



Facultad de Ingeniería
Carrera de Arquitectura

**“DISEÑO SÍSMICO
DE EDIFICIOS”
Tabiques de H° A°**



Edificio Emerald

Pisos : 19

Aptos : 231

**Observación:
Edificio alto y muy
angosto**





CONTROL DE PANDEO DE BARRAS







ESPESOR MÍNIMO DE TABIQUES



Fig. 16. Falla por pandeo de un tabique en planta baja en Hotel durante el terremoto de Christchurch en Febrero del 2011. El edificio sufrió grandes daños y debió ser demolido.



- (a) Falla en el SS
- (b) Edificio Esmerald, Santiago de Chile
- (c) Pandeo de tabiques.

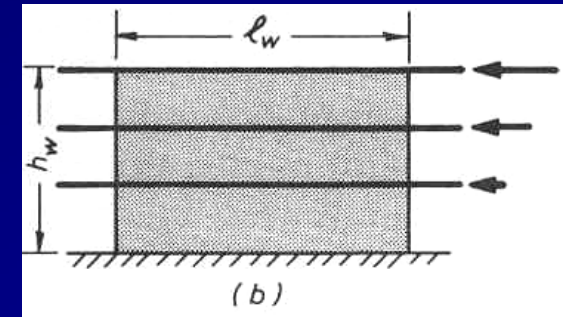
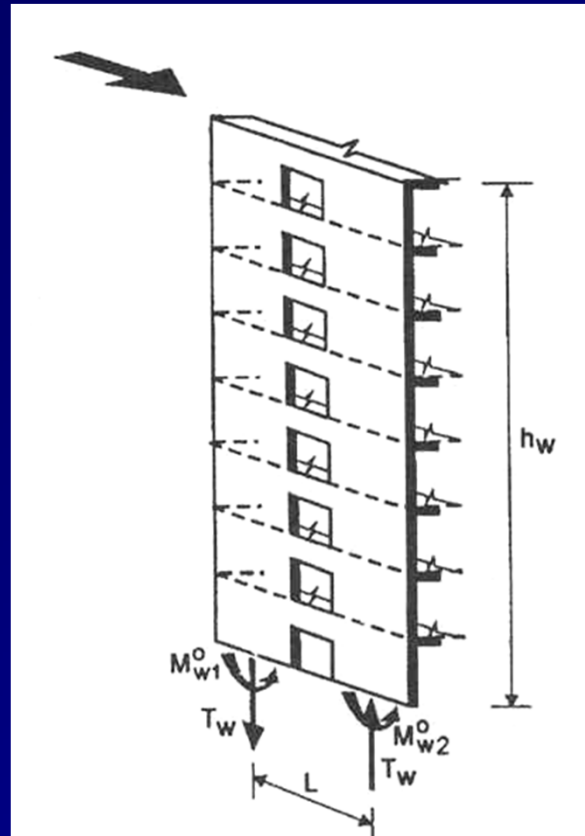
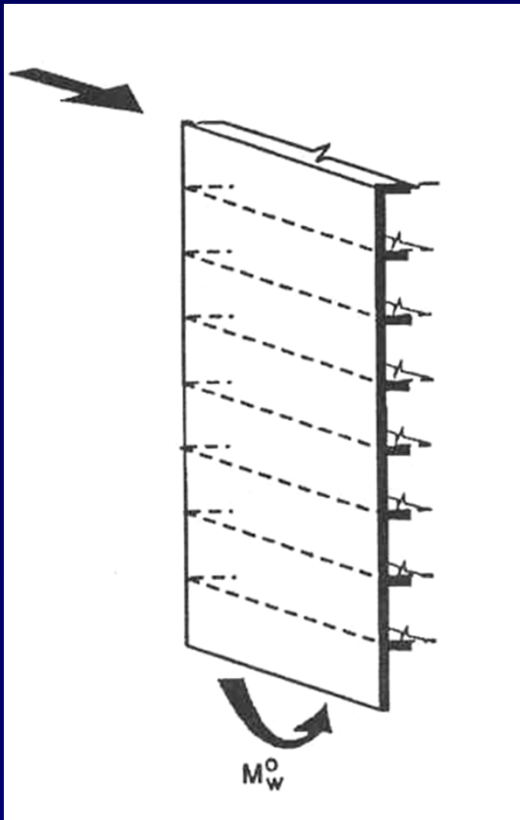


TABIQUES DÚCTILES DE HORMIGÓN ARMADO
CLASIFICACIÓN – INPRES CIRSOC 103-PII-2005

TABIQUES AISLADOS

TABIQUES ACOPLADOS

TABIQUES BAJOS



$A = \frac{T_w L}{M_{wo}}$ **Grado de acoplamiento**

$A_r = h_w / l_w$
< 3 (relación de aspecto)

