

---

**NORMA CHILENA**

***NCh* 431-2010**

---

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

---

## **Diseño estructural - Cargas de nieve**

***Structural design - Snow loads***

Primera edición : 2010

---

CIN

---

COPYRIGHT © : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

\* Prohibida reproducción y venta \*

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Web : [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)



## **Diseño estructural - Cargas de nieve**

### **Preámbulo**

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico *Diseño estructural*, para establecer los valores mínimos de sobrecargas de nieve que se deben emplear en el diseño de construcciones ubicadas en el territorio nacional, excluido el territorio Antártico Chileno.

Para la elaboración de esta norma no se ha tomado en consideración la Norma Internacional ISO 4355:1998 *Bases for design of structures - Determination of snow loads on roofs* debido a la necesidad de mantener la concordancia y los criterios de diseño adoptados en otras normas del área.

En la elaboración de esta norma se ha tomado en consideración la norma ASCE/SEI 7-05 *Minimum design loads for buildings and other structures* además de antecedentes estadísticos nacionales de precipitaciones de nieve.

La norma NCh431 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

Alfonso Larraín Vial y Asociación Ltda.  
AMCS Ltda.  
ARA Worley Parsons  
Ingeniería y Construcción ALBRO Ltda.  
Instituto Nacional de Normalización, INN  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo - DITEC

Alfonso Larraín V.  
Christian Schnaidt M.  
Iván Darrigrande E.  
David Campusano B.  
Eduardo Sanhueza R.  
Daniel Súnico H.

NCh431

RCP Ingeniería Ltda.  
Universidad de Chile - IDIEM

Rodrigo Concha P.  
Luis Jil  
Vladimir Torrens F.

El Anexo A no forma parte de la norma, se inserta sólo a título informativo.

Esta norma anulará y reemplazará, cuando sea declarada Norma Chilena Oficial, a la norma NCh431.Of1977 *Construcción - Sobrecargas de nieve*, declarada Oficial de la República por Decreto Supremo N°1669, de fecha 15 de noviembre de 1977, del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el Diario Oficial del 14 de diciembre de 1977.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 30 de noviembre de 2010.

## **Diseño estructural - Cargas de nieve**

### **1 Alcance y campo de aplicación**

**1.1** Esta norma establece los valores mínimos de las sobrecargas de nieve que se deben emplear en el diseño de construcciones ubicadas en el territorio nacional, excluido el territorio Antártico Chileno.

**1.2** Esta norma se aplica para el diseño de estructuras de aquellas construcciones que puedan estar expuestas a cargas de nieve.

### **2 Referencias normativas**

Los documentos referenciados siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh432            *Diseño estructural - Cargas de viento.*

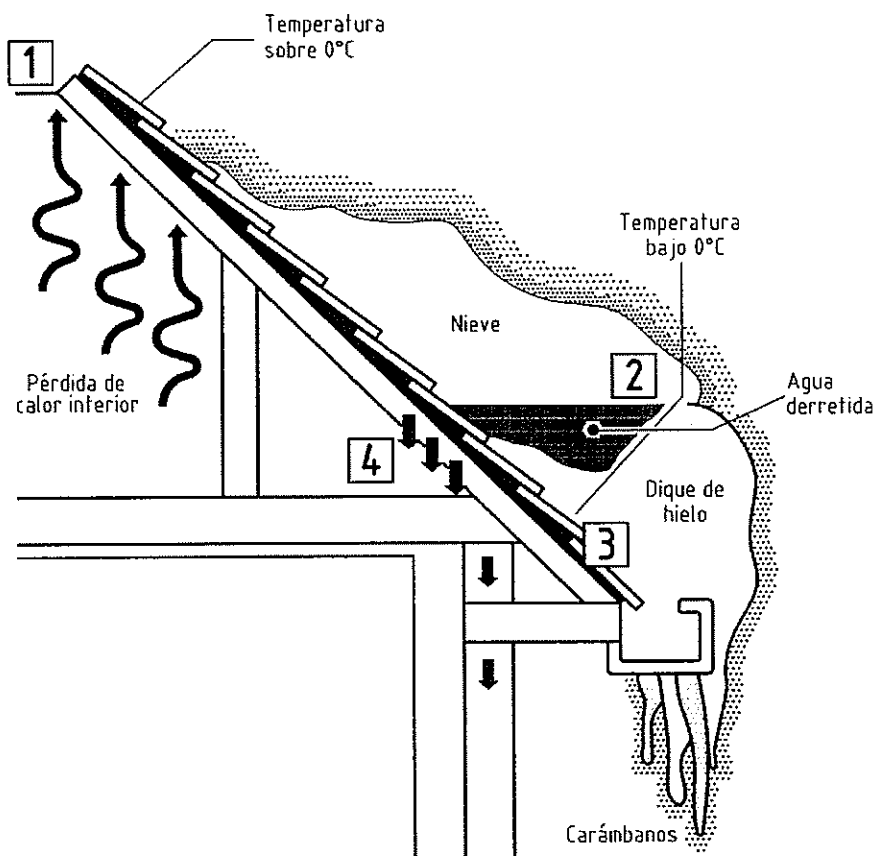
NCh3171        *Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas.*

### **3 Términos, definiciones y simbología**

#### **3.1 Términos y definiciones**

**3.1.1 carámbano:** trozo de hielo largo y acabado en punta, que se forma cuando se congela el agua que gotea (de una cubierta)

**3.1.2 punto de congelación:** temperatura a la que un líquido se solidifica debido a una reducción de temperatura, en el caso del agua el punto de congelación es 0°C (32°F)



**Un dique de hielo se podría formar cuando:**

- Hay nieve sobre el techo
- La temperatura exterior promedio es bajo  $0^{\circ}\text{C}$
- La temperatura de la superficie del techo está sobre  $0^{\circ}\text{C}$ , en su punto más alto y está bajo  $0^{\circ}\text{C}$  en su punto más bajo

**Como se forma esto:**

- 1 Sube la calefacción del interior a través del ático y calienta la superficie del techo
- 2 La nieve en la parte caliente del techo se derrite y fluye hacia abajo hasta que alcanza la parte del techo que está bajo los  $0^{\circ}\text{C}$ . El agua se congela en un dique de hielo
- 3 El dique crece a medida que se alimenta por la nieve derretida, pero el agua tras el dique permanece líquida
- 4 Eventualmente, el agua encuentra grietas en la cubierta y fluye dentro del ático, desde donde se podría filtrar a través del techo y las paredes

