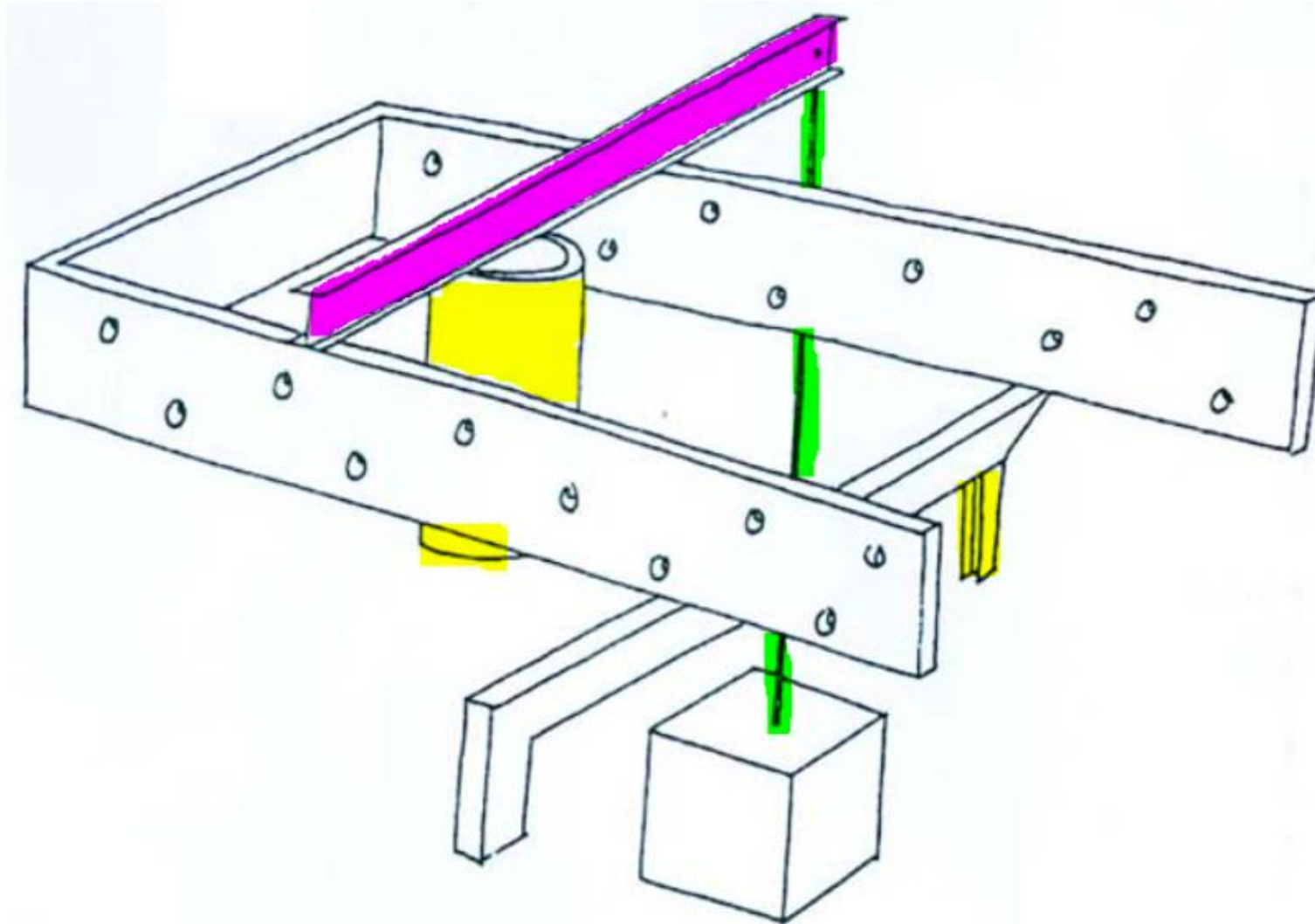


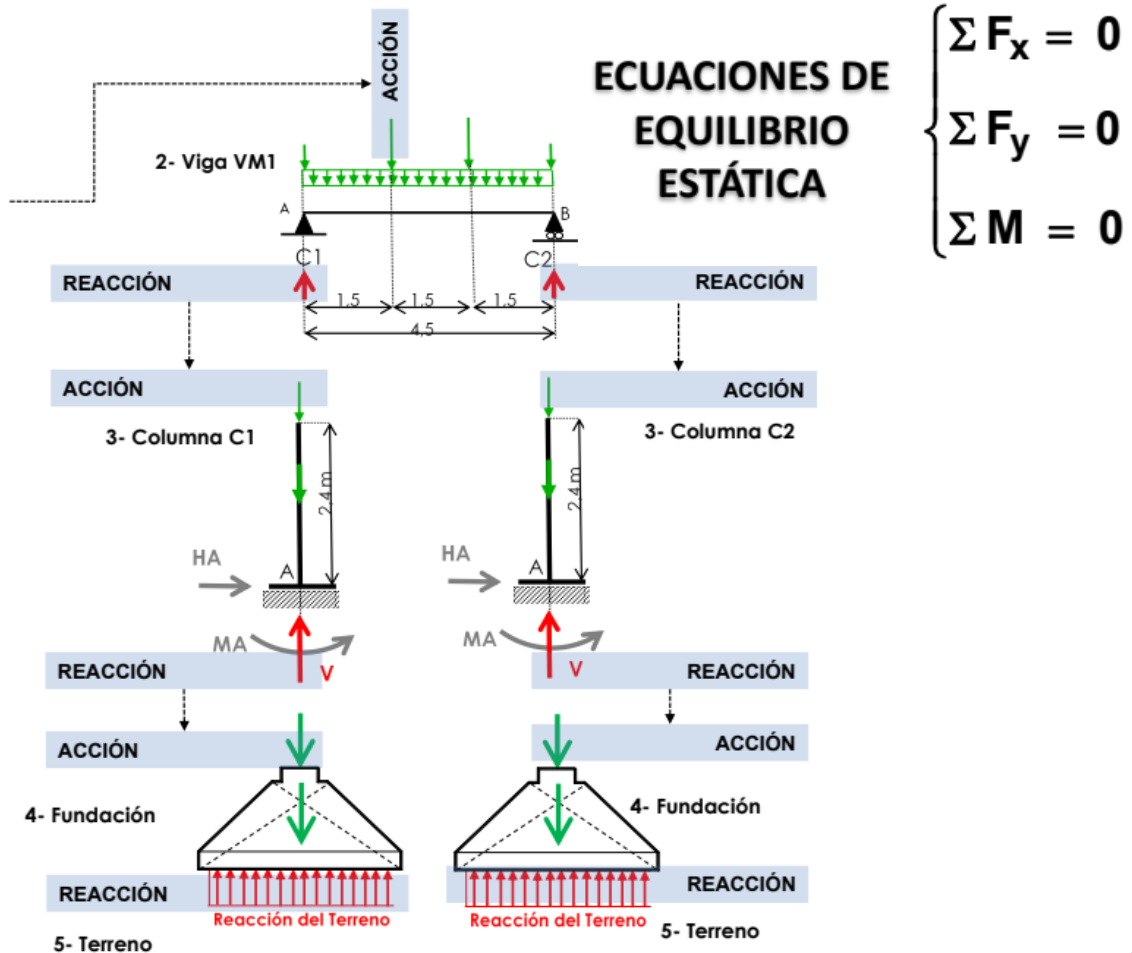
SOLICITACIONES en ELEMENTOS ESTRUCTURALES





EQUILIBRIO ESTÁTICO EXTERNO → SÓLIDO IDEAL

Cuando un cuerpo se somete a fuerzas exteriores se genera el **equilibrio estático o externo**



EQUILIBRIO ELÁSTICO INTERNO → SÓLIDO REAL

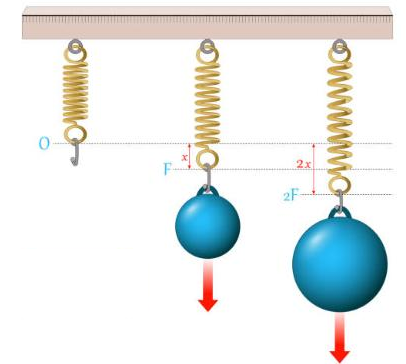
De forma simultánea, en el interior del cuerpo se originan fuerzas y **tensiones internas** encargadas de oponerse a estas acciones, lo que da lugar al **equilibrio elástico o interno**.

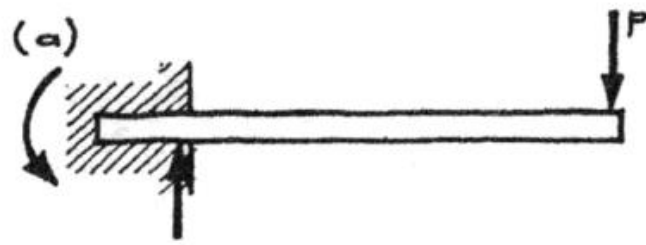
Sólido elástico: *Material deformable* que, ante una acción exterior, se deforma, pero recupera su forma y dimensiones iniciales una vez que desaparece dicha fuerza.

Tensión: Es la medida de las *fuerzas internas distribuidas por unidad de área* que actúan en el interior del material para resistir la deformación.

Deformación: *Cambio de forma* o tamaño que experimenta un sólido cuando se le aplican fuerzas, que puede ser elástica (reversible) o plástica (permanente).

Ley de Hooke: Principio físico fundamental que establece la *relación lineal y directamente proporcional* entre la tensión aplicada y la deformación resultante, dentro del límite elástico del material.

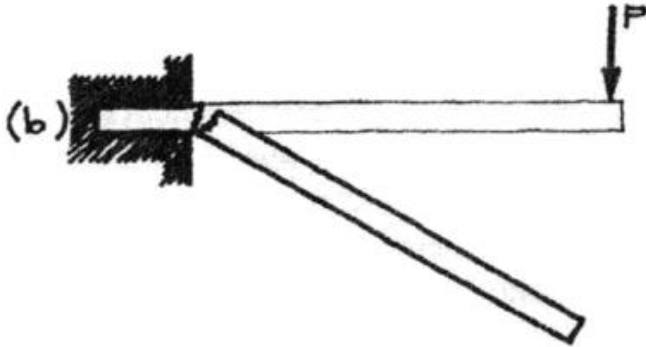




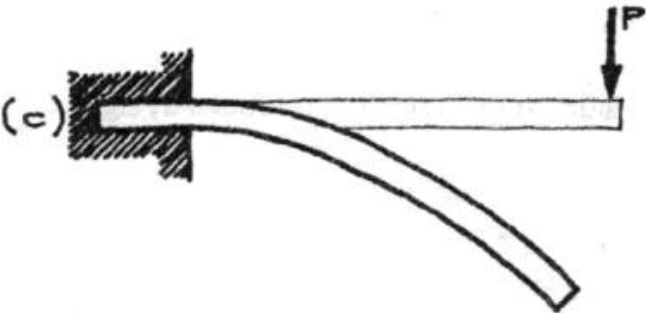
No basta con posibilitar el equilibrio. Hay que impedir que la estructura se rompa (b), o se deforme excesivamente (c).

"Intuición y razonamiento en el diseño estructural"

D. Moisset de Espanés



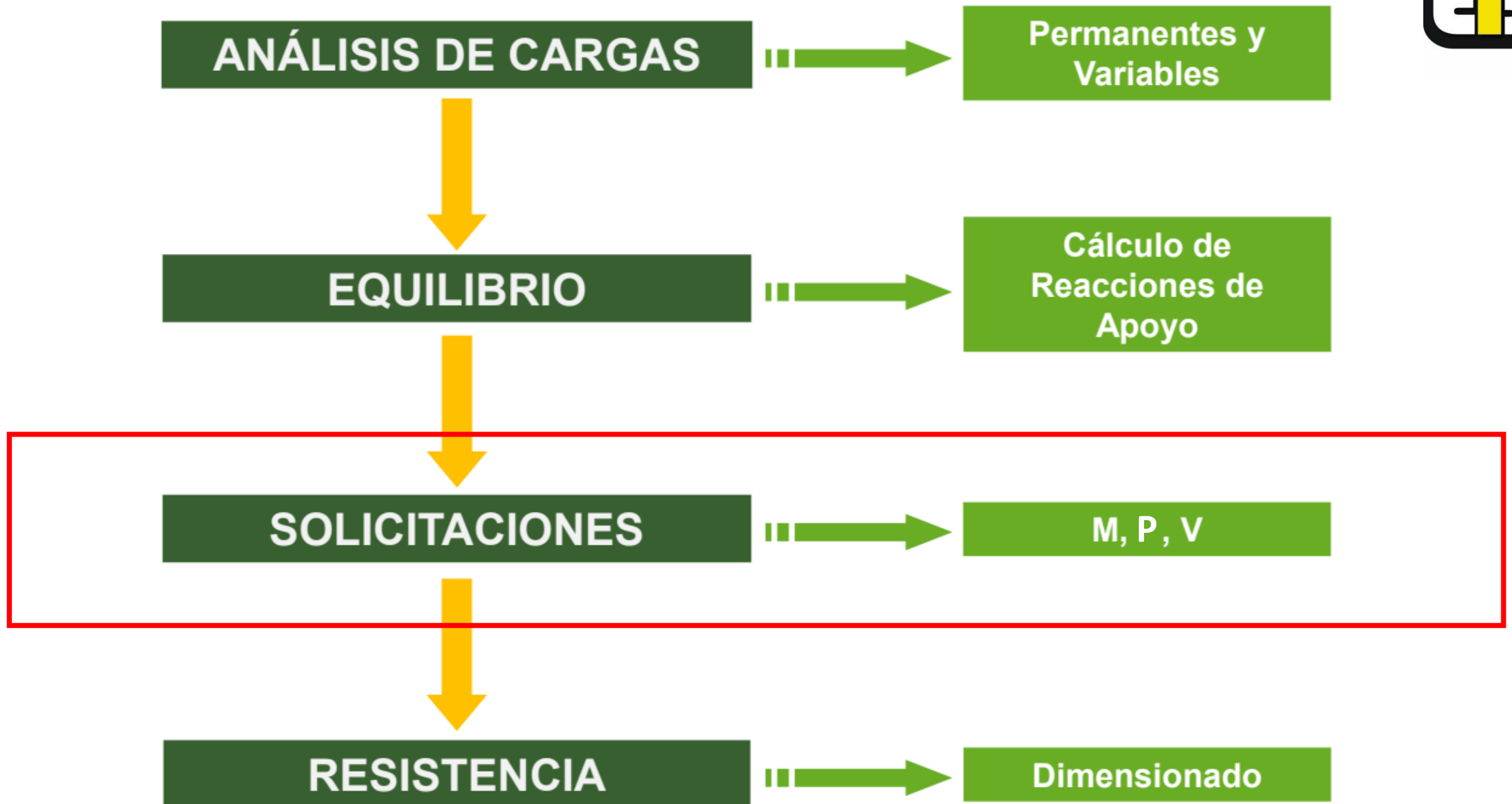
Siempre será posible hacer crecer la fuerza P , hasta que se produzcan cambios sustanciales en la estructura.



