

Herramientas de cálculo para la obtención de acciones en la hipótesis más desfavorable en cubiertas de naves a dos aguas.

J. A. López Perales¹ (P), L. López García, A. Moreno Valencia, P.J. Alcobendas Cobo.

Resumen:

En este trabajo se presenta una hoja de cálculo (CTE_AccionesCorreas.xls) que calcula las cargas que actúan sobre las correas de naves de estructura metálica con cubierta a dos aguas, de acuerdo con el CTE. El cálculo considera todas las combinaciones posibles, de modo que establece cuáles son las más desfavorables. Así, la combinación pésima difiere en función de la pendiente de la cubierta y el grado de aspereza del entorno donde se ubica la construcción. Así, en naves de cubierta plana (pendiente inferior al 8%), la combinación más desfavorable es V_2FN_0 (viento lateral faldón frontal, sin nieve), mientras que en naves con pendientes de cubierta elevada (20%), la peor es V_3N_0 (viento longitudinal sin nieve). Sin embargo, el trabajo recomienda utilizar combinaciones no pésimas, pues la decisión excluye una superficie inferior al 5% de la cubierta total, y reforzar las correas situadas en las esquinas de la nave. En este caso, las combinaciones más desfavorables son, para los casos referidos, MN_1V_2D (mantenimiento, nieve y viento lateral cubierta dorsal) y MN_1V_1F (mantenimiento, nieve y viento lateral cubierta frontal), tanto para ELU como para ELS.

Abstract:

This work presents a spreadsheet which calculates the loadings acting over the purlins in steel-framed structures with double pitched roofs, according with the Technical Code of Building (CTE). All combinations of load are considered. Thus, in portal frames with steep roof the worst combination is V_3N_0 (wind blowing along direction of ridge, without snow). In portal frames with shallow roof, the worst combination of load is V_2FN_0 (suction on windward slope, without snow). These combinations are awful for Ultimate Limit States such as for Serviceability Limit States.

Palabras Clave: Cargas, correas, cubierta a dos aguas, estructuras de acero.

Keywords: Loadings, purlins, double pitched roof, steel-framed structures.

1. INTRODUCCIÓN

La entrada en vigor del CTE modifica el cálculo de las acciones que actúan sobre la cubierta de una nave a dos aguas y la determinación de la hipótesis de cálculo más desfavorable respecto a la NBE EA-88, tanto por el incremento de los valores de la carga viento que preconiza, la disminución de los valores de la sobrecarga de nieve, así como por los nuevos coeficientes de simultaneidad de cargas introducidos.

La nueva norma complica el cálculo manual de las acciones y de sus combinaciones. Los profesores del área de Ingeniería Agroforestal de la EUITA de Ciudad Real, que imparten asignaturas de Construcción con un número de créditos claramente insuficiente, deciden afrontar la elaboración de una hoja de cálculo para atenuar el efecto negativo del desproporcionado número de cálculos que exige el CTE para obtener los valores con los que calcular las correas de las naves industriales, optimizando de esta manera el tiempo de clase.

Las distintas hipótesis simples de las acciones variables se recogen en la Tabla 1, junto con la nomenclatura utilizada.

Puede comprobarse como se distingue en las hipótesis de viento lateral entre faldón frontal y dorsal, con el objeto de ubicar la correa más desfavorable. Así mismo, se prescinde de las hipótesis de nieve con distribución asimétrica entre los faldones de la cubierta, pues se ha comprobado que en ningún caso conducen a situaciones pésimas. Por último, puede

¹ Dr. ingeniero agrónomo. Profesor Titular de Ingeniería Agroforestal. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (Universidad de Castilla-La Mancha). Ronda de Calatrava, 7. 13071 Ciudad Real. jesus.lopezperales@uclm.es

observarse el especial hincapié que se hace con la situación de no nieve, pues en los casos de succión los efectos de la no nieve permiten obtener valores más desfavorables.

Tabla 1. Nomenclatura utilizada para las hipótesis de carga simples.

Viento lateral presión faldón frontal	V ₁ F
Viento lateral presión faldón dorsal	V ₁ D
Viento lateral succión faldón frontal	V ₂ F
Viento lateral succión faldón dorsal	V ₂ D
Viento longitudinal	V ₃
Nieve	N ₁
No nieve	N ₀
Mantenimiento	M

Respecto a la forma de nombrar las combinaciones de ELU, la acción variable fundamental aparece en primer lugar. Por ejemplo, si la combinación pésima fuera V₂DN₁ significaría que la carga de cálculo más desfavorable se obtiene para la combinación en la que el viento lateral en succión en el faldón dorsal es la acción variable fundamental, y la nieve es la acción variable afectada por su coeficiente de simultaneidad Ψ_0 .

En combinaciones de ELS, la situación más desfavorable se da en todos los casos para acciones de corta duración irreversibles, siendo la acción variable fundamental la que aparece en primer lugar Q₁, y Q₂ y Q₃ las acciones variables combinadas, afectadas por sus coeficientes de simultaneidad Ψ_0 . Por ejemplo, MN₁V₁F indica que la carga característica más desfavorable se da para Q₁ mantenimiento, Q₂ nieve y Q₃ viento lateral en presión en el faldón frontal.