$1.0 \leq z = 2.50 - 0.50 A_r \leq 2.00$

z → factor de esbeltez

PARA LOS TRES CASOS

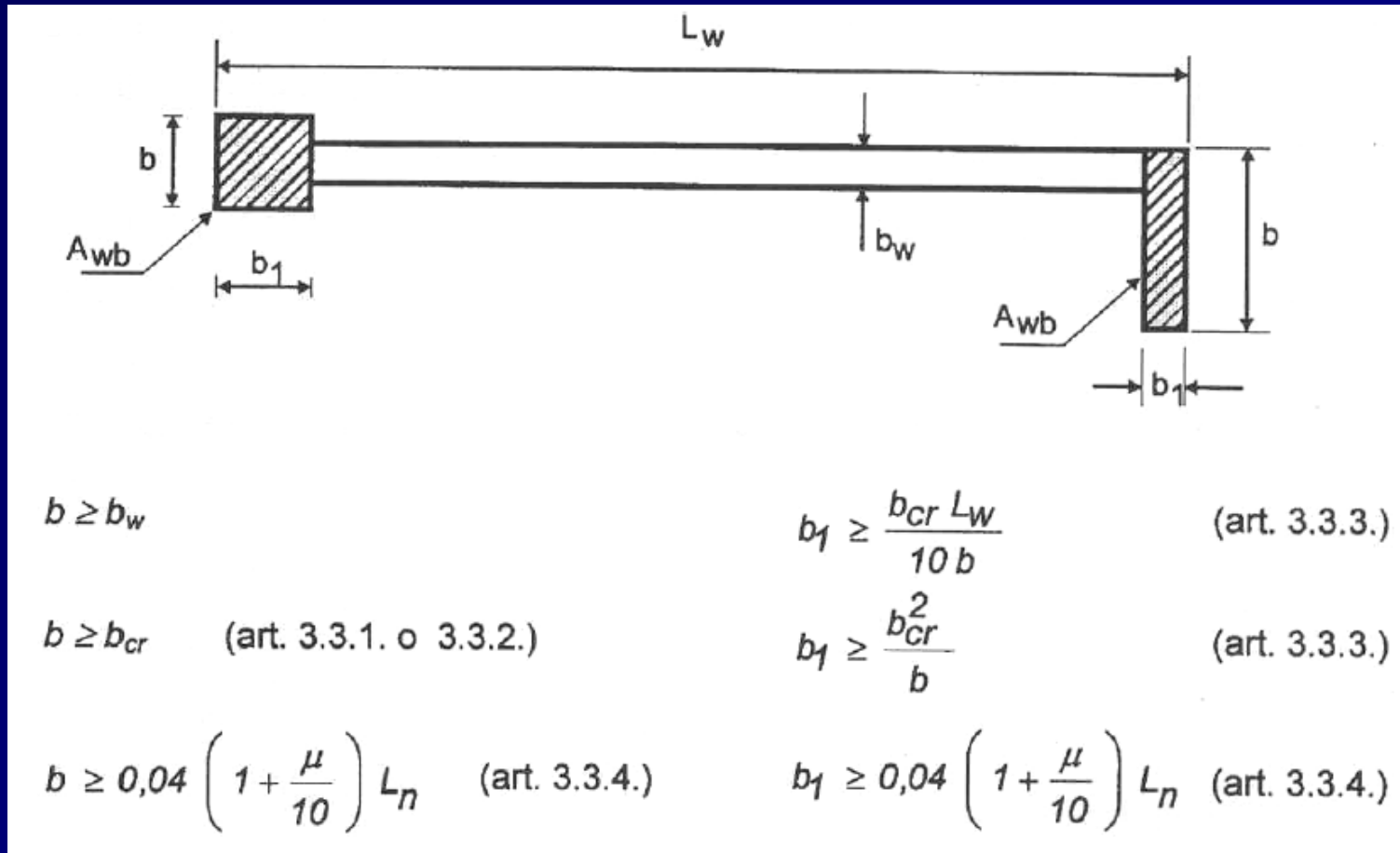
$5 / z \leq R = (3A + 5) / z \leq 7.0$

Momento total de vuelco Resistido en la base por **FLEXIÓN**

Momento total de vuelco Resistido en la base por **FLEXIÓN + AXIAL**

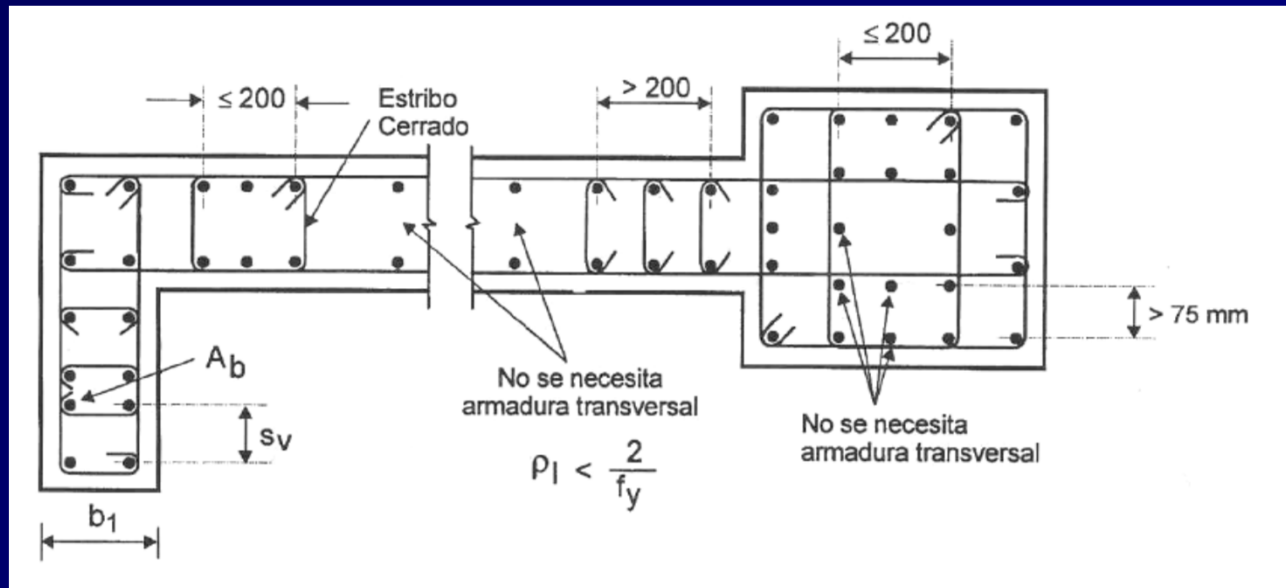
Aislados esbeltos: z = 1; A = 0 → R = 5
Acopados esbeltos: z = 1; A = 2/3 → R = 7
Aislado bajo: z = 2; A = 0 → R = 2.5

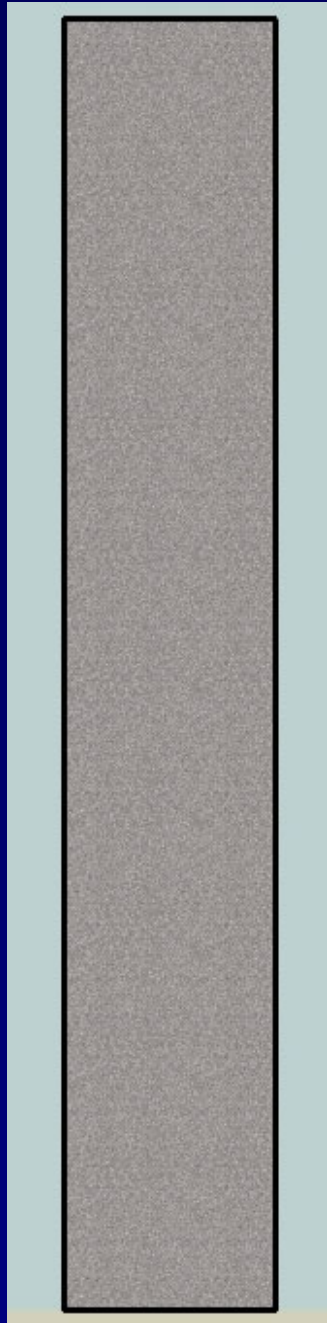
ESPESOR MÍNIMO DE TABIQUES

Espesor mínimo (b_w) y elementos de borde (b)

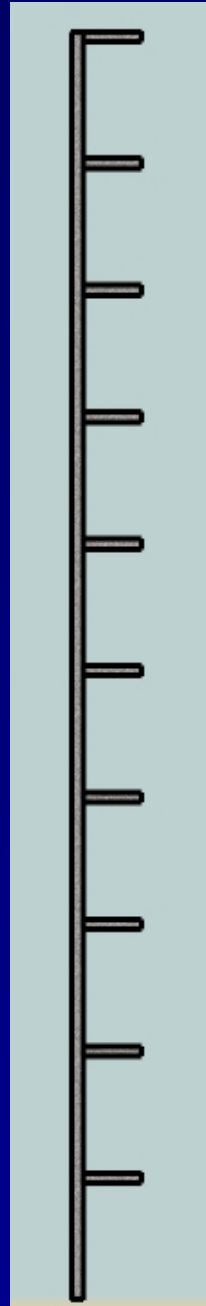
- Para ductilidades altas ($R=7$) $\rightarrow b = L_n/15$
 - Para ductilidades moderadas ($R=4$) $\rightarrow b = L_n/18$
- L_n = altura libre del piso

