

RESOLUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL

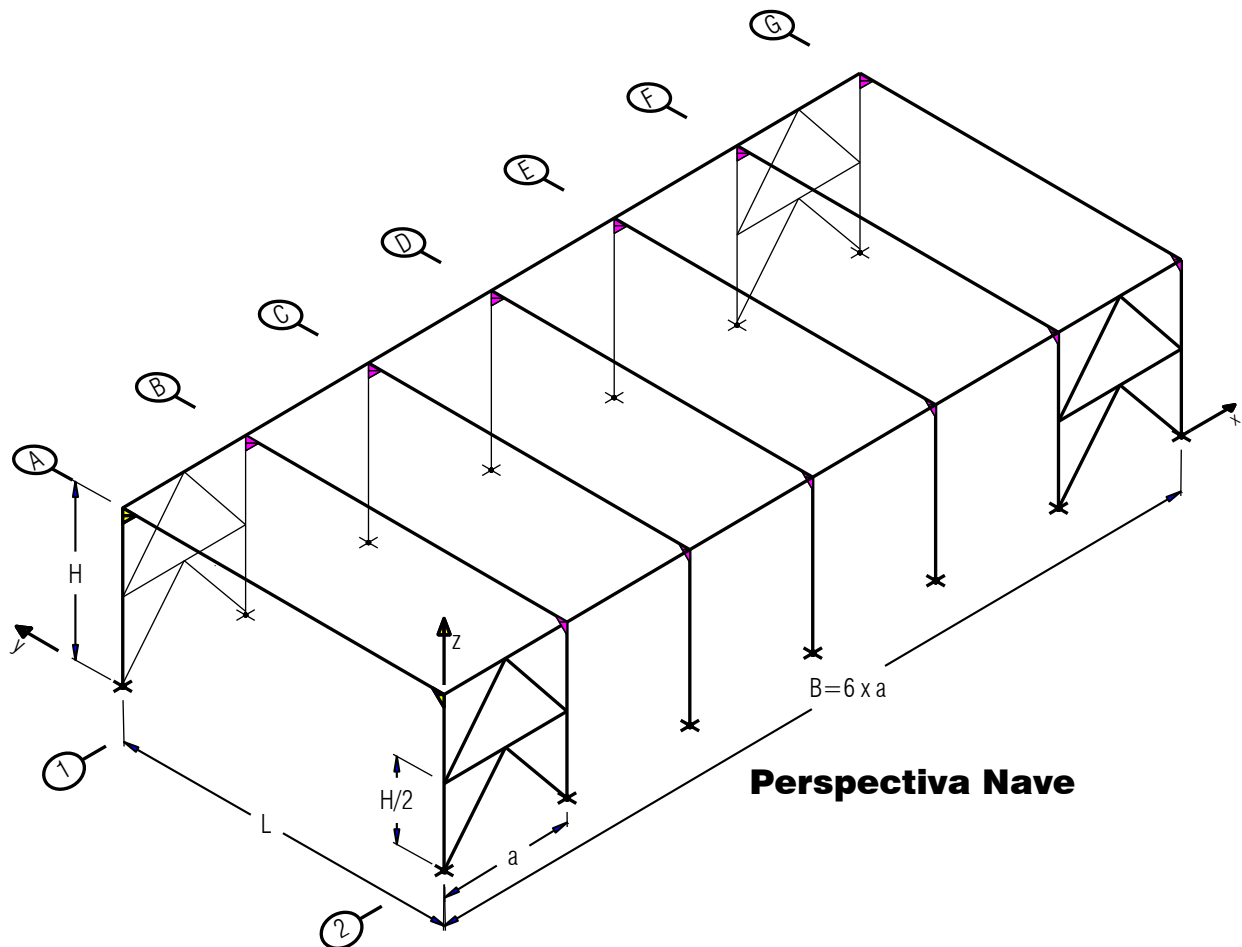
1.- Enunciado

Se solicita identificar, evaluar y combinar las acciones a las que pueda estar sometida la nave industrial de la figura de acuerdo con los datos particulares indicados y según las prescripciones de la norma CIRSOC 301 en particular y las normas CIRSOC asociadas en general.

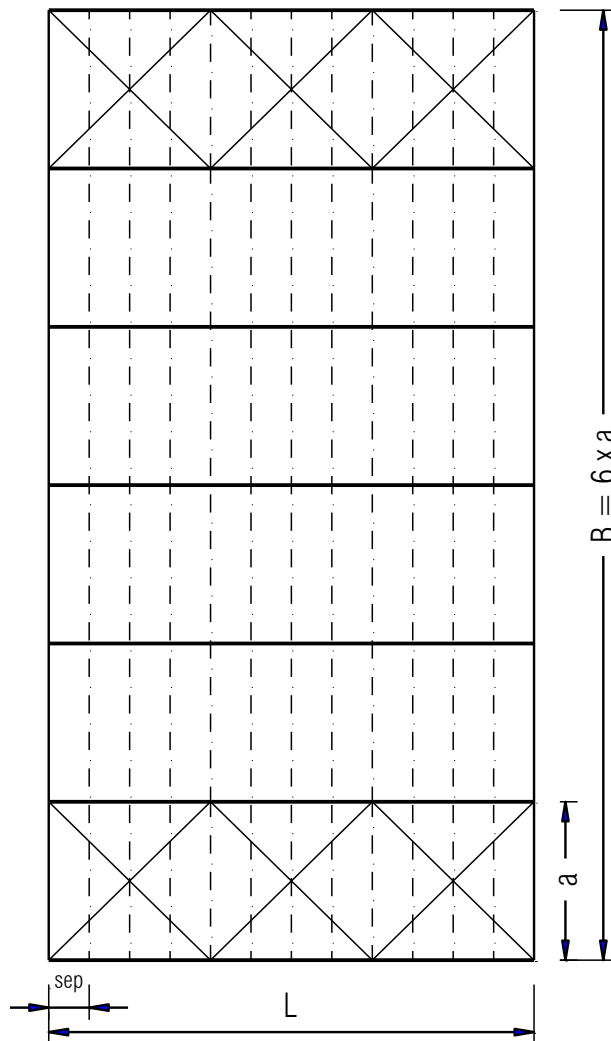
La configuración estructural se ha definido con pórticos biarticulados desplazables según el plano y-z conformando la Estructura Transversal tipo (E.T.T.) y sistemas arriostrados concéntricos en el plano x-z como se aprecia en la Vista Lateral. El módulo (a) define la dimensión longitudinal $B = 6 \times a$.