### 3.2 Simbología

- $C_e$  = Factor de exposición determinado a partir de Tabla 4.
- $C_s$  = Factor de pendiente determinado a partir de Figura 1.
- $C_t$  = Factor térmico determinado a partir de Tabla 2.
- $h_b$  = Altura de la carga de nieve balanceada determinada por la división de  $p_s$  por  $\gamma$ , expresada en metros (m).
- $h_c$  = Altura libre desde lo más alto de la carga de nieve balanceada hasta:
- 1) el punto más cercano en el techo superior adyacente;
  - 2) el borde superior del parapeto; o
  - 3) el punto más alto de una proyección de la nieve sobre el techo, expresada en metros (m).
- $h_d$  = Altura de nieve acumulada por arrastre de viento, expresada en metros (m).
- $h_o$  = Altura de una obstrucción sobre la superficie del techo, expresada en metros (m).
- $I$  = Factor de importancia determinado a partir de Tabla 3.
- $L$  = Longitud del techo paralela a la línea de cumbrera, expresada en metros (m).
- $I_u$  = Longitud del techo a barlovento más allá de la acumulación de nieve por arrastre de viento, expresada en metros (m).
- $p_d$  = Intensidad máxima de sobrecarga de acumulación de nieve por arrastre del viento, expresada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>).
- $p_f$  = Carga de nieve en techos planos (se considera techo plano si su pendiente es menor o igual que 5°), expresada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>).
- $p_g$  = Carga básica de nieve, determinada a partir de Tabla 1 o por un análisis especial del sitio, expresada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>).
- $p_s$  = Carga de nieve en techos con pendiente, expresada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>).
- $s$  = Distancia de separación entre edificios, expresada en metros (m).
- $S$  = Distancia horizontal del techo inclinado que se tiene al elevar en 1 unidad.

## NCh431

- $w$  = Espesor de la nieve acumulada por arrastre de viento, expresada en metros (m).  
 $W$  = Distancia horizontal entre el alero y la cumbrera, expresada en metros (m).  
 $\theta$  = Pendiente del techo en la zona de sotavento, expresada en grados ( $^{\circ}$ ).  
 $\gamma$  = Peso específico de la nieve, determinada según ecuación 3, expresada en kilonewton por metro cúbico ( $\text{kN/m}^3$ ).

### 4 Carga básica de nieve, $p_g$

La distribución y la magnitud de la carga de nieve sobre una construcción, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos entre las superficies exteriores de la edificación.

Las cargas básicas de nieve,  $p_g$ , que se deben usar para determinar la carga de nieve de diseño para techos, se determina según lo indicado en Tabla 1 para las distintas zonas del país. Las cargas básicas de nieve para sitios con elevaciones sobre los límites indicados en Tabla 1 deben ser aprobadas por la Autoridad Competente. La determinación de las cargas básicas de nieve para estos lugares se deben basar en un análisis estadístico de valores extremos de datos disponibles en la vecindad del lugar, usando un valor con un 2% de probabilidad anual de que este valor sea excedido (intervalo de 50 años promedio de recurrencia).

Tabla 1 - Cargas básicas de nieve,  $p_g$ , expresada en kilonewton por metro cuadrado ( $\text{kN/m}^2$ ) o kilogramo por metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ) <sup>1)</sup>

Altitud $M$	Latitud geográfica (sur) del lugar								
	17° - 26°	26° - 29°	29° - 32°	32° - 34°	34° - 36°	36° - 38°	38° - 42°	42° - 48°	48° - 55°
0 a 300	0	0	0	0,25 (25) <sup>2)</sup>	0,25 (25) <sup>2)</sup>	0,25 (25) <sup>2)</sup>	0,25 (25) <sup>2)</sup>	0,25 (25)	0,50 (50)
300 a 600	0	0	0	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	0,25 (25)	1,25 (125)
600 a 800	0	0,25 (25)	0,25 (25)	0,50 (50)	0,75 (75)	0,75 (75)	0,75 (75)	0,50 (50)	1,25 (125)
800 a 1 000	0	0,25 (25)	0,25 (25)	0,75 (75)	1,00 (100)	1,00 (100)	1,00 (100)	1,00 (100)	1,25 (125)
1 000 a 1 250	0	0,25 (25)	0,25 (25)	1,00 (100)	1,50 (150)	1,50 (150)	1,50 (150)	1,50 (150)	3)
1 250 a 1 500	0	0,25 (25)	0,25 (25)	2,00 (200)	3,00 (300)	3,00 (300)	3,00 (300)	2,00 (200)	3)
1 500 a 1 750	0	0,25 (25)	0,25 (25)	3,00 (300)	7,00 (700) <sup>4)</sup>	14,5 (1 450) <sup>4)</sup>	4,50 (450)	3,00 (300)	3)
1 750 a 2 000	0	0,50 (50)	0,50 (50)	4,00 (400)	8,60 (860) <sup>4)</sup>	16,2 (1 620) <sup>4)</sup>	6,00 (600)	3)	3)
2 000 a 2 500	3)	1,00 (100)	2,00 (200) <sup>4)</sup>	5,90 (590) <sup>4)</sup>	11,00 (1 100) <sup>4)</sup>	18,75 (1 875) <sup>4)</sup>	3)	3)	3)
2 500 a 3 000	3)	2,00 (200)	2,60 (260) <sup>4)</sup>	8,80 (880) <sup>4)</sup>	3)	22,7 (2 270) <sup>3)</sup>	3)	3)	3)

(continúa)



Tabla 1 - Cargas básicas de nieve,  $p_g$ , expresada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>) o kilogramo por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>) <sup>1)</sup> (conclusión)

Altitud $M$	Latitud geográfica (sur) del lugar								
	17° - 26°	26° - 29°	29° - 32°	32° - 34°	34° - 36°	36° - 38°	38° - 42°	42° - 48°	48° - 55°
3 000 a 3 500	3)	3,00 (300)	3,60 (360) <sup>4)</sup>	13,00 (1 300) <sup>4)</sup>	3)	3)	3)	3)	3)
3 500 a 4 000	3)	3)	4,80 (480) <sup>4)</sup>	19,50 (1 950) <sup>4)</sup>	3)	3)	3)	3)	3)
Sobre 4 000	3)	3)	6,25 (625) <sup>4)</sup>	3)	3)	3)	3)	3)	3)
1) 1 kN = 100 kg. 2) En el litoral no se considera carga de nieve. 3) No hay información. 4) Datos obtenidos del documento <i>Proposición de sobrecargas de nieve para la Zona Central de Chile</i> (ver Anexo A).									

En zonas cordilleranas y del extremo sur del territorio nacional en que nieva todos o casi todos los años, y en todos los lugares para los cuales la carga básica de nieve,  $p_g$ , es mayor que 0,25 kN/m<sup>2</sup> (25 kgf/cm<sup>2</sup>) la sobrecarga de nieve se considera normal.