CONTROL DE PANDEO DE BARRAS

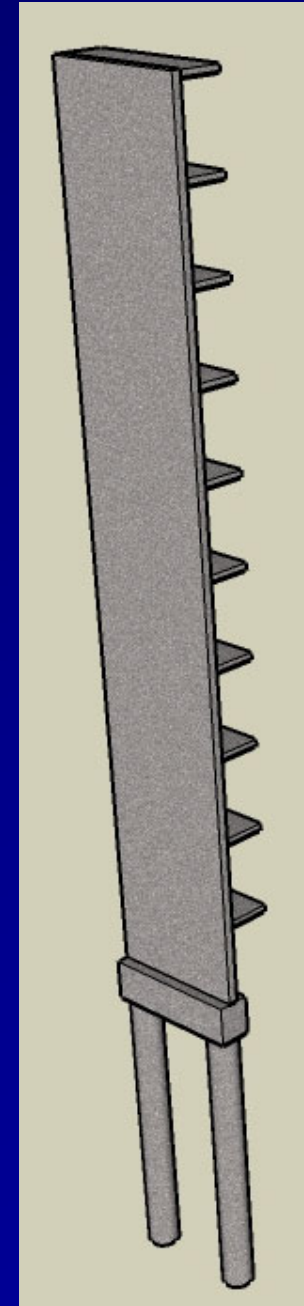




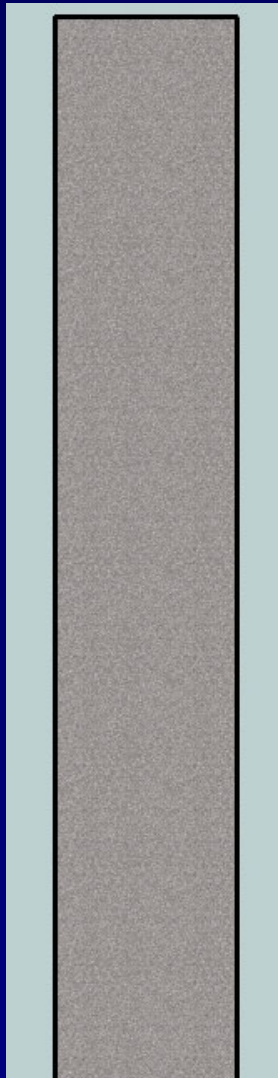
Vista Frontal



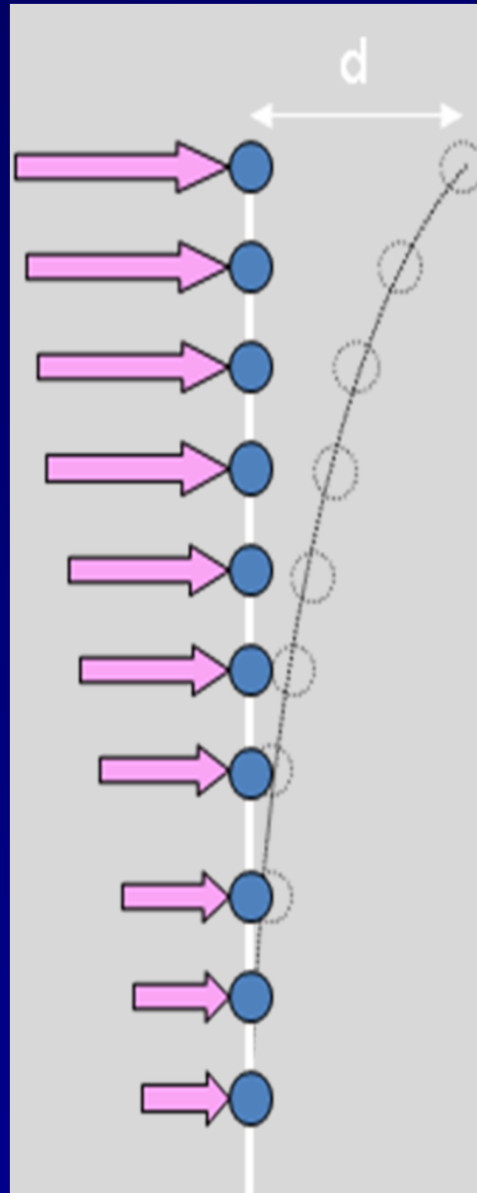
Vista Lateral



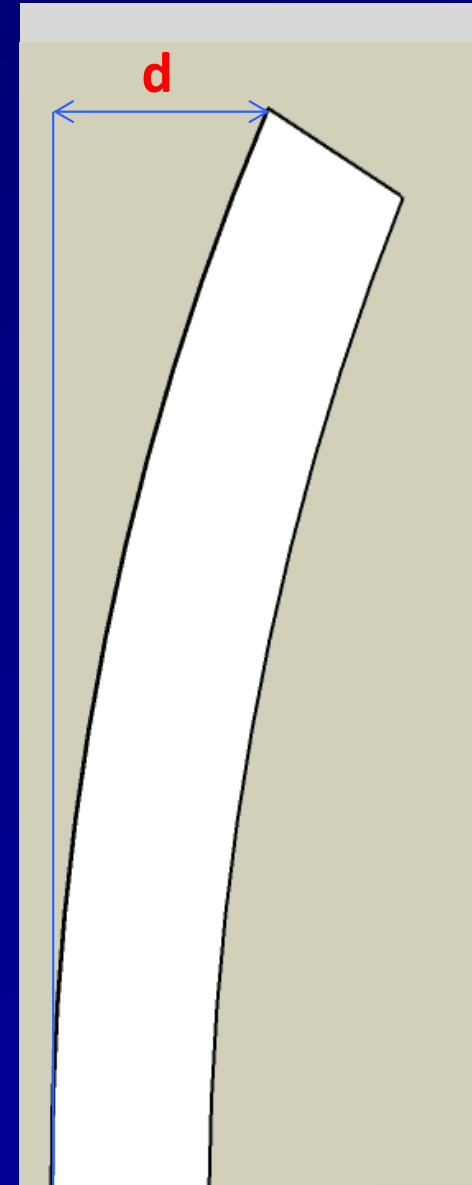
Perspectiva



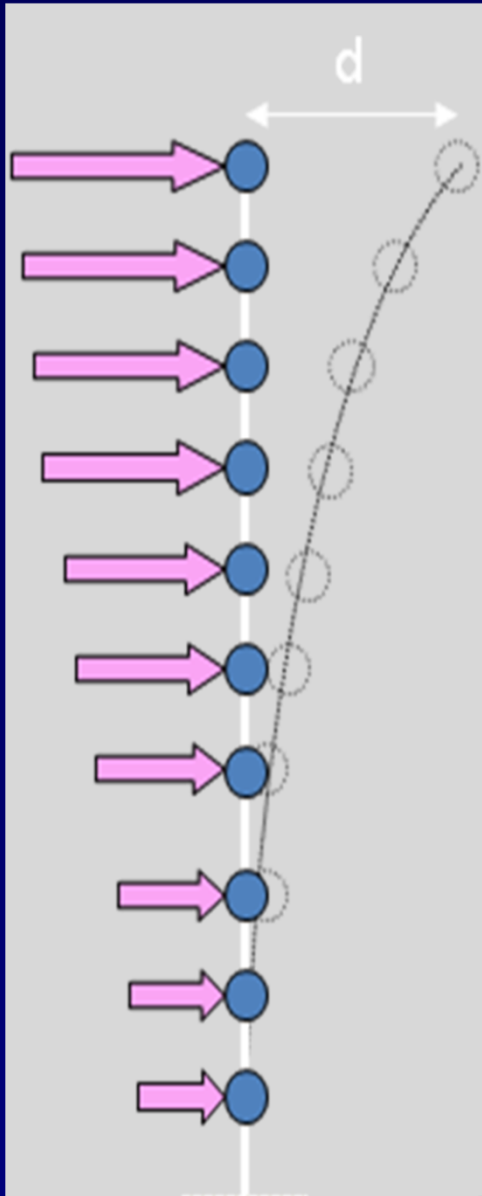
Geometría



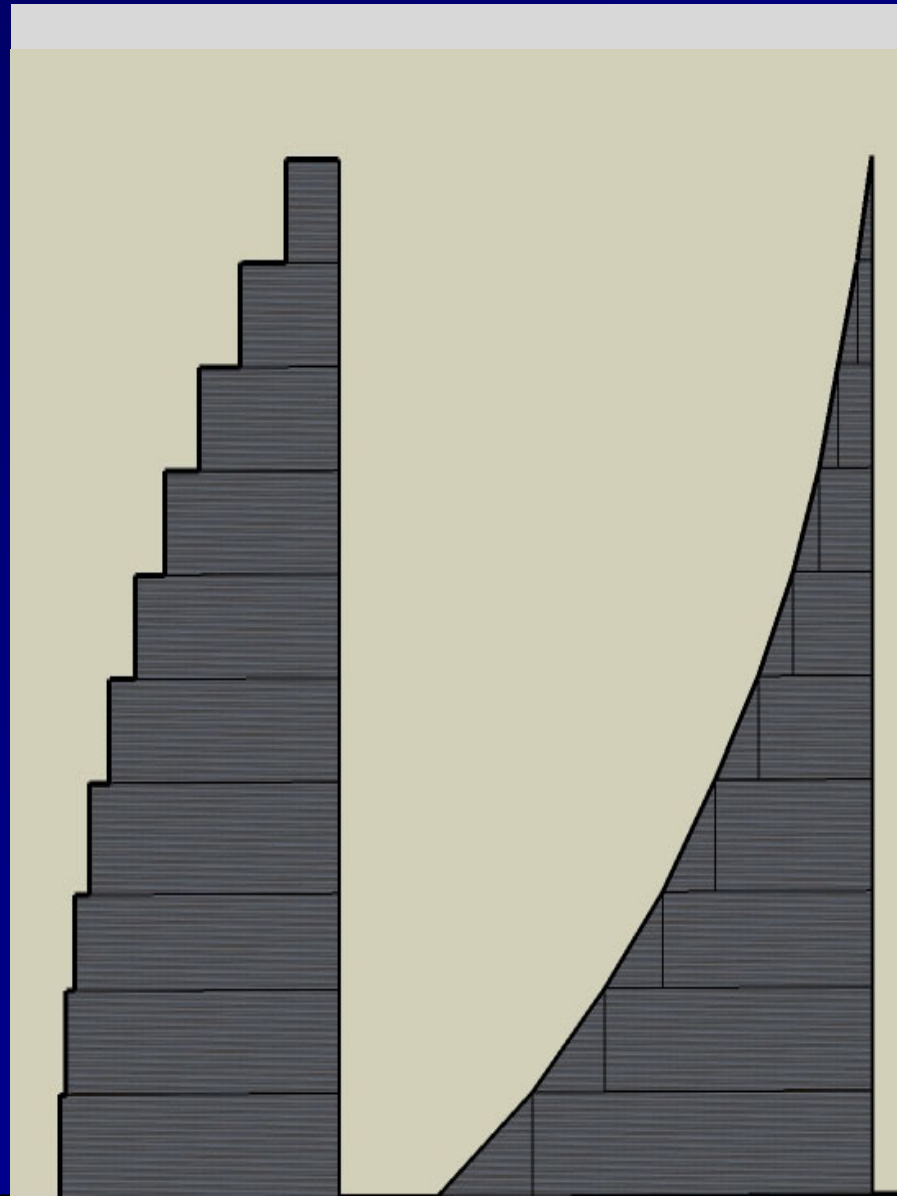
Modelo Matemático y
Distribución de Fuerzas



Deformada



Modelo Matemático y
Distribución de Fuerzas



$V_u = 78 \text{ t}$

$M_u = 1921 \text{ tm}$

Diagrama de
Corte

Diagrama de
Momentos

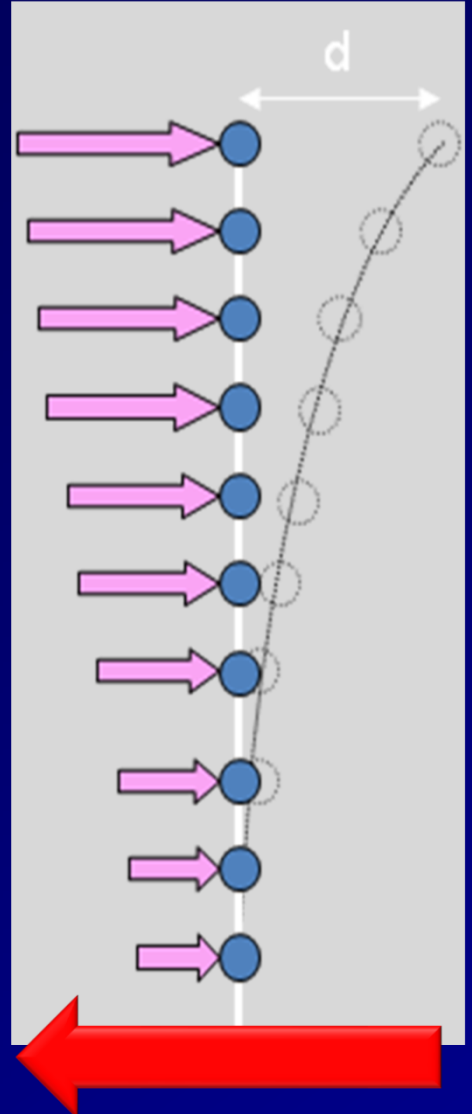


$W_{total} = 1960 \text{ t}$
 $S_a = 1.0;$ $\gamma_r = 1.0$
 $R = 4;$ $\Omega_o = 2.5$

$C = 1 \times 1 / 4 = 0,25$
 $V_o = 0,25 \times 1960 \text{ t} = 490 \text{ t}$
 Área tabique = 16%
 $V_{o \text{ tabique}} = 0,16 \cdot 490 = 78 \text{ t}$

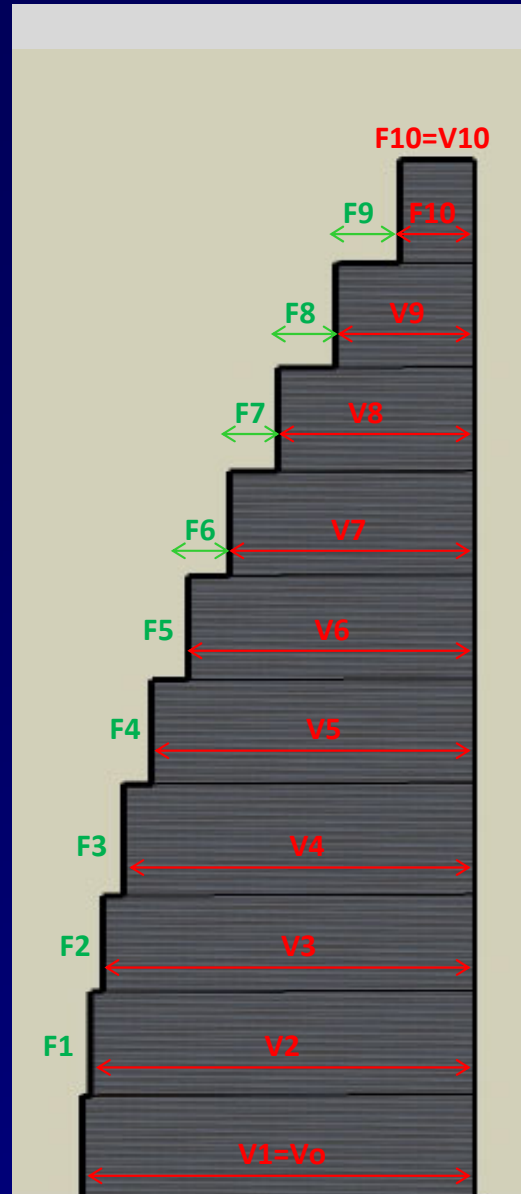
Tabla 5.1. Factores de comportamiento

Mater.	Nº	Tipo Estructural	R	C _d	Ω _o
Estructuras de hormigón armado	1	Tabiques aislados y acoplados (a)	$R = (3A-5)/z$ $5/z \leq R \leq 7$	R	2,5
	2	Pórticos con ductilidad completa (b), (c)	7	5,5	3
	3	Sistema dual Pórtico-Tabique	6	5	2,5
	4	Estructuras con diagonales concéntricas (d)	4	4	2,5
	5	Estructuras rigidizadas con diagonales excéntricas	6	4	2,5
	6	Columnas en voladizo	2,5	2,5	1,5

