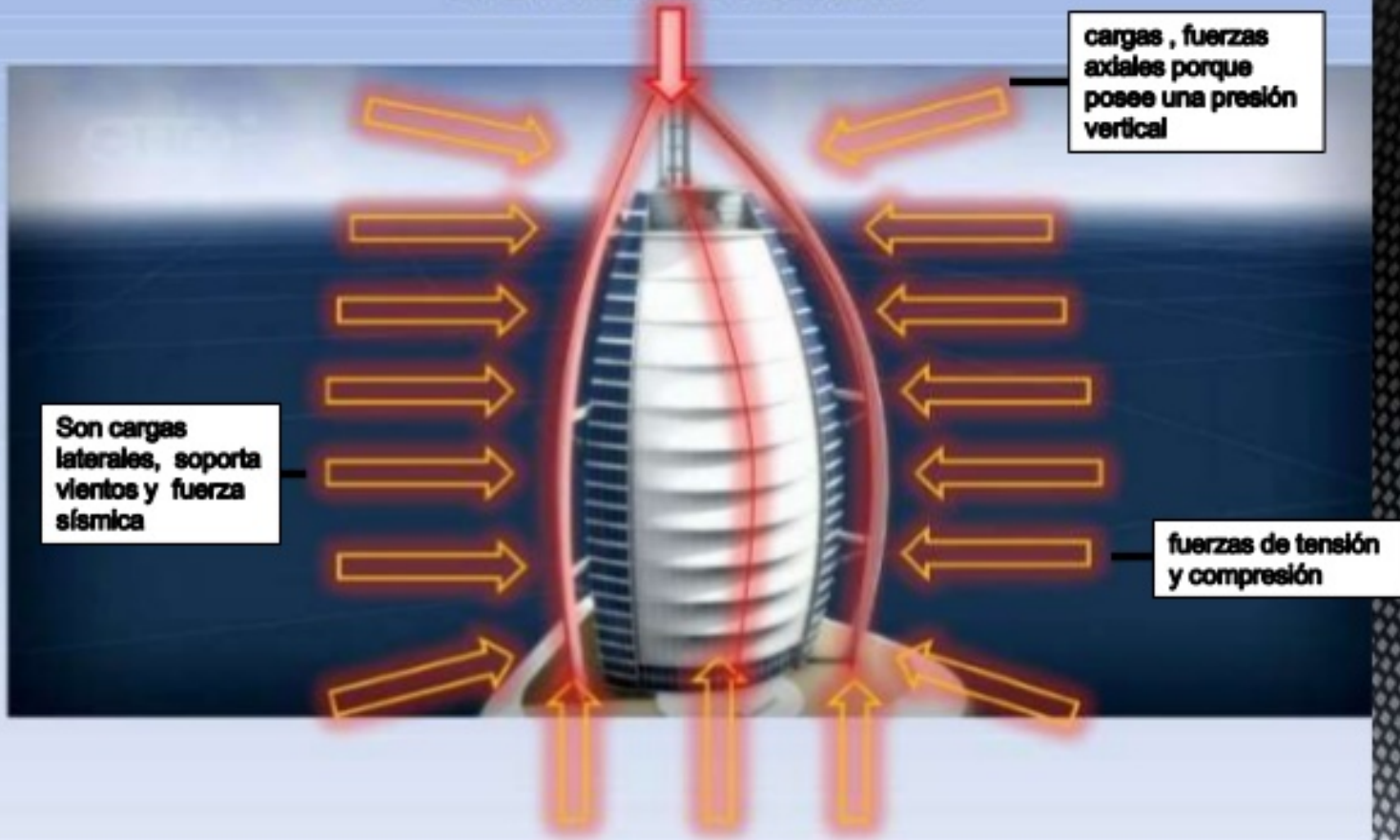
- Esfuerzos de flexión y compresión

(Flexo-compresión)