## 5 Carga de nieve en techos planos $p_f$

### 5.1 Cálculo de carga de nieve en techos planos

La carga de nieve,  $p_f$ , en un techo con una pendiente menor o igual que 5°, debe ser calculada en kilonewton por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>), utilizando la fórmula siguiente:

$$p_f = 0,7 \times C_e \times C_t \times I \times p_g \quad (1)$$

pero no menor que los siguientes valores mínimos para techos de pendientes bajas.

Cuando:

$p_g$  es 1,0 kN/m<sup>2</sup> o menor.

$$p_f = (I) \times p_g, \text{ (} p_g \text{ veces el factor de importancia)}$$

Cuando:

$p_g$  es mayor que 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

$$p_f = 0,96 \times I, \text{ (0,96 kN/m}^2 \text{ veces el factor de importancia)}$$

Tabla 2 - Determinación del factor  $C_t$ 

Condición térmica <sup>a)</sup>	$C_t$
Todas las estructuras, excepto las indicadas a continuación	1,0
Estructuras justo sobre el punto de congelamiento y otras estructuras expuestas al frío, techos ventilados en que la resistencia térmica (valor R) entre el espacio ventilado y el espacio caluroso es mayor que 4,4 [K x m <sup>2</sup> /W]	1,1
Estructuras no calefaccionadas y/o mantenidas intencionalmente bajo el punto de congelamiento	1,2
Invernaderos expuestos continuamente a altas temperaturas, con un techo que posee una resistencia térmica menor que 0,4 [K x m <sup>2</sup> /W]	0,85
a) Estas condiciones deben ser representativas a las condiciones invernales durante la vida útil de la estructura.	

Tabla 3 - Determinación del factor  $I$ 

Categoría <sup>a)</sup>	$I$
I	0,8
II	1,0
III	1,1
IV	1,2
a) Ver NCh3171.	

Tabla 4 - Determinación del factor de exposición  $C_e$ <sup>a)</sup>

Categoría del terreno <sup>b)</sup>	Exposición de techos <sup>c)</sup>		
	Totalmente expuesto	Parcialmente expuesto	Protegidos
B	0,9	1,0	1,2
C	0,9	1,0	1,1
D	0,8	0,9	1,0
Áreas montañosas azotadas por vientos	0,7	0,8	N/A
<p>a) La elección del coeficiente está relacionada con las condiciones durante la vida útil de la estructura, y sólo se puede escoger un coeficiente para el techo de cada estructura.</p> <p>b) Ver NCh432.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terreno B: áreas urbanas, suburbanas y boscosas.</li> <li>- Terreno C: terrenos abiertos con obstáculos dispersos, con alturas generalmente menores que 0,1 m. Incluye campos abiertos, planicies y superficies con agua.</li> <li>- Terreno D: planicies, áreas sin obstáculos y superficies con agua fuera del peligro de huracanes. Esta categoría incluye planicies con lodos, salares planos y hielos eternos.</li> </ul> <p>c) Definiciones de los tipos de exposiciones de techos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Totalmente expuesto: techos expuestos totalmente, sin resguardo de terreno, edificios más altos o árboles. Techos que contengan piezas grandes de equipo mecánico, parapetos que aumentan la altura de la carga de nieve balanceada <math>h_b</math> u otras obstrucciones no se consideran en esta categoría.</li> <li>- Protegidos: techos ubicados entre coníferos calificados como obstáculos u obstrucciones.</li> <li>- Parcialmente protegidos: techos que no se encuentren en ninguna de las dos categorías anteriores.</li> </ul>			

## 5.2 Valores mínimos de $p_f$ para techos de pendiente baja

Los valores mínimos de  $p_f$  se deben aplicar a techos con una sola pendiente, con pendientes menores que  $15^\circ$ , techos triangulares y piramidales, con pendientes menores que el mayor valor entre  $2,38^\circ$  ( $0,5/12$ ) y  $(21,3/W + 0,5)$ , con W en metros, y techos curvos donde el ángulo vertical desde los aleros al coronamiento sea menor que  $10^\circ$ .

## 6 Carga de nieve en techos inclinados, $p_s$

### 6.1 Cálculo de carga de nieve en techos inclinados, $p_s$

Para las cargas de nieve que actúan sobre una superficie inclinada, se debe asumir que éstas actúan en la proyección horizontal a esa superficie. La carga de nieve en techos inclinados,  $p_s$ , se obtiene de multiplicar la carga de nieve en techos planos,  $p_f$ , por el factor de pendiente  $C_s$ :

$$p_s = C_s \times p_f \quad (2)$$

Los valores de  $C_s$  para techos cálidos, fríos, curvos, y múltiples, son determinados según 6.2 a 6.5. El factor térmico,  $C_t$ , de Tabla 2 determina si un techo es cálido o frío. Valores de superficies lisas, deben ser usados sólo cuando la superficie del techo se encuentre sin obstrucciones y con el espacio suficiente disponible bajo el alero para que toda la nieve deslizante pueda ser depositada en ese lugar. Un techo debe ser considerado sin obstrucciones si es que no existen objetos que impidan que la nieve deslice. Dentro de las superficies lisas, se deben considerar a los metales, fibrocementos, vidrios y membranas bituminosas, de goma y plásticas con superficie suave. Membranas con áridos incrustados o con superficie granular mineral no deben ser consideradas suaves. Tejas de asfalto, madera y batidos, no deben ser consideradas lisas.

