

DISEÑO DE LA CUBIERTA

Se adopta la estructura de losetas VIPRET de 60 cm de ancho

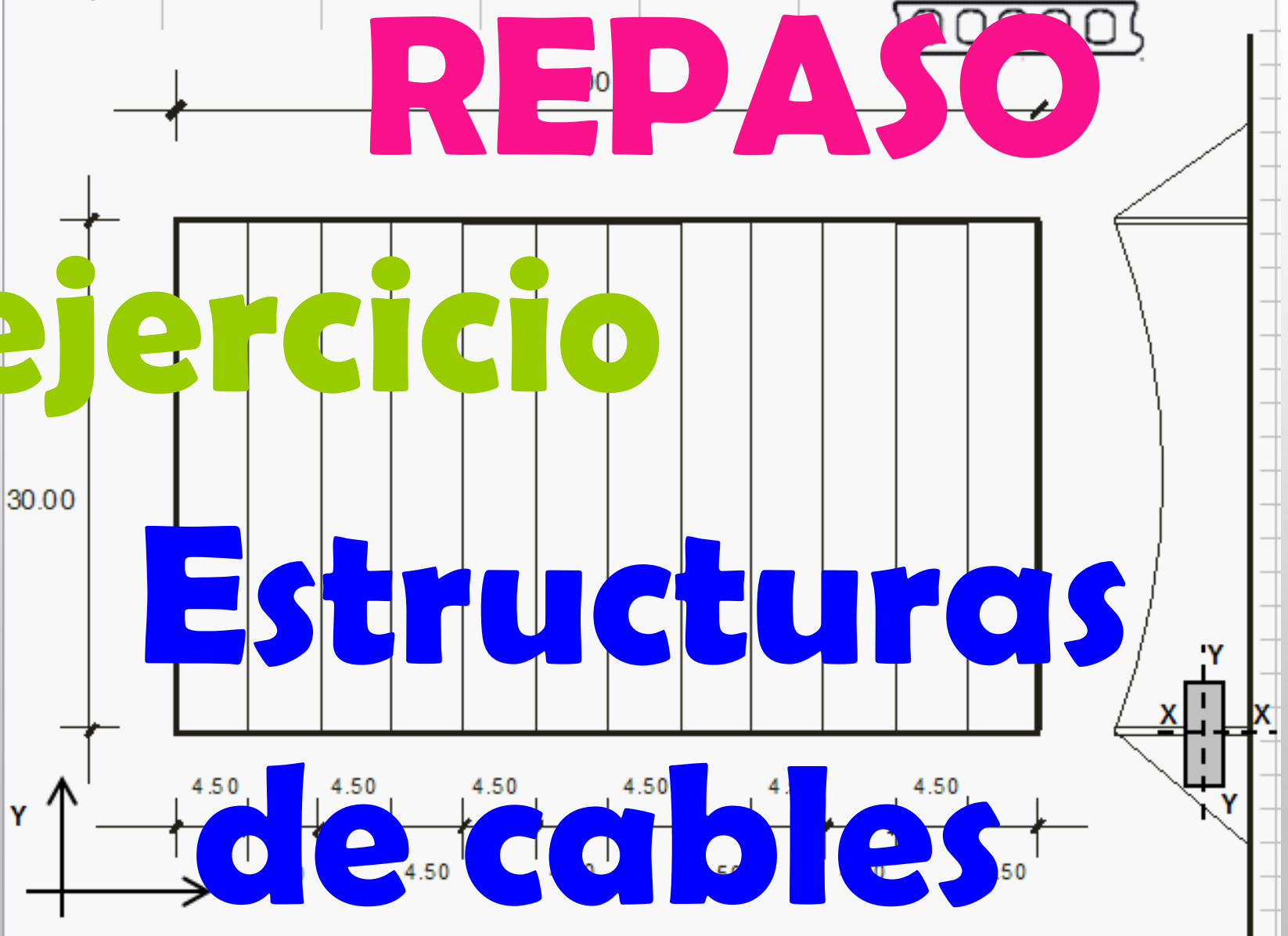
594 mm

**REPASO**

**ejercicio**

**Estructuras**

**de cables**



## ESTRUCTURA DE CABLES - PESADA

Predimensionar una cubierta pesada, de losetas premoldeadas colocadas sobre cables de tracción.

Los cables se colocarán en el sentido de la luz menor y serán anclados a tierra.

La aislación hidráulica de la cubierta se resolverá con una capa de hormigón alivianado, que con un espesor de 0,26 m en el centro permitirá lograr una pendiente transversal (en el sentido de los 54,00 m) del 1%.

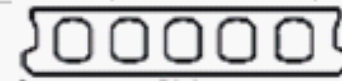
Las columnas serán de hormigón armado, de una altura de 8,00.

Deberá considerarse la acción del viento, en una zona poco construida.