La estructura de cubierta estará conformada por correas con una separación de $1/12$ de la luz (L) compatible con la chapa elegida. Con el objeto de arriostrar la cubierta se han dispuesto tensores cada cuatro paños.

Los vínculos de todos los elementos estructurales con el terreno son articulados espaciales.



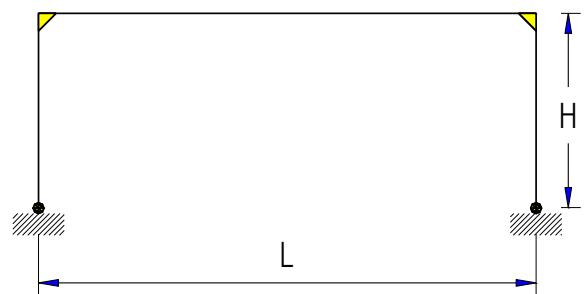
2.- Esquemas Estructurales



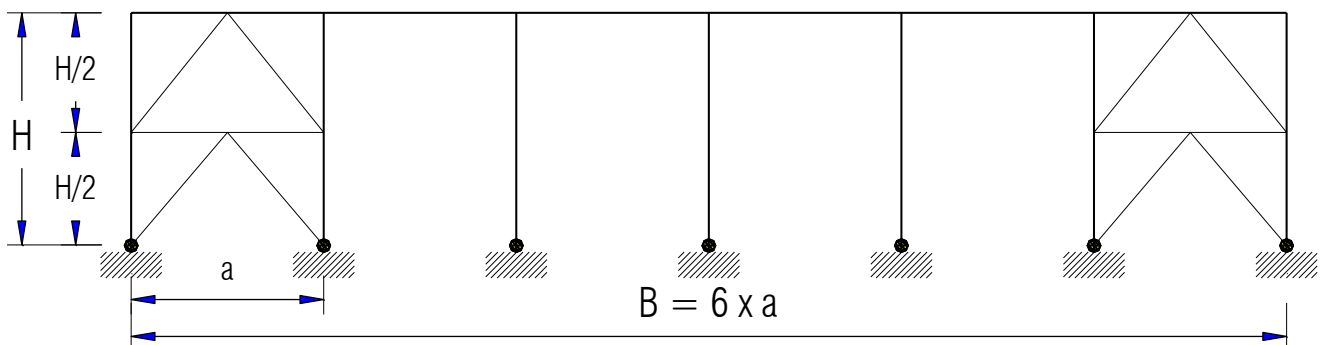
Cubierta

Datos generales

$L = 20.00 \text{ m}; a = 6.50 \text{ m}$
 $B = 6 \times 6.50 \text{ m} = 39.00 \text{ m};$
 $H = 8.00 \text{ m}$
Ubicación: Zona Industrial Godoy Cruz Mza



**Estructura Transversal
Tipo (E.T.T.)**



Vista Lateral

3.- Determinación de Acciones

3.1.- Cubierta de Techo. Cargas permanentes (D)

$$\text{(Chapa + aislamiento + cielorraso)} = 20 \text{ kg/m}^2 = 0.20 \text{ kN/m}^2$$

3.2.- Carga de mantenimiento de cubierta (L_r) → (s/CIRSOC 101 sec. 4.9.)

$$L_r = 0.96 \cdot R_1 \cdot R_2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

R1 → función del área tributaria

R2 → función de la pendiente de la cubierta

$$L_r = 0.96 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 0.96 \text{ kN/m}^2$$

3.3.- Nieve (S) → s/CIRSOC 104

Exposición B: Totalmente expuesta

Ocupación: Categoría II

$$p_g = 0.30 \text{ kN/m}^2; C_e = 0.90; C_t = 1.00; I = 1.00$$

$$p_f = 0.70 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I \cdot p_g = 0.70 \cdot 0.90 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.30 \text{ kN/m}^2 = 0.189 \text{ kN/m}^2$$

$$p_f \text{ mínimo} = I \cdot p_g = 1.00 \cdot 0.30 \text{ kN/m}^2 = 0.30 \text{ kN/m}^2$$

- p_f** carga de nieve sobre cubiertas planas (con pendiente ≤ 5°) en kN/m².
- p_g** carga de nieve a nivel del terreno, obtenida de la Figura 1 y de las Tablas 1.1. a 1.15.; o de un análisis en el lugar específico, en kN/m².
- C_e** factor de exposición obtenido de la Tabla 2.
- C_s** factor de pendiente obtenido de la Figura 2.
- C_t** factor térmico obtenido de la Tabla 3.
- I** factor de importancia obtenido de la Tabla 4.

