



Código Técnico de la Edificación

Documento Básico **SE-AE**

Seguridad Estructural Acciones en la edificación

Noviembre 2003



Índice

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1.2 Clasificación de las acciones

2 Acciones permanentes

2.1 Peso propio

2.2 Pretensado

2.3 Acciones del terreno

3 Acciones variables

3.1 Sobrecarga de uso

3.2 Fuerzas sobre barandillas y elementos divisorios

3.3 Acciones climáticas

3.4 Acciones químicas, físicas y biológicas

4 Acciones accidentales

4.1 Impacto

4.2 Explosión

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notaciones y unidades

B.1 Notaciones

B.3 Unidades

Anejo C. Pesos específicos aparentes, cargas por unidad de superficie y ángulos de rozamiento interno

Anejo D. Coeficientes para el viento.

A.1 Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales

A.2. Método para la determinación del coeficiente de exposición.

A.3. Método para la determinación de la influencia de edificaciones de gran altura en las proximidades de la obra.

A.4. Método para la determinación del coeficiente estructural

Anejo E. Mapas relativos a las acciones climáticas

E.1 Viento

E.2 Temperatura

E.3 Nieve

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

- 3 Este documento se aplicará en el proyecto y en la obra de toda edificación de nueva construcción, cualquiera que sea su clase y destino. nueva construcción.
- 4 Cuando tengan influencia apreciable, se considerarán las acciones derivadas del proceso de ejecución del edificio.
- 5 Las acciones debidas a los incendios están definidas en el documento DB - SI
- 6 Las acciones debidas al sismo están definidas en la norma sismorresistente NCSE.
- 7 Las cargas y las fuerzas que actúan sobre estructuras especiales tales como los puentes grúa, los silos o los tanques, están fuera del alcance de este documento.
- 8 Las fuerzas de rozamiento no se definen en este documento, ya que se consideran como efectos de las acciones.
- 9 Las reglas indicadas también pueden aplicarse en los casos de ampliación, rehabilitación o de transformación de edificios existentes, así como en los casos de cambios de uso de los mismos. Asimismo, pueden aplicarse, por analogía, para la determinación de las acciones que no estén definidas en este documento, o de aquellas que, debido a una utilización específica, no estén cubiertas por la información contenida en el mismo.

1.2 Clasificación de las acciones

- 1 Este documento describe las acciones que en general actúan sobre los edificios de nueva construcción. En casos especiales puede ser preciso tener en cuenta acciones de otra clase.
- 2 Las acciones que deben considerarse en el cálculo de una estructura o elemento estructural se clasifican, por su variación en el tiempo, de la forma siguiente:
 - a) acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo momento sobre la estructura con posición constante. Su magnitud puede ser constante o no. En este grupo se incluyen:
 - i) el peso propio (tanto de los elementos constructivos como de los equipos e instalaciones del edificio);
 - ii) el pretensado;
 - iii) las acciones del terreno.
 - b) acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura. En este grupo se incluyen:
 - i) la sobrecarga de uso;
 - ii) las fuerzas sobre barandillas y elementos divisorios;
 - iii) las acciones climáticas (viento, nieve y temperatura);
 - iv) Las acciones químicas, físicas y biológicas.
 - c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya posibilidad de actuación es pequeña pero de gran importancia. En este grupo se incluyen los impactos, las explosiones, el sismo, el fuego, etc.

2 Acciones permanentes

2.1 Peso propio

2.1.1 Generalidades

- 1 El peso propio es la carga inducida por la masa de los elementos constructivos, portantes y no portantes. Se considerarán como acciones permanentes.
- 2 El peso propio de los elementos constructivos no portantes incluye además de la tabiquería, los cerramientos, las barandillas y las barreras de seguridad, los materiales de acabado (pavimentos, guarnecidos, enlucidos, etc) y los rellenos de tierras.
- 3 En general, no es necesario disponer los pesos propios de los elementos de la estructura portante según diferentes zonas de influencia con diferentes coeficientes parciales para las acciones, sino que se podrán considerar en su conjunto a través de unos valores de cálculo superiores o inferiores, dependiendo de si su efecto es desfavorable o favorable, respectivamente.

