UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE ARQUITECTURA

DISEÑO ESTRUCTURAL II

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS EN FLEXION

Madera – acero – hormigón armado

Dr. Ing. Gonzalo Torrisi

Dimensionamiento

- Dimensionar es darle dimensiones a las secciones si son de madera, asignar un perfil si es sección de acero y calcular la cantidad de acero necesaria si es hormigón armado.

DIMENSIONAMIENTO

RESISTENCIA

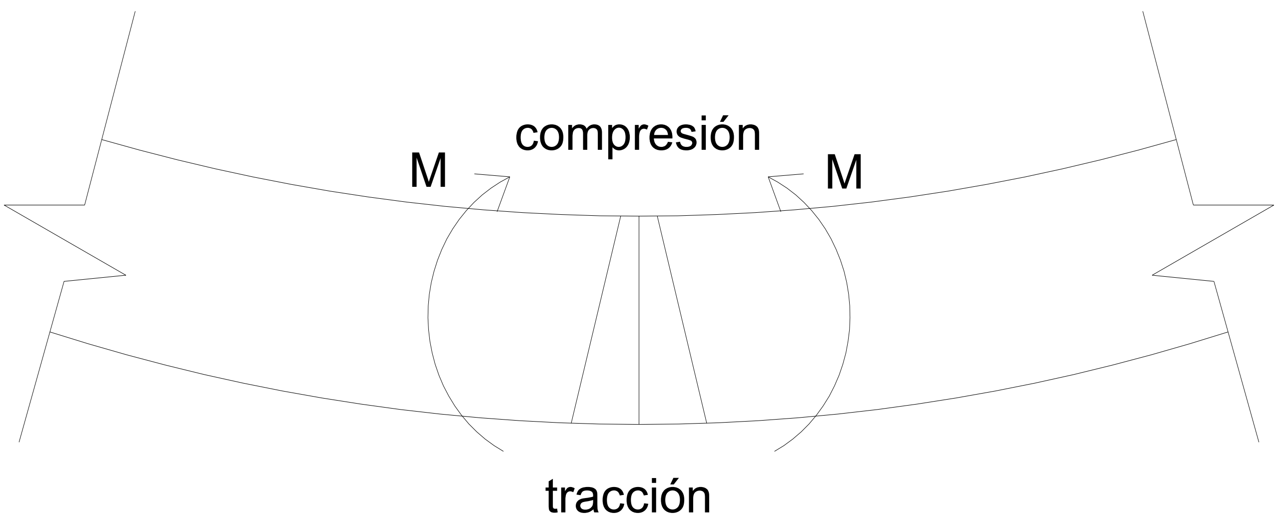
Soportar las solicitaciones externas. Para acero y hormigón armado en estado último y para madera en estado de servicio.

DEFORMACION

Limitar las deformaciones por confort y servicialidad. En todos los casos en estado de servicio

Dimensionamiento Por Resistencia
Madera

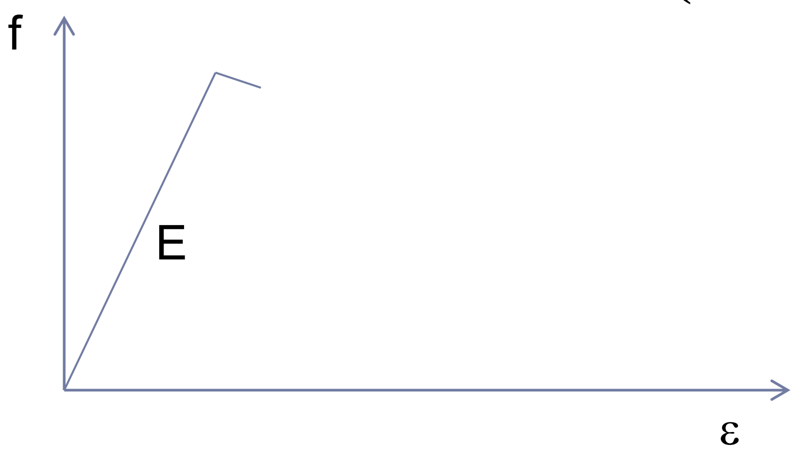
- Las solicitaciones externas de flexión generan deformaciones de compresión y tracción dentro de la sección.



Dimensionamiento Por Resistencia Madera

- Con las deformaciones en la sección, mediante la ley de Hooke se pueden calcular las tensiones en la sección.