3.4.- Viento (W) → s/CIRSOC 102

Se distinguen dos tipos de elementos: Componentes y Revestimientos (C&R) y el Sistema Principal Resistente a Fuerza de Viento (SPRFV)

Se indican las características específicas del ejemplo:

Zona:	Mendoza
Ocupación:	Categoría II
Categoría de exposición:	Exposición B
Categoría de cerramiento:	Parcialmente cerrado

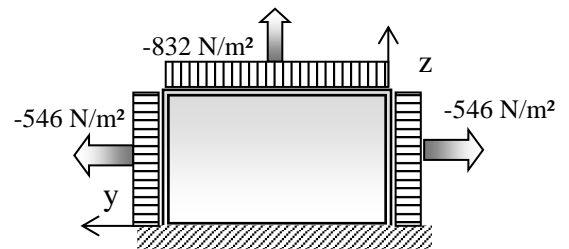
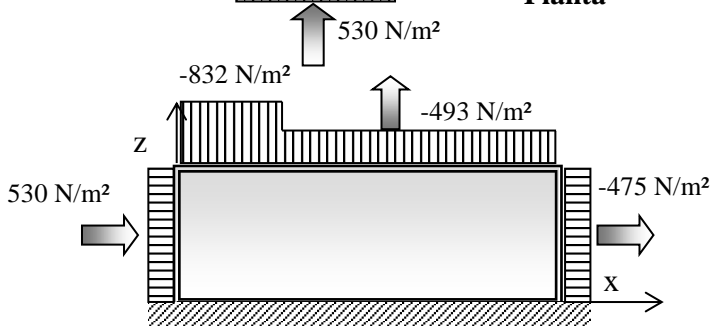
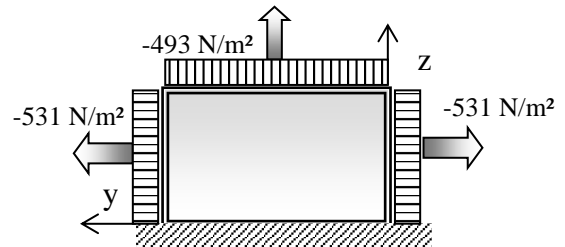
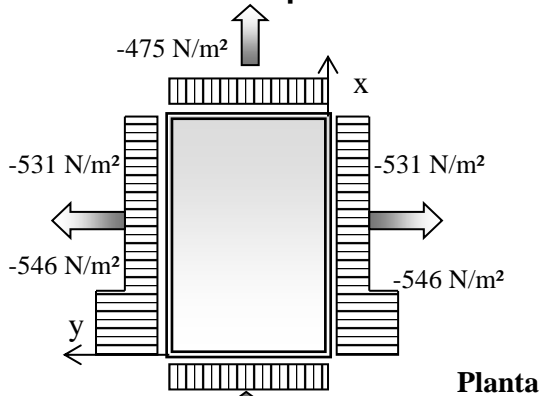
Velocidad de Viento:	V = 39 m/s
Factor de Ocupación:	I = 1.00
Factor de Exposición	B = 1.00
Edificio rígido:	T = 0.10 s (f = 10 Hz)

Categoría de cerramiento:

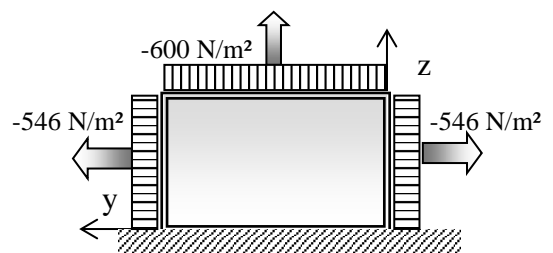
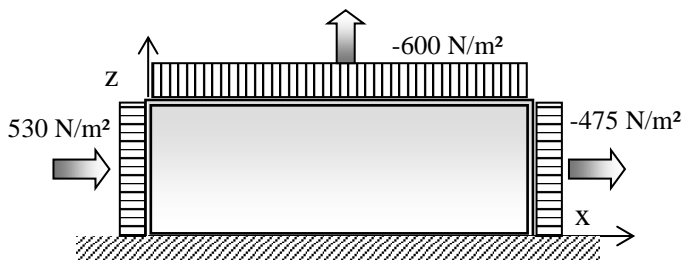
$$\left. \begin{aligned} A_o / A_{oi} &= 0.32 > 0.01 \rightarrow \text{OK} \\ A_o / A_g &= 0.187 > 0.01 \rightarrow \text{OK} \\ A_{oi} / A_{gi} &= 0.065 < 0.20 \rightarrow \text{OK} \end{aligned} \right\}$$