Si se trata de un material frágil, se producirá una fractura (b) y el colapso total; si se trata de un material dúctil, se producirán deformaciones enormes, que la dejarán fuera de servicio



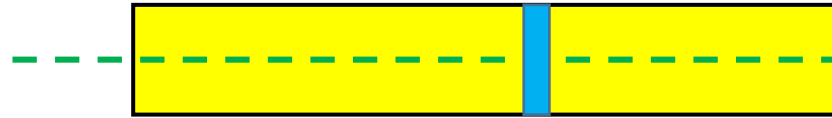
El diseñador de la estructura, deberá estudiar lo que ocurre en todas las secciones, para asegurar que no se produzcan situaciones de colapso total o parcial.



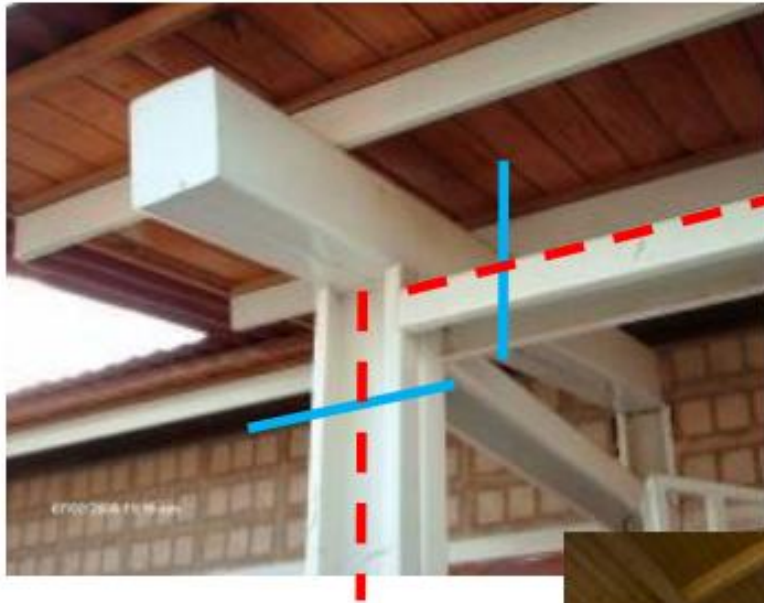
Elemento estructural: BARRA

Sección transversal

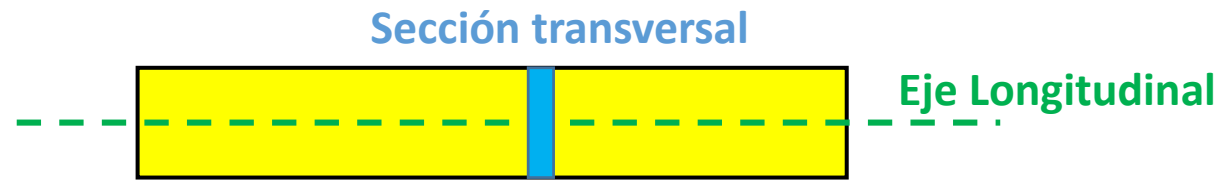
Eje Longitudinal



siempre
perpendicular al eje
geométrico del
elemento estructural

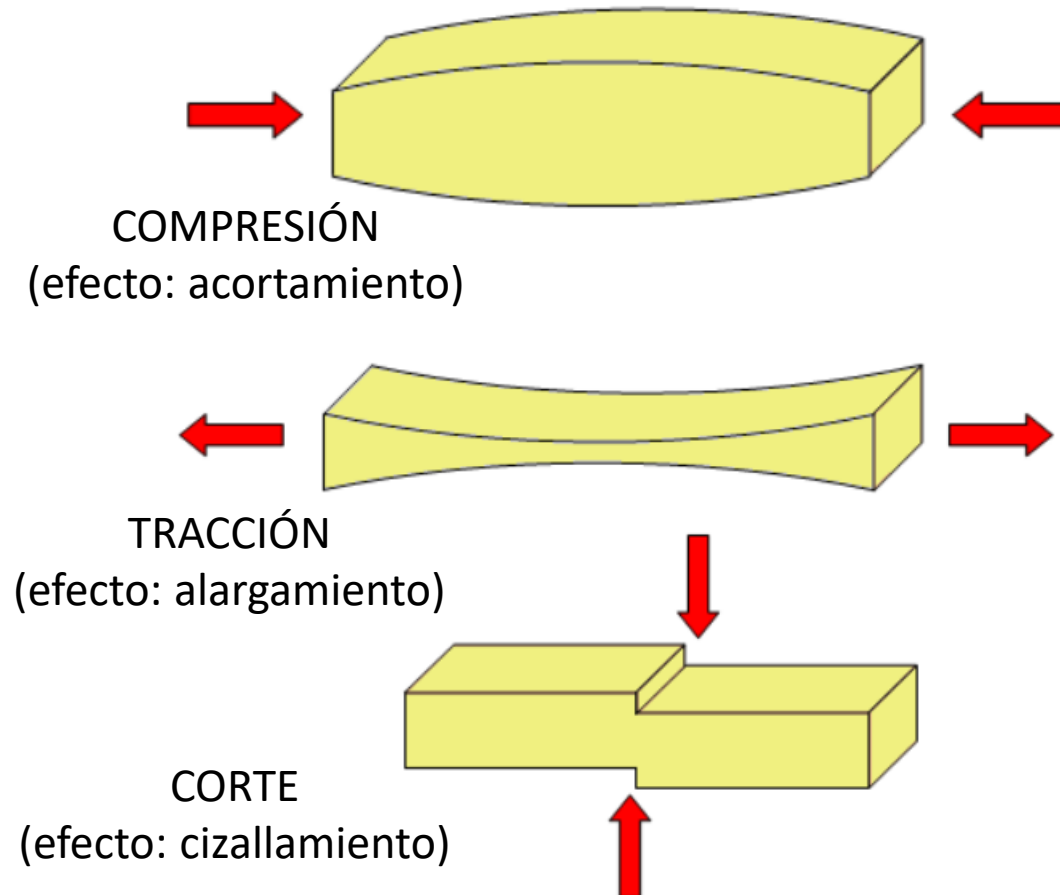


Elemento estructural: BARRA

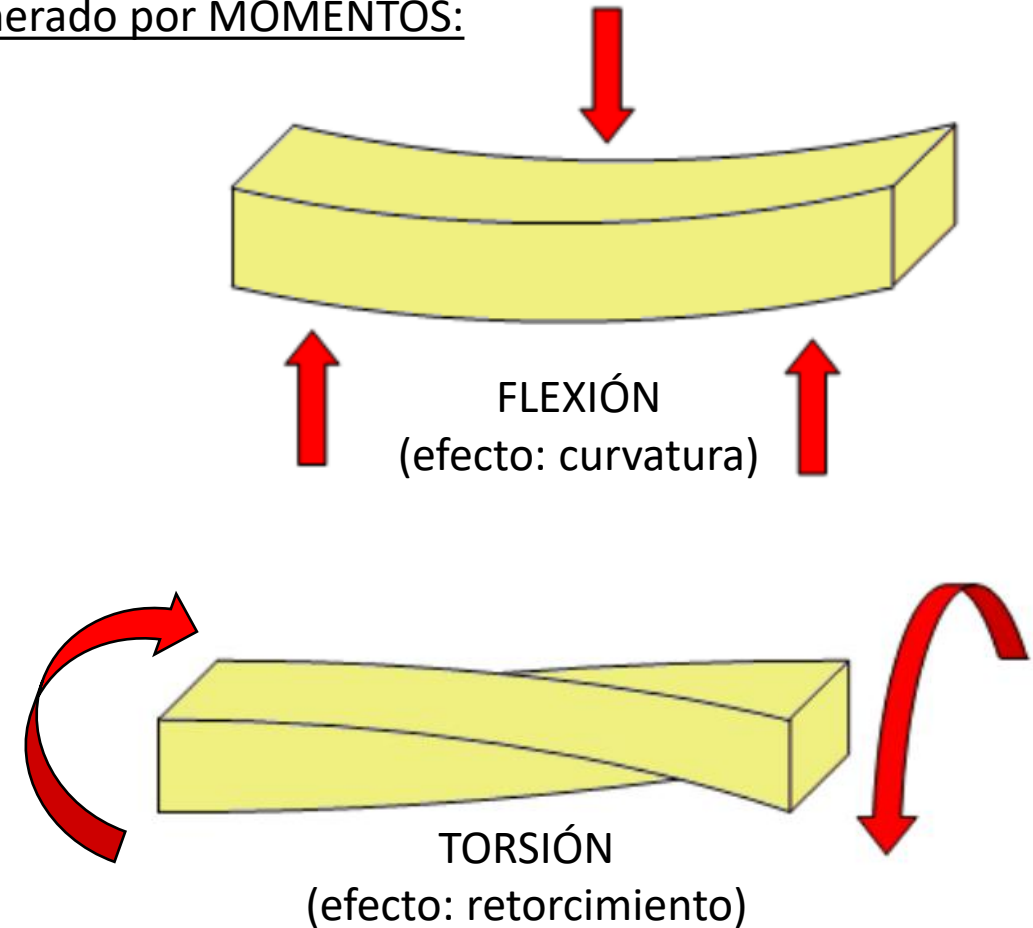


ESTADOS BÁSICOS DE Tensión

Generado por FUERZAS:

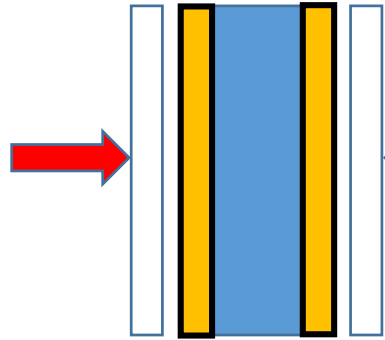


Generado por MOMENTOS:



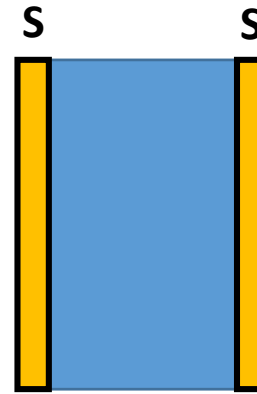


ESTADOS BÁSICOS DE Tensión = SOLICITACIONES



COMPRESIÓN (-P)

Porque la pieza se acorta, las secciones se acercan



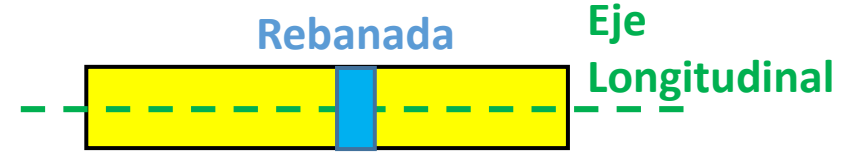
REBANADA

Vincula

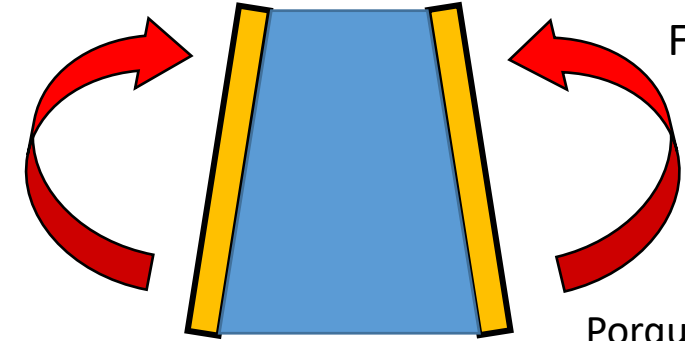
2 Secciones

muy

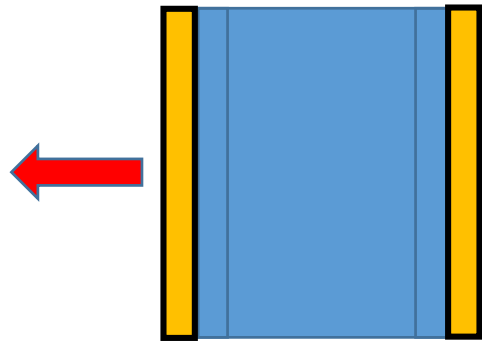
próximas



FLEXIÓN (M)

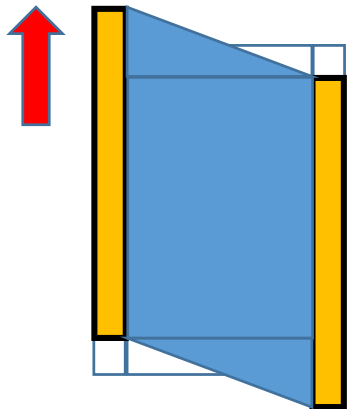


Porque la pieza se curva, las secciones rotan de manera perpendicular al eje longitudinal



TRACCIÓN (P)

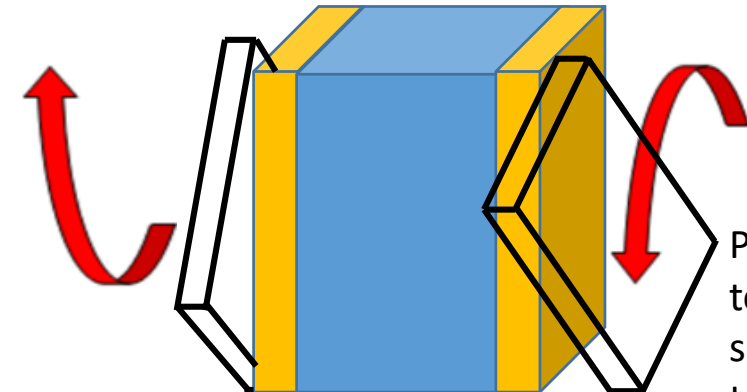
Porque la pieza se alarga, las secciones se alejan



CORTE (V)

Porque la pieza se cizalla, las secciones se deslizan

¿Que les sucede a las Secciones y al material en cada estado?