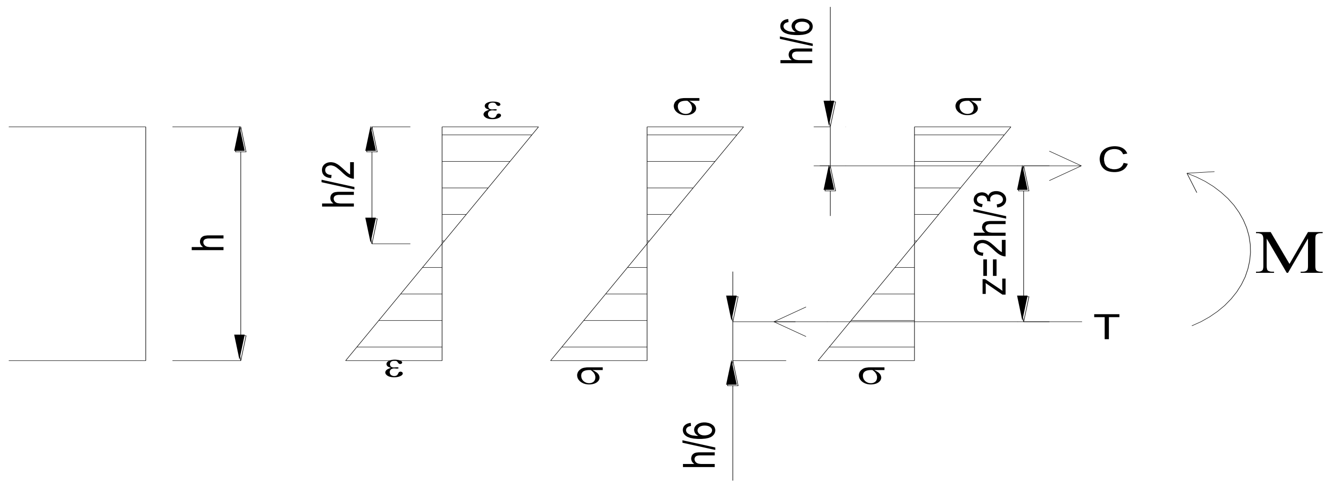
$$f=E\varepsilon \quad (o\ \sigma=E\varepsilon)$$



Donde E es el modulo de elasticidad y e la deformación especifica

Dimensionamiento Por Resistencia
Madera

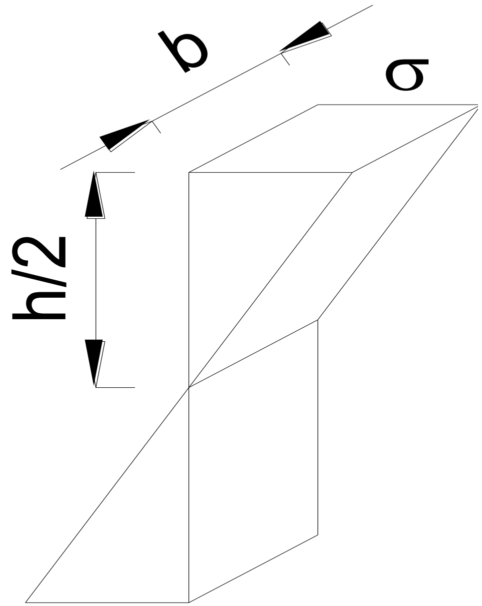
- La distribución de tensiones en la sección es similar a la distribución de deformaciones en la sección ya que la sección se encuentra en rango elástico y el factor de proporcionalidad es E.



La linea imaginaria por donde se cruzan las tensiones de compresión y de tracción se denomina EJE NEUTRO ya que no posee tensiones y se encuentra en general en el baricentro de la sección.

Dimensionamiento Por Resistencia
Madera

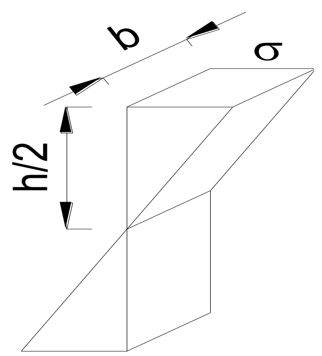
- Si se integra el volumen de tensiones en la sección se puede obtener la resultante de fuerzas de compresión «C» y de tracción «T» y el punto de aplicación de las mismas (baricentro del triangulo).