### 6.2 Factor de pendiente de techo cálido, $C_s$

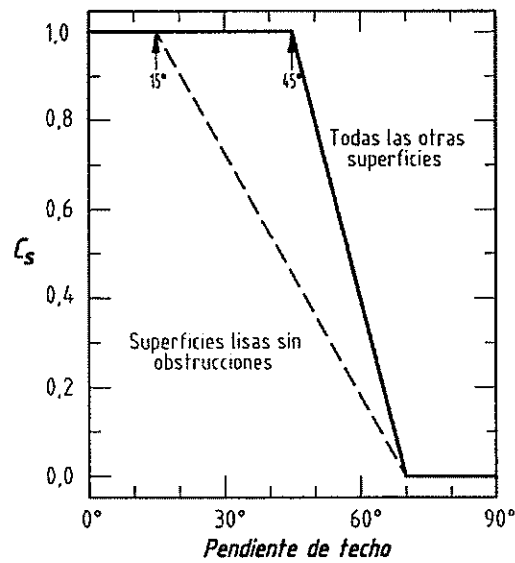
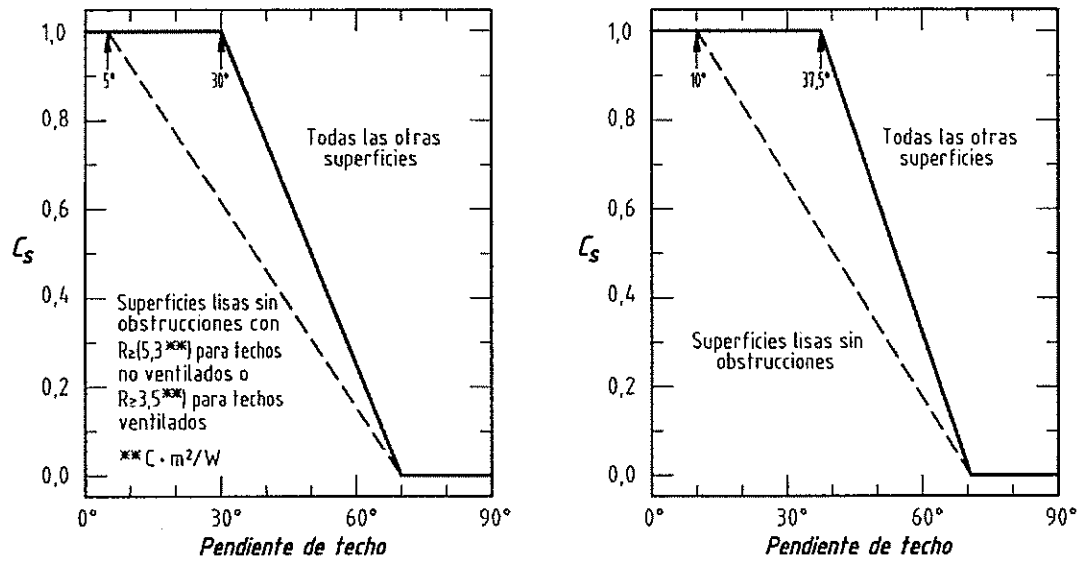
Para techos cálidos [ $C_t \leq 1,0$  determinado según Tabla 2 con una superficie lisa sin obstrucciones, que permiten que la nieve deslice fuera de los aleros, el factor de pendiente  $C_s$  debe ser determinado usando la línea punteada en Figura 1 a)], siempre que para techos cálidos no ventilados, su resistencia térmica (valor R) sea mayor o igual que  $5,3^\circ\text{C} \times \text{m}^2/\text{W}$  y para techos cálidos ventilados su valor R sea mayor o igual que  $3,5^\circ\text{C} \times \text{m}^2/\text{W}$ . El aire exterior debe poder circular libre bajo un techo ventilado, desde sus aleros hasta la cumbre. Para techos cálidos que no cumplan las condiciones antes mencionadas, se debe usar la línea continua de Figura 1 a) para determinar el factor de pendiente  $C_s$ .

### 6.3 Factor de pendiente de techo frío, $C_s$

Los techos fríos son aquellos con  $C_t > 1,0$  determinado según Tabla 2. Para techos con  $C_t = 1,1$  y superficies lisas sin obstrucciones, que permiten que la nieve deslice fuera de los aleros, el factor de pendiente  $C_s$  debe ser determinado usando la línea punteada en Figura 1 b). Para el resto de los techos fríos con  $C_t = 1,1$ , se debe utilizar la línea continua de Figura 1 b) para determinar el factor de pendiente  $C_s$ . Para techos fríos con  $C_t = 1,2$  y superficies lisas sin obstrucciones, que permiten que la nieve deslice fuera de los aleros, el factor de pendiente  $C_s$  debe ser determinado usando la línea punteada en Figura 1 c). Para el resto de los techos fríos con  $C_t = 1,2$ , se debe utilizar la línea continua de Figura 1 c) para determinar el factor de pendiente  $C_s$ .

### 6.4 Factor de pendiente de techos curvos, $C_s$

Sectores de techos curvos que posean una pendiente mayor que  $70^\circ$ , deben ser consideradas libres de carga de nieve (es decir  $C_s = 0$ ). Cargas balanceadas deben ser determinadas según los diagramas de cargas balanceadas de Figura 2 con  $C_s$  determinado según la curva apropiada de Figura 1.