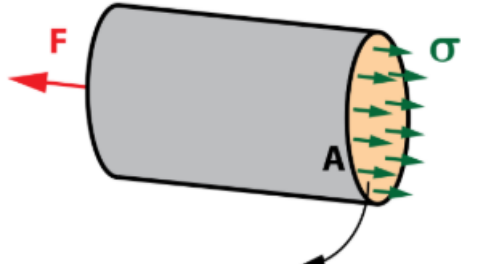
TORSIÓN (T)

Porque la pieza se torsiona, las secciones rotan en torno al eje longitudinal



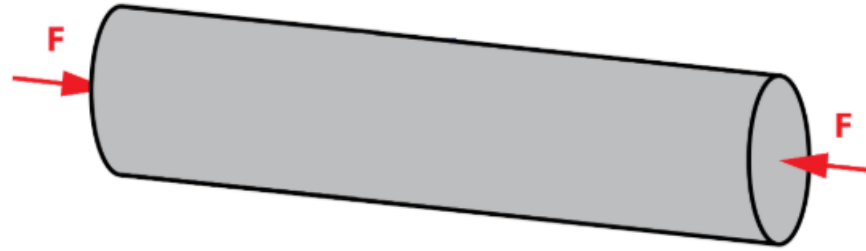
Solicitud de Esfuerzo **AXIAL** o **NORMAL** a la sección (**P**)

$$P = F$$

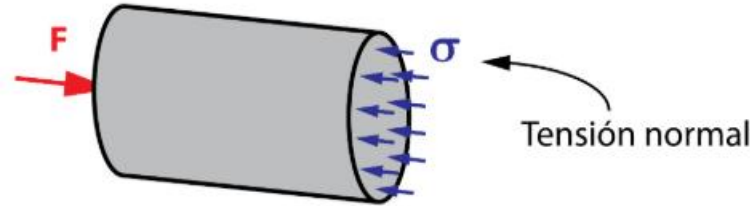


Área de la sección transversal

Detalle del área de la sección transversal de la barra



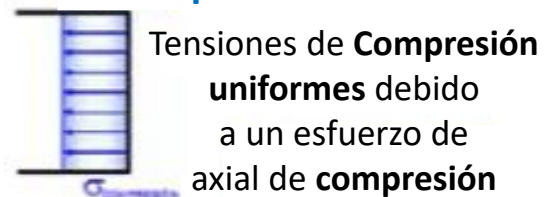
Esfuerzo de Compresión



Tensión normal

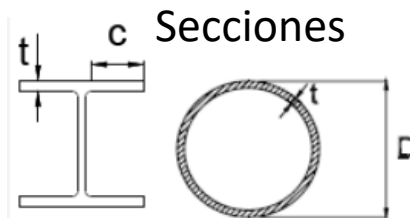
Tensión normal de compresión

σ compresión

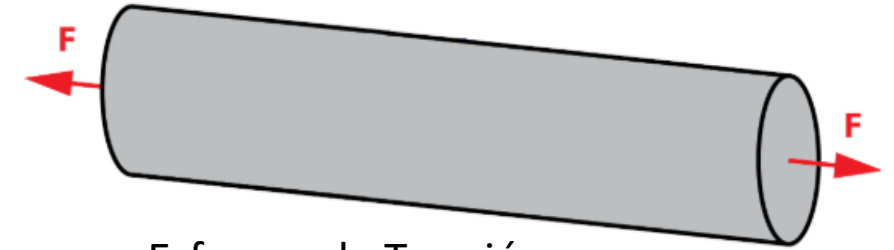


Tensiones de **Compresión** uniformes debido a un esfuerzo de axial de **compresión**

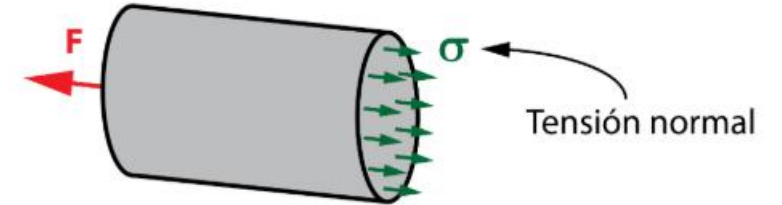
σ compresión



Secciones



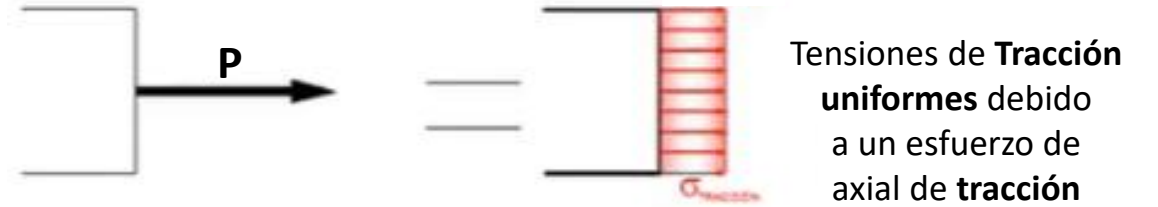
Esfuerzo de Tracción



Tensión normal

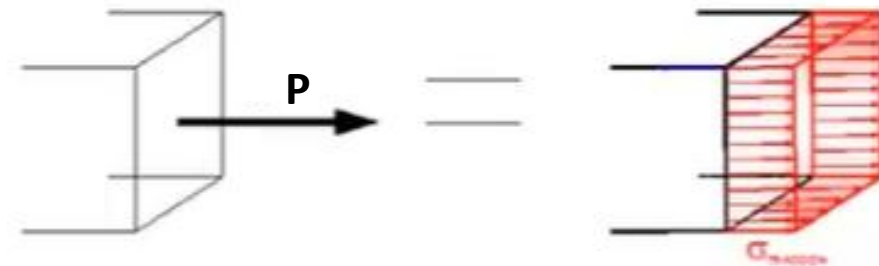
Tensión normal de tracción

σ tracción



Tensiones de **Tracción** uniformes debido a un esfuerzo de axial de **tracción**

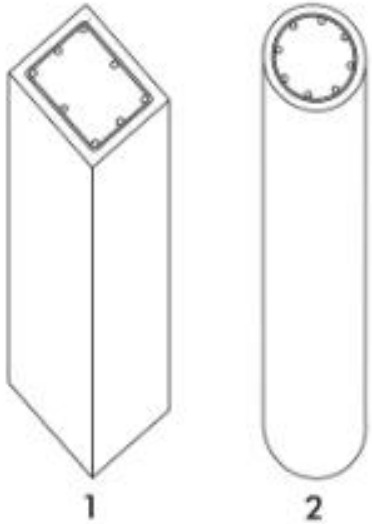
σ tracción



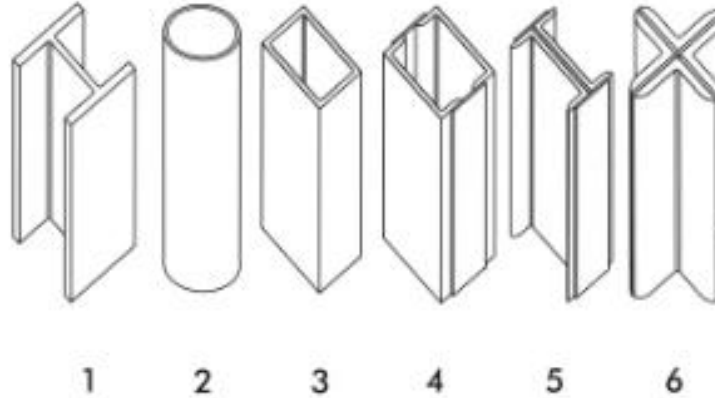
Secciones



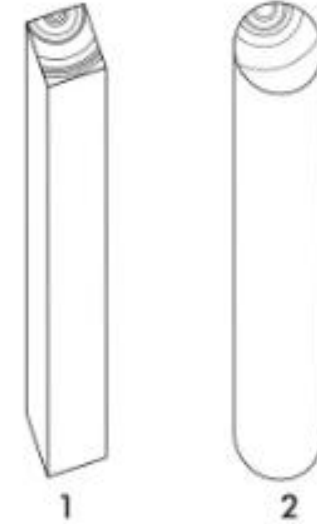
Formas de secciones para **AXIAL** de **COMPRESIÓN** (-P)



1. COLUMNA RECTANGULAR
2. COLUMNA CIRCULAR



1. COLUMNA SIMPLE CON PERFIL **HEB**
2. COLUMNA SIMPLE CON PERFIL TUBULAR CIRCULAR
3. COLUMNA SIMPLE CON PERFIL TUBULAR RECTANGULAR
4. COLUMNA CAJÓN CON DOBLE PERFIL Y PRESILLAS
5. COLUMNA EN **I** CON DOBLE PERFIL Y PRESILLAS
6. COLUMNA EN CRUZ CON CUATRO PERFILES ANGULARES

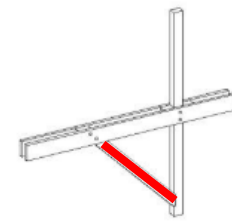
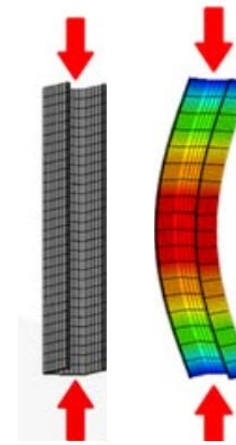


1. COLUMNA RECTANGULAR
2. COLUMNA CIRCULAR



INESTABILIDAD en ELEMENTOS ESBELTOS COMPRIMIDOS

Se debe garantizar
la ESTABILIDAD,
el PANDEO es una falla
irreversible de la estructura

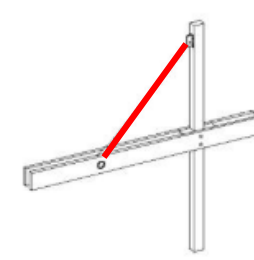


Ajustar en el Diseño variables:

Carga
Esbeltez
Material



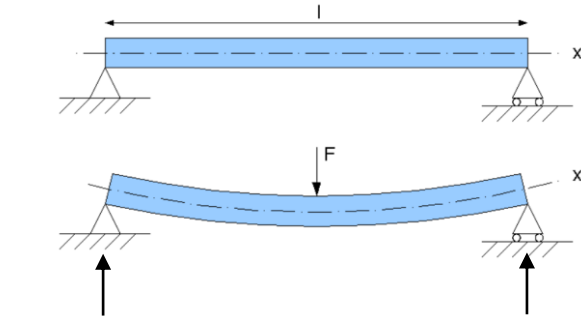
Formas de secciones para **AXIAL** de **TRACCIÓN** (P)



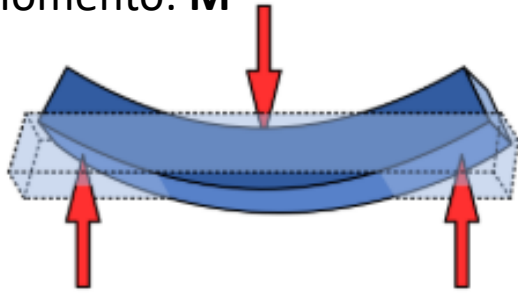
Fleje



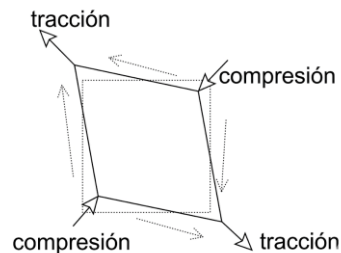
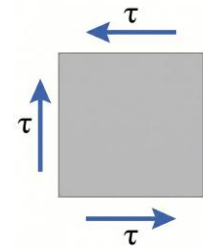
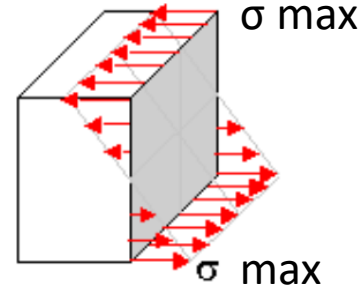
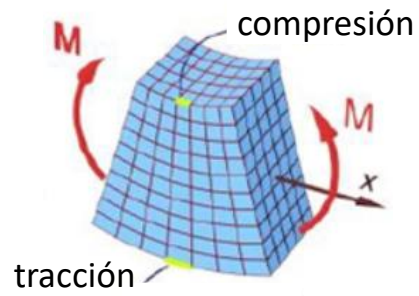
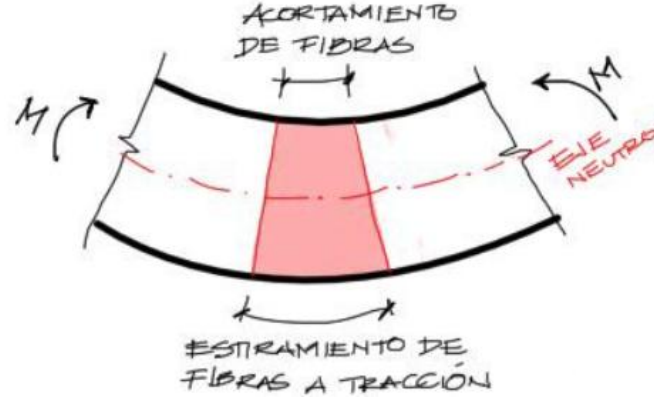
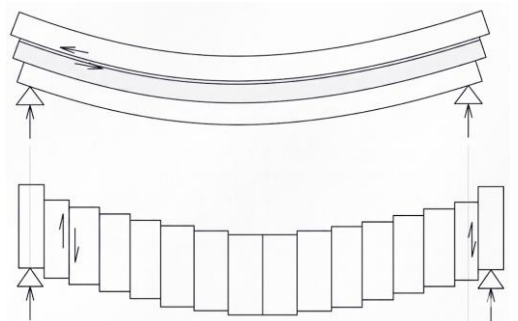
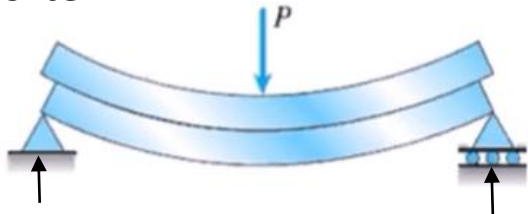
Solicitud de FLEXIÓN SIMPLE en VIGA (M y V)