2. METODOLOGÍA

Se ha elaborado un archivo Excel compuesto por varias hojas de cálculo que, una vez introducidos los datos necesarios, determina los valores unitarios de las diferentes acciones simples, realiza las combinaciones necesarias para establecer cuál es la más desfavorable atendiendo a las diversas situaciones que se indican en el CTE, tanto en los estados límites últimos como en los estados límites de servicio y, por último, establece las comprobaciones necesarias para el dimensionamiento de la correa, permitiendo diferentes montajes (viga biapoyada, viga continua de dos vanos y viga continua de tres o más vanos), con o sin tirantillas. Además, se permite no incluir la existencia de presiones (o succiones) interiores en naves que no posean grandes huecos⁽¹⁾.

En la Fig. 1 se muestra la pantalla de introducción de datos del archivo *CTE_AccionesCorreas.xls*, dentro de la hoja *Datos*. Por su extrema sencillez, basta aclarar únicamente que la cuestión «Considerar C_{pi} (S/N)» se refiere a la posibilidad de tener en cuenta o despreciar los efectos de la presión o succión interior en edificaciones ante la existencia de *grandes huecos*.

Por supuesto que todas las cargas y situaciones pueden ser modificadas, con lo que podría comprobarse, si se decide cuestionar la excesiva sobrecarga de uso que la norma impone para cubiertas accesibles únicamente para conservación (carga de mantenimiento) la repercusión del resto de cargas variables sobre los resultados finales.

⁽¹⁾ El término *grandes huecos* es muy impreciso. Argüelles, en cálculos de naves convencionales, se acoge a la inexistencia de grandes huecos para despreciar el cálculo de las presiones interiores.

Respecto a los datos de las correas, si el perfil introducido es de Clase 1 ó 2 es necesario suministrar los módulos plásticos W_{ply} y W_{plz} . En cambio, si el perfil es de Clase 3 basta con proporcionar los módulos resistentes W_y y W_z .

Datos del Pórtico/Cercha		Datos de la correa	
Luz (m)	30	Perfil	IPE 120
Altura Pilar (m)	5	Clase de sección	1
Pendiente (%)	20	A (cm ²)	13,2
Sep. Pórticos (m)	5	h (mm)	120
Longitud nave (m)	60	t _w (mm)	4,4
Peso cubierta (kN/m ²)	0,25	I _y (cm ⁴)	318
Zona eólica	A	W _{ply} (cm ³)	60,8
Grado de aspereza	4	W _{plz} (cm ³)	13,6
Considerar C _{pi} (S/N)	S	W _y (cm ³)	OK
q de nieve (kN/m ²)	0,6	W _z (cm ³)	OK
q de mantenimiento (kN/m ²)	1	Separación máxima (m)	1,75
		f _y (N/mm ²)	275
			OK
Pendiente (°)	11,31	Long. Faldón (m)	15,30
Altura Cumbreira (m)	8,00	N° de correas	10
Esbeltez nave	0,27	Sep. Correas (m)	1,70

Figura 1. Introducción de datos.

De entre todas las acciones que actúan sobre las correas de una nave industrial, parece incuestionable que la mayor dificultad de cálculo estriba en la obtención de las cargas de viento, sobre todo si se tienen en cuenta las presiones y succiones interiores cuando existen huecos. El DB SE-AE, en el apartado 3.3.1 recoge:

«El coeficiente eólico de presión interior, C_{pi} , se considera único en todos los paramentos interiores del edificio. Para la determinación de la presión interior, en edificios de una sola planta, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco, salvo que exista un hueco dominante, en cuyo caso el coeficiente de exposición será el correspondiente a la altura media de dicho hueco. Si el edificio tiene varias plantas se considerará la altura media de la planta analizada.

Un hueco se considera dominante si su área es por lo menos diez veces superior a la suma de las áreas de los huecos restantes.»

Tabla 3.5 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

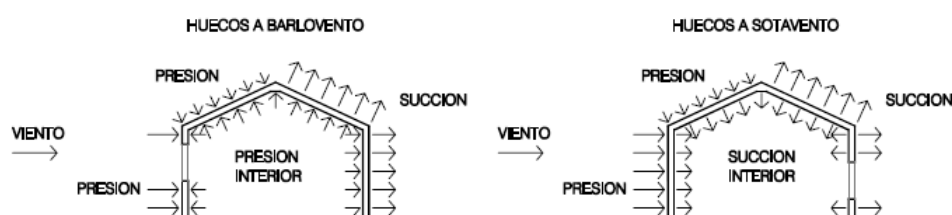


Figura 2. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana (Fig. 3.1 DB SE-AE).

En cálculos genéricos de naves agroindustriales, donde a la hora de calcular un anteproyecto no se dispone siempre de una definición clara de todos los huecos que va a presentar la construcción, para determinar el coeficiente de exposición requerido para obtener la presión interior los autores recomiendan el uso de una altura de hueco igual a dos tercios de la altura del pilar, a sabiendas que representa un valor conservador.

Respecto al coeficiente eólico de presión interior, las situaciones extremas se corresponden con los valores 0 y 1 de los cocientes entre el área de huecos en zonas de succión H_s y el área total de huecos H_T . En naves agroindustriales, donde lo normal⁽²⁾ es que $\frac{h}{d} \leq 1$, $C_{pi} = +0,7$ cuando $\frac{H_s}{H_T} = 0$ y $C_{pi} = -0,5$ cuando $\frac{H_s}{H_T} = 1$.