c) Techos fríos con  $C_t = 1,2$

Figura 1 - Determinación del factor  $C_s$

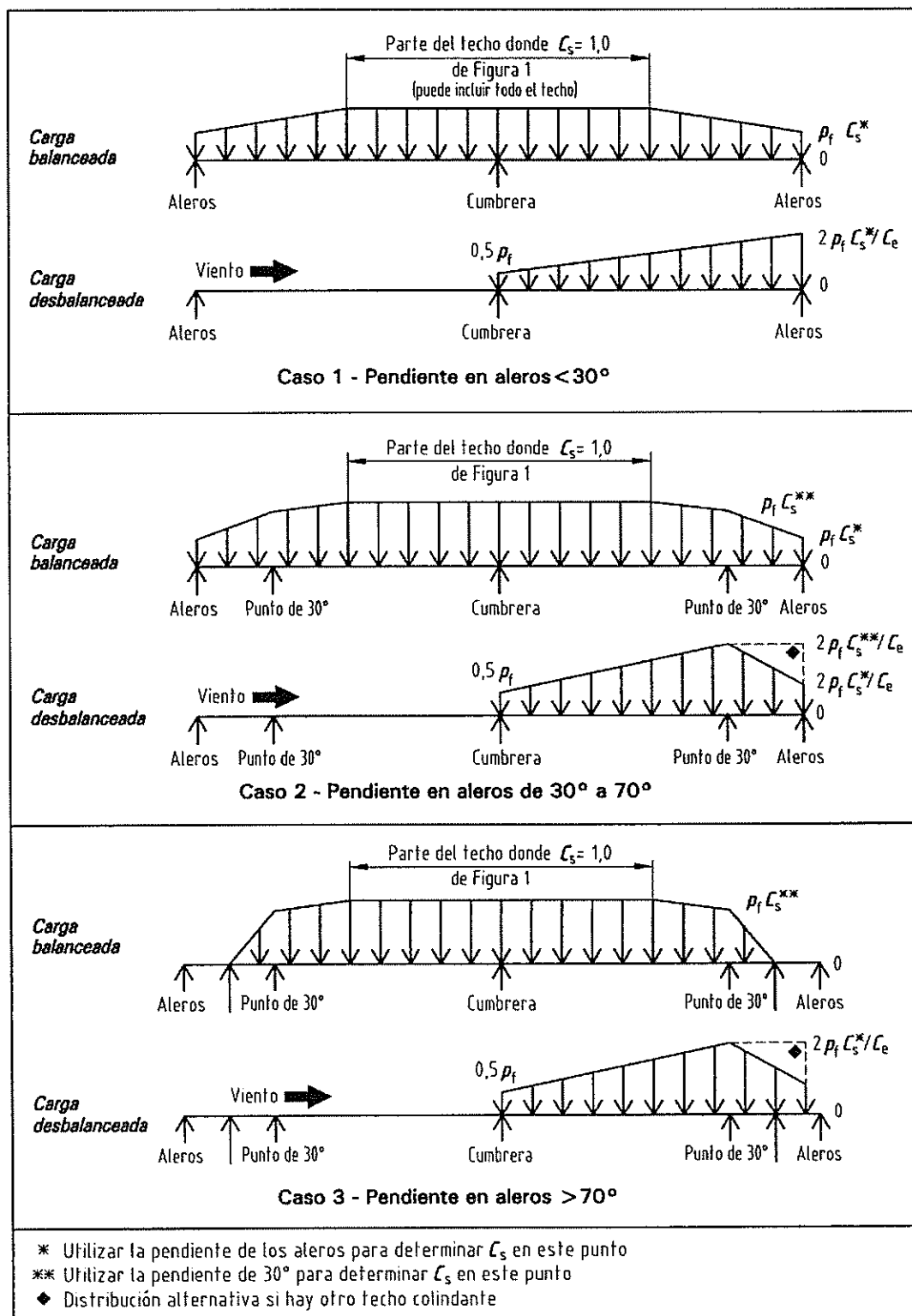


Figura 2 - Cargas balanceadas y desbalanceadas para techos curvos

### 6.5 Factor de pendiente para techos de placas con pliegues múltiples, techos en forma de dientes de sierra y techos de bóvedas de cañón, $C_s$

Estos techos deben tener un factor  $C_s = 1,0$ , sin reducciones en las cargas de nieve debido a la pendiente ( $p_s = p_f$ ).

### 6.6 Barreras de hielo y carámbanos a lo largo de los aleros

Dos tipos de techos cálidos que drenan el agua sobre los aleros deben ser capaces de sostener una carga uniformemente distribuida de  $2 \times p_f$  en todos los sectores sobresalientes: aquellos que son no ventilados y con un valor de R menor que  $5,3^\circ\text{C} \times \text{m}^2/\text{W}$  y aquellos que son ventilados y poseen un valor de R menor que  $3,5^\circ\text{C} \times \text{m}^2/\text{W}$ . Ninguna otra carga, excepto cargas muertas se deben presentar en el techo cuando esta carga uniformemente distribuida es aplicada.

## 7 Cargas parciales

El efecto de tener algunos vanos con cargas de nieve balanceadas y el resto de los vanos cargados con la mitad de la carga de nieve balanceada debe ser investigado según 7.1 y 7.2.

### 7.1 Sistema de vigas continuas

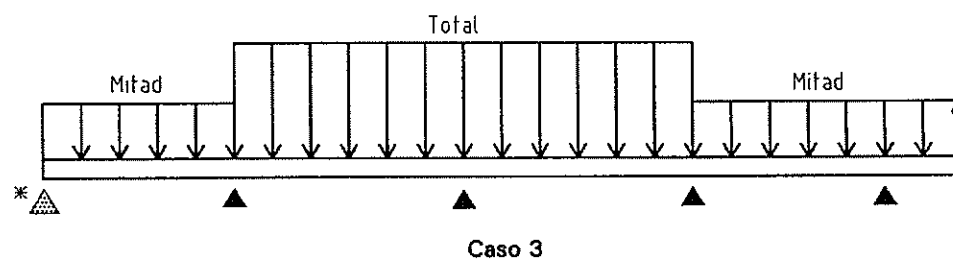
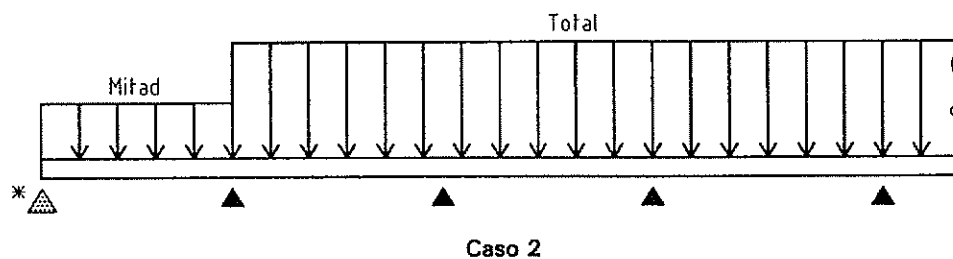
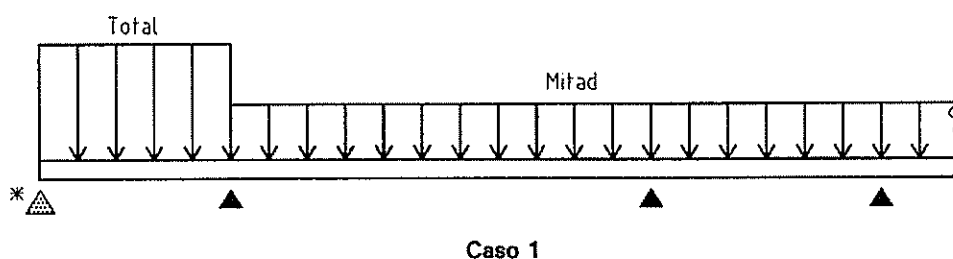
Los sistemas de vigas continuas deben ser investigados para los efectos de los tres estados de carga mostrados en Figura 3.

- Caso 1: Carga de nieve totalmente balanceada en su vano exterior y la mitad de la carga de nieve balanceada en el resto de sus vanos.
- Caso 2: La mitad de la carga de nieve balanceada en su vano exterior, y carga de nieve totalmente balanceada, en el resto de sus vanos.
- Caso 3: Todas las posibles combinaciones de cargas de nieve totalmente balanceadas en cualquiera de dos vanos adyacentes y la mitad de la carga de nieve balanceada en el resto de sus vanos. Para este caso habrán  $n-1$  combinaciones posibles, donde  $n$  es el número de vanos en el sistema de vigas continuas.

Si hay una viga en voladizo presente en uno de estos casos, ésta se debe considerar como un vano.

## 7.2 Otros sistemas estructurales

Áreas que soportan sólo la mitad de la carga de nieve balanceada se deben escoger de manera tal que se produzca el mayor efecto en los componentes que estén siendo analizados.