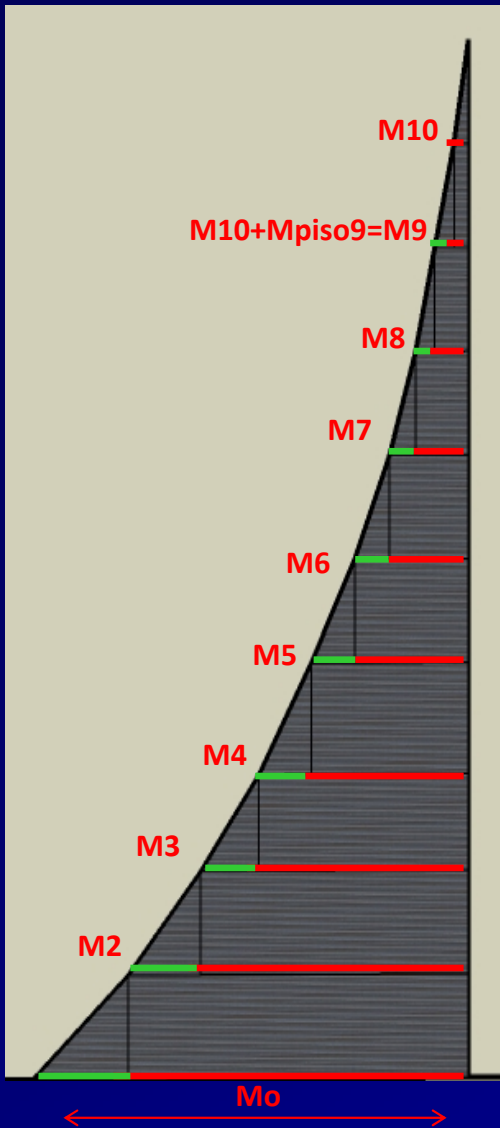


DISTRIBUCION EN ALTURA Y SOLICITACIONES PARA UN TABIQUE

CORTE BASAL EDIFICIO		490							
CORTE BASAL TABIQUE		78		% TABIQUE EN ESTUDIO =			16 %		
PISO	PESO	ALTURA PISO	ALTURA	MxH	ALFA	FUERZA	CORTE	MVUELCO	
10	48	3,5	35,0	1680	0,18	14	14	50	
9	48	3,5	31,5	1512	0,16	13	27	145	
8	48	3,5	28,0	1344	0,15	11	38	279	
7	48	3,5	24,5	1176	0,13	10	48	449	
6	48	3,5	21,0	1008	0,11	9	57	649	
5	48	3,5	17,5	840	0,09	7	64	873	
4	48	3,5	14,0	672	0,07	6	70	1118	
3	48	3,5	10,5	504	0,05	4	74	1377	
2	48	3,5	7,0	336	0,04	3	77	1646	
1	48	3,5	3,5	168	0,02	1	78	1921	
SUMAS	480	35		9240	1,00	78	78	1921	
Ingresar datos de celdas coloreadas							Corte	Momento Flector	

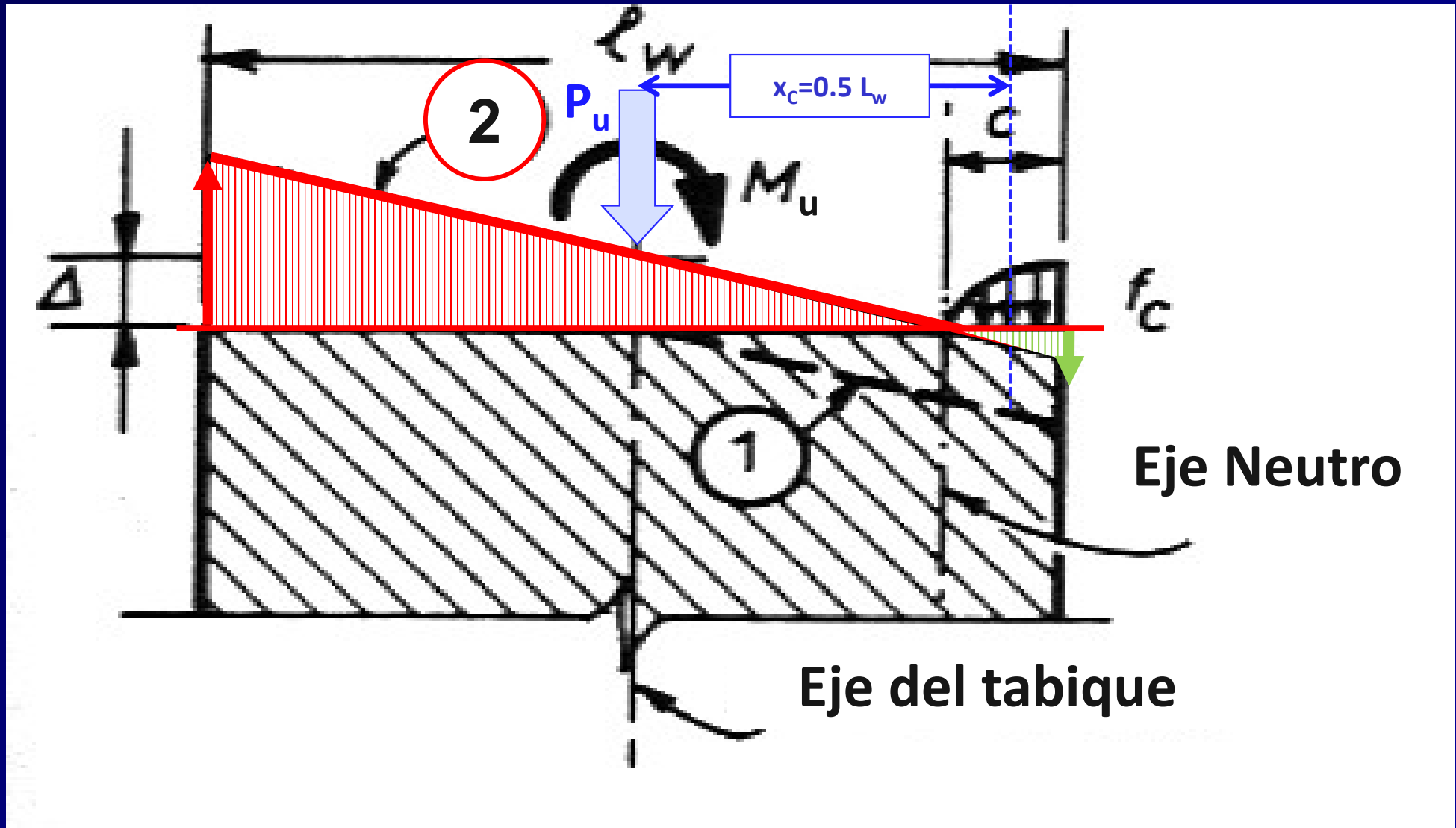


DISTRIBUCION EN ALTURA Y SOLICITACIONES								
PARA UN TABIQUE								
CORTE BASAL EDIFICIO			490					
CORTE BASAL TABIQUE			78	% TABIQUE EN ESTUDIO =		16	%	
PISO	PESO	ALTURA PISO	ALTURA	MxH	ALFA	FUERZA	CORTE	MVUELCO
10	48	3.5	35.0	1680	0.18	14	14	50
9	48	3.5	31.5	1512	0.16	13	27	145
8	48	3.5	28.0	1344	0.15	11	38	279
7	48	3.5	24.5	1176	0.13	10	48	449
6	48	3.5	21.0	1008	0.11	9	57	649
5	48	3.5	17.5	840	0.09	7	64	873
4	48	3.5	14.0	672	0.07	6	70	1118
3	48	3.5	10.5	504	0.05	4	74	1377
2	48	3.5	7.0	336	0.04	3	77	1646
1	48	3.5	3.5	168	0.02	1	78	1921
SUMAS	480	35		9240	1.00	78	78	1921
Ingresar datos de celdas coloreadas							Corte	Momento Flector



DISTRIBUCION EN ALTURA Y SOLICITACIONES PARA UN TABIQUE								
CORTE BASAL EDIFICIO			490					
CORTE BASAL TABIQUE			78	% TABIQUE EN ESTUDIO =		16	%	
PISO	PESO	ALTURA PISO	ALTURA	MxH	ALFA	FUERZA	CORTE	MVUELCO
10	48	3.5	35.0	1680	0.18	14	14	50
9	48	3.5	31.5	1512	0.16	13	27	145
8	48	3.5	28.0	1344	0.15	11	38	279
7	48	3.5	24.5	1176	0.13	10	48	449
6	48	3.5	21.0	1008	0.11	9	57	649
5	48	3.5	17.5	840	0.09	7	64	873
4	48	3.5	14.0	672	0.07	6	70	1118
3	48	3.5	10.5	504	0.05	4	74	1377
2	48	3.5	7.0	336	0.04	3	77	1646
1	48	3.5	3.5	168	0.02	1	78	1921
SUMAS	480	35		9240	1.00	78	78	1921
Ingresar datos de celdas coloreadas							Corte	Momento Flector