**DISEÑO DE LA CUBIERTA**

Se adopta las estructura de losetas VIPRET de 60 cm de ancho

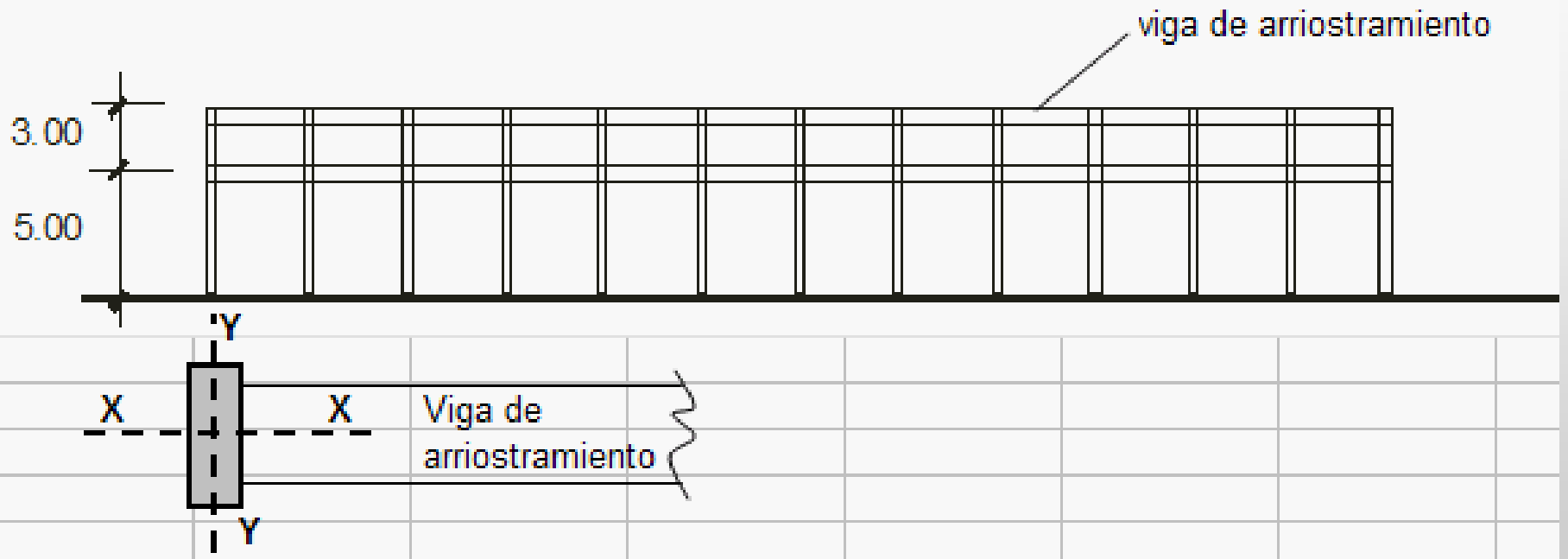
594 mm

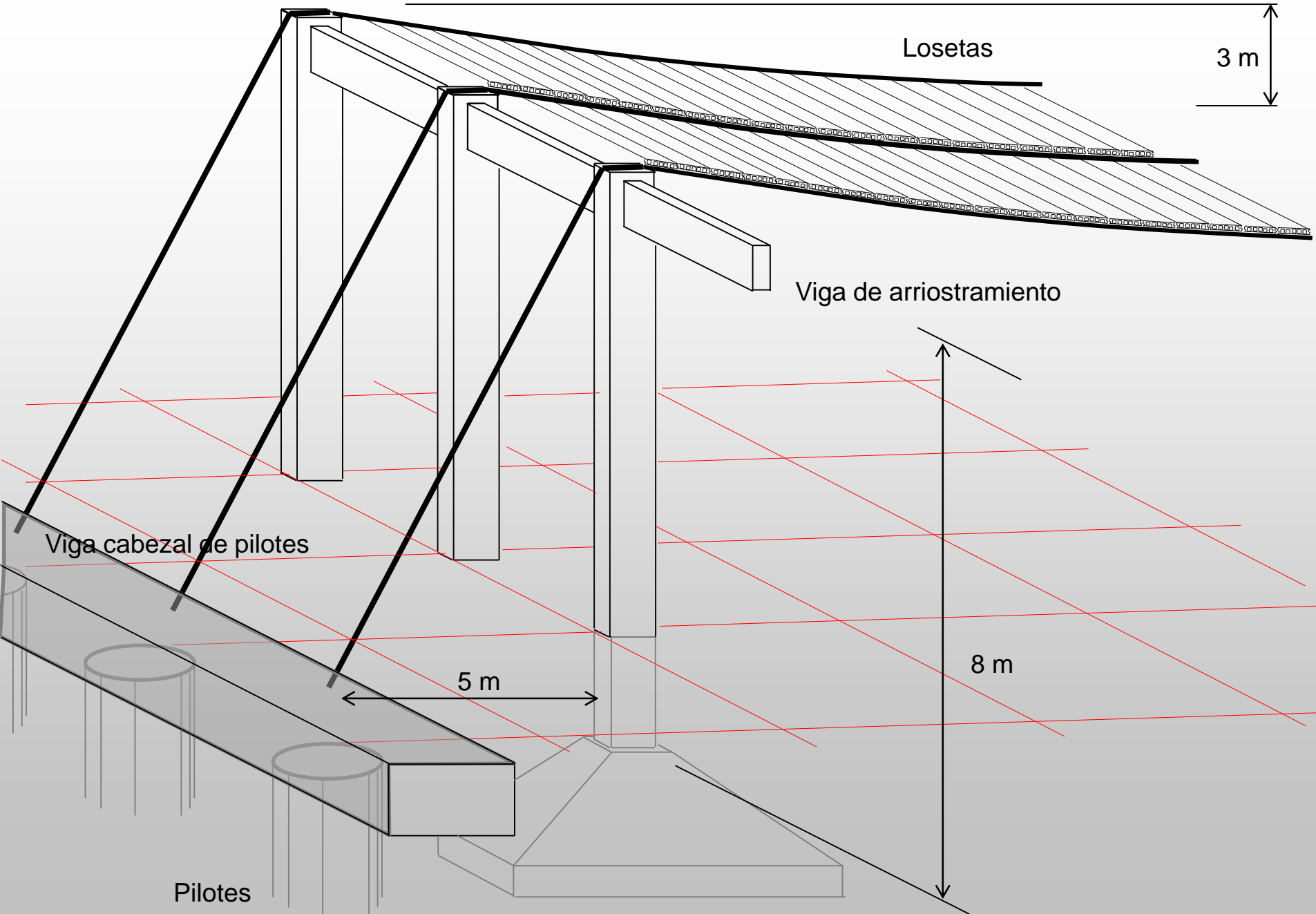


54.00

30.00







**ACCIÓN DEL VIENTO**

Ver apuntes del Ing. Horacio Delaloye, en la página web del taller DNC

Ubicación: La Plata      Velocidad de referencia:  $\beta = 28$  m/s (Tabla N°1)

Coef. de seguridad:  $C_p = 1,45$  (corresponde a bajo factor de ocupación)

Velocidad básica de diseño:  $V_o = \beta \times C_p = 28 \times 1,45 = 40,6$  m/s

Presión dinámica básica:  $Q_o = 0,0613 \times (V_o)^2$  en  $\text{kg/m}^2 = 0,0613 \times (40,6)^2 = 101$   $\text{kg/m}^2$

Coeficiente de altura y rugosidad del entorno:  $C_z = 0,673$  (para  $z \leq 10$  m y rugosidad tipo II) Tabla N° 4

Coeficiente de reducción dimensional:  $C_d = 0,75$  (para  $b/h=50/8=6,25$ ; Rugosidad II,  $h/V_o < 0,5$ ) Tabla 5