\* Los apoyos izquierdos se indican con sombreado de puntos porque pueden no existir cuando se presenta en voladizo

**Figura 3 - Diagrama de cargas parciales para vigas continuas**

## 8 Cargas de nieve de techo sin balancear

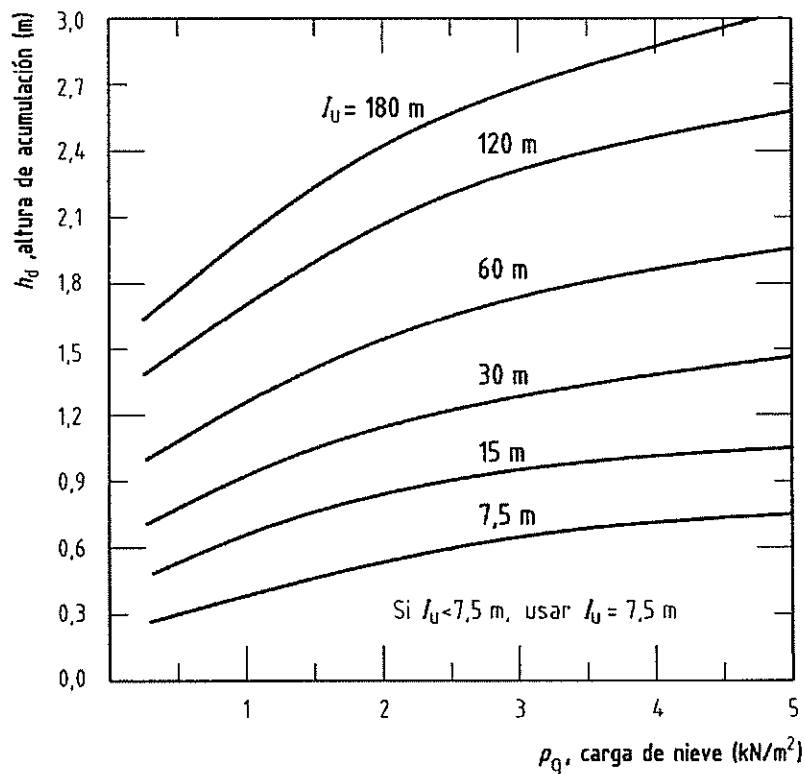
### 8.1 Generalidades

Las cargas de nieve balanceadas y desbalanceadas deben ser analizadas por separado. El viento desde todas las direcciones debe ser considerado para establecer las cargas sin balancear.



## 8.2 Cargas de nieve sin balancear para techos triangulares y piramidales (dos y cuatro aguas respectivamente)

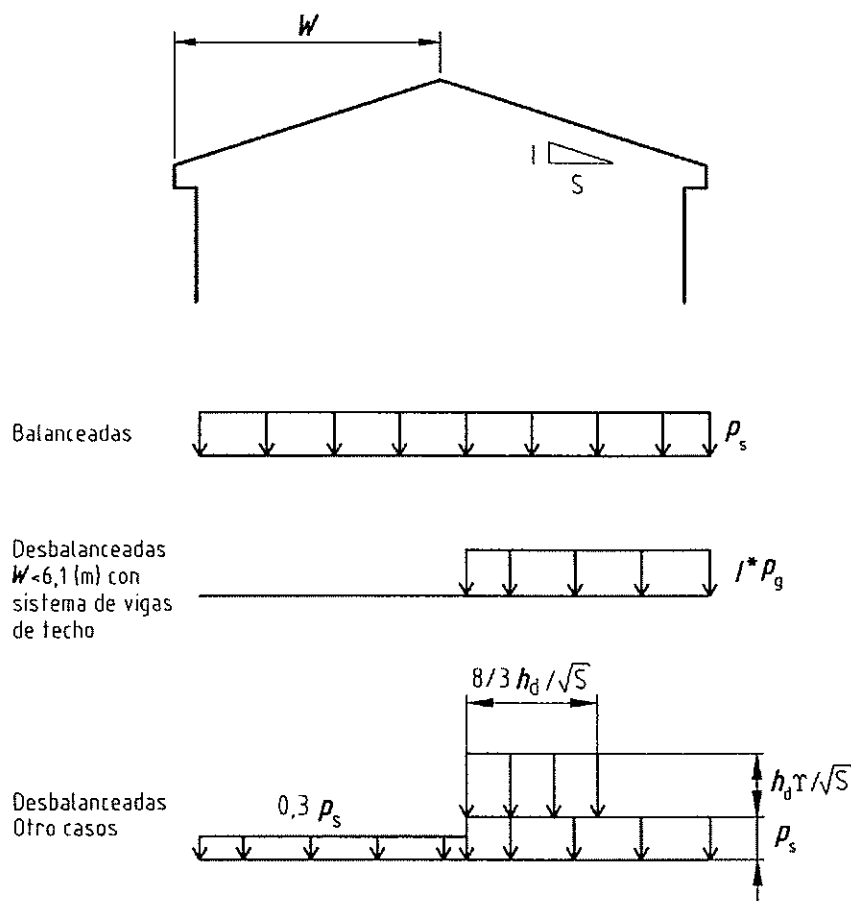
Para techos triangulares y piramidales, con pendientes mayores que  $70^\circ$  o con pendientes menores que el mayor valor entre  $2,38^\circ$  ( $0,5/12$ ) y  $21,3/W + 0,5$  con  $W$  en metros, las cargas de nieve sin balancear no requieren ser aplicadas. Techos con una distancia entre el alero y la cumbrera menor o igual que  $6,1$  m, que poseen vanos soportados por elementos prismáticos simplemente apoyados desde la cumbrera hasta el alero, deben ser diseñados para resistir una carga uniformemente distribuida de nieve sin balancear en la zona de sotavento igual a  $I \times p_g$ . Para estos techos la zona de barlovento debe estar descargada. Para el resto de los techos triangulares, la carga sin balancear debe ser considerada  $0,3 \times p_s$  en la zona de barlovento, y en la zona de sotavento,  $p_s$  más una sobrecarga rectangular de magnitud  $h_d \times \gamma / \sqrt{S}$  y una extensión horizontal desde la cumbrera de  $8\sqrt{S} h_d / 3$ , donde  $h_d$  es la altura del depósito de nieve producido por el viento (ver Figura 3), con  $I_u$  igual a la distancia desde el alero a la cumbrera en la porción de sotavento del techo,  $W$ . Diagramas de cargas balanceadas y desbalanceada son presentados en Figura 5.