EQUILIBRIO

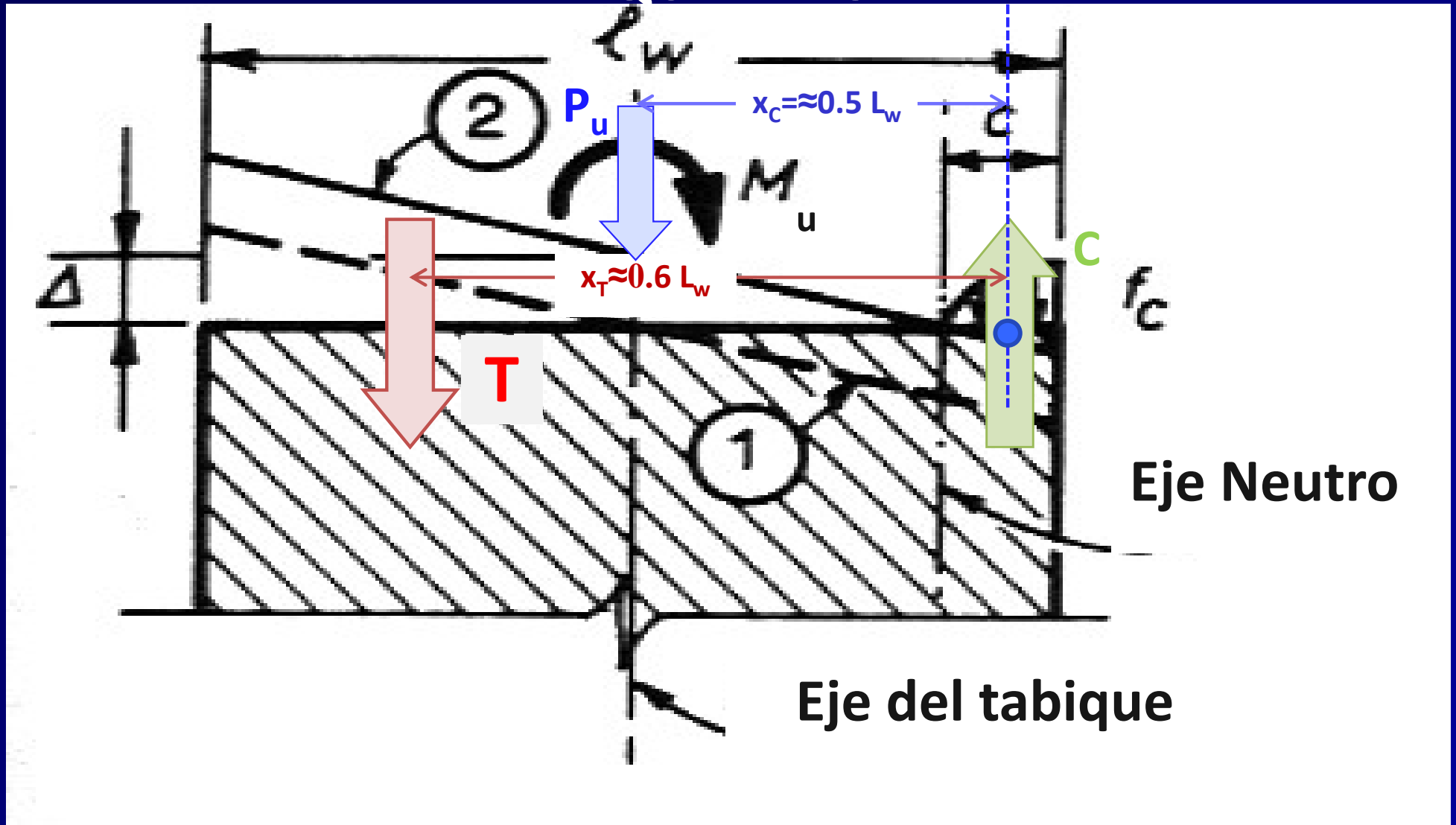


Acciones Exteriores → M_u y P_u

- Perfil deformado "1". Alta compresión
- Perfil deformado "2". **Baja compresión**