DISTRIBUCION DE CARGAS

RELACION DE FUERZAS

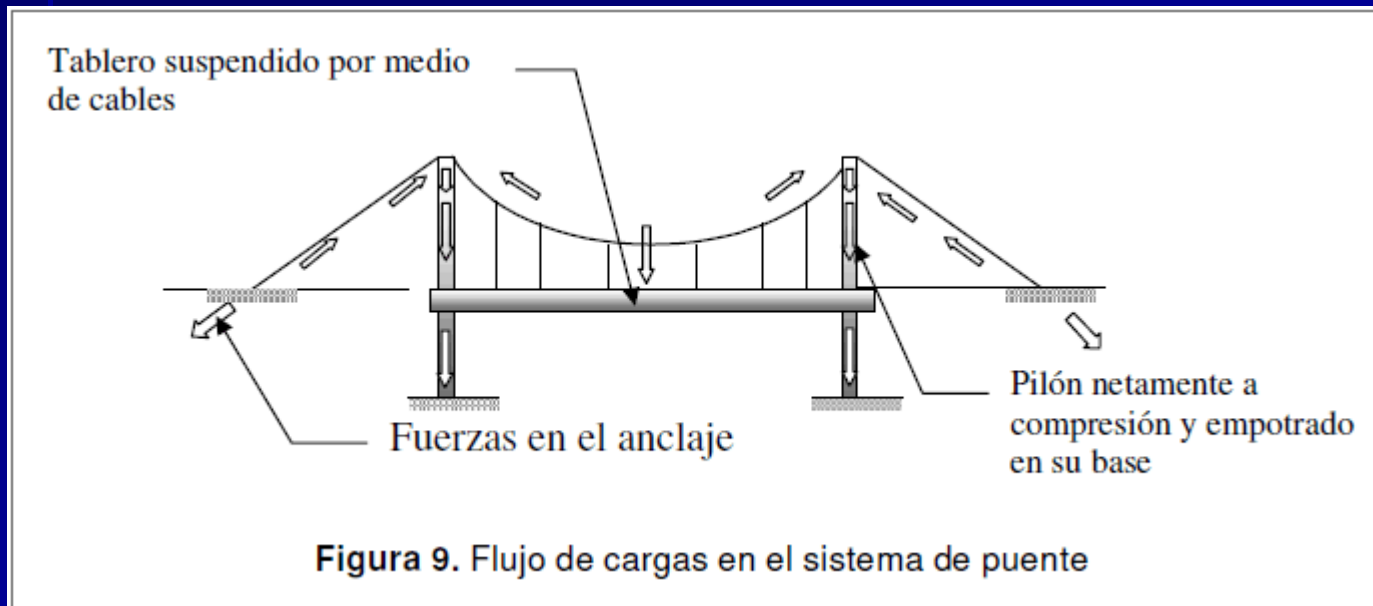


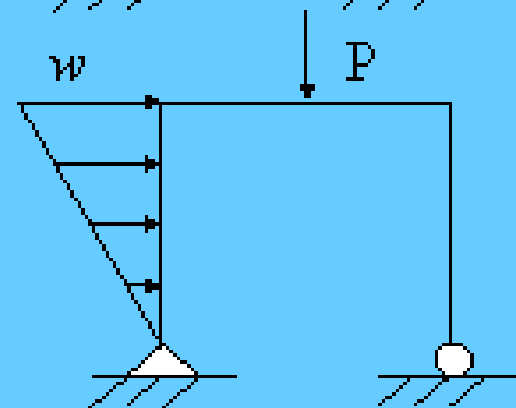
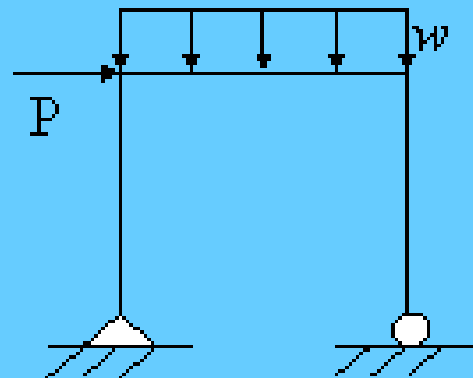
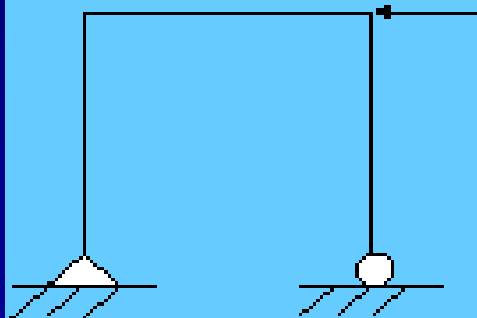
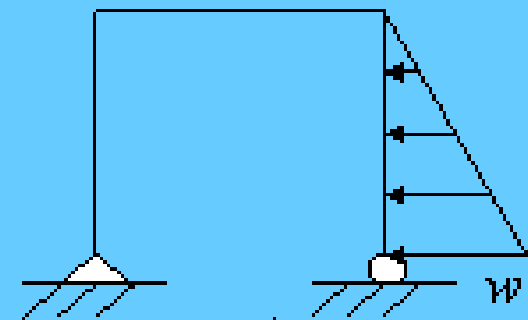
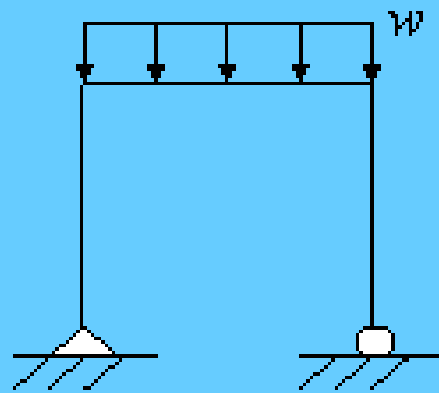
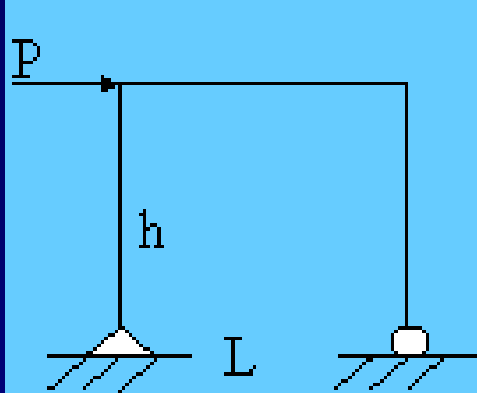
Casos más comunes:

- En marcos rígidos

Carga axial y viento

Carga axial y sismo

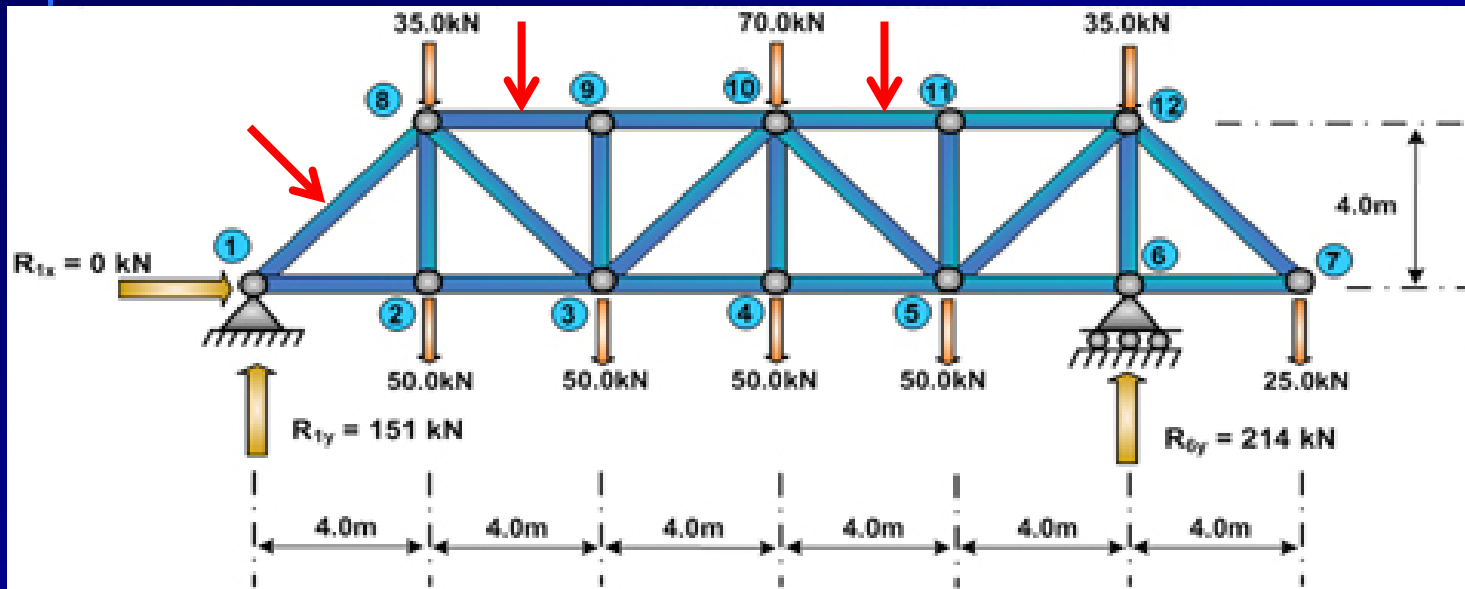






- Carga excéntrica.

- Cargas no aplicadas en nudos (costaneras).




- En vigas reticuladas el peso propio.
- Cargas adicionales en elementos de armaduras (instalaciones, etc.) no aplicadas en nudos.