Si  $I_u > 180$  m, usar la fórmula siguiente:

$$h_d = 0,132 \sqrt[3]{I_u} \sqrt[4]{p_g + 10} - 0,46 \text{ (m)}$$

Figura 4 - Gráfico y ecuación para determinar  $h_d$



NOTA - Cargas desbalanceadas no necesitan ser consideradas para  
 $\theta > 70^\circ$  o  $\theta$  menor al valor  $2,38^\circ$  y  $21,3/W + 0,5$ .  
 ( $W$  en m)

**Figura 5 - Cargas balanceadas y desbalanceadas para techos de dos y cuatro aguas**

### 8.3 Cargas de nieve sin balancear para techos curvos

Los sectores de techos curvos que posean una pendiente mayor que  $70^\circ$ , deben ser considerados libre de carga de nieve. Si la pendiente de una línea recta entre los aleros (o el punto de los  $70^\circ$ , si es que se presenta) hasta la cumbrera es menor que  $10^\circ$  o mayor que  $60^\circ$ , las cargas de nieve desbalanceadas no se deben tomar en cuenta.

Las cargas sin balancear deben ser determinadas según los diagramas de cargas de Figura 2. En todos los casos la zona de barlovento se debe considerar como libre de nieve. Si el terreno u otro techo colindante a un techo curvo del caso II o caso III (ver Figura 2) se encuentra a una distancia menor o igual que 0,91 m de sus aleros, la carga de nieve no debe ser disminuida entre el punto de  $30^\circ$  y el alero, sino que debe permanecer constante con el valor del punto de los  $30^\circ$ . Esta distribución se muestra en línea punteada en Figura 3.

#### 8.4 Cargas de nieve sin balancear para techos de placas con pendientes múltiples, techos con forma de dientes de sierra y techos de bóvedas cilíndricas

Las cargas de nieve sin balancear deben ser aplicadas en techos de placas con pendientes múltiples, techos en forma de dientes de sierra y techos de bóvedas cilíndricas, con una pendiente mayor que  $1,79^\circ$ . Según 6.5,  $C_s = 1,0$  para estos techos, y la carga balanceada de nieve es igual que  $p_f$ . La carga de nieve sin balancear debe ser incrementada con valores que van desde la mitad de la carga de nieve balanceada ubicada entre la cumbrera y el alero, es decir  $0,5 \times p_f$ , y dos veces la carga balanceada dada en 6.5 dividido por  $C_e$  en el valle, es decir  $2 \times p_f / C_e$ . Los diagramas para cargas balanceadas y desbalanceadas para techos en forma de dientes de sierra se muestran en Figura 6. De todas maneras, la superficie de nieve sobre el valle no debe estar a una altura mayor que la cumbrera. La profundidad de la nieve debe ser determinada por la división entre la carga de nieve y la densidad de la misma (ver ecuación 3).

#### 8.5 Cargas de nieve sin balancear para techos de cúpula

Las cargas de nieve sin balancear deben ser aplicadas para cúpulas y estructuras redondeadas similares. Las cargas de nieve, determinadas de la misma manera que para techos curvos indicada en 8.3, deben ser aplicadas en el sector a  $90^\circ$  de la dirección del viento, visto en planta. En ambos bordes de este sector, la carga disminuye linealmente a cero desde sectores de  $22,5^\circ$  cada uno. No se debe considerar carga de nieve en los restantes  $225^\circ$  del sector a barlovento.

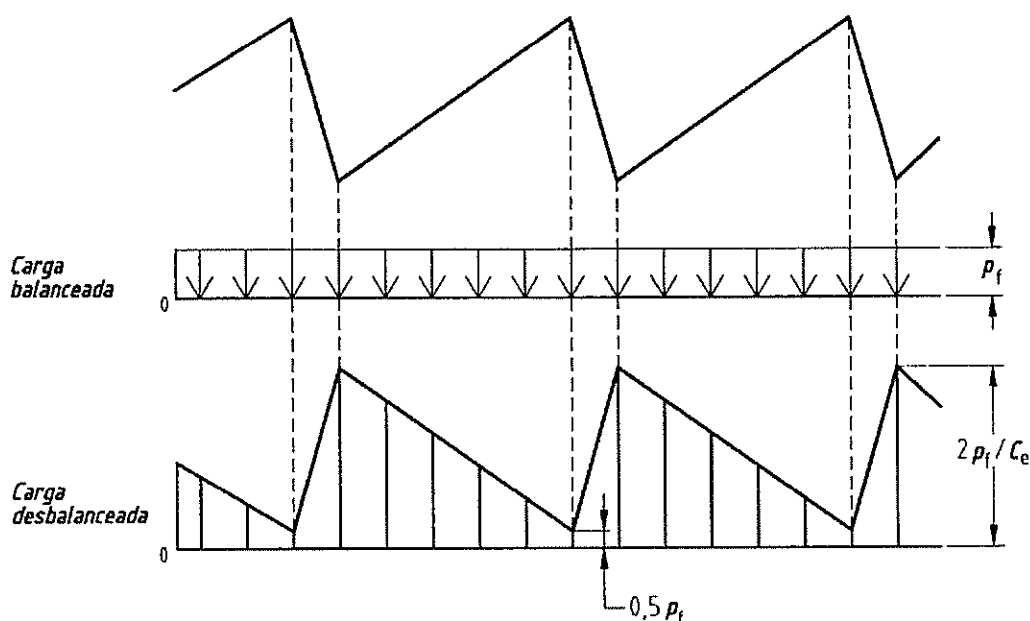


Figura 6 - Cargas balanceadas y desbalanceadas para techos con forma de dientes de sierra

## 9 Nieve acumulada por arrastre del viento a techos más bajos (factor aerodinámico)

### 9.1 Generalidades

Los techos deben ser diseñados para soportar cargas localizadas producidas por nieve acumulada por el arrastre del viento desde:

- 1) sectores más altos de la misma estructura; y
- 2) estructuras adyacentes y características del terreno.

### 9.2 Acumulación en un techo más bajo de la misma estructura

La acumulación de nieve proveniente de un techo más alto o producto del viento desde una dirección opuesta del techo en la que está localizada la acumulación. Estos dos tipos de acumulación por viento (sotavento y barlovento respectivamente) son mostrados en Figura 7. La geometría de la sobrecarga debido a la acumulación de nieve por acarreo es aproximadamente un triángulo, tal como se muestra en Figura 8. Las cargas por acumulación deben ser superpuestas a las cargas de nieve balanceadas. Si  $h_c / h_b$  es menor que 0,2, las cargas producidas por acumulación no requieren ser aplicadas.