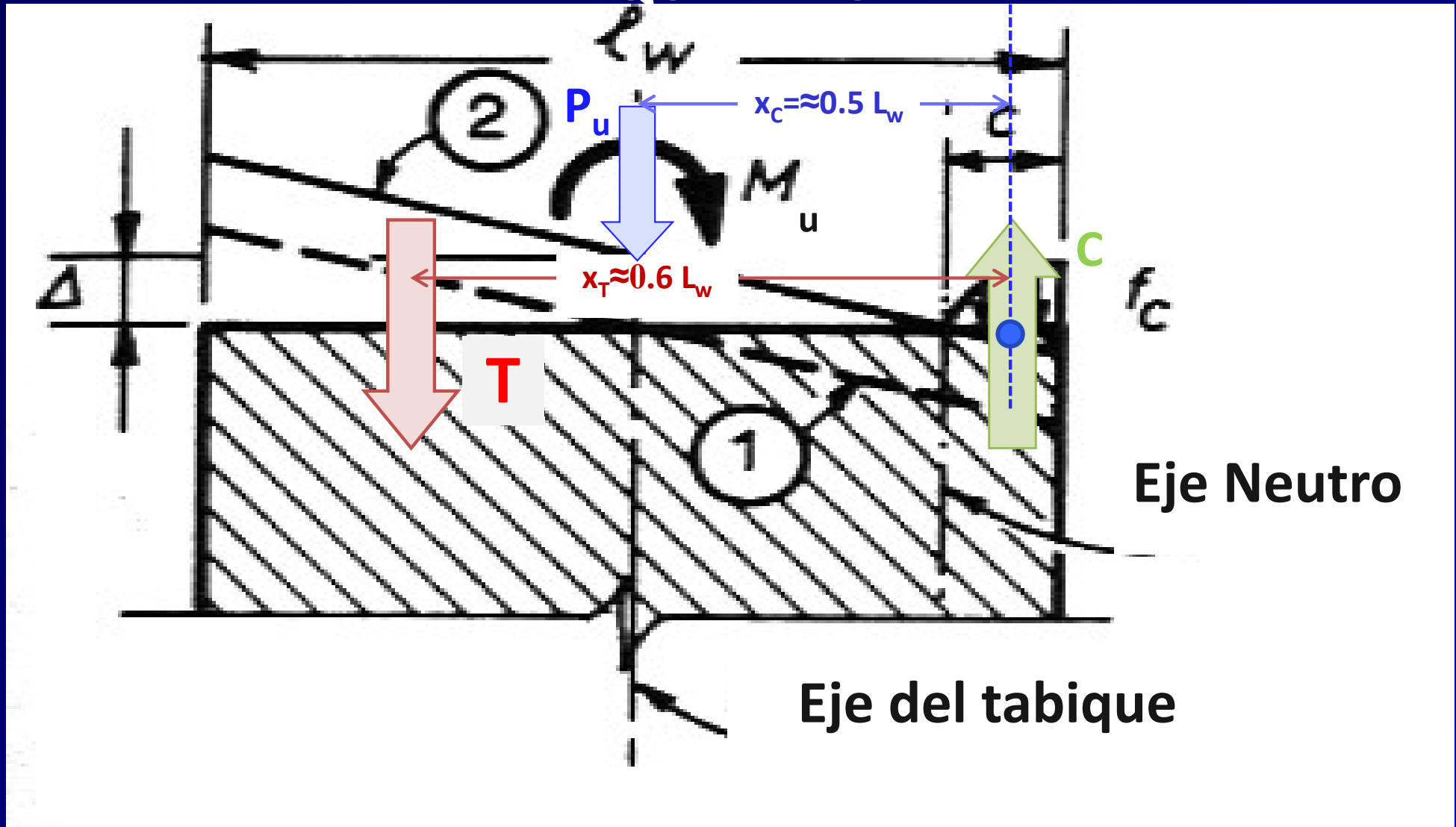
EQUILIBRIO



$$\Sigma M = 0 = M_u - P_u \cdot x_c - T \cdot x_t$$

$$\Sigma F = 0 = C - P_u - T$$

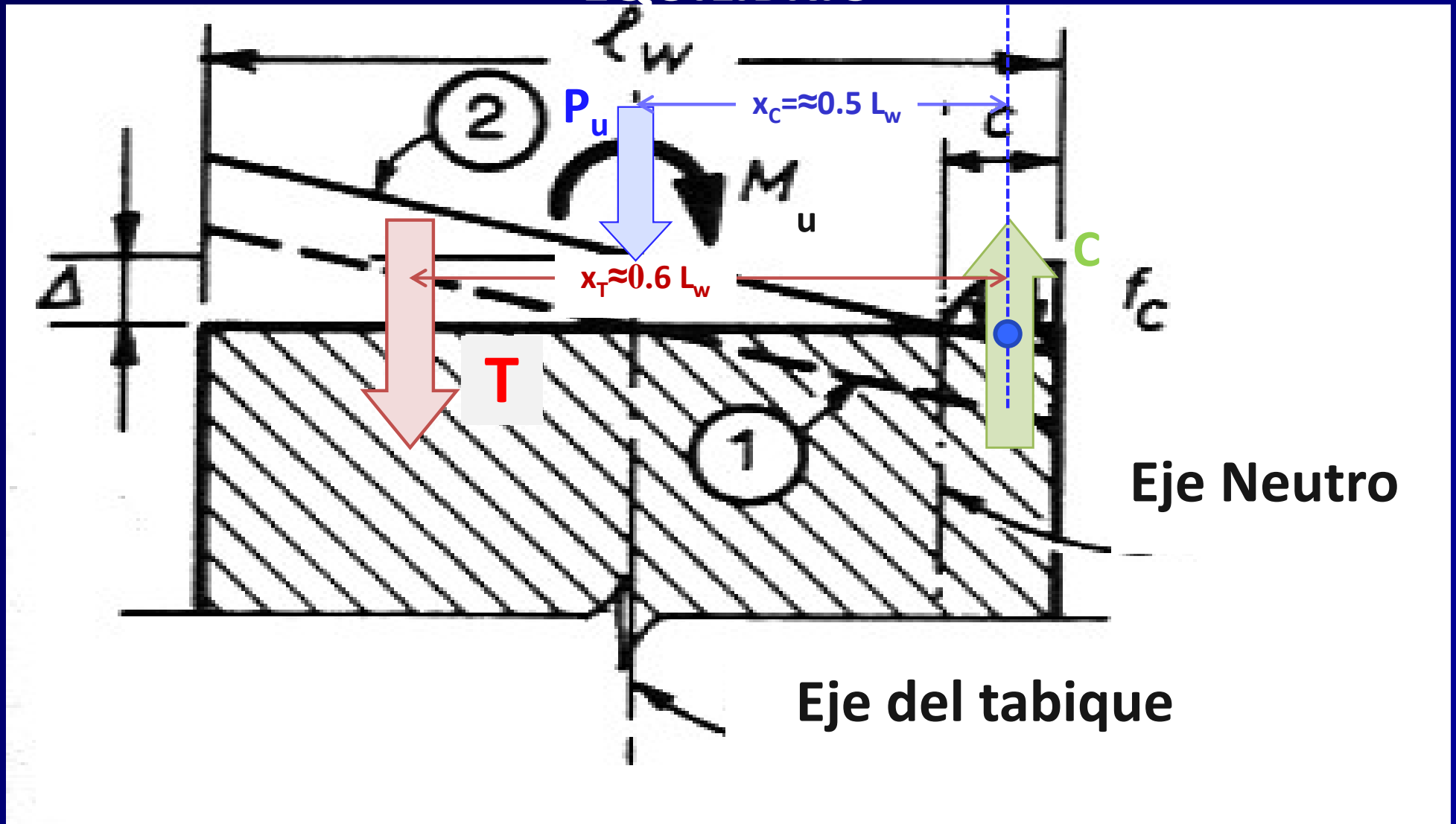
EQUILIBRIO



$$M_u - P_u \cdot x_c = T \cdot x_t \quad \text{Despejando} \rightarrow \quad T = \frac{M_u - P_u \cdot x_c}{x_t}$$



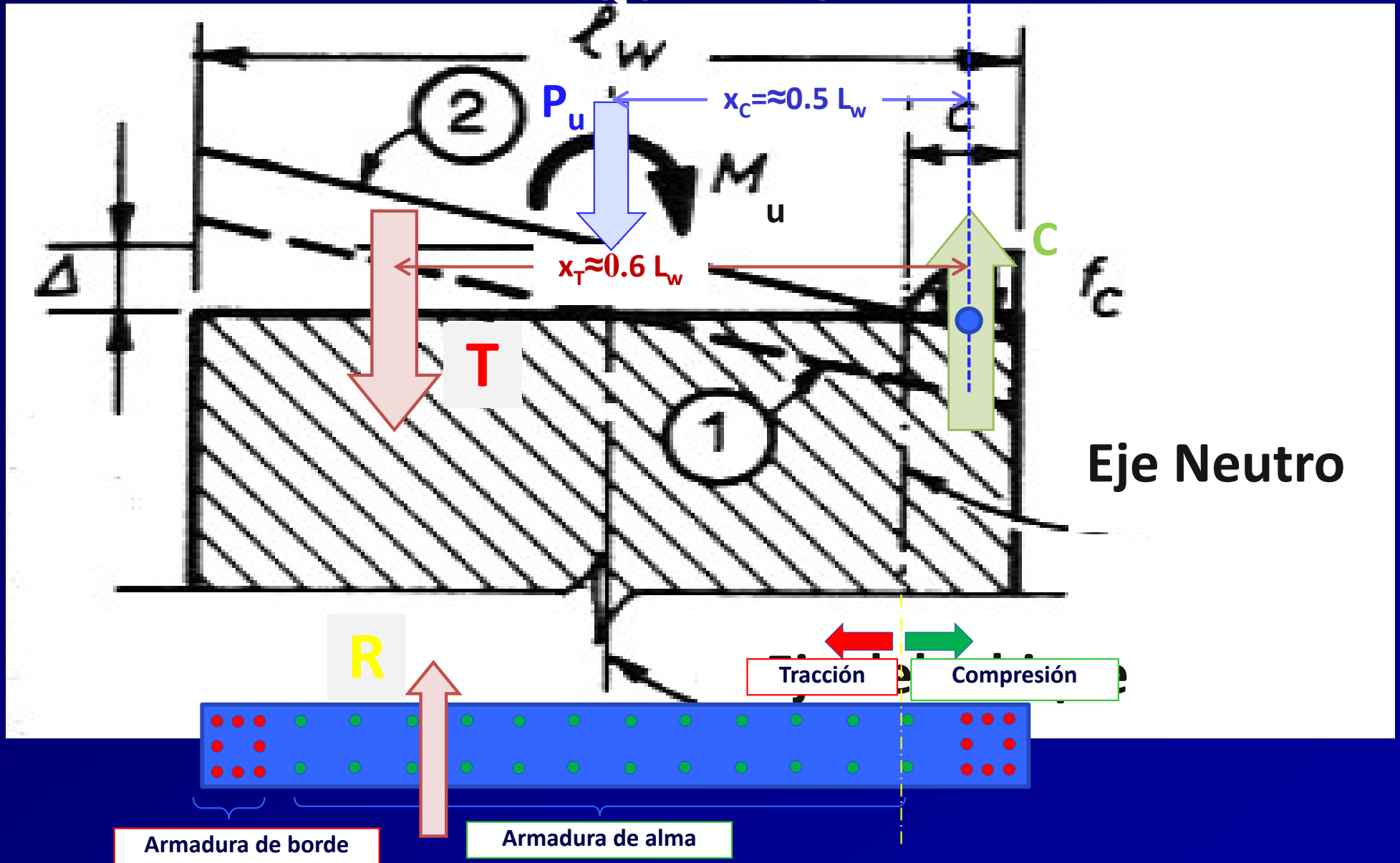
EQUILIBRIO



Armadura necesaria = $T / 0.9 f_y$



EQUILIBRIO



Distribuir armadura en **borde** y **alma**

¿Coincide resultante **R** con **T**?

Para nuestro ejemplo, los datos son:

Solicitaciones → **$M_u = 1921\text{tm}$; $V_u = 78\text{t}$; $P_u = 280\text{t}$**

Dimensiones → ($L_w = 500\text{cm}$; $b_w = 30\text{cm}$)

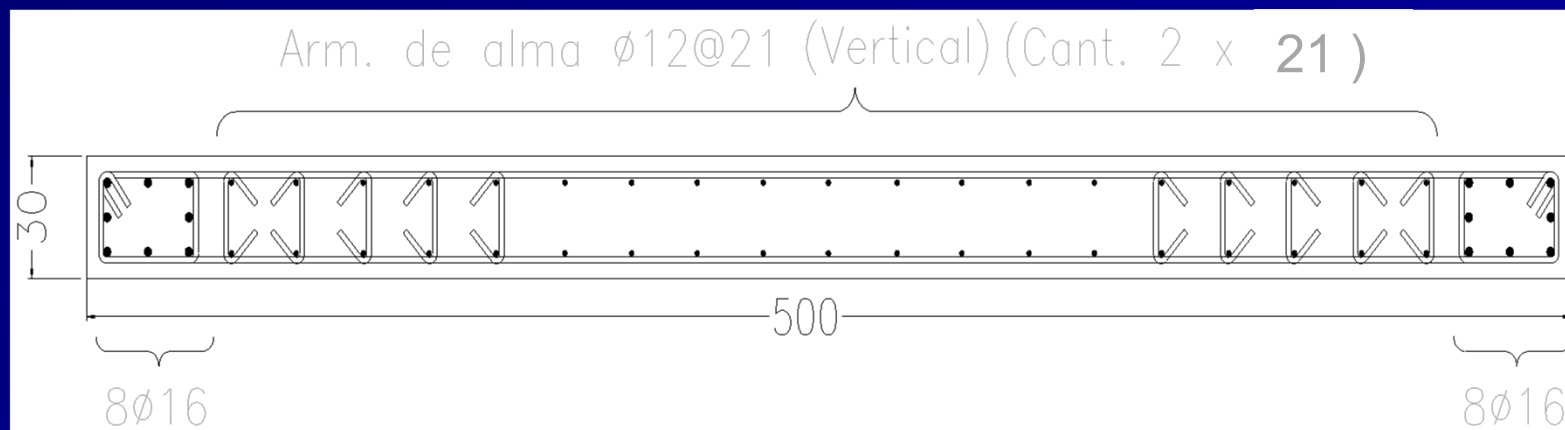
$x_C = 0.5 \cdot L_w = 250\text{cm}$; $x_T = 0.6 \cdot L_w = 300\text{cm}$

$T = (1921\text{tm} - 480\text{t} \cdot 2.50\text{ m}) / 3.00\text{ m} = 240\text{t}$

$A_{s \text{ necesaria}} = T / 0,9 \cdot f_y = 240\text{t} / 0,9 \cdot 4,2\text{ t/cm}^2 = 63\text{cm}^2$

La armadura se distribuye en los extremos o **bordes (8 ϕ 16 en cada borde)** y en la parte central o **alma (2 x 21 ϕ 12 c/21cm)** de acuerdo con el detalle.