Por tanto, para correas la situación más desfavorable corresponde a:

- Si predomina el efecto de la presión exterior sobre la succión exterior, el valor del coeficiente de presión interna más desfavorable es $C_{pi} = -0,5$, dirigido hacia abajo, con lo que se suma al valor de la presión.
- Si predomina el efecto de la succión exterior sobre la presión exterior, el valor del coeficiente de presión interna más desfavorable es $C_{pi} = +0,7$, dirigido hacia arriba, con lo que se suma al valor de la succión.

Como en último fin se trata de dimensionar las correas, se puede optar por una de las soluciones que a continuación se exponen:

1. Dimensionar con el valor máximo, que se obtiene en las zonas F de las hipótesis V_2 (faldón frontal) y V_3 (faldones frontal y dorsal), y que se corresponden con zonas inferiores al 1% del total a cubrir.
2. Dimensionar con los valores correspondientes a las zonas G y J (en las hipótesis V_1 y V_2) y H (en la hipótesis V_3), de modo que habría que reforzar las correas situadas en las esquinas de la nave. En la hipótesis V_3 tampoco se considera la zona G por su poca superficie y su ubicación en un borde de la nave.

De este modo, se podrá elegir en la hoja *Selección Viento* entre cuatro opciones (Fig. 3) para su combinación con el resto de las acciones permanentes y variables. Estas cuatro opciones se corresponden con los valores máximos y no máximos con succión y presión interna.

La utilización de las hojas de cálculo permite la elaboración de tablas acotadas a las luces, pendientes, sobrecargas de nieve, grados de exposición (o aspereza) y alturas de pilares más normales en naves agroindustriales. Así, se han establecido los siguientes valores: Luces: 15 y 30 m. Pendientes: 8 y 20% (4,57° y 11,31°). Grados de aspereza: II, III y IV. Alturas de pilares: 5 y 7 m. Las tablas han sido realizadas para una separación máxima de correas de 1,75 m, un peso de cubierta de 0,25 kN/m² y un peso propio de correa referido a un perfil IPE 120 (0,104 kN/m). Los valores de la sobrecarga de nieve estudiados varían desde 0,20 kN/m² (0,30 kN/m² en la zona eólica C) hasta un valor máximo de 0,60 kN/m² en las zonas eólicas A y B, y de 0,7 kN/m² en la zona C. Las combinaciones son válidas para cualquier separación entre pórticos y para cualquier longitud de la nave. Estas tablas se recogen en el Anejo del trabajo (epígrafe 6), y por su extensión sólo se han incluido las que corresponden a una carga de nieve de 0,60-0,70 kN/m².

⁽²⁾ Si $h/d \geq 4$, $C_{pi} = +0,5$ y $C_{pi} = -0,3$. Para valores intermedios de la esbeltez en el plano paralelo al viento, los valores se interpolan.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	ingenieriaRural.com		Jesús A. López Perales		Amparo Moreno Valencia					
2			Luis López García		Pedro J. Alcobendas Cobo					
3	Cargas de viento (resumen)				A Viento con succión interna (valores máximos)					
4	q_e (kN/m ²)				q_e (kN/m ²)					
5					Succión int.		Presión int.			
6	V ₁	Cubierta frontal	Zona F	0,360	-0,301	V ₁	Cubierta frontal	Zona F	0,360	
7		Cubierta dorsal	Zona J	0,127	-0,534	V ₂	Cubierta frontal	Zona F	-0,657	
8	V ₂	Cubierta frontal	Zona G	-0,657	-1,317	V ₂	Cubierta dorsal	Zona J	-0,099	
9		Cubierta dorsal	Zona J	-0,361	-1,022	V ₃	Cubierta f/d	Zona F	-0,759	
10	V ₃	Cubierta frontal	Zona F	-0,759	-1,420	B Viento con succión interna (no máximos)				
11		Cubierta dorsal	Zona J	-0,099	-0,760	q_e (kN/m ²)				
12	V ₁	Cubierta frontal	Zona G	0,360		V ₁	Cubierta frontal	Zona G	0,360	
13		Cubierta dorsal	Zona J	0,127		V ₂	Cubierta frontal	Zona G	-0,361	
14	V ₂	Cubierta frontal	Zona F	-0,657		V ₂	Cubierta dorsal	Zona J	-0,099	
15		Cubierta dorsal	Zona J	-0,361		V ₃	Cubierta f/d	Zona H	-0,153	
16	Opción de viento para combinaciones				B	OK				
17					C Viento con presión interna (valores máximos)					
18					q_e (kN/m ²)					
19	V ₁	Cubierta frontal	Zona F	-0,301		V ₁	Cubierta frontal	Zona F	-0,301	
20		Cubierta dorsal	Zona J	-0,534		V ₂	Cubierta frontal	Zona F	-1,317	
21	V ₂	Cubierta frontal	Zona F	-1,317		V ₂	Cubierta dorsal	Zona J	-0,760	
22		Cubierta dorsal	Zona J	-0,760		V ₃	Cubierta f/d	Zona F	-1,420	
23					D Viento con presión interna (no máximos)					
24					q_e (kN/m ²)					
25	V ₁	Cubierta frontal	Zona G	-0,301		V ₁	Cubierta frontal	Zona G	-0,301	
26		Cubierta dorsal	Zona J	-0,534		V ₂	Cubierta frontal	Zona G	-1,022	
27	V ₂	Cubierta frontal	Zona F	-1,022		V ₂	Cubierta dorsal	Zona J	-0,760	
28		Cubierta dorsal	Zona J	-0,760		V ₃	Cubierta f/d	Zona H	-0,813	
29										
30										

Figura 3. Selección de la combinación de viento.