Dimensionamiento Por Resistencia
Madera

- El valor de la fuerza C debe ser igual al valor de la fuerza T ya que la sumatoria de fuerzas en X dice que la resultante debe ser nula. T=C

$$T = C = b\frac{h}{2}\frac{1}{2}\sigma = \sigma\frac{bh}{4}$$



Por sumatoria de momentos en la sección, el momento externo «M» debe ser soportado por las tensiones generadas en la sección (cupla interna).
M=Cz=Tz, siendo z la distancia entre las fuerzas de tracción y compresión.

Dimensionamiento Por Resistencia
Madera

$$M = Tz = T\frac{2}{3}h = \sigma\frac{bh}{4}\frac{2}{3}h = \sigma\frac{bh^2}{6}$$

Pero si recordamos las propiedades de las secciones:

$$\left.\begin{aligned} A &= bh \\ W &= \frac{bh^2}{6} \\ I &= \frac{bh^3}{12} \end{aligned}\right\} \text{Por lo que queda} \qquad M = \sigma W$$

O lo que es lo mismo

Momento admisible de la sección: $M=\sigma_{adm}W$

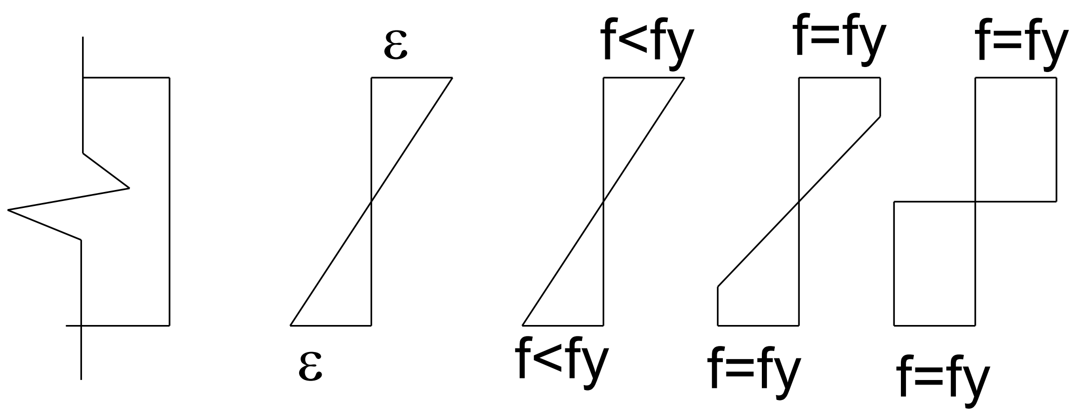
Modulo resistente necesario: $W=M/\sigma_{adm}$

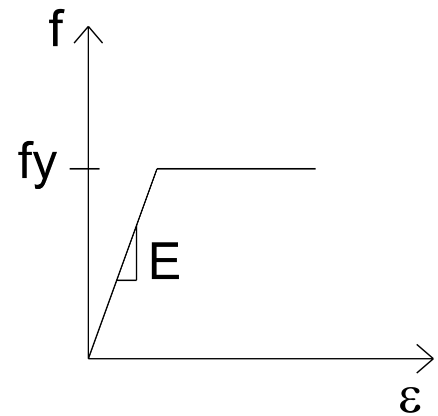
Tensión de trabajo: $\sigma = M / W \leq \sigma_{adm}$

Dimensionamiento Por Resistencia

Acero

- El dimensionado en Acero es similar al de madera, sin embargo el momento actuante surge de combinaciones en estado último y por lo tanto las tensiones no son admisibles.





Dimensionamiento Por Resistencia

Acero

- Si se integra el volumen de tensiones en la sección se puede obtener la resultante de fuerzas de compresión «C» y de tracción «T» y el punto de aplicación de las mismas (baricentro del rectangulo).

$$T = C = b\frac{h}{2}f = f\frac{bh}{2}$$

$$M = Tz = T2\frac{1}{4}h = f\frac{bh}{2}\frac{1}{2}h = f\frac{bh^2}{4}$$

Pero si recordamos las propiedades de las secciones:

$Z = \frac{bh^2}{4}$ Módulo plástico de la sección, Por lo que queda $M = fZ$

Dimensionamiento Por Resistencia

Acero

- Y las ecuaciones de diseño son:

Momento Nominal de la sección: $M_n = Zf_y$

Modulo plástico necesario: $Z = \frac{M_u}{\emptyset f_y}$

Tensión de trabajo: $f = \frac{M_u}{\emptyset Z} \leq f_y$

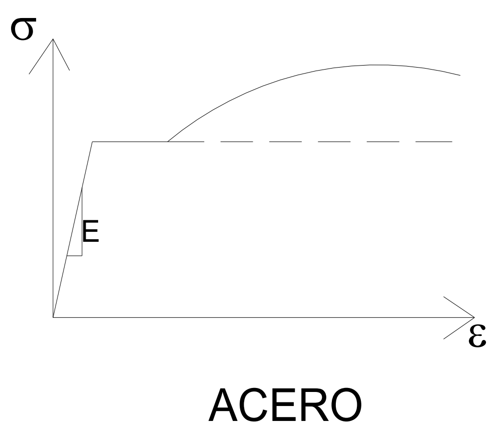
RECORDEMOS SIEMPRE LA ECUACION FUNDAMENTAL DE DISEÑO EN ESTRUCTURAS DE ACERO Y HORMIGÓN ARMADO EN ESTADO ULTIMO.

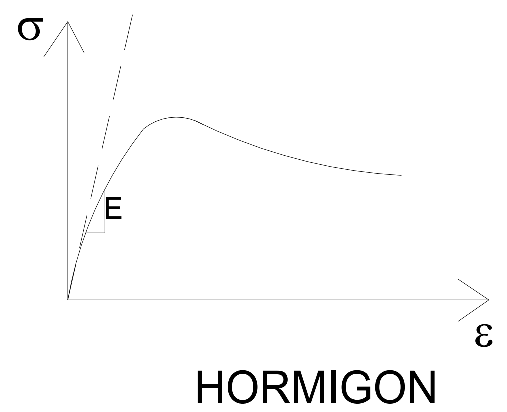
$$M_u \leq M_d = \emptyset M_n$$

Con ϕ=0.9 por ser fluencia de acero en tracción.

Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

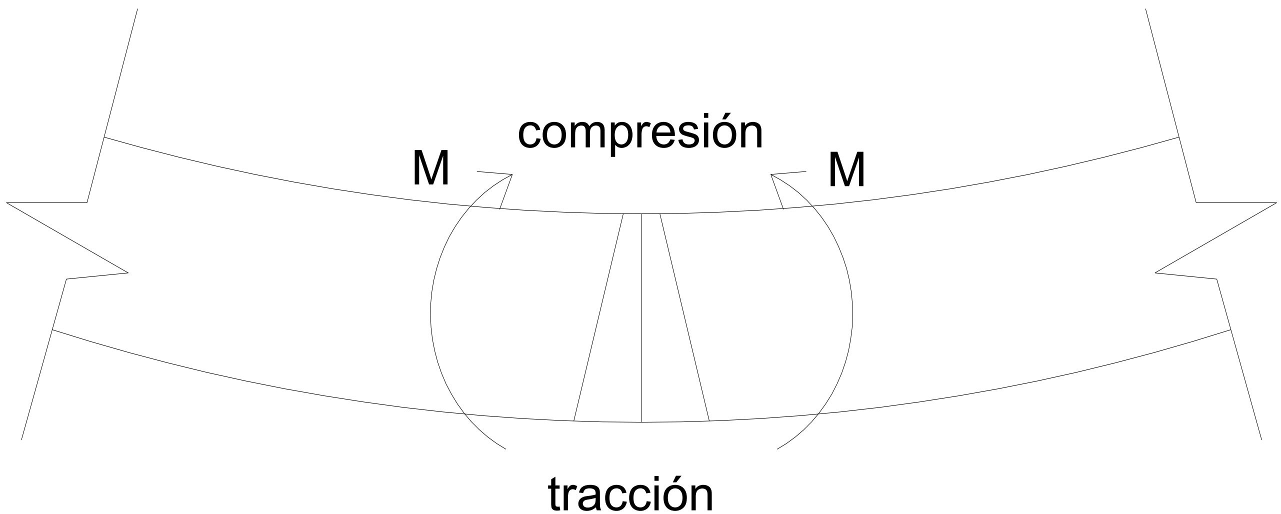
- El dimensionado de la armadura en hormigón armado difiere un poco de los anteriores debido a que existen ahora dos materiales trabajando en conjunto y uno de ellos solo resiste a compresión.





Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

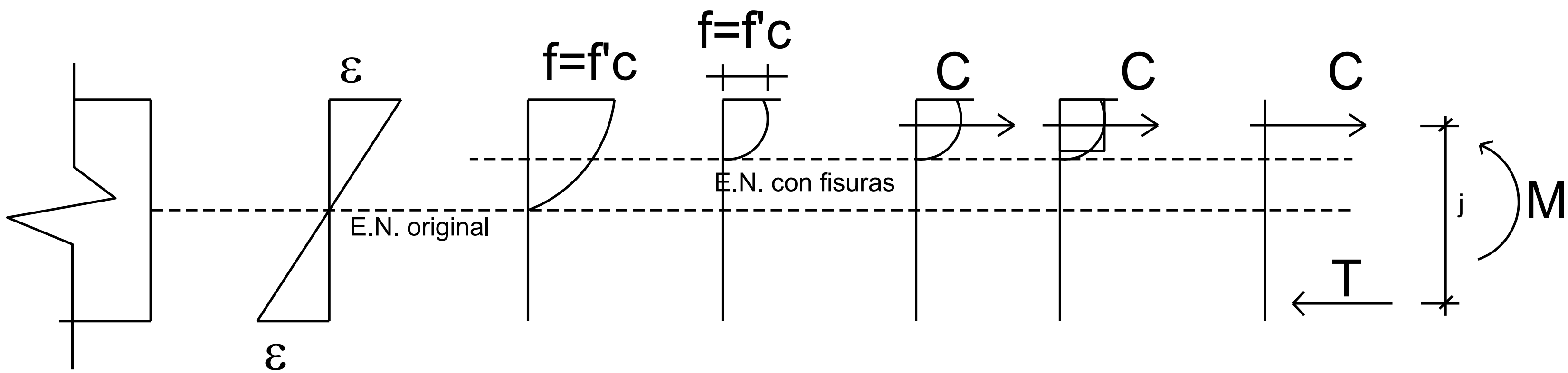
- Las solicitaciones externas de flexión generan deformaciones de compresión y tracción dentro de la sección.



Si bien el perfil de deformaciones en la sección sigue siendo el mismo en un principio, dado que el hormigón es incapaz de soportar tensiones de tracción, la sección comienza a fisurarse en esa zona.

Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

En este caso, el eje neutro comienza a subir por efecto de las fisuras que separan la sección en la zona traccionada



Por equilibrio T=C. además, la fuerza T actúa donde se encuentra el baricentro de la armadura traccionada y C actúa en el baricentro de un rectángulo ficticio de igual área que la zona comprimida real. Aproximadamente, y con error muy bajo, la fuerza C actúa a la misma distancia que la fuerza T pero en la zona de compresión, o sea, donde se encuentra la armadura comprimida.

Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

La distancia a la que actúa T se denomina d_1

$d_1 = r + \phi_e + \phi_l/2$

Siendo
r= recubrimiento de hormigón hasta el estribo, para vigas y columnas r=2cm (Reglamento)
ϕ_e = diámetro del estribo, en general 6mm como diámetro mínimo.
ϕ_l = diámetro de la armadura longitudinal (estimativo)

Por lo que la distancia entre las fuerzas T y C en la sección serían:

$j = h - d_1 - d_1 = h - 2d_1 = d - d_1$, con $d = h - d_1$

por lo que Mu=Tj por equilibrio

Peor T esta dada por la armadura de tracción (A_s) multiplicada por la tensión de fluencia del acero (f_y) ya que esta en estado último.

Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

Por lo tanto, $M_u = A_s f_y j$

Y por la ecuación de diseño que $M_u = M_d = \phi M_n$, entonces

$$A_s = \frac{M_n}{j f_y} = \frac{M_u}{\emptyset j f_y} = \frac{M_u}{0.9(h - 2d_1) f_y}$$

A los efectos prácticos, si r=2cm, ϕ_e=0.6cm y ϕ_l=1.2cm, entonces d_1=2+0.6+1.2/2=3.2 cm, que se puede tomar como 3.5cm y luego se verificara.