Comprobar posición de la resultante (x_T)





Armadura vertical mínima (CIRSOC 201)

La cuantía mínima de la **armadura vertical** referida a la sección total o bruta de hormigón, ρ_L debe cumplir según **CIRSOC 201** cap.14.3.2:

- a) **0,0012** para barras con $d_b \leq 16$ mm y con $f_y \geq 420$ MPa
- b) **0,0015** para otras barras conformadas
- c) **0,0012** para mallas de acero soldadas con $d_b \leq 16$ mm

$$A_{sL} = \rho_L * (0.5 * A_g)$$

Vertical ambas caras

Separación máxima : CIRSOC 201 cap.14.3.5

$$s \leq 3 \cdot b_w$$

$$s \leq 30\text{cm}$$

Armadura vertical mínima (INPRES-CIRSOC 103)

3.5.4. Armadura longitudinal

3.5.4.1. La cuantía de la armadura longitudinal ρ_l en cualquier parte de un tabique sismorresistente deberá cumplir con:

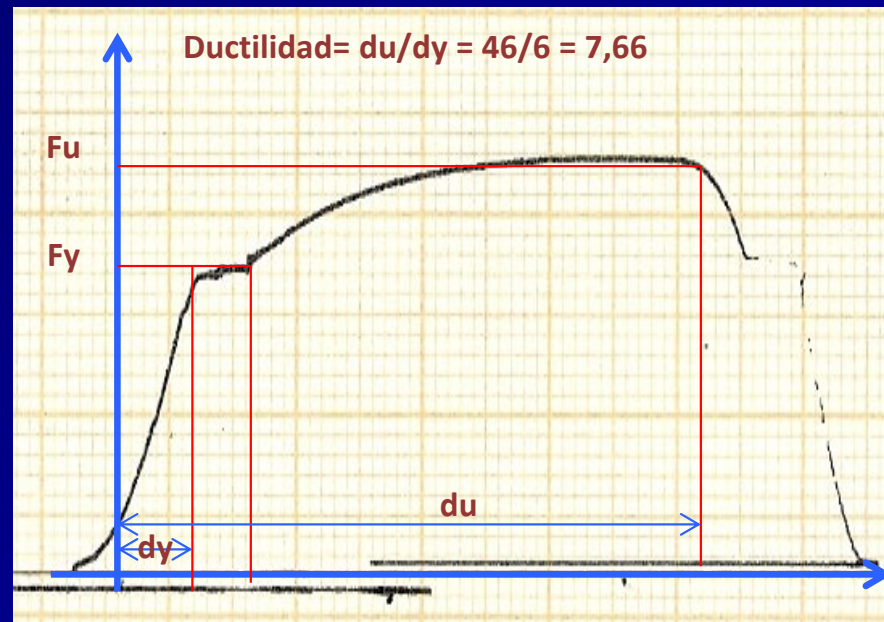
$$\frac{0,70}{f_y} \leq \rho_l = \frac{\sum A_b}{b_i s_v} = \frac{A_s}{b_i s_v} \leq \frac{16}{f_y} \quad (3 - 10)$$

3.5.4.2. En tabiques sismorresistentes con espesores superiores a **200 mm**, deberán utilizarse al menos **dos capas de armaduras**, ubicadas próximas a cada cara del tabique.

3.5.4.3. El **diámetro máximo de las barras verticales** en cualquier zona del tabique sismorresistente no podrá ser mayor que el **10 % del espesor del tabique** en la zona en que se ubica la barra.

DIMENSIONAMIENTO A CORTE (1)

- Fuerzas y solicitaciones → mayores a las de cálculo. (Factores de reducción)
- Flexión (Momento Flector) → Resistida por armadura vertical (alma y bordes)
- El Momento “real” durante el sismo → Bastante mayor
- Barras → superarán fluencia y deforman plásticamente → **Ductilidad** del acero.
- Ductilidad → capacidad de deformación plástica estable → Disipación de Energía





DIMENSIONAMIENTO A CORTE (2)

- Configuración deformada del tabique → **Mecanismo de Plastificación** o Mecanismo de Colapso.
- Configuración deformada del edificio → Identificando **puntos de disipación de energía (rótulas)**, antes de que se produzca su colapso.
- Disipación del tabique en flexión → **Fundamental** garantiza que la estructura sea capaz de **soportar fuerzas mayores** a las consideradas en el cálculo.
- Fluencia estable de armaduras → No se debe producir antes **otra falla** en el tabique
- Para dimensionar, **controlar** →
 - Esfuerzo de **corte**.
 - **Pandeo** de las barras verticales (se controla con las separación de los estribos)
- Sobrerresistencia** tabique →
 - **Sobredimensionado** del tabique,
 - **Sobrerresistencia** del acero
 - Efectos **dinámicos**.



DIMENSIONAMIENTO A CORTE

El esfuerzo de corte es resistido por las barras **horizontales**.

Para asegurar un comportamiento **dúctil** → verdadera resistencia

Verificación → dos etapas: a) Control de **Tensión a Corte** del hormigón (v)
b) Cálculo de los estribos. (**Diámetro y Separación** vertical)

SOBRERRESISTENCIA

Sobrerresistencia por **armado** = Armadura Total a Flexión / As necesaria = $63.54 / 63.0 = 1.00$

Efecto de los **modos superiores** de vibrar (edificios de más de 6 pisos) = $w_n = 1.30 + n/30 \leq 1.80$

Efecto de los modos superiores de vibrar = $1.30 + 10/30 = 1.60$

Factor total de modificación por sobrerresistencia (FSR) = $1.40 \times 1.03 \times 1.60 = 2.30$ (130 %)

Según factores de comportamiento → $\Omega_o = 2.50$.

Se puede usar cualquiera de los dos. Usaremos **2.30** (más detallado)

ESFUERZO DE CORTE CON SOBRERRESISTENCIA

$$V_{\text{sobrerresistencia}} = V_u \times SF = 78t \times 2.30 = 179.4t = 1794kN$$



DIMENSIONAMIENTO A CORTE

Límites de la
tensión de corte

Zona de rótula

$$v_n = \left(\frac{\phi_w^o}{\mu} + 0,15 \right) \sqrt{f'_c}$$

Fuera de rótula

$$0,20 f'_c ; 1,10 \sqrt{f'_c} ; 9 \text{ MPa}$$

VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE CORTE

$$v_u = V_u / (0.80 b_w \times L_w) = 179.40 \text{ t} / 0.80 (0.30\text{m} \times 5.00\text{m}) = 149.5 \text{ t/m}^2 = 14.95 \text{ kg/cm}^2 = 1.495 \text{ MPa}$$

$$v_u \leq v_n = [(2.30/4) + 0.15] \cdot \text{RAIZ } (25) = 0.725 \cdot 5 \text{ MPa} = 3.625 \text{ MPa} = 36.25 \text{ kg/cm}^2 = 362.5 \text{ t/m}^2$$

$$v_u = 1.495 \text{ MPa} \leq v_n = 3.625 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{Verifica. La sección de hormigón es aceptable}$$



DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESTRIBOS

Seleccionar diámetro y separación para cubrir el esfuerzo de corte.

Seleccionamos $\phi 8$ y se calcula la separación

$$\text{Separación} = n^{\circ} \text{ ramas} \cdot f_y \cdot a_s \cdot L_w / V_u$$

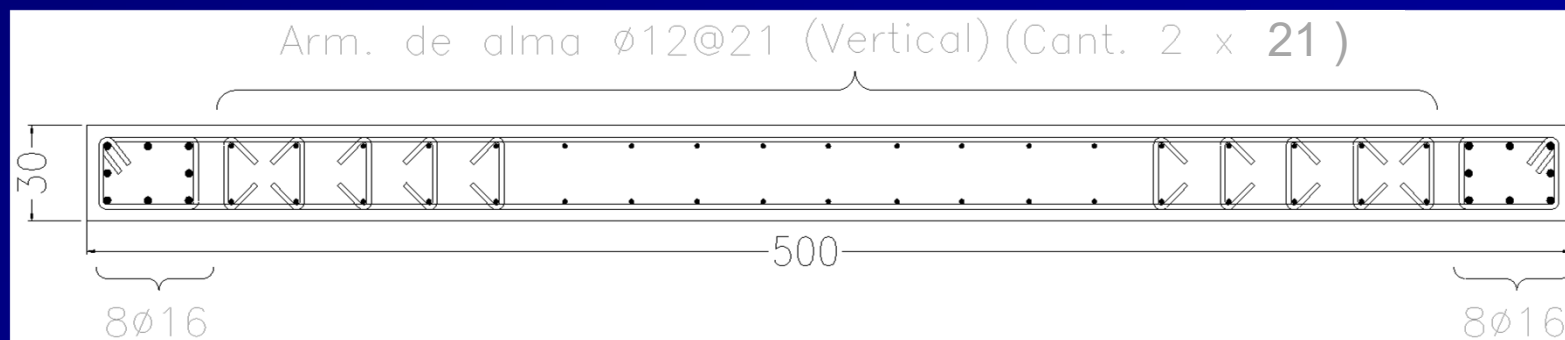
$$\text{Separación} = 2 \cdot 4,2\text{t/cm}^2 \cdot 0,50\text{cm}^2 \cdot 5,00\text{m} / 179,4\text{t} = 0.117\text{m}$$