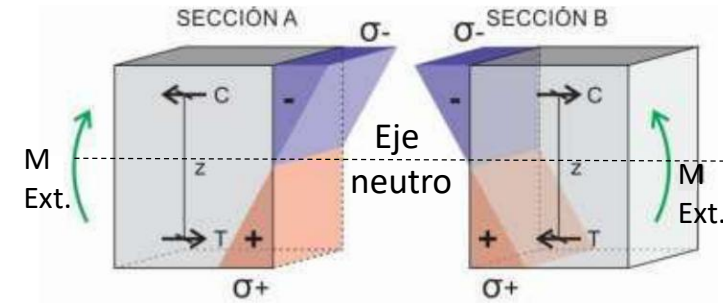
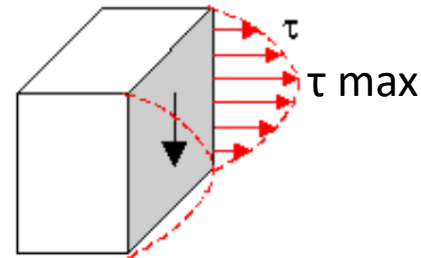
Momento: **M**



Corte: **V**



Todas las tensiones de CORTE y las TANGENCIALES son iguales y de sentido contrario por estar en equilibrio



ME < MI

Momento interno

$$M_{Int.} = C * Z$$

$$M_{Int.} = T * Z$$

Diagrama de tensiones sección rectangular

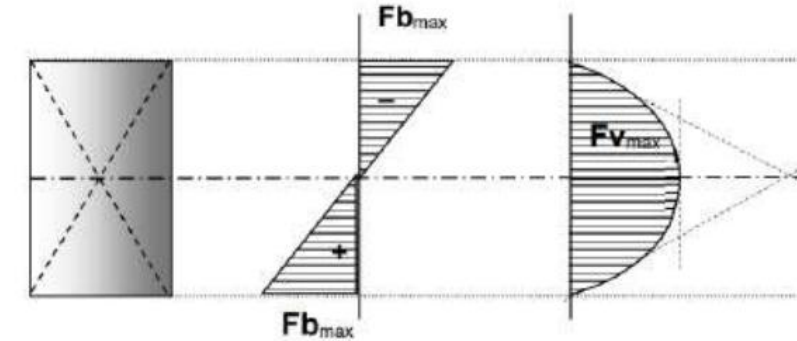
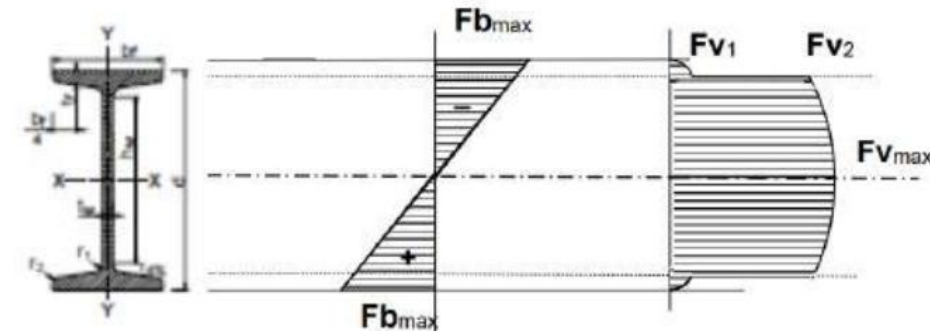
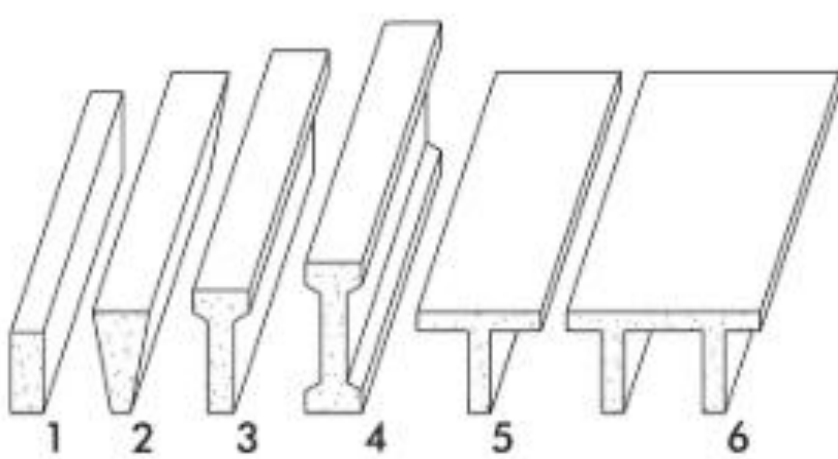


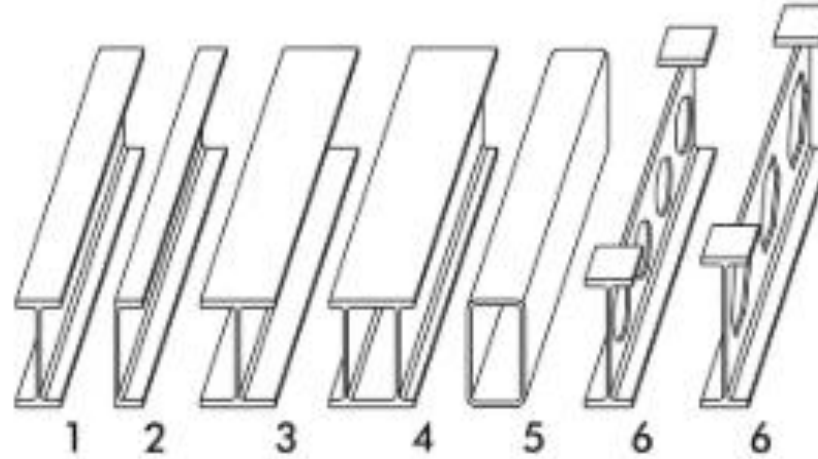
Diagrama de tensiones sección perfil normal IPN



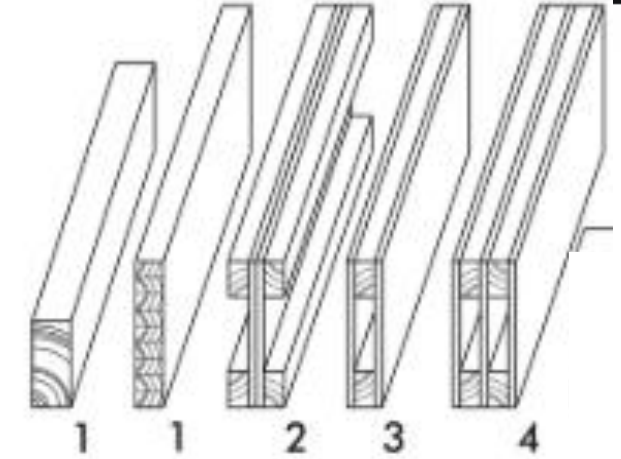
Formas de secciones para **FLEXIÓN**



1. VIGA RECTANGULAR
2. VIGA TRAPEZOIDAL
3. VIGA EN T
4. VIGA EN I
5. LOSA CON NERVIO
6. LOSA CON DOBLE NERVIO



1. VIGA EN DOBLE T (IPE)
2. VIGA EN U (UPN)
3. VIGA DOBLE T (HEB)
4. VIGA EN CAJÓN
5. VIGA DE PERFIL HUECO
6. VIGA ALVEOLAR (VIGA BOYD)

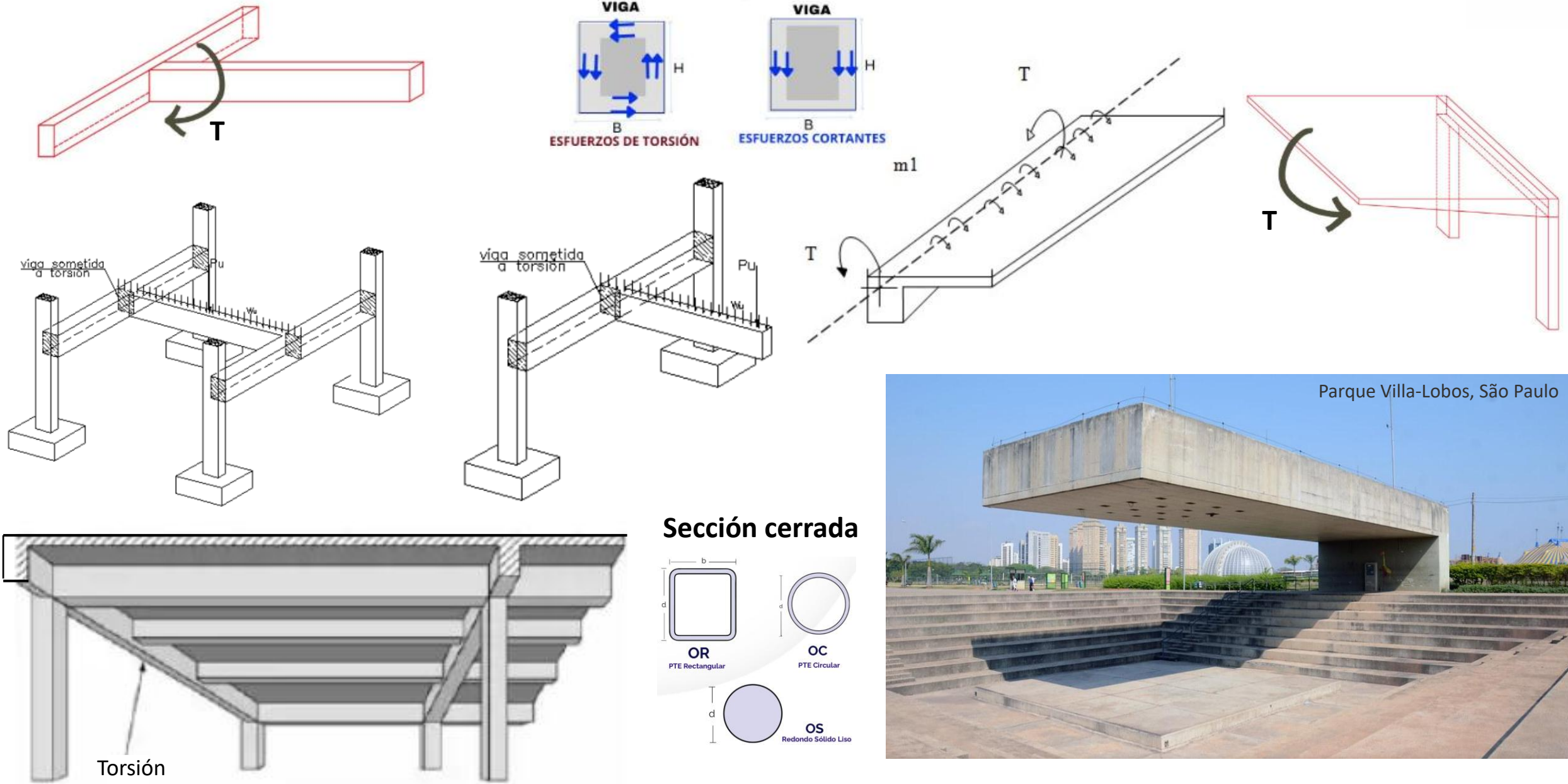


1. VIGA RECTANGULAR
2. VIGA DOBLE T
3. VIGA DE CAJA
4. VIGA DE DOBLE CAJA

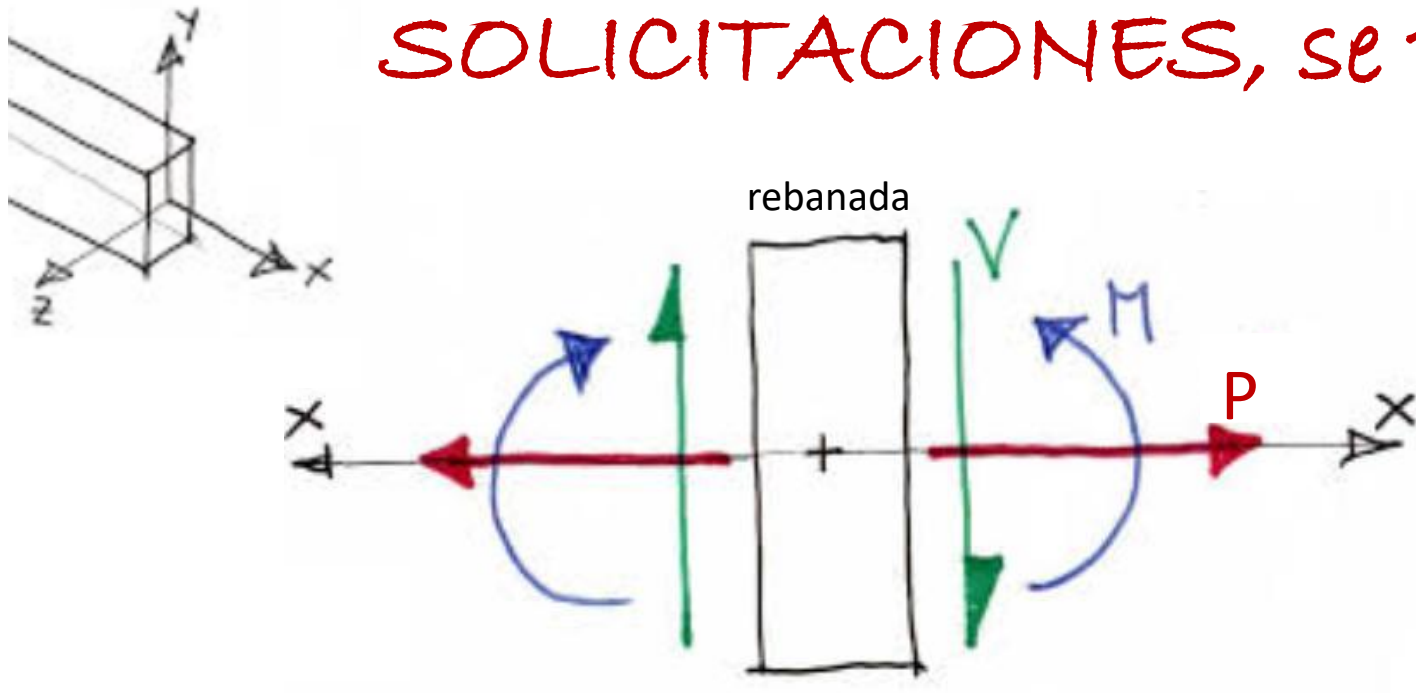




Solicitud de **TORSIÓN** en VIGA (T y V)