Presión dinámica de cálculo:  $Q_z = C_d \times C_z \times Q_o = 0,75 \times 0,673 \times 101 = 51$   $\text{kg/m}^2$

Coeficiente de forma:  $C = -0,8 - 0,4 = -1,2$  (considerando grandes aberturas laterales)

Acción unitaria del viento sobre la estructura:  $W = C \times Q_z = -1,2 \times 51 = -61,2$   $\text{kg/m}^2$  (succión)



**PESO PROPIO**

Por razones de seguridad, el peso propio debe superar en 2,5 veces la succión del viento.

$PP > 2,5 \times 61,2 = 153 \text{ kg/m}^2$  Adoptamos la loseta VIPRET L12, que pesa  $135 \text{ kg/m}^2$

El peso propio del hormigón alivianado es de  $1.200 \text{ kg/m}^3$  y el espesor promedio de la capa de nivelación puede tomarse como  $0,15 \text{ m}$  (entre  $0,26$  y  $0,04 \text{ m}$ )

Peso propio loseta:  $135 \text{ kg/m}^2$

Capa de hormigón alivianado:  $0,15 \times 1.200 \text{ kg/m}^3 = 180 \text{ kg/m}^2$

Peso propio total:  $315 \text{ kg/m}^2$

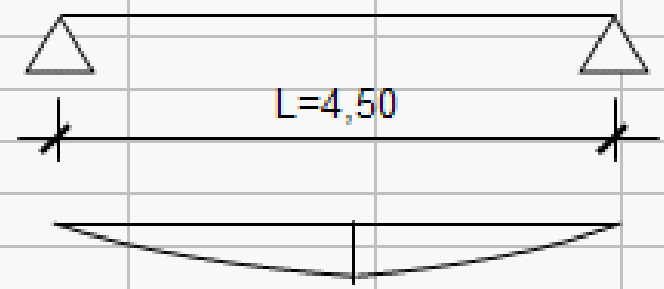
Sobrecarga inaccesible:  $100 \text{ kg/m}^2$