Edificio parcialmente cerrado

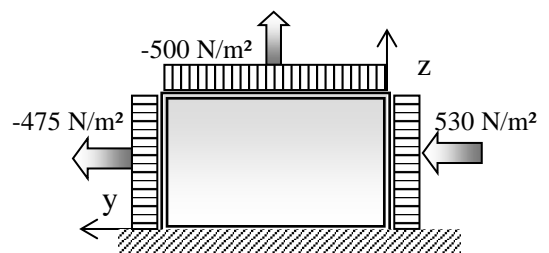
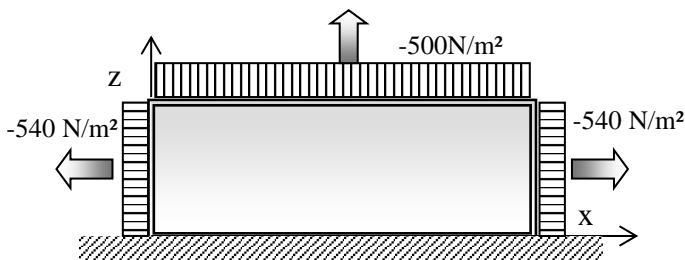
3.4.1.- Acciones para el SPRFV



Esquemas de carga adoptados



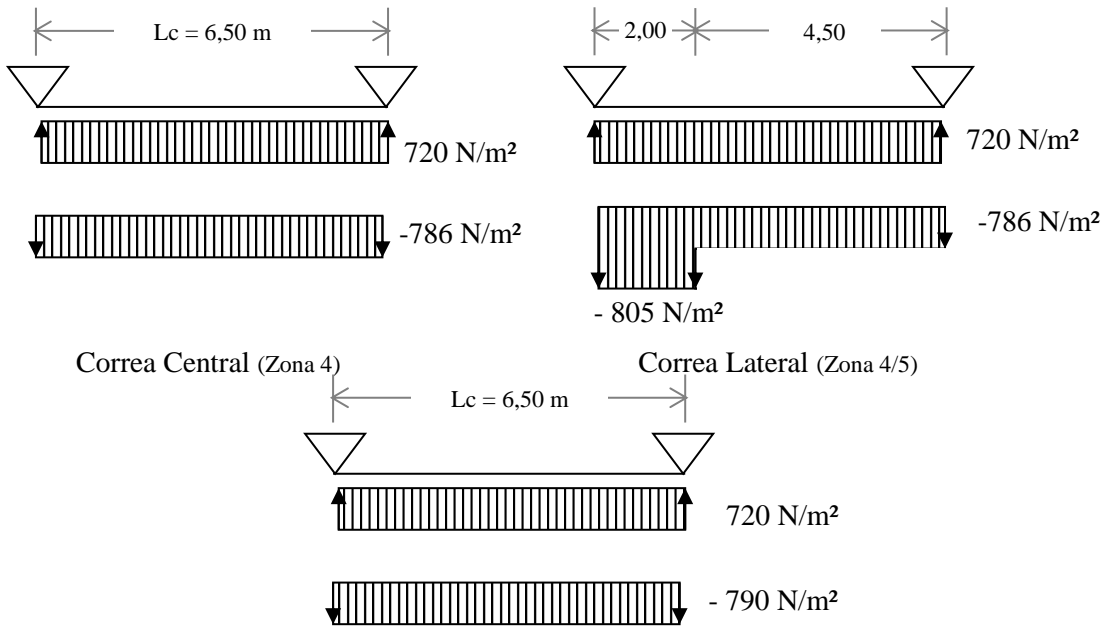
Viento Dirección X-X



Viento Dirección Y-Y

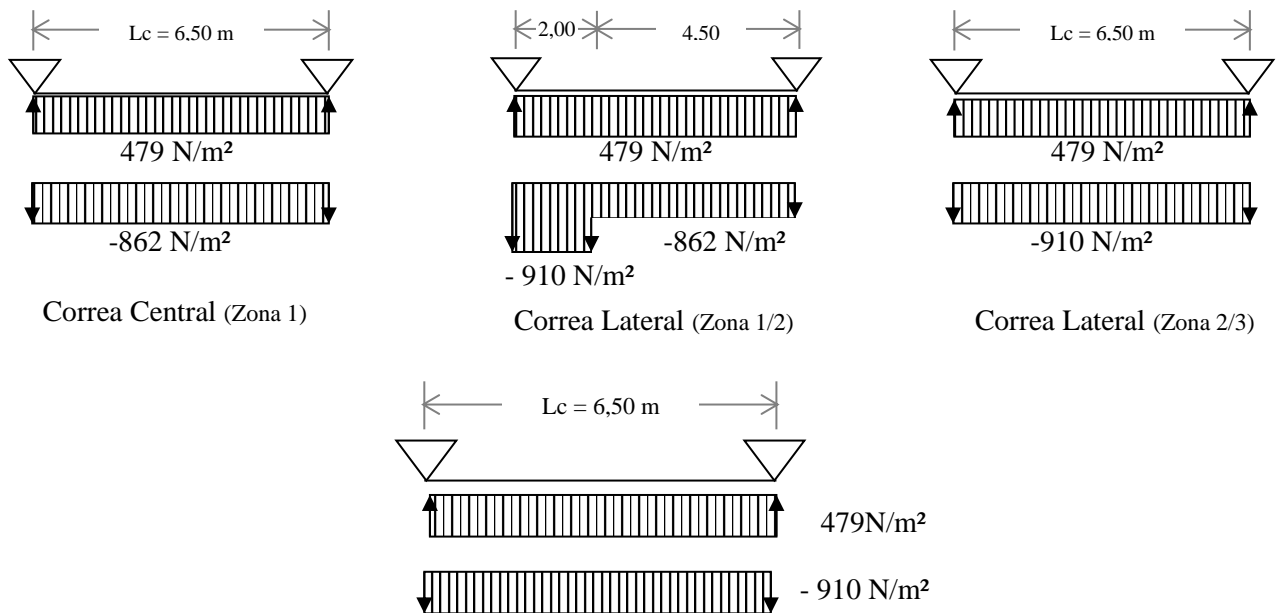
3.4.2.- Acciones para C & R

3.4.2.1.- Paredes



Esquema de carga adoptado

3.4.2.2.- Cubierta



Esquema de carga adoptado

3.4.2.3.- Fijaciones

Las acciones para la verificación de las fijaciones se deben referir a las zonas respectivas. Se puede plantear distintas densidades para considerar los aumentos locales de acciones.

3.5.- Sismo (E)

→ s/ INPRES-CIRSOC 103

Por aplicación del reglamento la acción global última resultante más desfavorable es:

$$E = (1.05 \cdot 1.00/3.5) \cdot 330 \text{ kN} = 0.30 \cdot 330 = 99 \text{ kN (Pórtico arriostrados concéntricos)}$$

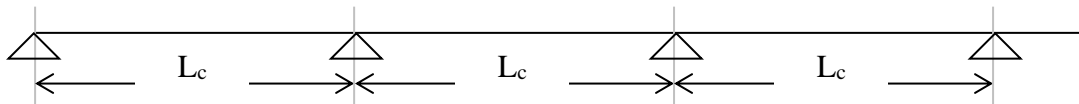
La acción global resultante de viento es:

Apared x (530 + 475) = 20.00 m. 8.00 m. (1.005) N/m² = 160800 N = 160.8 kN = 16.08 t
Aplicando factores de carga, acción última por viento = 1.50 · 160.8 kN = 241 kN.

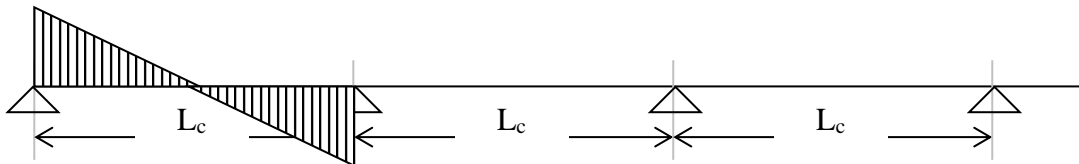
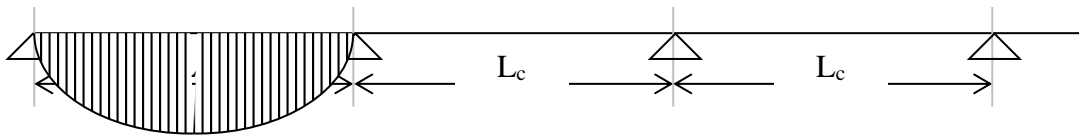
La acción horizontal determinante es la de viento pues resulta mayor que la acción sísmica horizontal.

4.- Combinaciones

4.1.- correa de techo



$$\text{Sep. Correas} = 20.00 \text{ m} / 12 \text{ espacios} = 1667 \text{ mm} = 1.667 \text{ m}$$



1) Cargas permanente (D)