Con todo, se obtienen no sólo resultados cuantitativos, sino la dirección de dichas acciones y la combinación resultante más desfavorable, tanto para los ELU como para la obtención de la flecha (ELS).

En la última hoja de cálculo, *Comprobaciones*, se realiza las distintas comprobaciones para el dimensionado de la correa, permitiendo diversos montajes (Fig. 4).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	ingenieriaRural.com		Jesús A. López Perales		Amparo Moreno Valencia					
2			Luis López García		Pedro J. Alcobendas Cobo					
3	Datos de la correa									
4										
5	Perfil	IPE 120								
6	Clase de sección	1	OK							
7	A (cm ²)	13,2								
8	h (mm)	120								
9	t _w (mm)	4,4		V _{pl,Rd} (kN)	79,839					
10	I _y (cm ⁴)	318		0,5·V _{pl,Rd} (kN)	39,920	despreciar				
11	W _{ply} (cm ³)	60,8	OK	M _{ply,Rd} (kN.m)	15,924					
12	W _{plz} (cm ³)	13,6	OK	M _{plz,Rd} (kN.m)	3,562					
13	W _y (cm ³)	0	OK	M _{ly,Rd} (kN.m)	0,000					
14	W _z (cm ³)	0	OK	M _{lz,Rd} (kN.m)	0,000					
15	Separación máx. (m)	1,75								
16	f _y (N/mm ²)	275	OK							
17										
18	Tipo de montaje		M _{Ed,y} (kN.m)	M _{Ed,z} (kN.m)	V _{Ed,y} (kN)	V _{Ed,z} (kN)	Resistencia	Flecha (cm)	L/250 (cm)	L/300 (cm)
19	Viga biapoyada	Sin tirantillas	13,867	2,429	1,943	11,094	1,553	3,67	2,00	1,67
20		Con tirantillas	13,867	0,607	0,972	11,094	1,041			
21	Viga continua 2 vanos	Sin tirantillas	13,867	2,429	5,344	30,508	1,553	1,47		
22		Con tirantillas	13,867	0,350	2,569	30,508	0,969			
23	Viga continua 3 o más vanos	Sin tirantillas	11,648	2,040	4,683	26,736	1,304	1,83		
24		Con tirantillas	11,648	0,374	2,287	26,736	0,837			
25										
26										
27										

Figura 4. Dimensionamiento de las correas.

3. RESULTADOS

Las Tablas 2 a 5 representan un resumen de todos los resultados obtenidos. En estas tablas, diferenciadas por la luz y por la sobrecarga de nieve, se recogen las combinaciones más desfavorables para cada situación estudiada.

En estas tablas figuran los grados de aspereza (II, III y IV), las pendientes estudiadas (8% y 20%), las combinaciones pésimas (máximos) y las aconsejadas para el cálculo (no máximos), todo ello con la opción fundamental de tener en cuenta las presiones interiores ($C_{pi}="S"$) o despreciar estas presiones interiores ($C_{pi}="N"$).

Puede comprobarse como desaparece uno de los parámetros estudiados, la altura de pilares, pues entre pilares de 5 y 7 m la repercusión sobre las cargas de las correas no es significativa.

Tabla 2. Resumen de combinaciones más desfavorables para naves de 15 m de luz y q de nieve 0,60-0,70 kN/m²

Luz = 15 m		GA	A		B		C	
Nieve = 0,6-0,7 kN/m ²			8 %	20 %	8 %	20 %	8 %	20 %
$C_{pi}="S"$	Máximos	II	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀
		III						
		IV	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F
	No máximos	II					V ₂ FN ₀	MN ₁ V ₁ F
		III	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	
		IV						
$C_{pi}="N"$	Máximos	II	V ₂ FN ₀	MN ₁ V ₁ F	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀ ⁽³⁾	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀
		III						
		IV	MN ₁ V ₂ D		MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F ⁽⁴⁾
	No máximos	II						
		III	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F
		IV						

Tabla 3. Resumen de combinaciones más desfavorables para naves de 15 m de luz y q de nieve 0,20-0,30 kN/m²

Luz = 15 m		GA	A		B		C	
Nieve = 0,2-0,3 kN/m ²			8 %	20 %	8 %	20 %	8 %	20 %
$C_{pi}="S"$	Máximos	II	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀
		III						
		IV	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F		MN ₁ V ₁ F
	No máximos	II						
		III	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F
		IV						
$C_{pi}="N"$	Máximos	II	V ₂ FN ₀ ⁽⁵⁾	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀	V ₂ FN ₀	V ₃ N ₀ ⁽³⁾
		III		MN ₁ V ₁ F		MN ₁ V ₁ F		
		IV	MN ₁ V ₂ D				MN ₁ V ₂ D	
	No máximos	II						
		III	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F	MN ₁ V ₂ D	MN ₁ V ₁ F
		IV						

En primer lugar puede comprobarse que la sobrecarga de nieve aporta pocas diferencias entre las Tablas 2 y 3 (naves de 15 m de luz), pues únicamente refuerza el efecto de las succiones en máximos, manteniéndose inalterable para combinaciones no pésimas.

⁽³⁾ MN₁V₁F en ELS.

⁽⁴⁾ V₃N₀ para grado de aspereza III, altura de pilares 7 m y en ELU.

⁽⁵⁾ MN₁V₂D en ELS.

Del mismo modo, si se comparan entre sí las Tablas 4 y 5 se observa que la repercusión de las distintas cargas de nieve estudiadas en naves de 30 m de luz es aún menor que en las de 15 m de luz.