SOLICITACIONES, se pueden combinar



- COMPRESIÓN (-P)
- TRACCIÓN (P)
- FLEXIÓN (M)
- CORTE (V)
- TORSIÓN (T)

Zapata corrida



$P + M + V$

Columna



$P + M + V$

Viga y plano cubierta



$M + V$

Muro sismorresistente

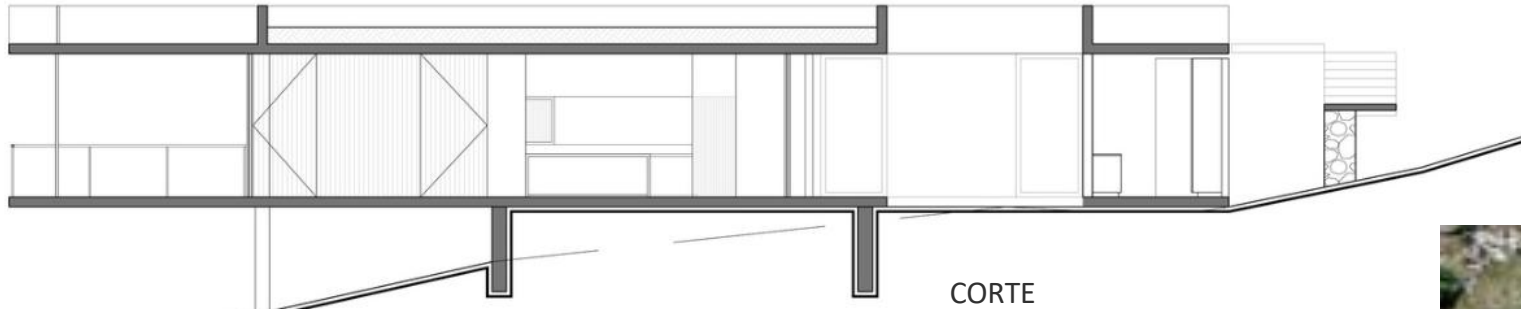


$P + V$

Unión articuladas



$P + V$



Obra: Casa do Bomba
Sotero Arquitetos
Brasil (2014)

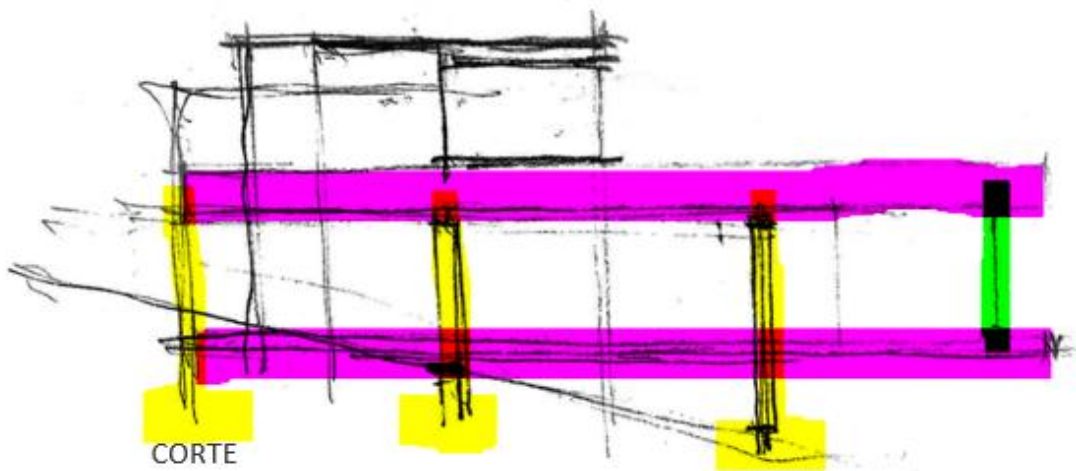
- ✓ Espacialidad
- ✓ Materialidad
- ✓ Diseño estructural
- ✓ Sección Optimizada





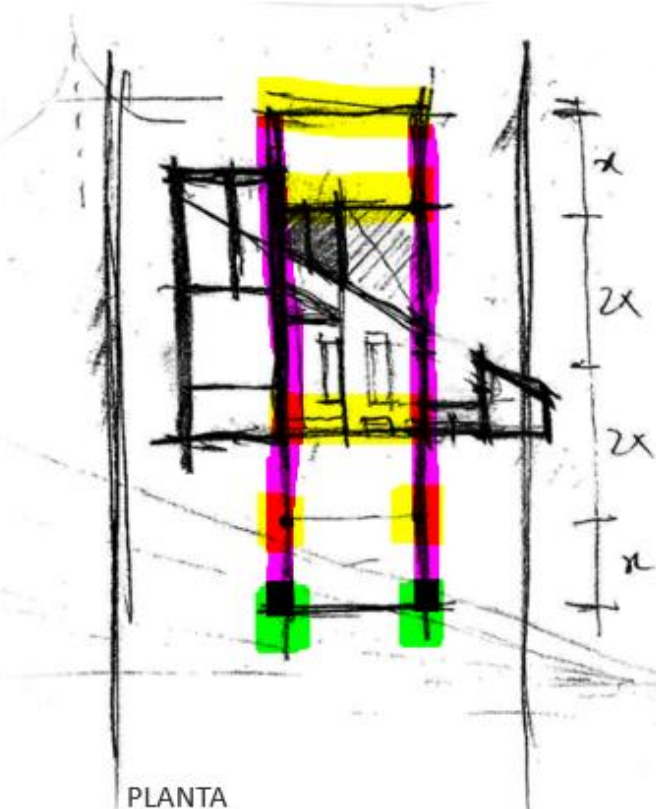
¿A qué SOLICITACIONES están
trabajando los elementos estructurales
de esta obra?

- Flexión (M+V)
- Compresión (-P)
- Tracción (P)

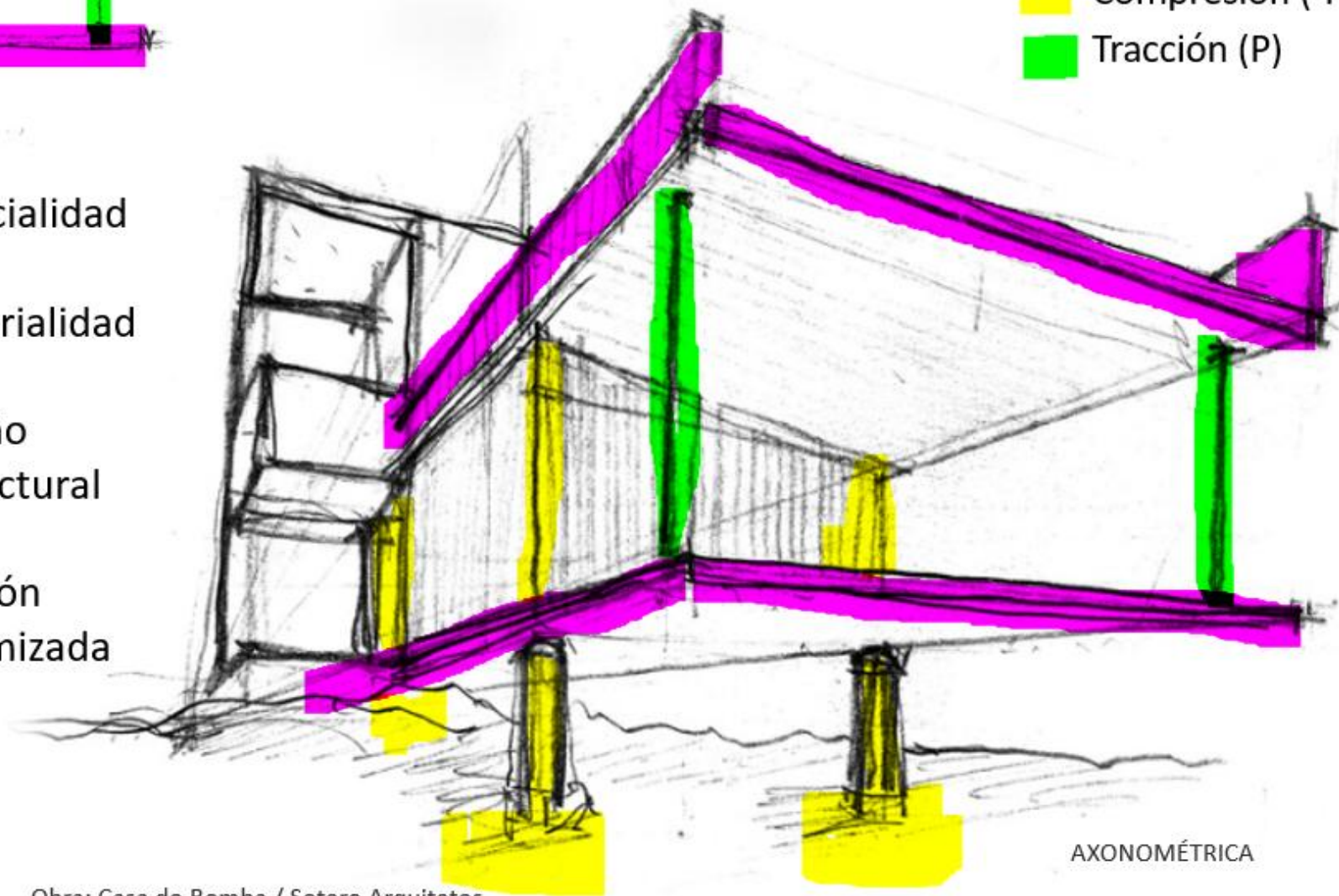


CORTE

- ✓ Espacialidad
- ✓ Materialidad
- ✓ Diseño estructural
- ✓ Sección Optimizada



PLANTA



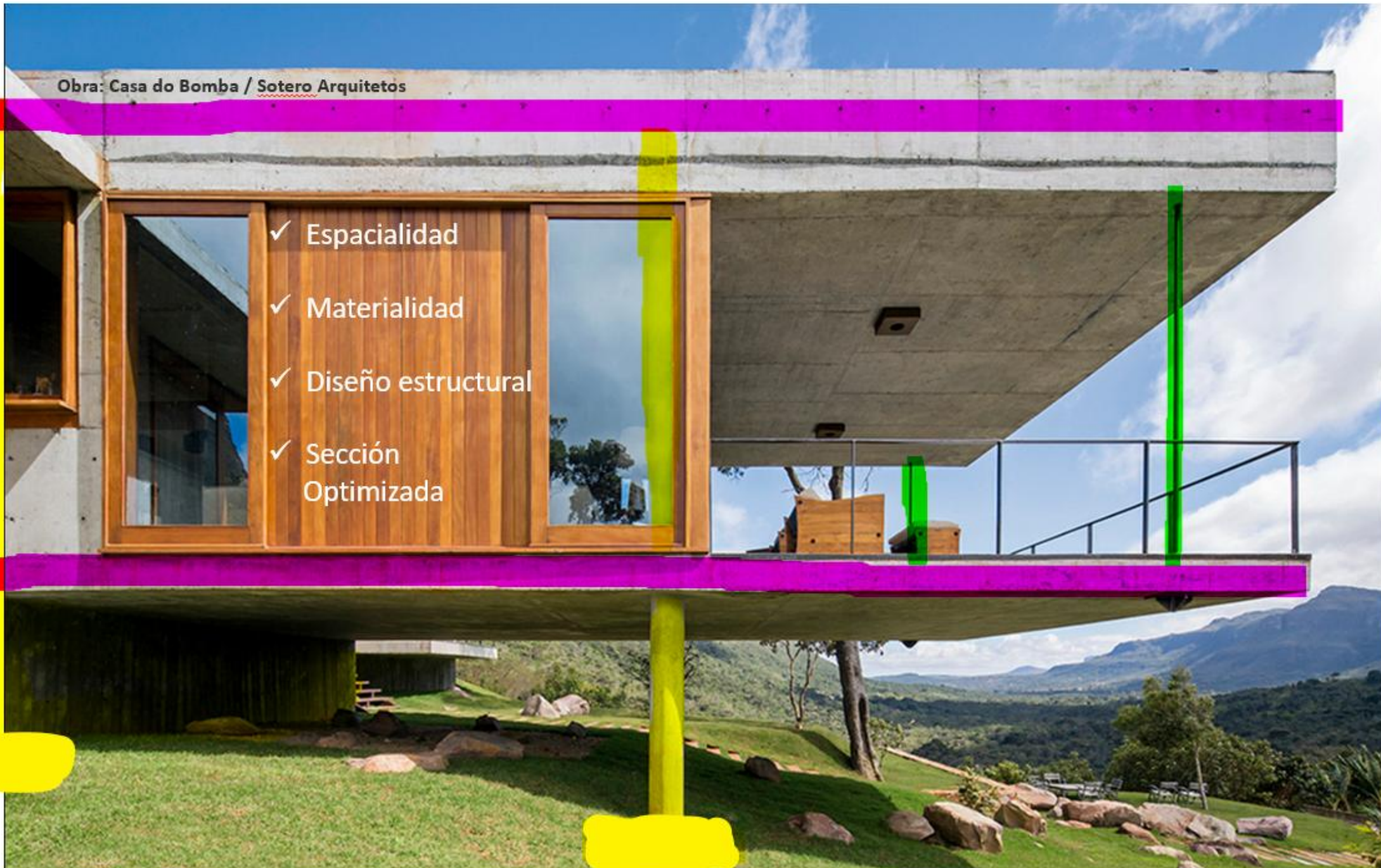
AXONOMETRICA

Obra: Casa do Bomba / Sotero Arquitectos

Obra: Casa do Bomba / Sotero Arquitetos

- ✓ Espacialidad
- ✓ Materialidad
- ✓ Diseño estructural
- ✓ Sección Optimizada

M+V
-P
P



SOLICITACIONES AXIALES: ¿cómo cuantificarlas?