Usando la tabla 2 (Anexo 1) , se ingresa con longitud de tabique y con el corte

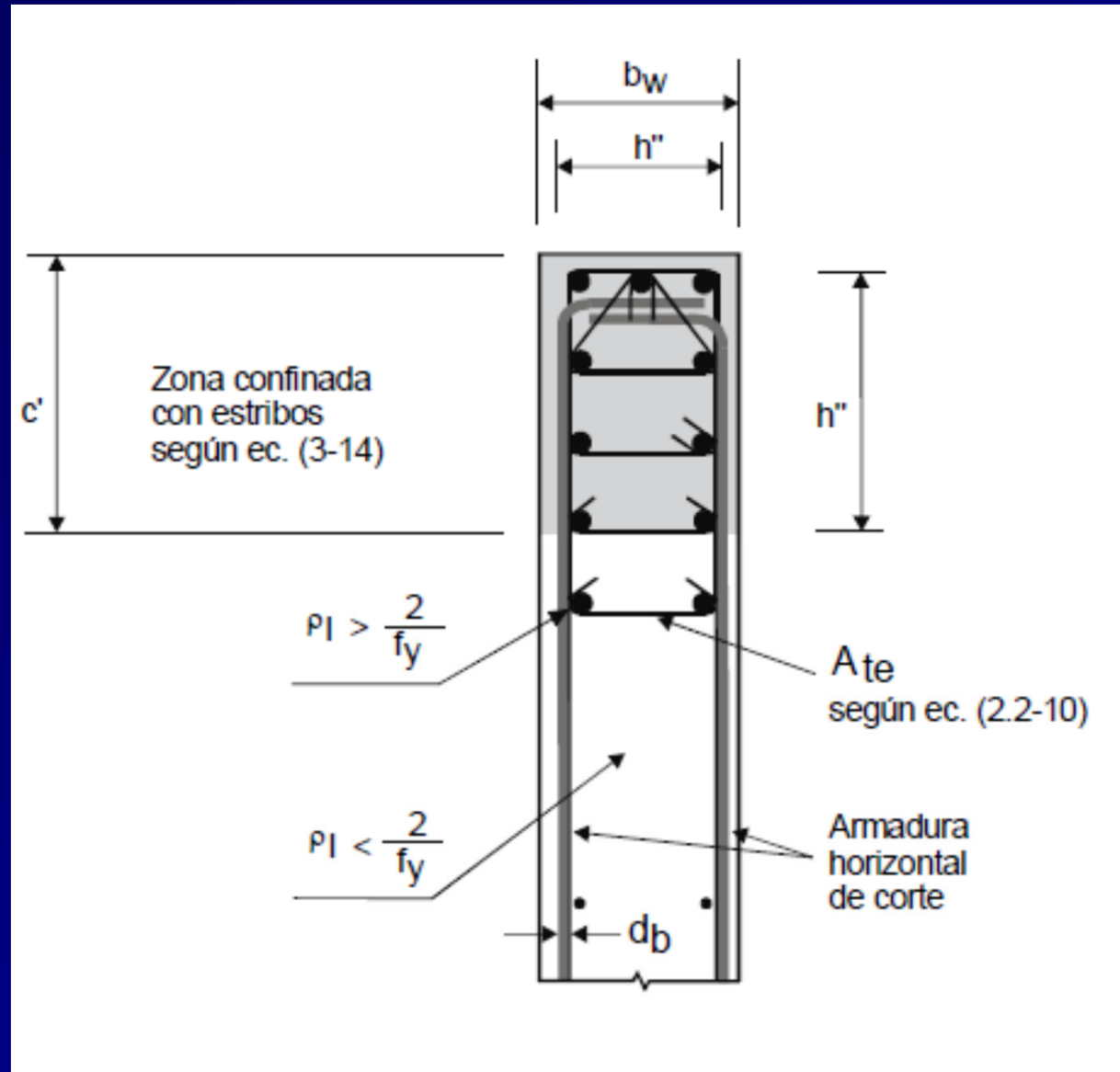
$L_w = 5.00\text{m}$ y con el $V_u = 179,4\text{t}$ \rightarrow **$\phi 8$ c/12 cm**

Nota: En las armaduras de borde, en zonas de rótula, debe colocarse armadura de confinamiento con una separación menor que $1/6$ del diámetro de la barra longitudinal. (Para controlar el pandeo).

En este caso, sep máxima = $6 \cdot 16\text{mm} = 96\text{mm} = 9,6\text{cm} \approx 10\text{cm}$. El estribo de los bordes para las 8 barras del 16 debe ser **$\phi 8$ c/10cm**



BORDE CONFINADO DE TABIQUE



VISTA SUPERIOR



Estribos para tabiques (Armadura horizontal)									
Qu	Separación de estribos para ϕ 8 mm								
	Lw [m]								
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
10	40	40	40	40	40	40	40	40	40
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30	28	35	40	40	40	40	40	40	40
40	21	26	32	37	40	40	40	40	40
50	17	21	25	30	34	38	40	40	40
60	14	18	21	25	28	32	35	39	40
70	12	15	18	21	24	27	30	33	36
80	11	13	16	18	21	24	26	29	32
90	9	12	14	16	19	21	23	26	28
100	8	11	13	15	17	19	21	23	25
110	8	10	12	13	15	17	19	21	23
120	7	9	11	12	14	16	18	19	21
130	6	8	10	11	13	15	16	18	19
140	6	8	9	11	12	14	15	17	18
150	6	7	8	10	11	13	14	15	17
160	5	7	8	9	11	12	13	15	16
170		6	7	9	10	11	12	14	15
180		6	7	8	9	11	12	13	14
190		6	7	8	9	10	11	12	13
200		5	6	7	8	9	11	12	13
210		5	6	7	8	9	10	11	12
220			6	7	8	9	10	11	12
230			6	6	7	8	9	10	11
240			5	6	7	8	9	10	11
250			5	6	7	8	8	9	10
260				6	6	7	8	9	10
270				5	6	7	8	9	9
280				5	6	7	8	8	9
290				5	6	7	7	8	9
300					6	6	7	8	8

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESTRIBOS

Usando la tabla 2 (Anexo 1)

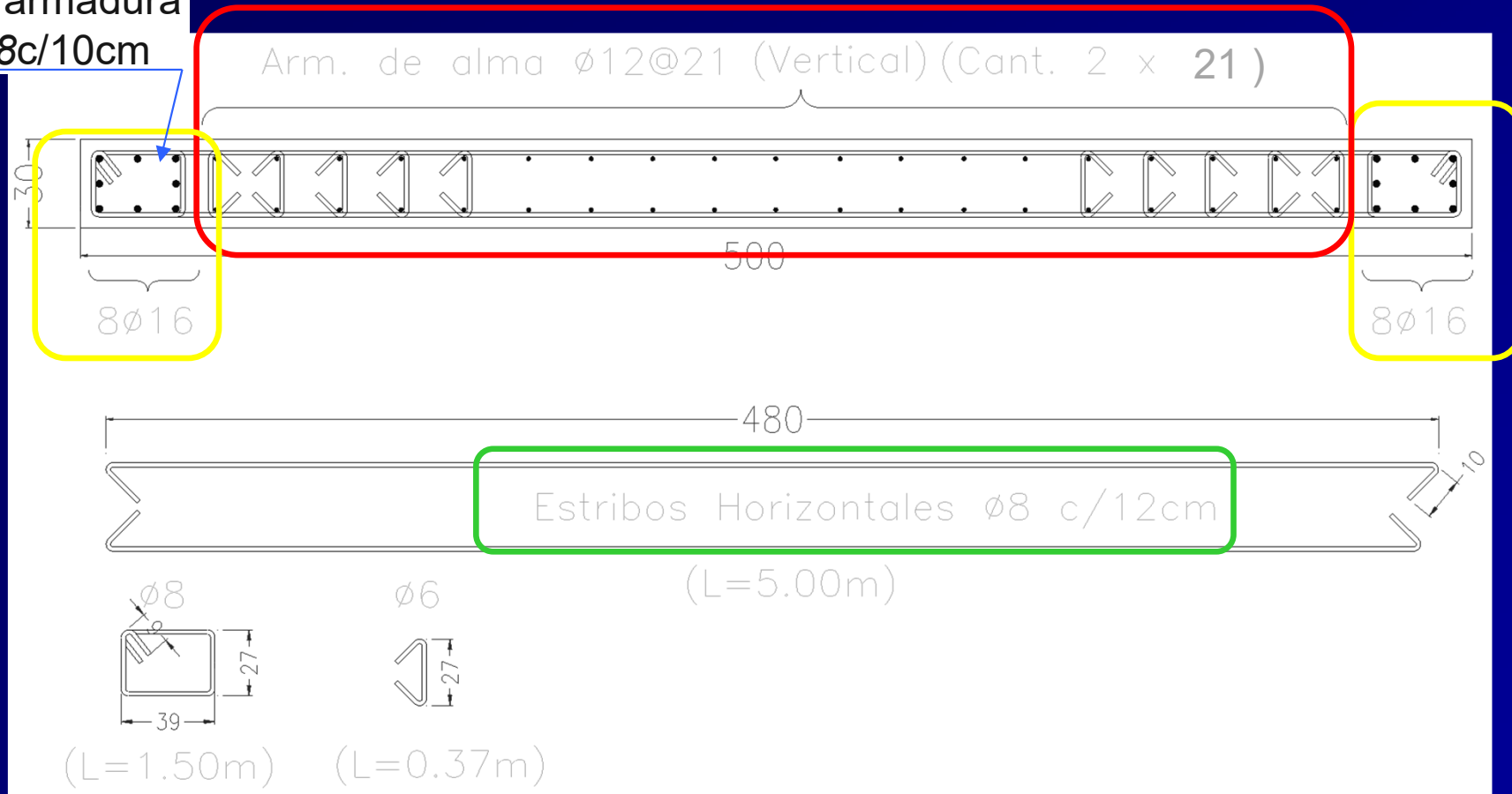
Se ingresa con longitud de tabique y con el corte

Lw = 5.00 m

Vu = 179,4 t

Estribos ϕ 8 c/12 cm

Estribos en armadura de borde. $\phi 8c/10cm$



RESUMEN

Armadura de **Alma** vertical
Armadura de **Borde** ambos extremos
Armaduras de **Alma** horizontal

- 2 capas x 21 $\phi 12$ mm
- 2 x (8 $\phi 16$ mm)
- 2 $\phi 8$ c/12 cm



Facultad de Ingeniería
Carrera de Arquitectura

Tabiques de H° A°

FIN