Tabla 4. Resumen de combinaciones más desfavorables para naves de 30 m de luz y q de nieve 0,60-0,70 kN/m²

Luz = 30 m		GA	A		B		C	
Nieve = 0,6-0,7 kN/m ²			8 %	20 %	8 %	20 %	8 %	20 %
$C_{pi} = "S"$	Máximos	II	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	V_3N_0
		III		MN_1V_1F				
		IV	MN_1V_2D	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	
	No máximos	II	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	V_2FN_0
		III						MN_1V_1F
		IV						MN_1V_1F
$C_{pi} = "N"$	Máximos	II	V_2FN_0	MN_1V_1F	V_2FN_0	$MN_1V_1F^{(7)}$	V_2FN_0	V_3N_0
		III	MN_1V_2D		$MN_1V_2D^{(6)}$		MN_1V_2D	MN_1V_1F
		IV	MN_1V_2D	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	
	No máximos	II	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F
		III						
		IV						

Tabla 5. Resumen de combinaciones más desfavorables para naves de 30 m de luz y q de nieve 0,20-0,30 kN/m²

Luz = 30 m		GA	A		B		C	
Nieve = 0,2-0,3 kN/m ²			8 %	20 %	8 %	20 %	8 %	20 %
$C_{pi} = "S"$	Máximos	II	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	V_3N_0
		III		MN_1V_1F				MN_1V_1F
		IV	MN_1V_2D	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	
	No máximos	II	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F
		III						
		IV						
$C_{pi} = "N"$	Máximos	II	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	V_3N_0	V_2FN_0	$V_3N_0^{(8)}$
		III	MN_1V_1F	MN_1V_1F		MN_1V_1F		MN_1V_1F
		IV	MN_1V_2D	MN_1V_2D	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F
	No máximos	II	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F	MN_1V_2D	MN_1V_1F
		III						
		IV						

Si se comparan entre sí las Tablas 2 y 4 se puede comprobar como la similitud es muy grande, pues sólo difieren en dos combinaciones dentro del estudio realizado, y éstas son de máximos, pues las combinaciones no pésimas son idénticas, tanto cuando se tiene en cuenta las presiones interiores como cuando se desestiman estas presiones.

Las Tablas 3 y 5 reflejan idénticas combinaciones para naves ubicadas en zonas con sobrecargas de nieve 0,20-0,30 kN/m², salvo en las pequeñas excepciones que reflejan las notas al pie de página.

Estas tablas son un resumen de las Tablas I a XIIa que se recogen en el Anejo. Estas tablas, además de las combinaciones más desfavorables, proporcionan los valores numéricos

⁽⁷⁾ V_3N_0 para naves con pilares de 5 m de altura, en ELU.

⁽⁶⁾ V_2FN_0 para naves con pilares de 5 m de altura, en ELU.

⁽⁸⁾ MN_1V_1F para grado de aspereza III en ELS.

de las cargas de cálculo (q_y y q_z), así como del valor característico para el cálculo de la flecha (q_{zk}) en kN/m, tanto en situaciones en las que se tiene en cuenta las presiones interiores ($C_{pi}="S"$) como en las que se desprecian ($C_{pi}="N"$). Además, cuando se tiene en cuenta las presiones y succiones interiores, las tablas proporcionan la combinación que determina estos valores.

4. CONCLUSIONES

Generalizando los valores obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones, que son válidas tanto para combinaciones ELU como ELS:

- En naves clásicas con pendiente del 20%, si se decide calcular con los valores pésimos, la máxima presión se produce para la combinación MN_1V_1F , que significa que la acción variable fundamental es el mantenimiento, y las acciones variables combinadas nieve y viento transversal presión (V_1). La letra F indica que se da en el faldón frontal. La máxima succión se produce para la hipótesis V_3N_0 , es decir, viento longitudinal sin nieve. Esta hipótesis (V_3N_0) es la más desfavorable en valor absoluto para los grados de exposición II y III, mientras que la anterior (MN_1V_1F) lo es para el grado de exposición IV.

Si se opta por dimensionar las correas con los valores pertenecientes a las zonas de influencia G y J (en las hipótesis V_1 y V_2) y H (en la hipótesis V_3), o sea, con los valores no pésimos, se tiene que, para naves con pendiente de cubierta del 20%, la máxima presión se produce para la hipótesis MN_1V_1F , mientras que la máxima succión se produce para la hipótesis V_3N_0 . En todos los casos, los valores que se obtienen son mayores en valor absoluto para MN_1V_1F .

- En naves de cubierta plana⁽⁹⁾, si se decide calcular con los valores pésimos, la máxima presión se produce para la combinación MN_1V_2D , que significa que la acción variable fundamental es el mantenimiento, y las acciones variables combinadas nieve y viento transversal succión en el faldón dorsal (V_2D). La máxima succión se produce para la hipótesis V_2FN_0 , es decir, para viento lateral succión en el faldón frontal sin nieve. Esta hipótesis (V_2FN_0) es la más desfavorable en valor absoluto para los grados de exposición II y III, mientras que la anterior (MN_1V_2D) lo es para el grado de exposición IV.

Si se opta por dimensionar las correas con los valores no pésimos, en naves con pendiente de cubierta del 8%, la máxima presión se produce para la combinación MN_1V_2D , mientras que la máxima succión se produce para la hipótesis V_2FN_0 . En todos los casos, los valores que se obtienen son mayores en valor absoluto para MN_1V_2D .