**SOBRECARGAS ADMISIBLES kg/m<sup>2</sup>**

Losa Tipo	L 12		
Longitud(m)	1	2	3
1.5	2272	2285	2301
2	1670	1680	1692
2.5	1309	1317	1327
3	1001	1075	1083
3.5	700	902	909
4	504	680	779
4.5	370	509	640
5	274	387	493
5.5	203	296	384
6		227	301
6.5			237
Madm. (Kgm/m)	1278	1630	1962
Qmax (Kg/m)	1805	1815	1827
Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	135	135	135
Espesor (cm)	12	12	12

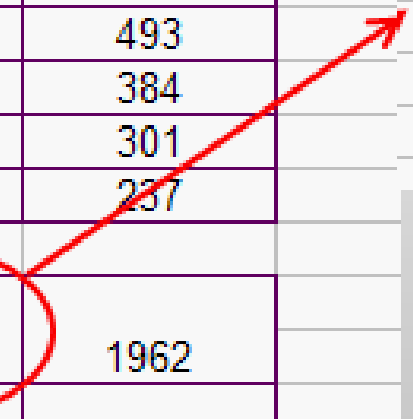
Tomamos el caso de L = 4,50 m



$$M_{\text{máx}} = q \times L^2 / 8 = 1630 \text{ kgm/m}$$

$$q = 1630 \times 8 / (4,50)^2 = 644 \text{ kg/m}^2$$

$$p = 644 \text{ kg/m}^2 - 135 \text{ kg/m}^2 = 509 \text{ kg/m}^2$$





**ESTADOS DE CARGAS:****1°**

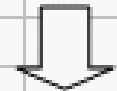
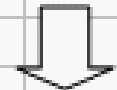
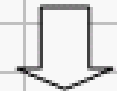
Peso propio

315 kg/m<sup>2</sup>

Sobrecarga

100 kg/m<sup>2</sup>

Total estado

415 kg/m<sup>2</sup>**2°**

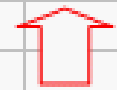
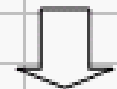
Peso propio

315 kg/m<sup>2</sup>

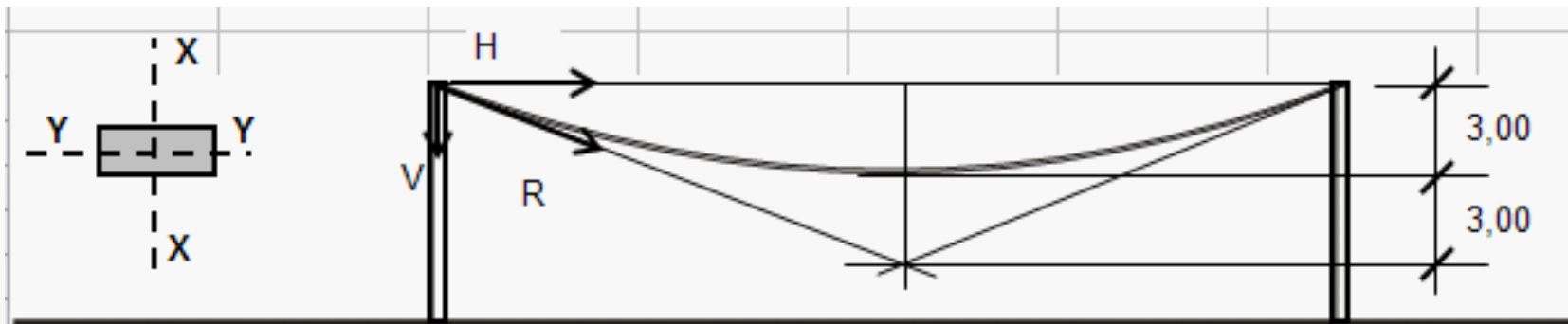
Viento

-61,2 kg/m<sup>2</sup>

Total estado

253.8 ka/m<sup>2</sup>

Resolvemos solamente con el peso propio (caso más desfavorable por ser el de mayor sollicitación), dado que el viento no afecta el sentido de las cargas.



CABLES:

Separación entre cables: 4,40 m (la loseta tiene 4,50 m y dejamos 5 cm a cada lado para apoyarla)

Carga en los cables:  $Q_{\text{cables}} = 415 \times 4,50 = 1868 \text{ kg/m}$

Solicitación horizontal:  $H_{\text{cables}} = 1868 \times 30^2 / 8 \times 3 = 70.050 \text{ kg}$

Solicitación vertical:  $V = 1868 \times 30 / 2 = 28.020 \text{ kg}$

Solicitación en el cable:  $R = \sqrt{(70.050)^2 + (28.020)^2} = 75.450 \text{ kg}$

DIMENSIONADO DE LOS CABLES:

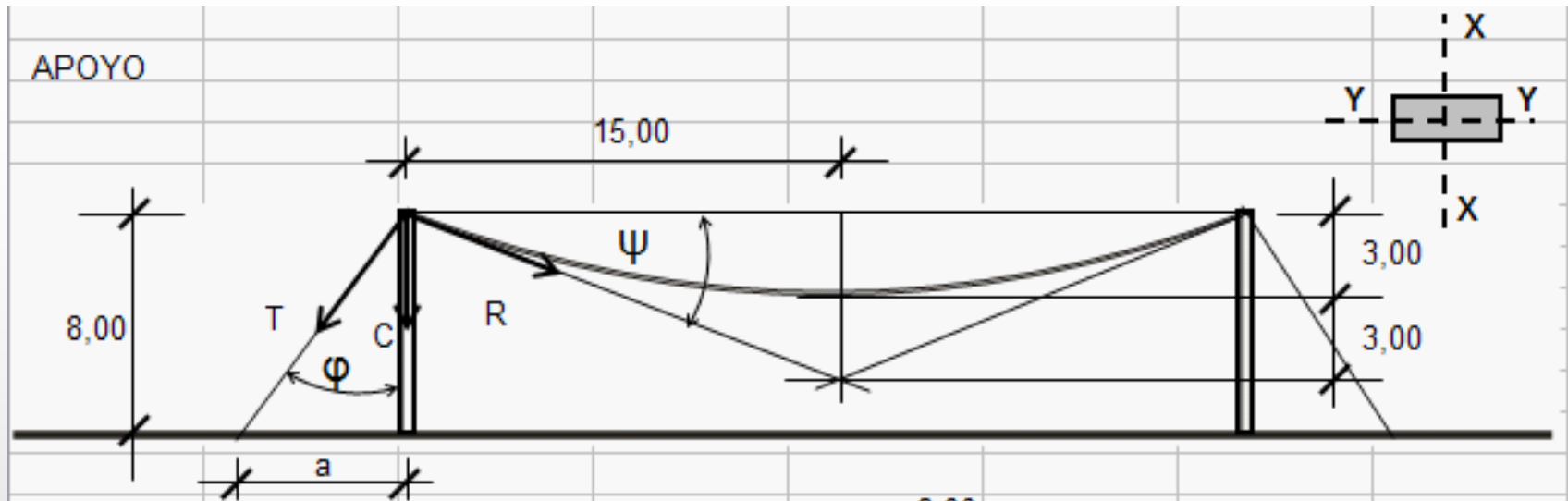
Considerando un coeficiente de seguridad de 2:  $R_{\text{máx}} = 75.450 \text{ kg} \times 2 = 150.900 \text{ kg}$

$R_{\text{máx}} = 150.900 \text{ kg}$

2 Cables 6 x 36 de 35

Carga rot.: 145.800 kg

El coeficiente de seguridad resulta finalmente en 1,966



Solicitud en el cable:  $R = 75.450 \text{ kg}$

$$\psi = \text{arc tg} \frac{6,00}{15,00} = 21,8^\circ \quad \cos 21,8^\circ = 0,9285$$

$$\sin 21,8^\circ = 0,3714$$

Definimos  $a = 5,00 \text{ m}$

$$\phi = \text{arc tg} \frac{5,00}{8,00} = 32^\circ \quad \cos 32,0^\circ = 0,8480$$

$$\sin 32,0^\circ = 0,5299$$

Ecuación de equilibrio:

Tensor:  $T \times \sin 32,0^\circ = R \times \cos 21,8^\circ$

$$T = 75.450 \frac{0,9285}{0,5299} = 132.205 \text{ kg}$$

Columna:  $C = T \times \cos 32,0^\circ + R \times \sin 21,8^\circ = 132.205 \times 0,848 + 75.450 \times 0,3714 = 112.110 + 28.022 = 140.132 \text{ kg}$

Dimensionamos el tensor:

$$T = 132.205 \text{ kg} \times 2 = 264.410 \text{ kg}$$

3 Cables 6 x 36 de 38

Carga rot. = 258.000 kg

$\gamma = 1,95$

## DIMENSIONADO DE LA COLUMNA

Estructuras N2 P6 – T V III – DNC – Guía de estudio nro. 4 – Columnas de Hormigón Armado

$$N' \cdot \gamma \cdot \omega = \sigma'_{bk} \cdot B + \sigma'_{ecol} \cdot A \quad (2)$$

Carga de compresión

Coeficiente de seguridad

Coeficiente de pandeo

Tensión del hormigón

Área del hormigón

Tensión del acero

Área del acero

**$A_{mín} = 0.008 B$  o sea que  $A_{mín}/B = 0,8\%$**   
 **$A_{máx} = 0.03 B$  o sea que  $A_{máx}/B = 3\%$**

Si no consideramos pandeo, la sección necesaria la podríamos calcular directamente

Dimensionamos la columna:

$$F_b \text{ (cm}^2\text{)} = s \times b = \frac{140.132 \text{ (kg)} \times 2,5}{[175 \text{ (kg/cm}^2\text{)} + 0,01 \times 4200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}]} = 1614 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Handwritten annotations in red:

- $\gamma \geq 2,5$  is annotated with  $\gamma$ .
- $140.132 \text{ (kg)} \times 2,5$  is annotated with  $C$ .
- $175 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  is annotated with  $\sigma'_{bk}$ .
- $0,01$  is annotated with  $\mu_0$ .
- $4200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  is annotated with  $\sigma$ .
- The denominator term  $0,01 \times 4200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  is annotated with  $ek$ .