Reglamentariamente, la armadura colocada no puede ser menor que un mínimo para evitar una falla frágil, este mínimo es

$A_s = 0.0033\ b(h - d_1)$

Dimensionamiento Por Resistencia
Hormigón Armado

Ancho necesario b

n=número de barras longitudinal

ϕ_b=diámetro de la barra longitudinal

s_b=separación entre barras longitudinales (2.5cm)

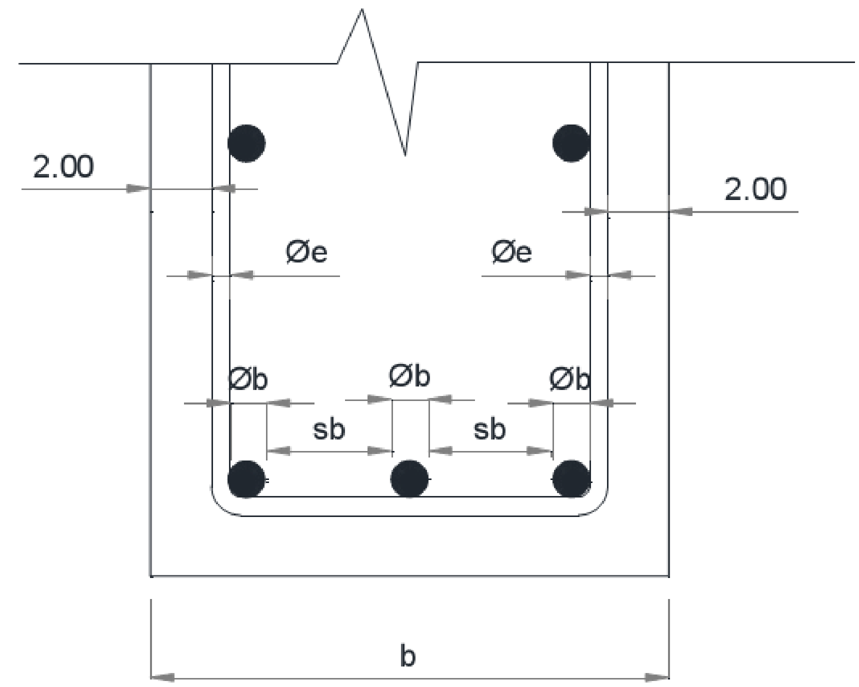
ϕ_e=diámetro del estribo

El ancho mínimo del elemento estructural debe ser tal que

$$b > n\emptyset_b + (n-1)s_b + 2x2 + 2\emptyset_e$$

$$b > n(\emptyset_b + 2.5) + 2\emptyset_e + 1.5$$

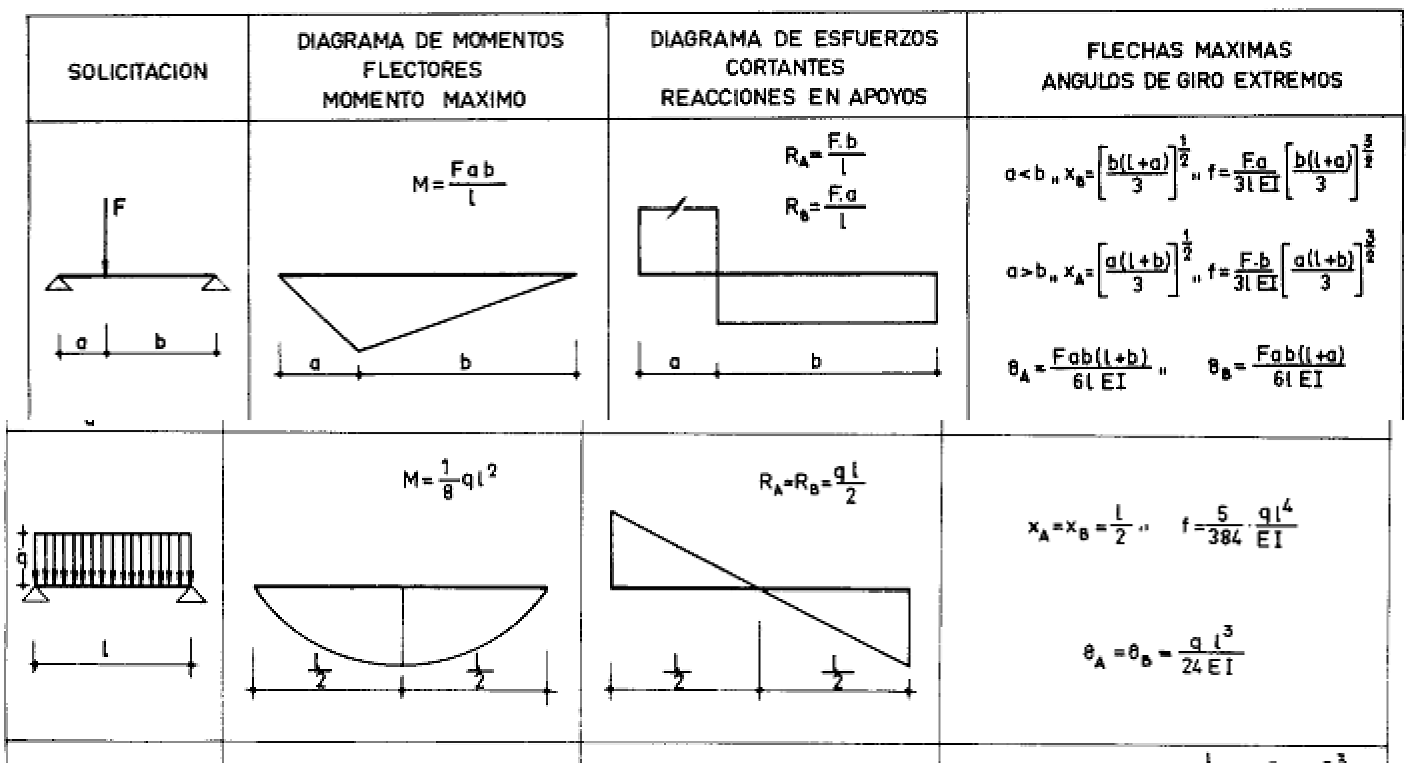
$$\emptyset_e minimo = \frac{\emptyset_b}{3}$$