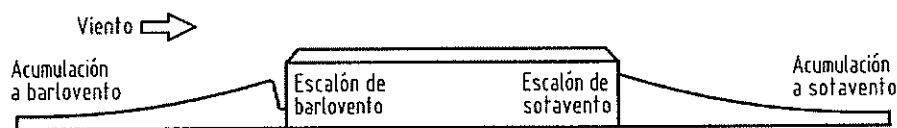


Figura 7 - Acumulación de nieve a barlovento y sotavento

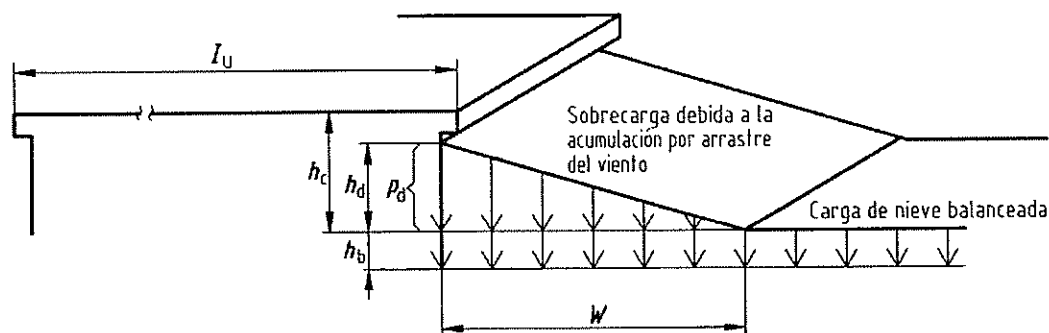


Figura 8 - Disposición de cargas para techos en que el viento arrastra la nieve hacia techos más bajos

Para acarreo de sotavento, la altura de la acumulación de nieve por acarreo,  $h_d$  debe ser determinada directamente de Figura 4, usando el largo del techo más alto. Para acarreo de barlovento, la altura de la acumulación de nieve debe ser determinada de la manera siguiente: se sustituye el largo del techo más bajo, por el valor  $I_u$  en Figura 4 y utilizando la altura de la acumulación como  $\frac{3}{4} \times h_d$ . El valor más alto de estas dos alturas debe ser utilizado para el diseño. Si la altura es menor o igual que  $h_c$ , el espesor de la acumulación,  $w$ , se debe considerar igual a  $4 \times h_d$  y la altura de la acumulación igual a  $h_d$ . Si la altura es mayor que  $h_c$ , el espesor de la acumulación,  $w$ , se debe considerar igual a  $4 \times h_d^2 / h_c$  y la altura de la acumulación igual a  $h_c$ . En ningún caso el espesor de la acumulación,  $w$ , debe ser mayor que  $8 \times h_c$ . Si el espesor de la acumulación es mayor al ancho del techo más bajo, la acumulación se debe truncar en el borde más lejano del techo, sin ser reducida a cero en ese sector. La intensidad máxima de la sobrecarga por acumulación,  $p_d$ , igual a  $h_d \times \gamma$ , donde el peso específico está definido según ecuación 3.

$$\gamma = 0,426 \times p_g + 2,2, \text{ pero no mayor que } 4,7 \text{ kN/m}^3 \quad (3)$$

Esta densidad puede ser utilizada para determinar  $h_b$  dividiendo  $p_s$  por  $\gamma$ , también se puede multiplicar por 102 para obtener la profundidad en metros.

### 9.3 Estructuras adyacentes y características del terreno

Los requerimientos de 9.2 deben ser utilizados también para determinar las cargas por acumulación por acarreo causadas por una estructura más alta o características del terreno a menos de 6,1 m desde un techo. La distancia de separación,  $s$ , entre el techo y estructuras adyacentes o características del terreno reduce las cargas por acumulación aplicadas en el techo más bajo por un factor  $(6,1-s)/6,1$ , con  $s$  en metros.

## 10 Proyecciones de techos

El método indicado en 9.2 se debe utilizar para la determinación de las cargas de nieve acumuladas por arrastre del viento en todos los lugares con salientes de cubierta y con paredes en parapeto. La altura de tales acumulaciones se debe considerar como  $\frac{3}{4}$  de la altura de la acumulación,  $(0,75 \times h_d)$ , con  $I_u$  igual a la longitud del techo a barlovento de proyección o de la pared en parapeto. Si el lado de una proyección de techo es menor que 4,6 m de largo, no es necesario aplicar la carga de nieve acumulada por arrastre del viento en ese lado.

## 11 Nieve caída por deslizamiento

La carga originada por deslizamiento desde un techo inclinado sobre otro techo más bajo, se debe determinar para techos lisos situados a mayor altura, con pendientes mayores que 2%, y para otros techos altos, no lisos, con pendientes mayores que 16%. La carga total de nieve caída por deslizamiento, por unidad de longitud del alero, debe ser  $0,4 \times p_f \times W$ , donde  $W$  es la distancia horizontal desde el alero hasta la cumbrera del techo con pendiente más alta. Esta carga se debe distribuir uniformemente sobre el techo más bajo en una distancia de 4,6 m desde el alero del techo más alto. Si el ancho del techo más bajo es menor que 4,6 m, la carga disminuye proporcionalmente.

La carga de nieve por deslizamiento no debe ser reducida, a menos que una porción de la nieve del techo más alto quede impedida de deslizarse sobre el techo más bajo, por nieve que ya se encuentra en el techo más bajo o porque se espera que la nieve deslice libremente fuera del techo más bajo.

## 12 Carga de lluvia sobre la nieve

Para zonas donde se tenga que  $p_g$  sea  $0,96 \text{ kN/m}^2$  o menor, pero no cero, se debe aplicar en todos los techos con pendientes (en grados) menores que  $W/12,5$ , con  $W$  en metros, una sobrecarga de  $0,25 \text{ kN/m}^2$  debida a la acción de la lluvia sobre la nieve. Este aumento de la carga de diseño producto del efecto de la lluvia sobre la nieve se debe aplicar sólo al caso de carga de nieve balanceada y no necesita ser usada en combinación con la acumulación por viento, deslizamiento, cargas sin balancear y cargas parciales.

## 13 Inestabilidad por acumulación de agua

Los techos deben ser diseñados para considerar la inestabilidad por acumulación de agua. Para techos con una pendiente menor que  $1,19^\circ$ , se deben investigar deformaciones por flexión causadas por las cargas de nieve, contemplando la probabilidad de inestabilidad por acumulación en forma de charcos, debido a lluvia sobre la nieve o a la nieve derretida.

## 14 Techos existentes

Los techos existentes deben ser evaluados para incrementos de cargas de nieve, producidos por adiciones o alteraciones. Los dueños o representantes de los dueños de un edificio con techo a menor altura deben ser notificados del potencial aumento en las cargas de nieve producidos por un edificio con un techo más alto, a menos de 6,1 m. Ver Tabla 4 y 9.3.

**Anexo A**  
(Informativo)

**Bibliografía**

- [1] *Proposición de sobrecargas de nieve para la Zona Central de Chile*, 2008, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Héctor Ramírez.