Como si tenemos que considerar el pandeo, entonces proponemos una sección y la verificamos

## Sección de hormigón adoptada

Adopto:	$s = 35 \text{ cm}$
	$b = 70 \text{ cm}$
	$F_b = 2450 \text{ cm}^2$

Dimensionamos la columna:

$\gamma \geq 2,5$  Coef. de seguridad

A= sección del acero

$\mu_0 = A/B$  cuantía geométrica

B= sección del hormigón

$\mu_0 = 1\%$

B= suponemos una sección de 35 x 70 cm  
luego verificamos si anda

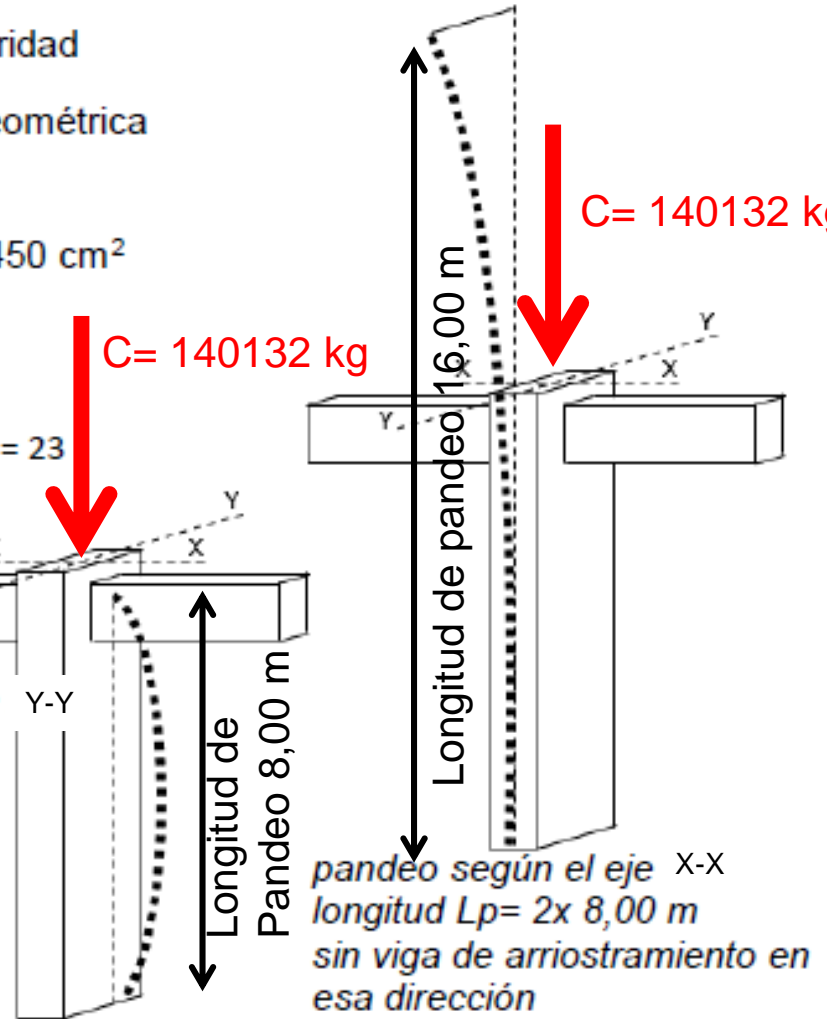
$B = 2450 \text{ cm}^2$

$\lambda =$  esbeltez  $\lambda = h(\text{altura})/b(\text{lado menor}) \quad \lambda = 8,00/0,35 = 23$