- Se recomienda calcular con los valores no máximos, y reforzar las correas situadas en las esquinas de la nave. De entre las posibilidades constructivas que se pueden aplicar, quizás la más sencilla sea duplicar las últimas tres correas en los dos vanos extremos en cada esquina de la nave.
- Teniendo en cuenta la importancia de las succiones, conviene vigilar la colocación de la cubierta, y especialmente el anclaje de las correas a los elementos estructurales principales.

⁽⁹⁾ Se entiende que una cubierta es plana cuando su faldón forma un ángulo inferior a 5°, lo que equivale a un 8,75% de pendiente. Por tanto, no se refiere al concepto estricto de cubierta plana.

5. REFERENCIAS

Documento Básico SE Seguridad Estructural (2006). Ed. Ministerio de Fomento. Madrid.

Documento Básico SE-AE Seguridad Estructural. Acciones en la edificación (2006). Ed. Ministerio de Fomento. Madrid.

EN 1991 Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. (1996). Ed. AENOR. Madrid.

López Perales, J.A; López García, L; Moreno Valencia, A; Alcobendas Cobo, P.J. (2007). *CTE Acciones en correas*. Retrieved May, 25, 2007, from Ingeniería Rural Web site: http://www.ingenieriaRural.com/descarga/CTE_AccionesCorreas.xls

NBE AE-88. Acciones en la edificación (1988). Ed. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

Oppe, M. (2006). *Determinación de las cargas en la cubierta de un edificio*. Retrieved October, 24, 2006, from Access-Steel. Web site: <http://www.access-steel.com/discovery/linklookup.aspx?id= SX016a>

6. ANEJO.

Tabla I		Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	A
		Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza					
		II		III		IV	
		Altura pilar					
		5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m
Máximos	q _y	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	0,285	0,285
	q _z	-5,928	-5,847	-4,597	-4,712	4,092	4,124
	q _{zk}	-3,729	-3,675	-2,842	-2,918	2,776	2,797
No máx.	q _y	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	4,450	4,518	4,251	4,325	4,092	4,124
	q _{zk}	3,014	3,060	2,882	2,931	2,776	2,797
Comb.		Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior	

Tabla Ia		Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	A
		Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza					
		II		III		IV	
		Altura pilar					
		5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m
Máximos	q _y	-0,031	-0,031	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	-4,505	-4,306	3,783	3,807	3,719	3,739
	q _{zk}	-2,780	-2,647	2,570	2,586	2,527	2,540
No máx.	q _y	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	3,840	3,858	3,783	3,807	3,719	3,739
	q _{zk}	2,608	2,620	2,570	2,586	2,527	2,540

Tabla II	Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A	
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
		5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m
Máximos	q _y	-0,076	-0,076	0,702	-0,076	0,702	0,702
	q _z	-5,115	-5,236	4,137	-4,266	3,996	4,024
	q _{zk}	-3,188	-3,269	2,805	-2,622	2,712	2,730
No máx.	q _y	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702
	q _z	4,316	4,378	4,137	4,203	3,996	4,024
	q _{zk}	2,925	2,966	2,805	2,849	2,712	2,730
Comb.	Presión interior – Succión interior		Suc. int / Suc. int.	Pres. int. / Suc. int.	Succión interior – Succión interior		

Tabla IIa	Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A	
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
		5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m
Máximos	q _y	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702
	q _z	3,696	3,706	3,661	3,676	3,617	3,632
	q _{zk}	2,512	2,518	2,488	2,498	2,459	2,469
No máx.	q _y	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702
	q _z	3,696	3,706	3,661	3,676	3,617	3,632
	q _{zk}	2,512	2,518	2,488	2,498	2,459	2,469

Tabla III	Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	A	
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
		5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m
Máximos	q _y	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033	0,314	0,315
	q _z	-6,558	-6,440	-5,131	-5,242	4,535	4,575
	q _{zk}	-4,130	-4,051	-3,178	-3,252	3,076	3,102
No máx.	q _y	0,315	0,315	0,315	0,315	0,314	0,315
	q _z	4,937	5,010	4,717	4,798	4,535	4,575
	q _{zk}	3,343	3,392	3,196	3,251	3,076	3,102
Comb.	Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior		

Tabla IIIa	Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	A							
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N							
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m							
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II		III		IV								
	Altura pilar												
	5 m		7 m		7 m								
Máximos	q _y	-0,033	V ₂ FN ₀	-0,033	V ₂ FN ₀	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	-4,977		-4,728		4,197		4,222		4,121		4,146	
	q _{zk}	-3,076		-2,909		2,850		2,867		2,799		2,816	
No máx.	q _y	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	4,259		4,276		4,197		4,222		4,121		4,146	
	q _{zk}	2,892		2,903		2,850		2,867		2,799		2,816	

Tabla IV	Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A							
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S							
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m							
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II		III		IV								
	Altura pilar												
	5 m		7 m		7 m								
Máximos	q _y	-0,083	V ₃ N ₀	-0,083	V ₃ N ₀	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	-5,533		-5,505		4,593		4,664		4,437		4,465	
	q _{zk}	-3,447		-3,428		3,114		3,161		3,010		3,029	
No máx.	q _y	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	4,789		4,857		4,593		4,664		4,437		4,465	
	q _{zk}	3,244		3,290		3,114		3,161		3,010		3,029	
Comb.	Presión interior – Succión interior			Succión interior – Succión interior			Succión interior – Succión interior						