Dimensionamiento Por Deformación
Madera-Acero-Hormigón Armado

- El dimensionamiento de un elemento estructural involucra que no solo resista las cargas y solicitaciones actuantes sino que lo haga limitando su deformación.

- Existen diversas ecuaciones para el calculo de la deformación máxima de elementos.



SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
F; a, b	$M = \frac{F a b}{l}$	$R_A = \frac{F.b}{l}$; $R_B = \frac{F.a}{l}$	$a < b$, $x_B = \left[\frac{b(l+a)}{3}\right]^{\frac{1}{2}}$, $f = \frac{F.a}{3 l EI}\left[\frac{b(l+a)}{3}\right]^{\frac{3}{2}}$; $a > b$, $x_A = \left[\frac{a(l+b)}{3}\right]^{\frac{1}{2}}$, $f = \frac{F.b}{3 l EI}\left[\frac{a(l+b)}{3}\right]^{\frac{3}{2}}$; $\theta_A = \frac{Fab(l+b)}{6 l EI}$, $\theta_B = \frac{Fab(l+a)}{6 l EI}$
q; l	$M = \frac{1}{8} q l^2$	$R_A = R_B = \frac{q l}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}$, $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EI}$; $\theta_A = \theta_B = \frac{q l^3}{24 EI}$

Dimensionamiento Por Deformación
Madera-Acero-Hormigón Armado

- En general todas las ecuaciones dependen de la carga, la longitud elevada a una potencia mayor que 3, una constante y dependen inversamente proporcional de E y I (modulo de elasticidad del material y momento de inercia baricentrico), juntos EI se denomina rigidez flexional y es el parámetro que se opone a las deformaciones.

- Por lo tanto, como conocemos la longitud del elemento, las cargas actuantes y el material del que está formado, queda verificar si con el momento de inercia existente las deformaciones son menores a las admisibles o, para un cierto valor de deformación máxima, cual es el momento de inercia necesario.

$$d = \frac{5qL^4}{384EI} \leq d_{admisible}$$ Para carga distribuida en viga simplemente apoyada

$$d = \frac{PL^3}{48EI} \leq d_{admisible}$$ Para carga puntual en el centro de viga simplemente apoyada

Dimensionamiento Por Deformación
Madera-Acero-Hormigón Armado

- El limite de deformación esta dado por reglamento y varía entre L/150 para correas, L/200 para vigas secundarias, L/250 a L/300 para vigas principales, L/800 a L/1000 para puentes.

- Con ese limite es posible despejar el valor de I de la ecuación y encontrar una sección que posea ese valor, o verificar con la sección existente que la deformación sea menor a la admisible.

- Cabe mencionar que en homigón armado el valor de I se debe dividir por 2 para considerar que la sección esta fisurada.

- En todos los casos, la carga que interviene es la carga de servicio.