$$q_D = 1.667 \text{ m} \times 0.20 \text{ kN/m}^2 = 0.333 \text{ kN/m} = 33.3 \text{ kg/m}$$

Hay que adicionar el peso propio de la correa → 0.15 kN/m = 15 kg/m

$$q_D = (0.333 + 0.15) \text{ kN/m} = 0.483 \text{ kN/m} = 48.3 \text{ kg/m}$$

2) Cargas mantenimiento de cubierta (L_r)

$$q_{Lr} = 1.667 \text{ m} \times (0.96 \text{ kN/m}^2 \times 1.0 \times 1.0)$$

$$q_{Lr} = 1.600 \text{ kN/m} = 160 \text{ kg/m}$$

$$R_1 = 1$$

$$R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$$

$$R_1 = 0,6$$

$$\text{para } A_t \leq 19 \text{ m}^2$$

$$\text{para } 19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2$$

$$\text{para } A_t \geq 56 \text{ m}^2$$

3) Nieve (S)

$$q_s = 1.667 \text{ m} \times 0.30 \text{ kN/m}^2 = 0.500 \text{ kN/m} = 50 \text{ kg/m}$$

4) Viento (W)

Para correas de cubierta

$$q_{w1} = 1.667 \text{ m} \times (+ 0.479) \text{ kN/m}^2 = 0.798 \text{ kN/m} = 79.80 \text{ kg/m}$$

$$q_{w2} = 1.667 \text{ m} \times (- 0.910) \text{ kN/m}^2 = - 1.517 \text{ kN/m} = -151.7 \text{ kg/m}$$

5) Montaje (L)

P = 1.0 kN aplicada a $L_c/2$

Como no se pueden combinar las acciones, se trabaja sobre los efectos (solicitaciones) Momento flector y esfuerzo de corte. Se deberá repetir para cada sección característica. En el ejemplo consideramos el centro del tramo (para el momento) y un extremo (para el esfuerzo de corte) por considerarse simplemente apoyada. En caso de considerarse continua se deberán analizar la cantidad de secciones necesarias para caracterizar convenientemente todos los esfuerzos.