Tabla IVa	Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A							
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N							
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m							
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II		III		IV								
	Altura pilar												
	5 m		7 m		7 m								
Máximos	q _y	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	4,100		4,111		4,065		4,078		4,016		4,030	
	q _{zk}	2,785		2,792		2,762		2,771		2,729		2,738	
No máx.	q _y	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	4,100		4,111		4,065		4,078		4,016		4,030	
	q _{zk}	2,785		2,792		2,762		2,771		2,729		2,738	

Tabla V	Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B	
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	0,285	0,285
	q _z	-6,379	-6,292	-4,953	-5,075	4,130	4,165
	q _{zk}	-4,029	-3,971	-3,079	-3,160	2,801	2,824
No máx.	q _y	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	4,513	4,587	4,300	4,380	3,730	4,165
	q _{zk}	3,057	3,106	2,914	2,968	2,535	2,824
Comb.	Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior		

Tabla Va	Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B	
	Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,031	-0,031	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	-4,854	-4,641	3,799	3,825	3,730	3,752
	q _{zk}	-3,013	-2,870	2,580	2,598	2,535	2,549
No máx.	q _y	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
	q _z	3,860	3,879	3,799	3,825	3,730	3,752
	q _{zk}	2,621	2,634	2,580	2,598	2,535	2,549

Tabla VI	Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	B	
	Nieve	≤ 0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,076	-0,076	-0,076	-0,076	0,702	0,702
	q _z	-5,508	-5,638	-4,319	-4,598	4,031	4,061
	q _{zk}	-3,449	-3,536	-2,657	-2,843	2,735	2,755
No máx.	q _y	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702
	q _z	4,374	4,439	4,181	4,252	4,031	4,061
	q _{zk}	2,964	3,007	2,835	2,882	2,735	2,755
Comb.	Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior		

Tabla VIa		Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	B				
		Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N				
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m				
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza									
		II		III		IV					
		Altura pilar									
		5 m		7 m		5 m		7 m			
Máximos	q _y	-0,076	V ₃ N ₀	-0,076	V ₃ N ₀	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F
	q _z	-3,958		-3,959		3,672		3,688		3,625	
	q _{zk}	2,521	MN ₁ V ₁ F	2,528	MN ₁ V ₁ F	2,496	2,506	2,464	2,475		
No máx.	q _y	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F	0,702	MN ₁ V ₁ F
	q _z	3,710		3,720		3,672		3,688		3,625	
	q _{zk}	2,521		2,528		2,496	2,506	2,464	2,475		

Tabla VII		Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B				
		Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S				
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m				
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza									
		II		III		IV					
		Altura pilar									
		5 m		7 m		5 m		7 m			
Máximos	q _y	-0,033	V ₃ N ₀	-0,033	V ₂ FN ₀	-0,033	V ₂ FN ₀	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	-7,057		-6,930		-5,527		-5,646		4,578	
	q _{zk}	-4,462	V ₂ FN ₀	-4,377	-3,442	-3,521	3,104	3,132			
No máx.	q _y	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	5,008		5,086		4,772		4,859		4,578	
	q _{zk}	3,391		3,443		3,233	3,291	3,104	3,132		
Comb.		Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior					

Tabla VIIa		Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B				
		Nieve	0,60 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N				
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m				
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza									
		II		III		IV					
		Altura pilar									
		5 m		7 m		5 m		7 m			
Máximos	q _y	-0,033	V ₂ FN ₀	-0,033	V ₂ FN ₀	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	-5,362		-5,095		-4,228		4,242		4,134	
	q _{zk}	-3,332		-3,154		2,862	2,880	2,808	2,826		
No máx.	q _y	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D	0,315	MN ₁ V ₂ D
	q _z	4,282		4,300		4,215		4,242		4,134	
	q _{zk}	2,907		2,919		2,862	2,880	2,808	2,826		

Tabla VIII	Luz	30 m		Pendiente	20% (11,31°)		Zona	B					
	Nieve	0,60 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m		Cpi	S					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²		Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II				III				IV				
	Altura pilar												
	5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,083	V ₃ N ₀	-0,083	V ₃ N ₀	-0,083	V ₃ N ₀	-0,083	V ₃ N ₀	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	-5,958		-5,928		-4,791		-4,879		4,477		4,507	
	q _{zk}	-3,730		-3,710		-2,952		-3,011		3,036		3,056	
No máx.	q _y	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	4,853		4,926		4,644		4,719		4,477		4,507	
	q _{zk}	3,287		3,336		3,148		3,198		3,036		3,056	
Comb.	Presión interior – Succión interior				Presión interior – Succión interior				Succión interior – Succión interior				

Tabla VIIIa	Luz	30 m		Pendiente	20% (11,31°)		Zona	B					
	Nieve	0,60 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m		Cpi	N					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²		Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II				III				IV				
	Altura pilar												
	5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,083	V ₃ N ₀	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	-4,236		4,127		4,078		4,092		4,026		4,040	
	q _{zk}	2,795		2,803		2,770		2,780		2,736		2,745	
No máx.	q _y	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F	0,777	MN ₁ V ₁ F
	q _z	4,115		4,127		4,078		4,092		4,026		4,040	
	q _{zk}	2,795		2,803		2,770		2,780		2,736		2,745	