Lc/bmin	$\omega$
15	1.00
20	1.08
25	1.32
30	1.72
35	2.28
40	3.00

para valores intermedios  
deberá interpolarse

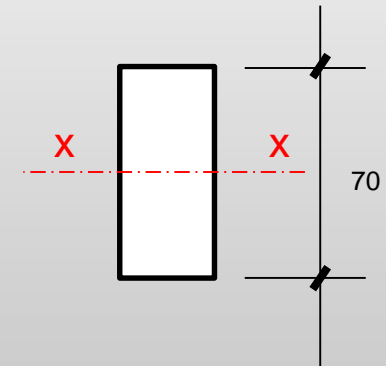
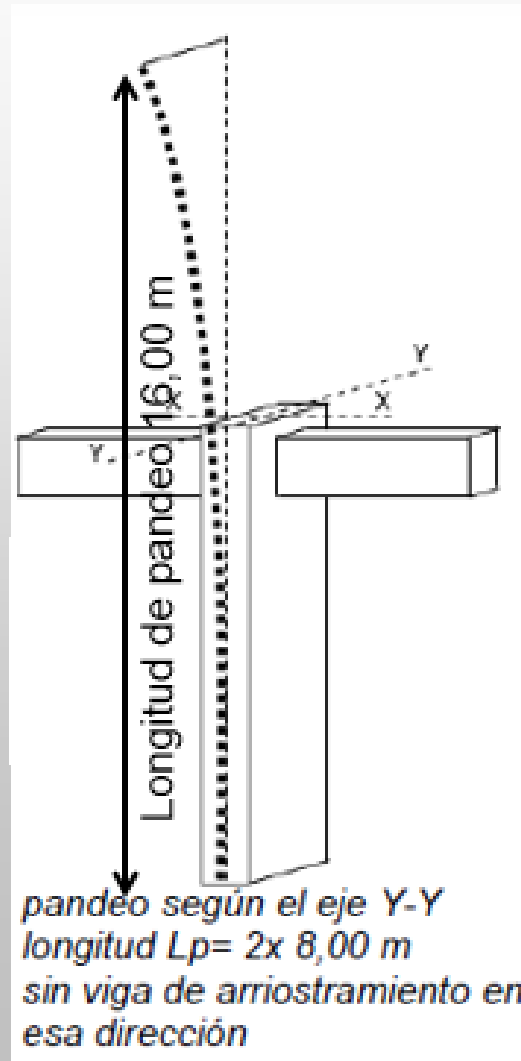
pandeo según el eje Y-Y  
longitud  $L_p = 8,00 \text{ m}$   
por la viga de arriostramiento



pandeo según el eje X-X  
longitud  $L_p = 2 \times 8,00 \text{ m}$   
sin viga de arriostramiento  
en esa dirección

## Pandeo según el eje x-x

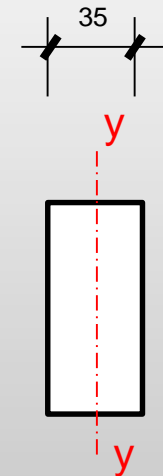
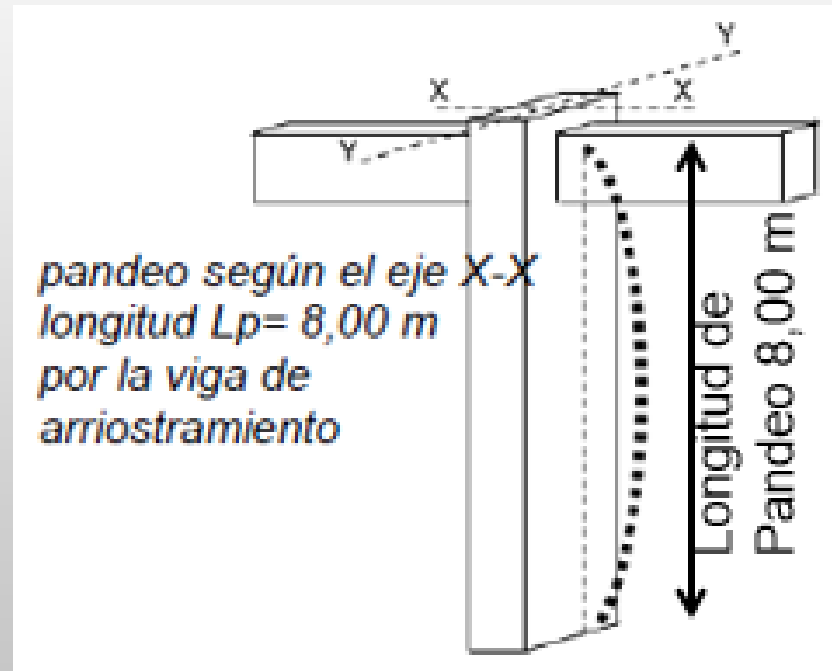
s/y-y long.pandeo:  $L_p = 2 \times L = 16,00 \text{ m}$  (sin arriostram.)  $\lambda = 1600/70 = 23$   $\omega = 1,2$





## Pandeo según el eje y-y

s/x-x long.pandeo:  $L_p = 8,00$  m (viga de arriostramiento)     $\lambda = 800/35 = 23$      $\omega = 1,2$



Con la sección adoptada, y las alturas respectivas, la esbeltez según el eje x-x y según el eje y-y son iguales, por lo tanto el coeficiente omega de pandeo vale lo mismo para ambos casos  $\omega=1,2$