2.1.2 Determinación del peso propio

- 1 El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, tanto los portantes como los no portantes, G_k , se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios. En el Anejo C se incluyen los pesos de algunos materiales, productos y elementos constructivos.
- 2 En el caso de la tabiquería, siempre que se trate de tabiques ordinarios cuyo peso por metro cuadrado no sea superior a $1,2 \text{ kN/m}^2$, su peso propio podrá asimilarse a una carga equivalente uniformemente distribuida. Cuando la sobrecarga de uso de la zona considerada sea menor de 3 kN/m^2 la carga equivalente por metro cuadrado no será inferior a 1 kN/m^2 . En el Anejo C se incluyen los valores de carga equivalente correspondientes a los tipos de tabiquería más usuales.
- 3 El valor característico del peso propio de las los equipos e instalaciones fijas, G_k , debe definirse de acuerdo con las indicaciones de los proveedores.
- 4 El valor característico del peso de los rellenos de tierra, G_k , debe definirse de manera prudente como el valor más probable. En esta definición se tendrán en cuenta las posibles desviaciones del espesor del relleno en relación con las indicaciones de los planos, así como las dispersiones relativas al peso específico.
- 5 Durante la ejecución de la obra deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las posibles desviaciones de los valores nominales puedan sobrepasar las tolerancias de ejecución habituales.
- 6 Se deben analizar también los efectos de una posible eliminación o variación de la posición de los elementos no portantes.

2.2 Pretensado

2.2.1 Generalidades

- 1 Las fuerza aplicadas o las deformaciones impuestas de forma controlada para realizar el pretensado, se considerarán, normalmente, como acciones permanentes, salvo para la verificación de la capacidad resistente de las zonas de introducción de la fuerza o de cambio de directriz de los cables, en cuyo caso se considerará como acción variable dominante.
- 2 El estado de tensiones autoequilibradas provocado por el pretensado será determinado por regla general mediante un análisis elástico de acuerdo con lo establecido en los documentos básicos correspondientes o en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

2.2.1 Valor característico

- 1 El valor característico del pretensado, P_k , equivale normalmente a la fuerza de pretensado que actúa en el instante considerado para la verificación, teniendo en cuenta las pérdidas de pretensado debidas al rozamiento, a la retracción, a la fluencia y a la relajación, según lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.
- 2 Para la verificación de la capacidad resistente de las zonas de introducción de la fuerza o de cambio de directriz de los cables, el valor característico, P_k , se determinará a partir de la resistencia de los cables, obtenida a partir del valor característico de la resistencia a tracción.

2.3 Acciones del terreno

- 1 Las acciones del terreno comprenden tanto las cargas propiamente dichas, tales como el empuje del terreno o la presión hidráulica, como las deformaciones impuestas, tales como las debidas a los asientos y a los desplazamientos del terreno, dependientes o no de las cargas que actúen sobre él.
- 2 Las acciones derivadas del peso del terreno, de su empuje o del debido a las cargas permanentes, que actúen sobre él, o las acciones debidas a desplazamientos y deformaciones se consideran como acciones permanentes y se tratarán de acuerdo con lo establecido en el DB-SE-C.
- 3 Otras acciones, tales como el empuje del terreno debido a cargas o fuerzas variables y en general cualquier acción que muestre una variabilidad importante se considerarán como acciones variables y se tratarán de acuerdo con lo establecido en el DB-SE-C