SOLICITACIONES

	D	S	W1	W2	L	Lr
	Cargas muertas	Nieve	Viento P	Viento S	Montaje	Mant. Cub
Carga	0,200	0,300	0,479	-0,910	1,000	0,960
Carga lin	0,483	0,500	0,798	-1,517	1,000	1,600
Momento [kNm]	2,553	2,641	4,217	-8,011	1,625	8,452
Corte [kN]	1,57	1,63	2,60	-4,93	0,50	5,20

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (A.4.2)

$$1,4 (D + F) \quad (A.4.1)$$

$$1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (A.4.2)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 L \text{ ó } 0,8 W) \quad (A.4.3)$$

$$1,2 D + 1,6 W + f_1 L + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (*) \quad (A.4.4)$$

$$1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_r) + f_2 S \quad (A.4.5)$$

$$0,9 D + (1,6 W \text{ ó } 1,0 E) + 1,6 H \quad (*) \quad (A.4.6)$$

	ESTADO LIMITE ÚLTIMO - MOMENTO FLECTOR						
	D	S	W1	W2	L	Lr	Momento Requerido [kNm]
	Cargas muertas 2,553	Nieve 2,641	Viento P 4,217	Viento S -8,011	Montaje 1,625	Mant. Cub 8,452	
C1	1,40						3,57
	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,20				1,60		5,66
	3,06	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	
C3	1,20					1,60	16,59
	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	13,52	
C4	1,20	1,60					7,29
	3,06	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	
C5	1,20	1,60	0,80				10,66
	3,06	4,23	3,37	0,00	0,00	0,00	
C6	1,20	0,50	1,50				10,71
	3,06	1,32	6,33	0,00	0,00	0,00	
C7	1,20						3,06
	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C8	0,90			1,50			-9,72
	2,30	0,00	0,00	-12,02	0,00	0,00	

Los valores Envolvente de Momento Requerido son = **16,59** **-9,72**

	ESTADO LIMITE ÚLTIMO - ESFUERZO DE CORTE						
	D	S	W1	W2	L	Lr	Corte Requerido [kNm]
	Cargas muertas 1,571	Nieve 1,625	Viento P 2,595	Viento S -4,930	Montaje 0,500	Mant. Cub 5,201	
C1	1,40						2,20
	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,20				1,60		2,69
	1,89	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	
C3	1,20					1,60	10,21
	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	8,32	
C4	1,20	1,60					4,49
	1,89	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	
C5	1,20	1,60	0,80				6,56
	1,89	2,60	2,08	0,00	0,00	0,00	
C6	1,20	0,50	1,50				6,59
	1,89	0,81	3,89	0,00	0,00	0,00	
C7	1,20						1,89
	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C8	0,90			1,50			-5,98
	1,41	0,00	0,00	-7,40	0,00	0,00	

Los valores Envolvente de Corte Requerido son = **10,21** **-5,98**

Efectos favorables a la seguridad no se consideran

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (A.L.1)

$$(D + F) + (\Sigma L_i \text{ ó } W \text{ ó } T) \quad (\text{A-L.1.1})$$

$$(D + F) + 0,7 [(\Sigma L_i + W) \text{ ó } (W + T) \text{ ó } (\Sigma L_i + T)] \quad (\text{A-L.1.2})$$

$$(D + F) + 0,6 \Sigma L_i + 0,6 W + 0,6 T \quad (\text{A-L.1.3})$$

donde:

$$\Sigma L_i = (L + L_r + S + R + H)$$

	ESTADO LIMITE DE SERVICIO						Momento Requerido [kNm]
	D	S	W1	W2	L	Lr	
	Cargas muertas	Nieve	Viento P	Viento S	Montaje	Mant. Cub	
	2,553	2,641	4,217	-8,011	1,625	8,452	
C1	1,00 2,55						2,55
C2	1,00 2,55	0,00	0,00	0,00	1,00 1,63		4,18
C3	1,00 2,55	0,00	0,00	0,00		1,00 8,45	11,00
C4	1,00 2,55	1,00 2,64	1,00 4,22				9,41
C5	1,00 2,55	0,70 1,85	0,70 2,95				7,35
C6	1,00 2,55			1,00 -8,01			-5,46
C7						1,00 8,45	8,45

Los valores Envolvente de Momento requerido son = **11,00** **-5,46**
La Combinación C7 es sólo para carga de uso **8,45**

Tabla A-L.4.1. Valores límites para deformaciones y desplazamientos laterales (a) (b)

EDIFICIOS INDUSTRIALES			
	Elemento	Flecha total	Flecha por carga variable
			Por
Deformaciones verticales	Barras soportando cubiertas rígidas	L/200	Sobrecarga Útil L/240
	Barras soportando cubiertas flexibles	L/150	Sobrecarga Útil L/180
	Barras soportando pisos	L/250	Sobrecarga Útil L/300
	Vigas carril para grúas de capacidad $\geq 200 \text{ Kn}$		Rueda sin impacto L/800 (c)
	Vigas carril para grúas de capacidad $< 200 \text{ Kn}$		Rueda sin impacto L/600 (c)