$$-P = q \text{ (kg/m}^2\text{)} * \text{sup. Tributaria (m}^2\text{)}$$

-P

$$P = q \text{ (kg/m}^2\text{)} * \text{sup. Tributaria (m}^2\text{)}$$

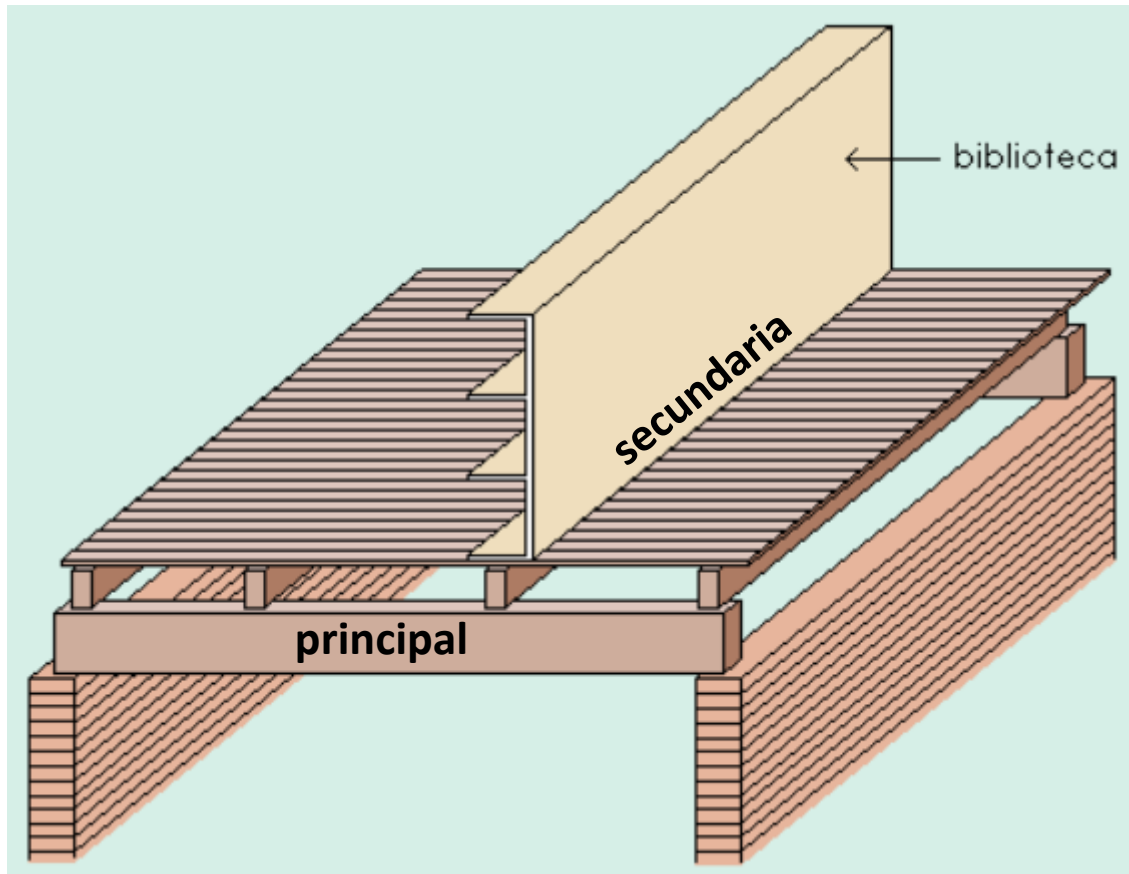
P



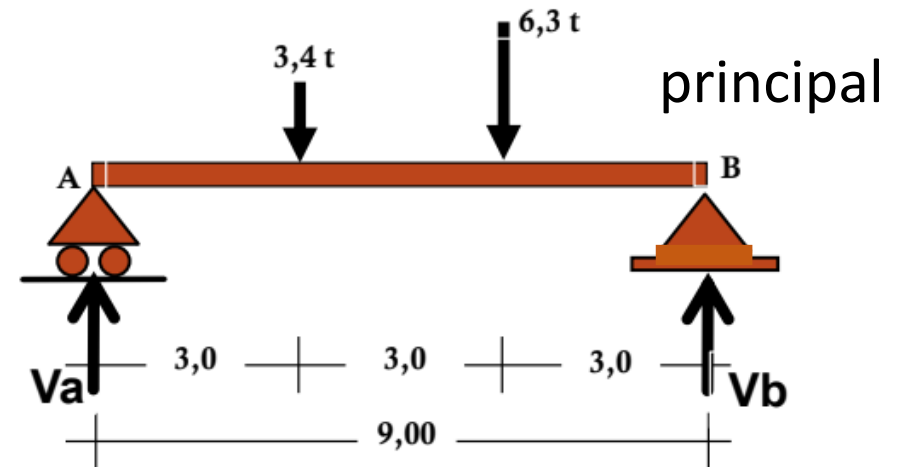
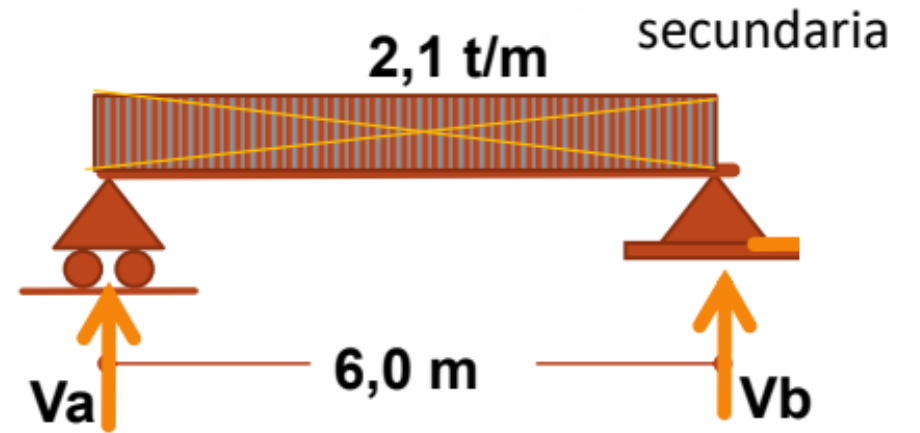
SOLICITACIONES de FLEXIÓN SIMPLE: *¿cómo cuantificarlas?*



Propuesta



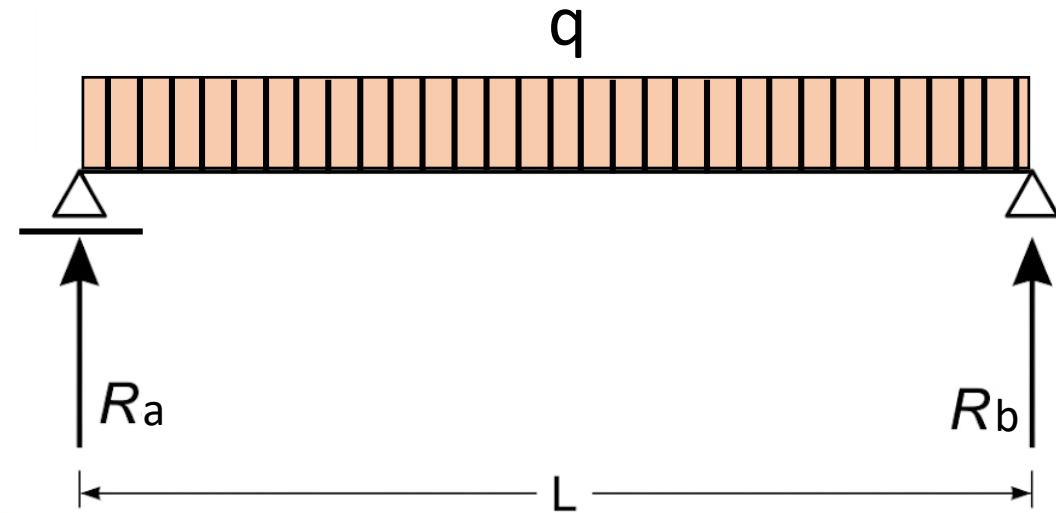
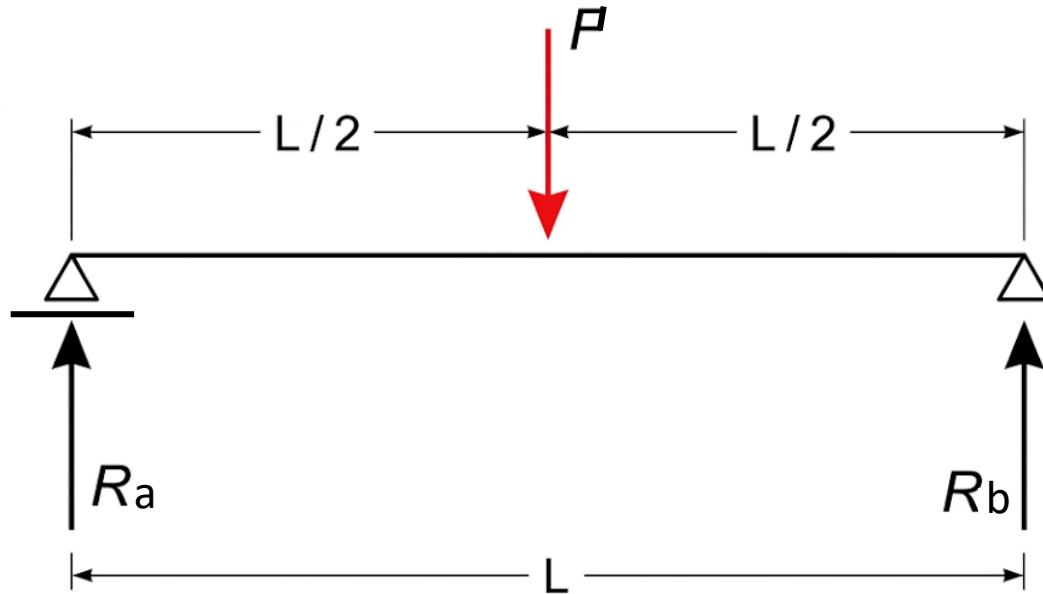
Esquemas de cargas



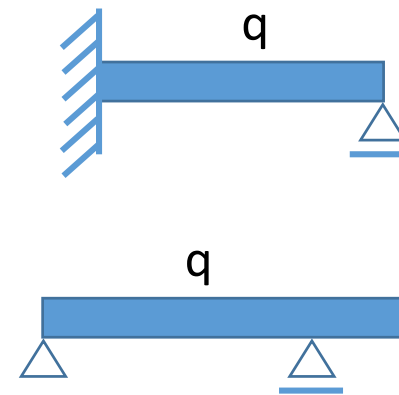
SOLICITACIONES de FLEXIÓN SIMPLE: *¿cómo cuantificarlas?*



Momento flector y Esfuerzo de Corte



- ✓ Tipo de carga: **P** (puntual) ó **q** (lineal)
- ✓ Tipo de vínculo: **Articulaciones móviles**
Articulaciones fijas
Empotramientos
- ✓ Condición de **continuidad estructural**

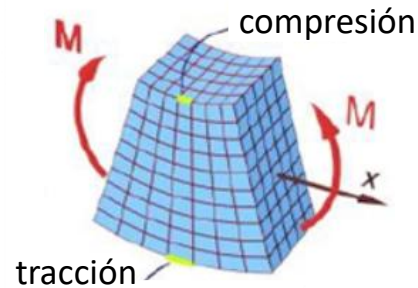
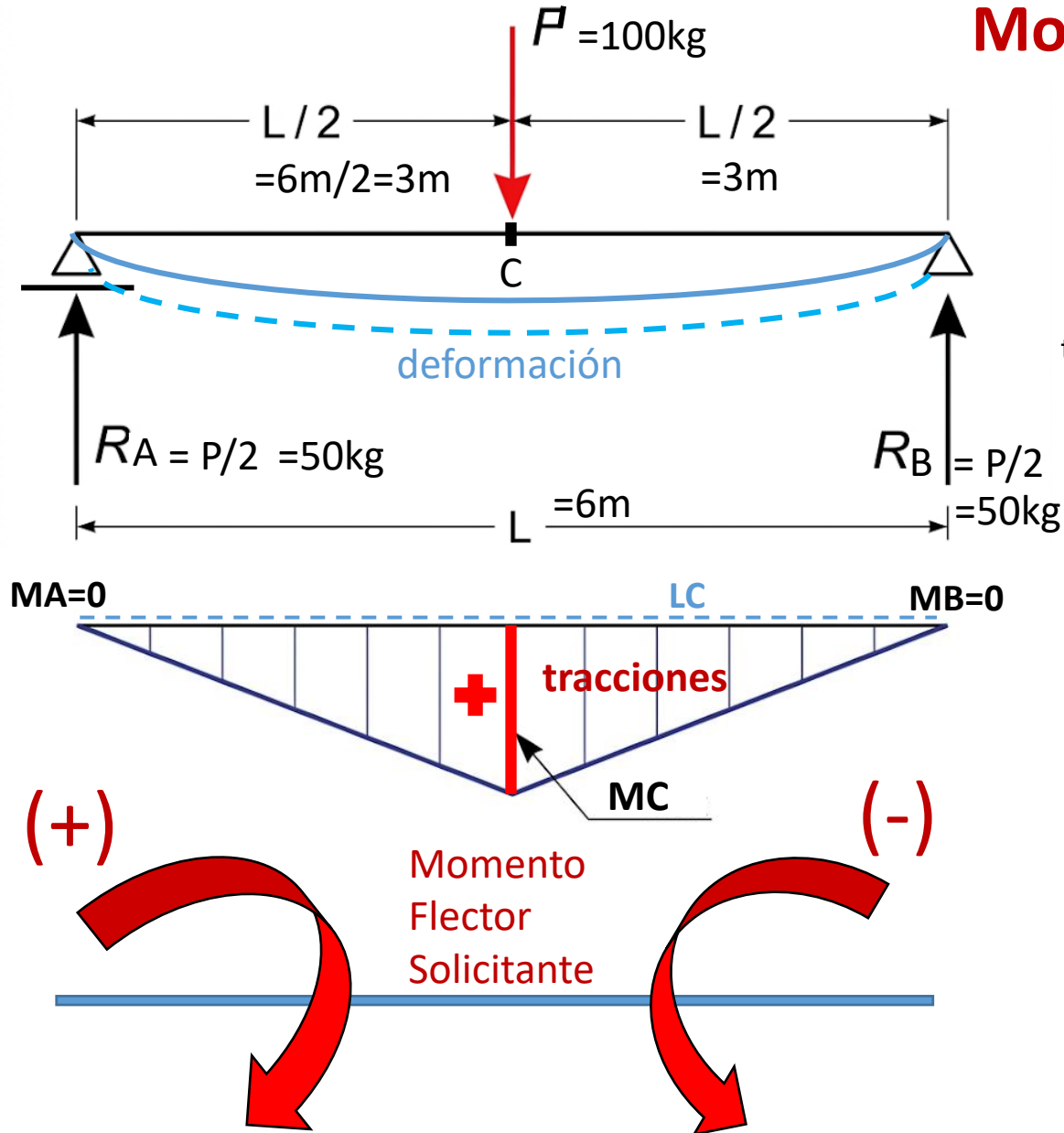


Existen **RESTRICCIONES AL GIRO** en las secciones de los APOYOS

SOLICITACIONES de FLEXIÓN SIMPLE: ¿cómo cuantificarlas?