El esfuerzo en cualquier punto en caso de flexión lateral y carga axial se puede obtener con la expresión:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M * c}{I}$$

Valor aproximado, pues no incluye efectos de deflexiones laterales crecientes.

Esto quiere decir :


$$\begin{array}{c} M \\ \delta \\ \Delta M = P * \delta \end{array}$$

Ya que la flexión puede producirse en un plano distinto de X e Y provoca por lo tanto flexión c/r a X e Y (caso pilar en esquina), entonces usualmente:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x * y}{I_x} \pm \frac{M_y * x}{I_y}$$

Estos esfuerzos de trabajo pueden ser muy fáciles de determinar, sin embargo los permisibles son más complicados de definir.

Generalmente los códigos de diseño aceptan una combinación de los esfuerzos permisibles individuales.

Estas ecuaciones se llaman de interacción.

La interacción típica es:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

f_a = Esfuerzo de Trabajo axial.

F_a = Esfuerzo Admisible axial.

f_b = Esfuerzo de flexión c/r a (X,Y).

F_b = Esfuerzo Admisible de flexión c/r a (X,Y).

Si consideramos ahora la deflexión lateral creciente originada por P resulta este factor de amplificación del esfuerzo flector:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_e}\right)} \quad (> 1)$$

 Tensión admisible de Euler

Como en algunos casos este factor sobredimensionaría en exceso a los elementos el código para ASD propone un coeficiente de reducción del esfuerzo.

$$C_m = 1 + \psi \frac{f_a}{F'_e}$$

1.- Partes de marcos , cuya rigidez lateral depende de las rigideces a flexión de sus miembros. Estos miembros están sometidos a traslación de sus nudos o ladeo.

$$\therefore C_m = 0,85$$

2.- Miembros restringidos contra rotación y traslación de sus nudos o ladeo impedido y sin cargas transversales en sus extremos.

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$

M_1 y M_2 momentos en extremos $|M_1| < |M_2|$

$\frac{M_1}{M_2} < 0$ Si hay curvatura simple

y $\frac{M_1}{M_2} > 0$ Si hay curvatura doble

3.- Miembros sometidos a carga transversal entre sus nudos y arriostrado contra traslación de los mismos en el plano de carga.

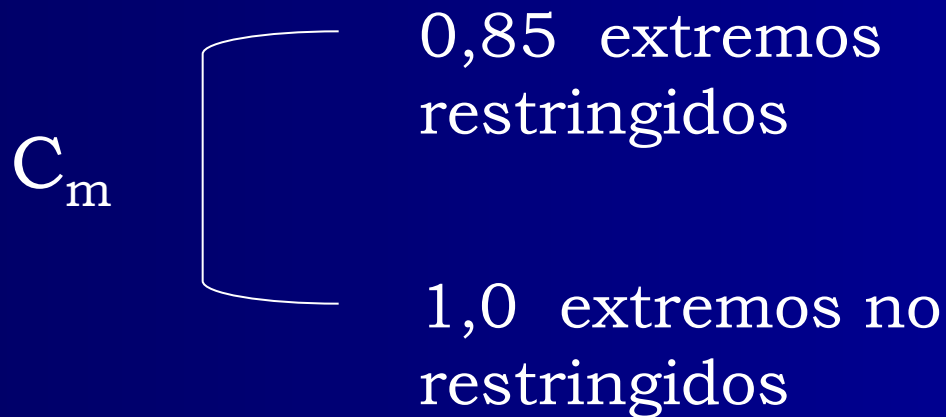


TABLA 36
FLEXION COMPUESTA EN PERFILES CON 2 EJES DE SIMETRIA

CONDICION	FORMULAS DE INTERACCION
A. $\frac{f_c}{F_c^F} > 0,15$	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="498 496 1779 739"> 1. $\frac{f_c}{F_c^F} + \frac{Cf_x}{\left[1 - \frac{f_c}{F_{cx}^E}\right]} * \frac{f_{mcx}}{F_{mcx}} + \frac{Cf_y}{\left[1 - \frac{f_c}{F_{cy}^E}\right]} * \frac{f_{mcy}}{F_{mcy}} \leq 1$ <li data-bbox="498 782 1431 953"> 2. $\frac{f_t}{F_{co}^F} + \frac{f_{mcx}}{F_{mcx}} + \frac{f_{mcy}}{F_{mcy}} \leq 1$
B. $\frac{f_c}{F_c^F} \leq 0,15$	$\frac{f_c}{F_c^F} + \frac{f_{mcx}}{F_{mcx}} + \frac{f_{mcy}}{F_{mcy}} \leq 1$