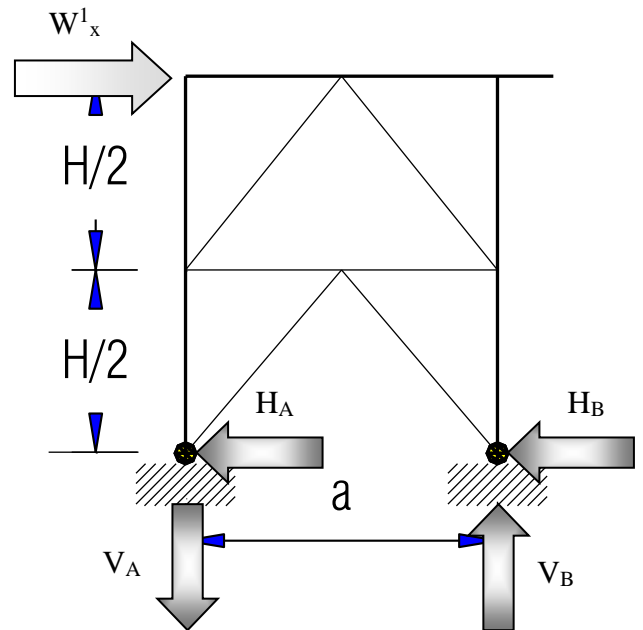
4.2.- Combinaciones para un arriostramiento lateral

1) Viento incidiendo sobre muros hastiales
(Dirección x-x)

$$\alpha = 50^{\circ} 54'$$

$$H = 8.00 \text{ m}$$

$$a = 6.50 \text{ m}$$



$$W_x^b = (20.00 \text{ m} \cdot 8.00 \text{ m}) \cdot 0.530 \text{ kN/m}^2 = 84.80 \text{ kN} = 8.480 \text{ t}$$

$$W_x^s = (20.00 \text{ m} \cdot 8.00 \text{ m}) \cdot 0.475 \text{ kN/m}^2 = 76.00 \text{ kN} = 7.600 \text{ t}$$

$$W_x^T = 160.80 \text{ kN} = 16.08 \text{ t}$$

$$W_x^1 \approx 1/8 \cdot W_x^T = 20.10 \text{ kN} = 2.01 \text{ t}$$

$$W_{xu}^1 = 1.50 \times 20.10 \text{ kN} = 30.15 \text{ kN} = 3.015 \text{ t}$$

2) Viento sobre cubierta (Dirección x-x)

$$W_{x1}^c = (20.00 \text{ m} / 2 \cdot 6.50 \text{ m}) \cdot 0.60 \text{ kN/m}^2 = 39.00 \text{ kN} = 3.900 \text{ t}$$

$$W_{x2}^c = (20.00 \text{ m} / 2 \cdot 6.50 \text{ m} / 2) \cdot 0.60 \text{ kN/m}^2 = 19.50 \text{ kN} = 1.950 \text{ t}$$

$$\square X = W_x^1 - H = 0 \quad \rightarrow \quad H_A = H_B = H = 15.07 \text{ kN}$$

$$\square Y = V - V = 0 \quad \rightarrow$$

$$\square M = W_x^1 \cdot h - V \cdot a = 0 \quad \rightarrow \quad V_A = V_B = V = 37.10 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza en el tensor} = T_u = 40.04 \text{ kN} = 4.004 \text{ t}$$

4.3.- Combinaciones para una viga de techo

Sep. Entre vigas = 6.50 m

1) Cargas permanente (D)

$$q_D = 6.50 \text{ m} \times 0.30 \text{ kN/m}^2 = 1.95 \text{ kN/m} = 195.0 \text{ kg/m}$$

Se agrega peso propio elementos estructurales → 0.30 kN/m

$$q_D = 1.95 + 0.30 \text{ kN/m} = 2.25 \text{ kN/m} = 225.0 \text{ kg/m}$$

2) Cargas mantenimiento de cubierta (L_r)

$A_{infl} = 20.00 \text{ m} \cdot 13.00 \text{ m}$	$R_1 = 1$	para $A_t \leq 19 \text{ m}^2$
$A_{inf} = 260.00 \text{ m}^2$	$R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$	para $19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2$
	$R_1 = 0,6$	para $A_t \geq 56 \text{ m}^2$

$$A_T = 20.00 \text{ m} \cdot 6.50 \text{ m} = 130.00 \text{ m}^2 > 56 \text{ m}^2$$

$$R_1 = 0.60$$

$$q_{Lr} = 6.50 \text{ m} \times (0.96 \times 0.60 \times 1.00) \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Lr} = 6.50 \text{ m} \times 0.576 \text{ kN/m}^2 = 3.744 \text{ kN/m} = 374.4 \text{ kg/m}$$

3) Nieve (S)

$$q_S = 6.50 \text{ m} \times 0.30 \text{ kN/m}^2 = 1.95 \text{ kN/m} = 195 \text{ kg/m}$$

4) Viento (W)

$$q_{W1} = 6.50 \text{ m} \times (-0.50) \text{ kN/m}^2 = -3.25 \text{ kN/m} = -325.0 \text{ kg/m}$$

$$q_{W2} = 6.50 \text{ m} \times (-0.60) \text{ kN/m}^2 = -3.90 \text{ kN/m} = -390.0 \text{ kg/m}$$

5) Montaje (L)

Consideraciones de montaje según el esquema proyectado

$$P = 1.0 \text{ kN} \text{ aplicada a } L_v / 2$$

Al igual que con las correas de techo, se trabaja sobre los efectos (solicitaciones) Momento flector y esfuerzo de corte.