Momento flector y Esfuerzo de Corte



MOMENTO = FUERZA x DISTANCIA

Apoyo A: articulación móvil

Apoyo B: articulación fija

MOMENTO FLECTOR actuante en una sección es la **SUMA DE LOS MOMENTOS** producidos por todas las fuerzas que se encuentran **A UN COSTADO DE DICHA SECCIÓN**.

MA=0 si nos ubicamos en la sección A y miramos para la izquierda no existen momentos, además el apoyo no lo genera

MB=0 si nos ubicamos en la sección B y miramos para la derecha no existen momentos, además el apoyo no lo genera

MC=? nos ubicamos en la sección C y miramos para la izquierda y si existen momentos:

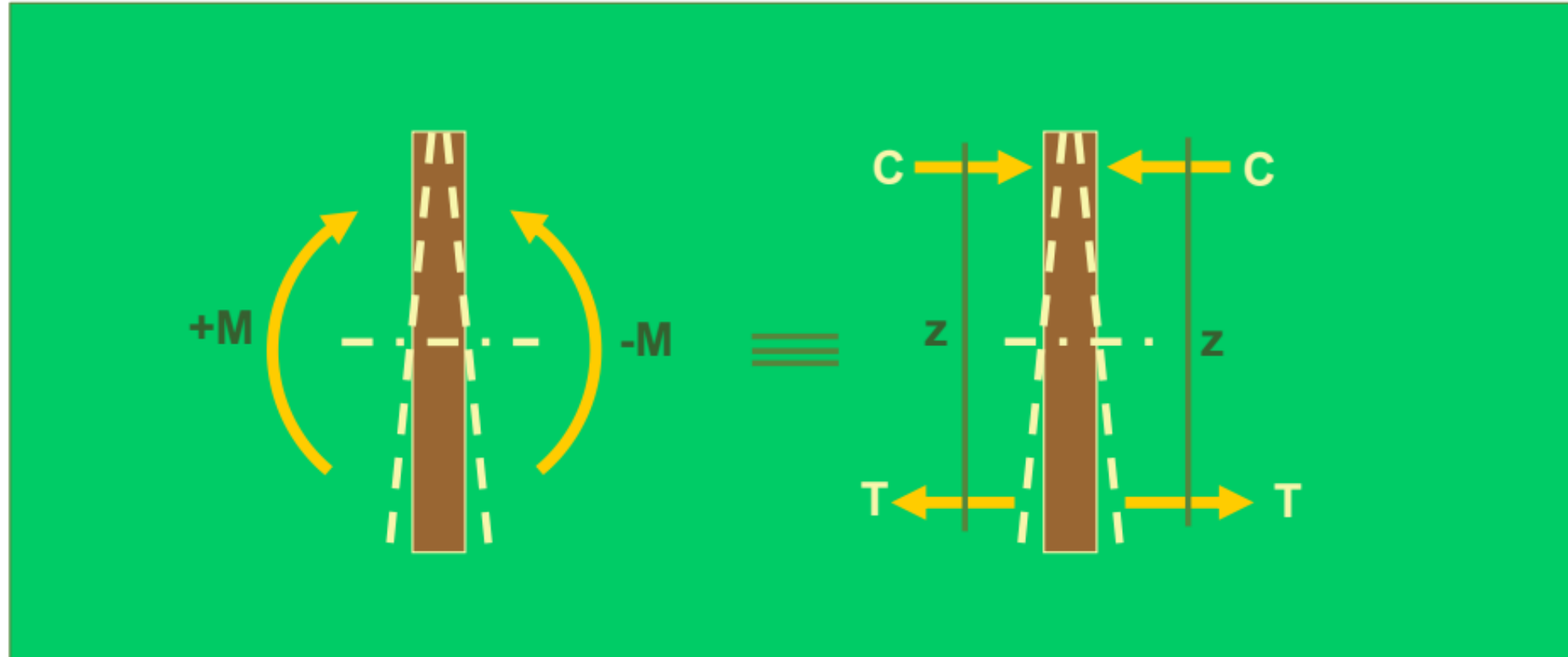
$$MC = F * D = P/2 * L/2 = 50\text{kg} * 3\text{m} = 150\text{ kgm}$$

Y si miramos a la derecha de C

$$MC = -50\text{kg} * 3\text{m} = -150\text{ kgm}$$

¡Equilibrio!

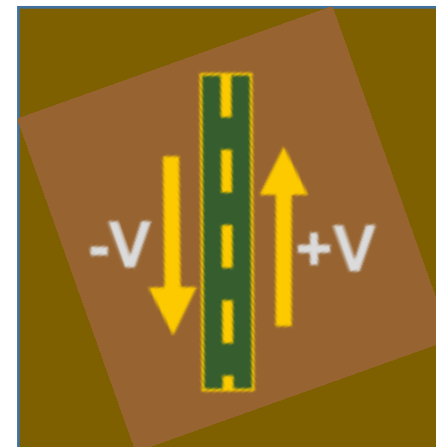
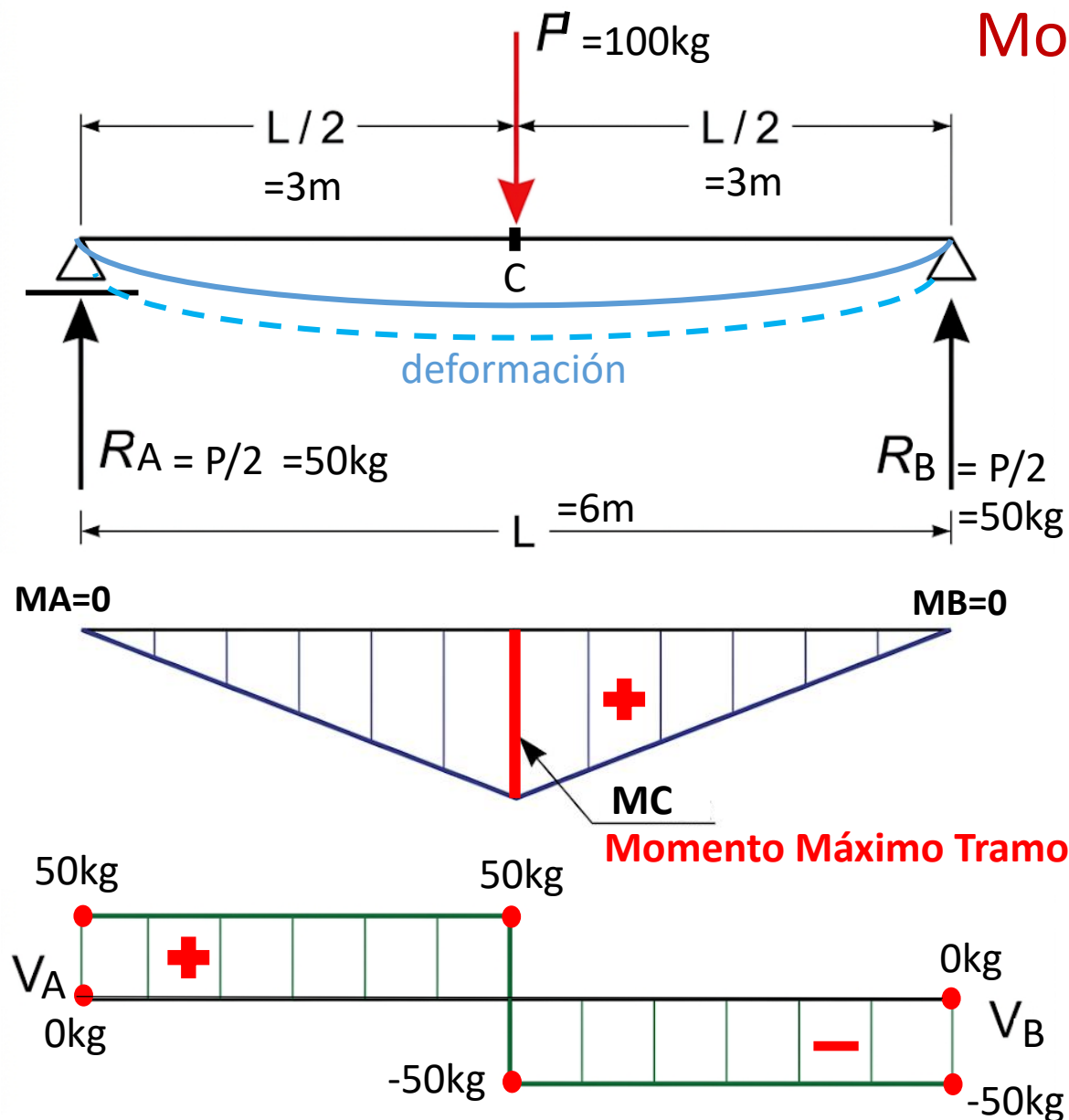
Encontrando el sentido del momento resultante a uno y otro costado de la sección, podemos conocer qué fibras están comprimidas o qué fibras están traccionadas.



SOLICITACIONES de FLEXIÓN SIMPLE: ¿cómo cuantificarlas?



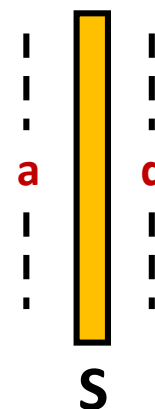
Momento flector y Esfuerzo de Corte



CORTE = SUMATORIA de FUERZAS
(paralelas a la sección)

Identifico **SECCIONES SIGNIFICATIVAS** de la viga para ubicarme en esa sección y obtener el esfuerzo de corte.

ESFUERZO DE CORTE actuante en una sección es la **SUMA DE LAS PROYECCIONES DE TODAS LAS FUERZAS** que se encuentran **A UN COSTADO DE LA MISMA**, sobre un plano paralelo a la sección.



Siempre miro al mismo lado ej: izquierda

$$V_{Aa} = 0\text{kg}$$

$$V_{Ad} = 50\text{kg}$$

$$V_{Ca} = 50\text{kg}$$

$$V_{Cd} = 50\text{kg} - 100\text{kg} = -50\text{kg}$$

$$V_{Ba} = -50\text{kg}$$

$$V_{Bd} = -50\text{kg} + 50\text{kg} = 0\text{kg}$$

S:sección

a:antes

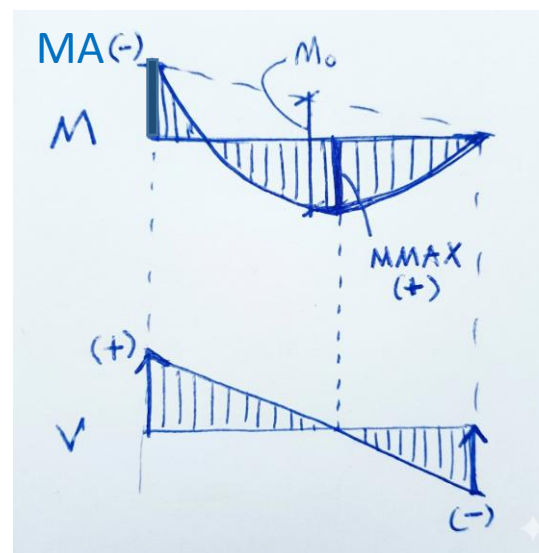
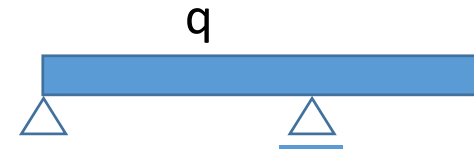
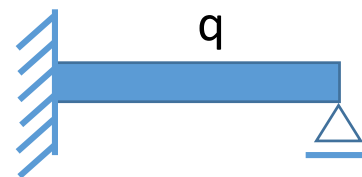
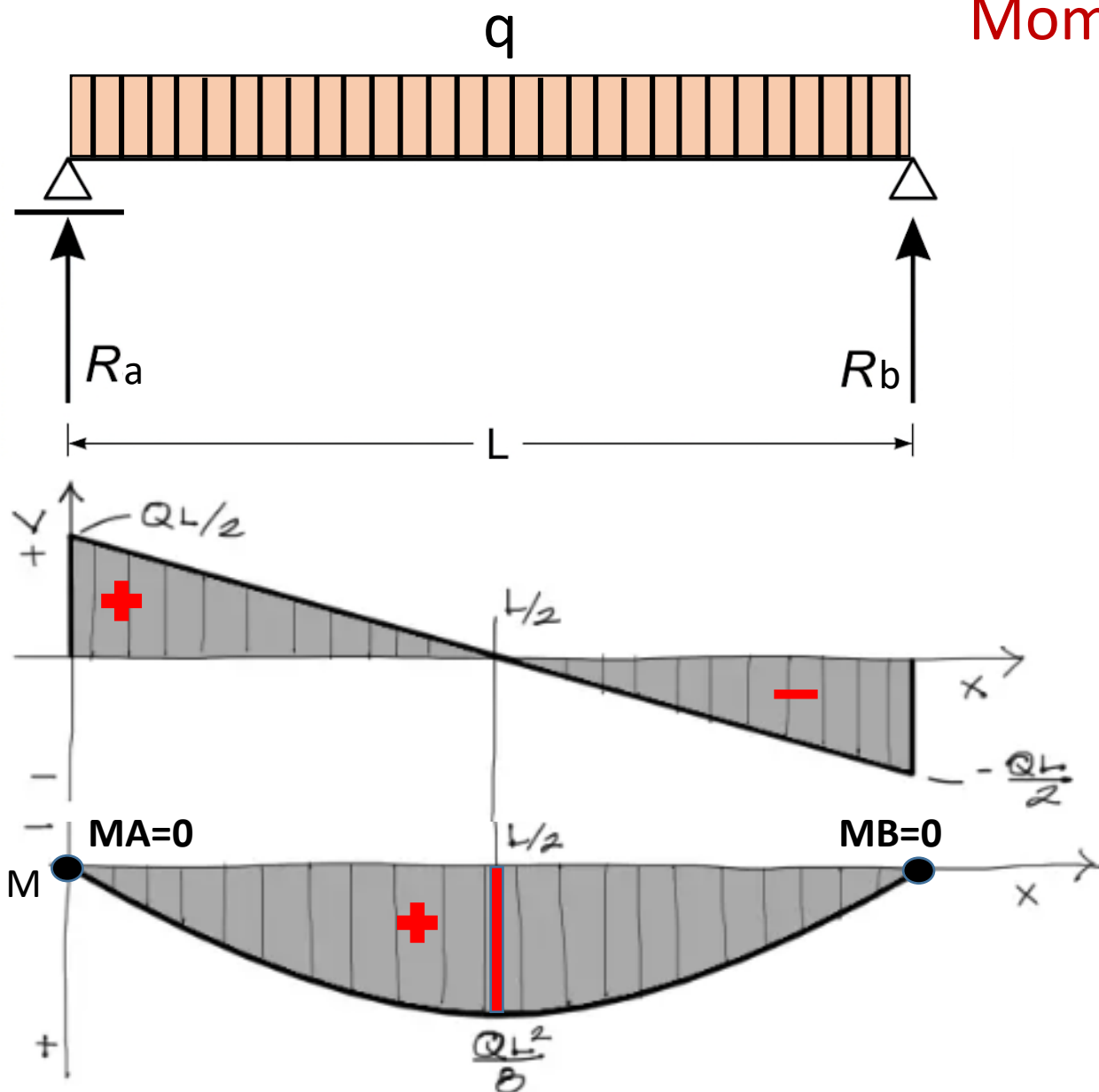
d:después

¡Equilibrio!