Tabla IX	Luz	15 m		Pendiente	8% (4,57°)		Zona	C					
	Nieve	0,70 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m		Cpi	S					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²		Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza												
	II				III				IV				
	Altura pilar												
	5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D
	q _z	-7,430		-7,330		-5,783		-5,924		4,330		4,371	
	q _{zk}	-4,730		-4,663		-3,632		-3,726		2,935		2,962	
No máx.	q _y	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D
	q _z	-4,825		-5,197		4,527		4,619		4,330		4,371	
	q _{zk}	-2,994		-3,241		3,066		3,127		2,935		2,962	
Comb.	Presión interior – Presión interior				Presión interior – Succión interior				Succión interior – Succión interior				

Tabla IXa	Luz	15 m		Pendiente	8% (4,57°)	Zona	C					
	Nieve	0,70 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza											
	II				III		IV					
	Altura pilar											
	5 m		7 m		5 m		7 m					
Máximos	q_y	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	-0,031	V ₂ FN ₀	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	
	q_z	-5,669		-5,422		-4,432		-4,427		3,869		3,893
	q_{zk}	-3,556		-3,391		-2,731		-2,728		2,627		2,643
No máx.	q_y	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	0,294	MN ₁ V ₂ D	
	q_z	4,018		4,041		3,948		3,978		3,869		3,893
	q_{zk}	2,727		2,742		2,680		2,700		2,627		2,643

Tabla X	Luz	15 m		Pendiente	20% (11,31°)	Zona	C					
	Nieve	0,70 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza											
	II				III		IV					
	Altura pilar											
	5 m		7 m		5 m		7 m					
Máximos	q_y	-0,076	V ₃ N ₀	-0,076	V ₃ N ₀	-0,076	V ₃ N ₀	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	
	q_z	-6,424		-6,574		-5,050		-5,373		4,222		4,256
	q_{zk}	-4,060		-4,160		-3,144		-3,359		2,862		2,885
No máx.	q_y	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	
	q_z	4,618		4,694		4,396		4,477		4,222		4,256
	q_{zk}	3,127		3,177		2,978		3,033		2,862		2,885
Comb.	Presión interior – Succión interior				Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior					

Tabla Xa	Luz	15 m		Pendiente	20% (11,31°)	Zona	C					
	Nieve	0,70 kN/m ²		Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N					
	Uso	1 kN/m ²		Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m					
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza											
	II				III		IV					
	Altura pilar											
	5 m		7 m		5 m		7 m					
Máximos	q_y	-0,076	V ₃ N ₀	-0,076	V ₃ N ₀	0,724	V ₃ N ₀	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	
	q_z	-4,633		-4,634		3,807		-3,851		3,753		3,771
	q_{zk}	-2,866		-2,867		2,586		2,598		2,550		2,562
No máx.	q_y	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	0,724	MN ₁ V ₁ F	
	q_z	3,851		3,863		3,807		3,825		3,753		3,771
	q_{zk}	2,615		2,623		2,586		2,598		2,550		2,562

Tabla XI	Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	C	
	Nieve	0,70 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033	0,325	0,325
	q _z	-8,219	-8,072	-6,452	-6,589	4,801	4,850
	q _{zk}	-5,237	-5,139	-4,059	-4,150	3,253	3,285
No máx.	q _y	-0,033	-0,033	0,325	0,325	0,325	0,325
	q _z	-5,475	-5,846	5,026	5,127	4,801	4,850
	q _{zk}	-3,407	-3,655	3,402	3,470	3,253	3,285
Comb.	Presión interior – Presión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior		

Tabla XIa	Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	C	
	Nieve	0,70 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,033	-0,033	-0,033	-0,033	0,325	0,325
	q _z	-6,261	-5,952	-4,951	-4,926	4,288	4,320
	q _{zk}	-3,932	-3,725	-3,058	-3,041	2,911	2,932
No máx.	q _y	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325
	q _z	4,460	4,480	4,382	4,414	4,288	4,320
	q _{zk}	3,025	3,039	2,974	2,994	2,911	2,932

Tabla XII	Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A	
	Nieve	0,70 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	S	
	Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m	
Cargas en correas (kN/m)	Grado de aspereza						
	II		III		IV		
	Altura pilar						
	5 m		7 m		7 m		
Máximos	q _y	-0,083	-0,083	-0,083	-0,083	0,802	0,802
	q _z	-6,949	-6,915	-5,601	-5,703	4,691	4,726
	q _{zk}	-4,391	-4,368	-3,492	-3,560	3,179	3,202
No máx.	q _y	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802
	q _z	5,126	5,210	4,884	4,971	4,691	4,726
	q _{zk}	3,469	3,525	3,308	3,366	3,179	3,202
Comb.	Presión interior – Succión interior		Presión interior – Succión interior		Succión interior – Succión interior		

Tabla XIIa		Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A										
		Nieve	0,70 kN/m ²	Sep. máxima	1,75 m	Cpi	N										
		Uso	1 kN/m ²	Peso cubierta	0,25 kN/m ²	Peso correa	0,104 kN/m										
Cargas en correas (kN/m)		Grado de aspereza															
		II				III				IV							
		Altura pilar															
		5 m			7 m			5 m			7 m			5 m			7 m
Máximos	q_y	-0,083	V_3N_0	-0,083	V_3N_0	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F				
	q_z	-4,959		-4,760		4,230		4,247		4,170		4,186					
	q_{zk}	-3,064		-2,931		2,872		2,883		2,832		2,843					
No máx.	q_y	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F	0,802	MN_1V_1F				
	q_z	4,273		4,287		4,230		4,247		4,170		4,186					
	q_{zk}	2,901		2,910		2,872		2,883		2,832		2,843					