Se deberá repetir para cada sección característica.

En el ejemplo consideramos el centro del tramo y apoyo (para el momento) y un extremo (para el esfuerzo de corte).

	ESTADO LIMITE ULTIMO SECCION CENTRAL						Momento Requerido [kNm]
	D	S	W1	W2	L	Lr	
	Cargas muertas	Nieve	Viento P	Viento S	Montaje	Mant. Cub	
	58,930	48,900	-97,310	-91,000	5,000	93,790	
C1	1,40						82,50
	82,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,20				1,60		78,72
	70,72	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	
C3	1,20					1,60	220,78
	70,72	0,00	0,00	0,00	0,00	150,06	
C4	1,20	1,60	0,80				71,11
	70,72	78,24	-77,85	0,00	0,00	0,00	
C5	1,20	0,50	1,50				-50,80
	70,72	24,45	-145,97	0,00	0,00	0,00	
C6	1,20	1,60		0,80			76,16
	70,72	78,24	0,00	-72,80	0,00	0,00	
C7	1,20	0,50		1,50			-41,33
	70,72	24,45	0,00	-136,50	0,00	0,00	
C8	0,90			1,50			-83,46
	53,04	0,00	0,00	-136,50	0,00	0,00	
C9	0,90		1,50				-92,93
	53,04	0,00	-145,97	0,00	0,00	0,00	

Los valores Envolvente de Momento requerido son = **220,78** **-92,93**

	ESTADO LIMITE ULTIMO SECCION APOYO						Momento Requerido [kNm]
	D	S	W1	W2	L	Lr	
	Cargas muertas	Nieve	Viento P	Viento S	Montaje	Mant. Cub	
	-58,570	-48,600	182,440	104,000	0,000	-93,210	
C1	1,40						-82,00
	-82,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,20				1,60		-70,28
	-70,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C3	1,20					1,60	-219,42
	-70,28	0,00	0,00	0,00	0,00	-149,14	
C4	1,20	1,60	0,80				-2,09
	-70,28	-77,76	145,95	0,00	0,00	0,00	
C5	1,20	0,50	1,50				179,08
	-70,28	-24,30	273,66	0,00	0,00	0,00	
C6	1,20	1,60		0,80			-64,84
	-70,28	-77,76	0,00	83,20	0,00	0,00	
C7	1,20	0,50		1,50			61,42
	-70,28	-24,30	0,00	156,00	0,00	0,00	
C8	0,90			1,50			103,29
	-52,71	0,00	0,00	156,00	0,00	0,00	
C9	0,90		1,50				220,95
	-52,71	0,00	273,66	0,00	0,00	0,00	

Los valores Envolvente de Momento requerido son = **179,08** **-219,42**

	ESTADO LÍMITE ÚLTIMO - ESFUERZO DE CORTE							Corte Requerido [kNm]
	D	S	W1	W2	L	Lr		
	Cargas muertas 23,500	Nieve 19,500	Viento P 42,640	Viento S 39,000	Montaje 0,500	Mant. Cub 37,400		
C1	1,40							32,90
	32,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,20				1,60			29,00
	28,20	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	
C3	1,20					1,60		88,04
	28,20	0,00	0,00	0,00	0,00	59,84		
C4	1,20	1,60						59,40
	28,20	31,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C5	1,20	1,60	0,80					93,51
	28,20	31,20	34,11	0,00	0,00	0,00	0,00	
C6	1,20	0,50	1,50					101,91
	28,20	9,75	63,96	0,00	0,00	0,00	0,00	
C7	1,20	1,60		0,80				90,60
	28,20	31,20	0,00	31,20	0,00	0,00	0,00	
C8	0,90			1,50				79,65
	21,15	0,00	0,00	58,50	0,00	0,00	0,00	

Los valores Envolvente de Corte Requerido son = **101,91** **29,00**

	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO SECCIÓN CENTRAL							Momento Requerido [kNm]
	D	S	W1	W2	L	Lr		
	Cargas muertas 58,930	Nieve 48,900	Viento P -97,310	Viento S -91,000	Montaje 5,000	Mant. Cub 93,790		
C1	1,00							58,93
	58,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C2	1,00				1,00			63,93
	58,93	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	
C3	1,00					1,00		152,72
	58,93	0,00	0,00	0,00	0,00	93,79		
C4	1,00	1,00	1,00					10,52
	58,93	48,90	-97,31	0,00	0,00	0,00	0,00	
C5	1,00	0,70	0,70					25,04
	58,93	34,23	-68,12	0,00	0,00	0,00	0,00	
C6	1,00			1,00				-32,07
	58,93	0,00	0,00	-91,00	0,00	0,00	0,00	
C7						1,00		93,79
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,79		

Los valores Envolvente de Momento requerido son = **152,72** **-32,07**

Ecuación fundamental LRFD para flexión

Resistencia Requerida \leq Resistencia de Diseño

$$R.R. \leq R.D$$

(Momento Requerido) $M_u \leq M_d = \phi \cdot M_n$ (momento de Diseño)

M_u es el resultado de la envolvente de solicitaciones

$$\sum \lambda_i Q_i \leq \phi R_n$$

ANEXO

SOLICITACIONES