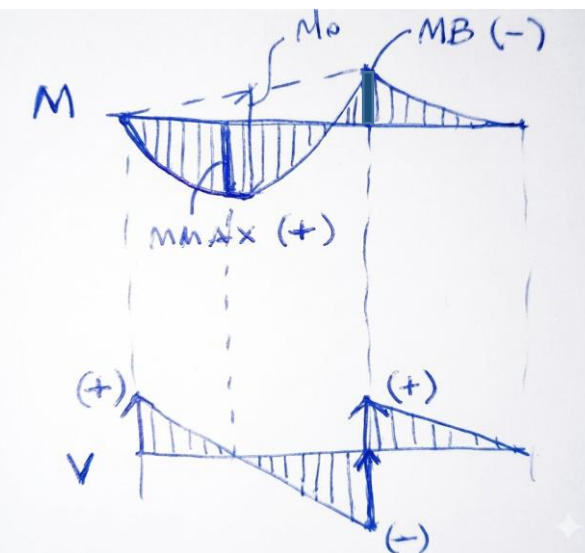
SOLICITACIONES de FLEXIÓN SIMPLE: ¿cómo cuantificarlas?



Momento flector y Esfuerzo de Corte



✓ Tipo de vínculo:
Articulaciones móviles
Empotramientos

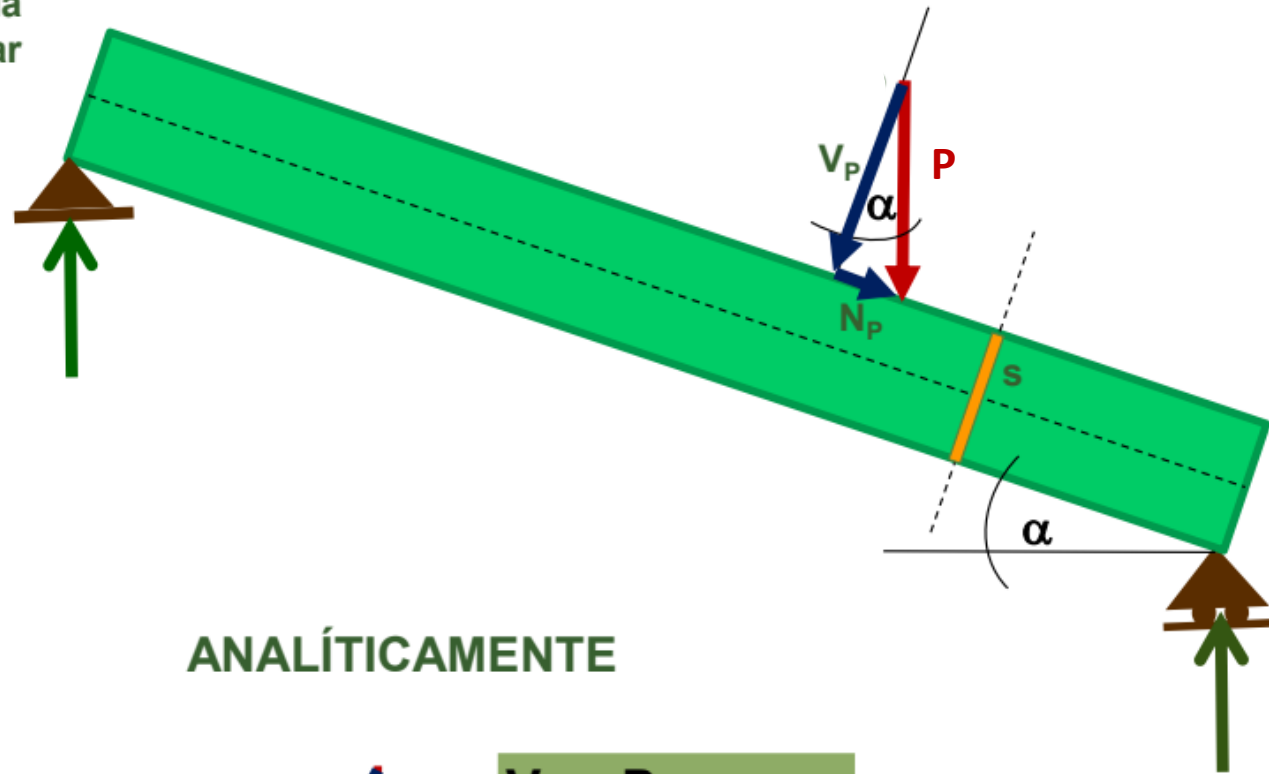


✓ Condición de
continuidad estructural

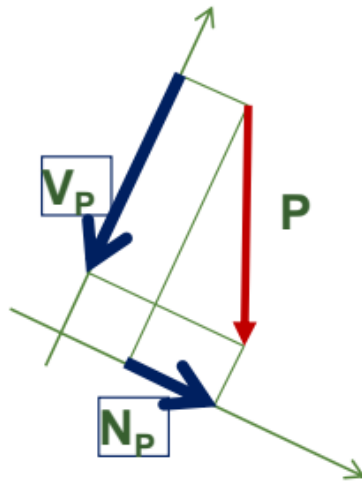
Proyección de una fuerza en un sistema de ejes ortogonales



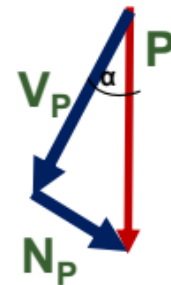
Se quiere proyectar la fuerza P sobre dos ejes : uno paralelo a la sección s y el otro perpendicular a la misma sección.



GRÁFICAMENTE



ANALÍTICAMENTE



$$V_p = P \cos \alpha$$

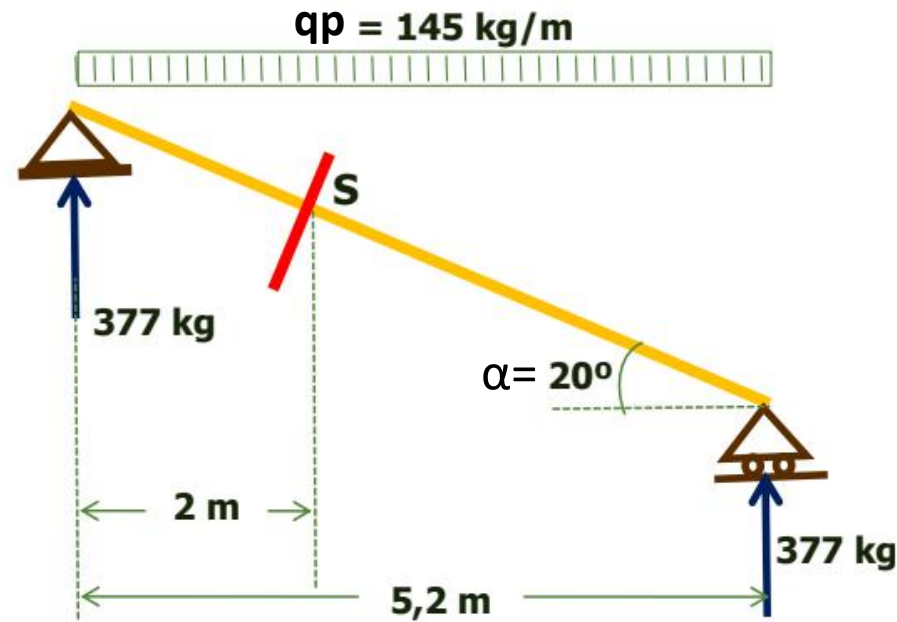
Proyección PARALELA A LA SECCION $\equiv$ **ESFUERZO DE CORTE**

$$N_p = P \cdot \text{sen } \alpha$$

Proyección PERPENDICULAR A LA SECCION $\equiv$ **ESFUERZO NORMAL**

Determinación de la sollicitación de corte en una sección cualquiera

Situación REAL



Para el cálculo de Reacciones:

$$q_p = q / \cos \alpha$$

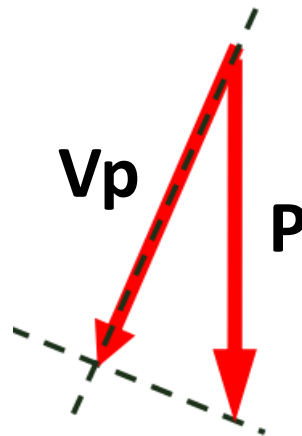
$$q_p = 137 / \cos 20^\circ$$

$$q_p = 145 \text{ kg/m}$$

P = RESULTANTE

$$P = 145 \text{ kg/m} * 5,2 \text{ m}$$

$$P = 754 \text{ kg}$$



Para el cálculo de Esfuerzo de Corte:

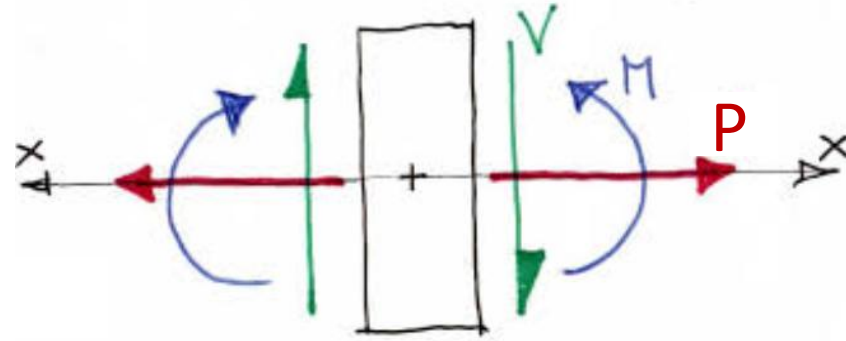
$$V_p = P \cos \alpha$$

Proyección PARALELA A LA SECCION $\equiv$ **ESFUERZO DE CORTE**

$$V_p = (145 \text{ kg/m} * 5,2 \text{ m}) * \cos 20^\circ$$

$$V_p = 708,53 \text{ kg}$$

SINTESIS



✓ El **MOMENTO FLECTOR** en una sección es la **SUMA DE LOS MOMENTOS** de TODAS las fuerzas que están a UN COSTADO de la sección, (mide el esfuerzo que esas fuerzas hacen para flexionar la barra en esa sección, por eso es DIFERENTE en cada punto).

✓ El **ESFUERZO de CORTE** en una en una sección es la **SUMA DE LAS PROYECCIONES en un PLANO PARALELO A LA SECCION** de TODAS las fuerzas que están a UN COSTADO de la misma , (mide el esfuerzo que esas fuerzas hacen para cortar la barra en esa sección, por eso es DIFERENTE en cada punto).

✓ El **ESFUERZO de NORMAL** en una en una sección es la **SUMA DE LAS PROYECCIONES en un PLANO PERPENDICULAR A LA SECCION** de TODAS las fuerzas que están a UN COSTADO de la misma , (mide el esfuerzo que esas fuerzas hacen para acortar o estirar la barra en esa sección, por eso es DIFERENTE en cada punto).

LOS ESFUERZOS INTERNOS SON DISTINTOS EN CADA PUNTOS O SECCION DE LA BARRA



SINTESIS VIGAS INCLINADAS

✓ El **MOMENTO FLECTOR** se calcula igual que en barras horizontales. Tener en cuenta siempre medir las distancias perpendiculares al eje de la fuerza.

✓ El **ESFUERZO de CORTE** se calcula con las **PROYECCIONES DE LAS FUERZAS** en un plano **PARALELO** a la sección.

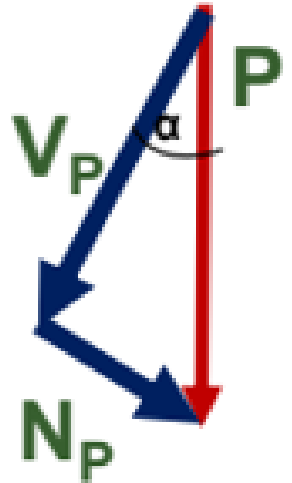
$V_p = \sum P * \cos \alpha$ en vigas inclinadas o cargas inclinadas

$V_p = \sum P$ cuando la carga ya sea paralela a la sección

✓ El **ESFUERZO NORMAL** (COMPRESION O TRACCION) se calcula con las **PROYECCIONES DE LAS FUERZAS** en un plano perpendicular a la sección

$V_p = \sum P * \sin \alpha$ en barras inclinadas o cargas inclinadas

$V_p = \sum P$ cuando la carga sea perpendicular a la seccion



SINTESIS de los DIAGRAMAS

- ✓ El grafico de **Esfuerzos de Corte y Momento Flector** representa todos los esfuerzos de la barra y permite ver donde estos son máximos. Estos valores MAXIMOS son necesarios para definir material y dimensiones de la sección.
- ✓ Donde el Esfuerzo de Corte cambia de signo el Momento Flector es máximo.
- ✓ El diagrama de **Momento Flectores** se grafica del lado de la fibra traccionada.
- ✓ Es importante definir cuales son las **secciones o puntos notables** para que calculando esos valores se pueda realizar todo el diagrama.