3 Acciones variables

3.1 Sobrecarga de uso

3.1.1 Generalidades

- 1 La sobrecarga de uso de un elemento resistente es el peso de todos los objetos que pueden gravitar sobre él por razón de su uso. Dicha sobrecarga se considerará como acciones variable.
- 2 De acuerdo con la utilización, para cada edificio o zonas del mismo, se adoptarán como valores característicos de la sobrecargas de uso los indicados en la tabla 3.1. Dichos valores incluyen tanto las cargas derivadas de la utilización normal del edificio (personas, mobiliario, mercancías, contenido de los conductos, maquinaria, vehículos ligeros o medianos, etc) como las derivadas de la utilización poco habitual (acumulación de personas, o de mobiliario o mercancías con ocasión de un traslado, etc)
- 3 Los equipos pesados no están cubiertos por los valores indicados en este apartado. Su carga debe determinarse de acuerdo con las indicaciones de los proveedores y con las exigencias de la propiedad.

3.1.2 Valores característicos

- 1 Para cada categoría o subcategoría de uso, en la tabla 3.1 se dan dos valores. Una sobrecarga uniformemente distribuida y una carga concentrada que, salvo en los casos de zonas de categoría E ó F, deberá considerarse independientemente a la anterior y no simultánea con ella, actuando en cualquier situación del elemento a comprobar bajo el efecto local de la misma.

Tabla 3.1 Categorías de uso y valores característicos de las sobrecargas

Categoría de uso		Subcategorías de uso		q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2 ⁽¹⁾
		A2	Escaleras y mesetas	3	2 ⁽¹⁾
B	Zonas de Oficinas			2	2 ⁽¹⁾
C	Zonas de reunión (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4 ⁽¹⁾
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4 ⁽¹⁾
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4 ⁽¹⁾
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7 ⁽¹⁾
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4 ⁽¹⁾
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4 ⁽¹⁾
		D2	Supermercados, hipermercados, multi-centros o grandes superficies	5	7 ⁽¹⁾
E	Zonas de uso industrial o almacenamiento (incluidas bibliotecas)			Según su uso ⁽²⁾⁽³⁾	Según su uso ⁽²⁾⁽³⁾
F	Zonas de tráfico y de aparcamiento ⁵⁾	F1	Vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN	2 ⁽³⁾	20 ⁽³⁾⁽⁴⁾
		F2	Vehículos medios con un peso total de entre 30 y 160 kN	5 ⁽³⁾	90 ⁽³⁾⁽⁴⁾
G	Cubiertas transitables	G1	Accesibles sólo privadamente	1,5	1,5 ⁽¹⁾
		G2	Accesibles al público	Según su uso	Según su uso

H	Cubiertas accesibles únicamente para tareas de mantenimiento ⁽⁶⁾	H1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	0,8 ⁽⁷⁾	1,5 ⁽¹⁾
		H2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	1,5 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Superficie de aplicación cuadrada de 50 mm de lado.

⁽²⁾ Los valores característicos de las sobrecargas de uso deben definirse según las características específicas del edificio y de su uso, teniendo en cuenta, si son relevantes, los posibles efectos dinámicos. Las sobrecargas de uso debidas a las mercancías almacenadas se deben determinar sobre la base de las dimensiones del almacén, del peso específico aparente de la mercancía así como de su ángulo de rozamiento interno (véase anejo C).

Los valores de las sobrecargas consideradas deben reflejarse en el proyecto.

El valor máximo de la sobrecarga de uso debe señalarse en los locales afectados.

⁽³⁾ Debe considerarse que Q_k y q_k actúan simultáneamente.

⁽⁴⁾ Deben considerarse dos cargas concentradas $Q_k/2$ separadas 1,8 m aplicadas sobre una superficie cuadrada de 200 mm de lado.

⁽⁵⁾ Las zonas de categoría F deberán señalarse como tales

Los accesos a zonas de subcategoría F1 deben limitarse mediante medidas constructivas

⁽⁶⁾ Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de q_k se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías H1 y H2

⁽⁷⁾ El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

- Para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de la superficie útil con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2 kN/m.
- La influencia de los efectos dinámicos provocados por la maquinaria y los vehículos deben tenerse en cuenta de acuerdo con los documentos básicos correspondientes a cada material o con la Instrucción EHE para estructuras de hormigón.