Adopto:	$s = 35 \text{ cm}$
	$b = 70 \text{ cm}$
	$F_b = 2450 \text{ cm}^2$

$$2450 \text{ cm}^2 \gg 1614 \text{ cm}^2$$

## Armadura

$\mu_0 = A/B$  cuantía geométrica  
 $\mu_0 = 1\%$

$Fe \text{ (cm}^2\text{)} = 0,01 \times 35 \times 70 = 24,5 \text{ cm}^2$	$12 \text{ } \emptyset 20 = 24,12 \text{ cm}^2$
---	---

## Verificación de la tensión admisible en el hormigón considerando el efecto de pandeo

$$\sigma = 140.132 \times 1,2 / 2.450 = 69 \text{ kg/cm}^2$$

$C$   
 $\omega$ : Coeficiente de pandeo

Sección de la columna adoptada

$$\sigma = 69 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

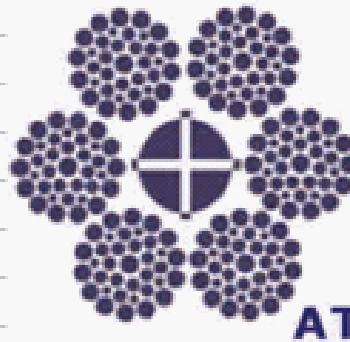
para el hormigón H21

Porqué no considero aquí el coef. de seguridad  $\gamma=2,5$  ?

Porque estoy comparando con la tensión admisible y nó con la tensión de rotura (tensión característica del hormigón)

Dimensionado de los cables:			
Carga de Servicio x coef. seguridad		Resistencia rotura 180 kg/mm <sup>2</sup>	
T = 132.205 kg x 2 = 264.410 kg		1 Cable 6 x 36 de 38 mm Alma Textil AT	Carga Rotura 86.000 kg
		3 Cables 6 x 36 de 38 mm	258.000 kg
Carga de rotura =	258.000 kg	= Coef.Seguridad = 1,95	
Carga de servicio =	132.205 kg		
Si bien se establece un coeficiente de seguridad igual a 2, con la elección de estos cables estamos con una seguridad de 1,95. En vez de lograr el 100% de seguridad logramos el 97,5%			

CABLE DE CONSTRUCCION  
PARA USO GENERAL:  
6 x 36WS



6 x 36WS  
Construcción  
del cordón:  
1+7+7/7+14

AT alma textil  
AA alma de acero

Diám. nom. mm	Peso		180 kg/mm <sup>2</sup>				200 kg/mm <sup>2</sup>			
	AT	AA	AT	AA	AT	AA	AT	AA		
	kg/100m	kg/100m	kN	kgf	kN	kgf	kN	kgf	kN	kgf
9,5	34,3	37,7	52,6	5370	56,3	5700	64,6	6600	69,8	7100
11	45,9	50,6	70,6	7200	75,5	7700	77,9	7900	86,5	8800
13	64,3	70,7	98,3	10000	106	10800	109	11100	118	12000
14	74,5	82	114	11600	124	12600	127	12900	137	13900
16	97,3	107	149	15200	161	16400	166	16900	179	18200
18	123	135	189	19200	204	20800	209	21300	226	23000
19	137	150	211	21500	227	23100	233	23800	252	25700
20	152	167	234	23800	252	25600	259	26400	279	28400
22	184	202	282	28700	304	31000	313	31900	338	34500
24	219	241	336	34200	363	36900	372	37900	402	41000
26	257	283	395	40100	425	43300	437	44600	472	48100
28	298	328	458	46600	493	50300	507	51700	547	55800
30	342	376	526	53600	566	57700	544	55500	587	59900
32	389	428	598	60800	644	65700	662	67500	715	72900
35	466	512	715	72900	771	78600	792	80800	852	86900
36	493	542	757	77000	816	83100	838	85500	907	92500
38	549	604	843	86000	887	90500	934	95300	1010	103000

Los cables de acero se identifican mediante la nomenclatura que hace referencia a:

1.- la cantidad de cordones.				
2.- la cantidad (exacta o nominal) de alambres en cada cordón.				
3.- una letra o palabra descriptiva indicando el tipo de construcción.				
4.- una designación de alma, cualitativa o cuantitativa.				
Esta nomenclatura simple es sumamente práctica y está internacionalmente normalizada para los cables convencionales.				
6x7+1 AT	(6 cordones por 7 alambres por cordón más un alma textil)			

Según la tabla de cables, con tensión de rotura  $200 \text{ kg/mm}^2$   
 ¿cuál es más resistente: un cable 6x36ws de diámetro 28 mm alma de acero o un cable 6x36ws de diámetro 30 mm de alma textil?

En las denominadas estructuras de cables "pesadas", por razones de seguridad ¿en que proporción debe superar la carga de peso propio a la succión del viento, para considerarlas seguras?

¿Cómo están constituidos los cables de acero, usados en la construcción?

¿A que tipo de estructuras se las denomina "de cables" y porqué?

¿A qué tipo de estructuras se las denomina tensegrity?

**FIN**

**ejercicio**

**Estructuras  
de cables**