3.1.3 Reducción de sobrecargas

- Para el dimensionado de los elementos portantes horizontales (vigas, nervios de forjados, etc), las sobrecargas de uso correspondientes a una única categoría de uso, pueden reducirse aplicando el coeficiente de reducción, α_A , para las categorías de uso A, B, C y D:

$$\alpha_A = 0,5 + \frac{A_0}{A} \quad (3.1)$$

A_0 área de referencia ($A_0 = 10 \text{ m}^2$)
 A área tributaria del elemento considerado

Para las categorías C y D, α_A no será menor que 0,6.

- Para el dimensionado de un elemento vertical (pilar, muro) sobre el que actúan sobrecargas de uso de diferentes plantas, las sobrecargas de uso correspondientes a cada categoría de uso, pueden reducirse aplicando el coeficiente de reducción, α_n , para las categorías de uso A, B, C y D:

$$\alpha_n = 0,7 + \frac{0,6}{n} \quad (3.2)$$

n número de plantas (>2) de la misma categoría de uso, situadas por encima del elemento vertical considerado

- Los coeficientes α_A y α_n podrán simultanearse cuando las plantas situadas por encima del elemento vertical considerado estén destinadas al mismo uso y siempre que correspondan a diferentes usuarios, lo que se hará constar en la memoria del proyecto en las instrucciones de uso y mantenimiento.

3.2 Fuerzas sobre barandillas y elementos divisorios

- Las disposiciones de este apartado se refieren a las fuerzas que actúan sobre las barandillas, las barreras u otros elementos divisorios debidas al uso normal de los edificios.
- Las barandillas o petos se calcularán para resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida, y cuyo valor característico se obtendrá de la tabla 3.2. La fuerza se considerará aplicada a 1,2 m o sobre el borde superior del elemento, si éste está situado a menos altura.

Tabla 3.2 Valores característicos de las fuerzas sobre las barandillas y otros elementos divisorios

Categoría de uso	q_k [kN/m]
A, B, C1, C2, D, G1	0,8
C3, C4, E, F, G2	1,6
C5	3,0

- 3 En las zonas de categoría E y F, los parapetos, petos o barandillas y otros elementos que delimiten áreas accesibles para los vehículos se calcularán para resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida sobre una longitud de 1 m, aplicada a 1,2 m de altura sobre el nivel de la superficie de rodadura o sobre el borde superior del elemento si éste está situado a menos altura, cuyo valor característico se definirá en el proyecto en función del uso específico y de las características del edificio, no siendo inferior a $q_k = 100$ kN/m.

3.3 Acciones climáticas

3.3.1 Viento

3.3.1.1 Generalidades

- 1 La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones del edificio, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y de las ráfagas del viento.
- 2 Las disposiciones de este documento no son de aplicación a los edificios situados en altitudes superiores a 2000 m. En estos casos, las presiones del viento se deben establecer sobre la base de datos experimentales específicos. El programa de adquisición de datos debe adaptarse a la importancia de la obra.
- 3 En general, las estructuras habituales de edificación no son sensibles a los efectos dinámicos del viento, y podrán despreciarse estos efectos en edificios con esbelteces menores de 1/6. En casos especiales de estructuras sensibles a los efectos dinámicos inducidos por el viento, será necesario efectuar un análisis dinámico detallado. En este tipo de estructuras también será necesario comprobar su seguridad frente a la fatiga.
- 4 Las presiones debidas al viento se definen de la siguiente forma (una presión positiva representa una acción dirigida contra la superficie, figura 3.1):

$$Q_e = C_p \cdot C_e \cdot C_d \cdot Q_b \quad (3.3)$$

C_p coeficiente de presión, interior o exterior, según 3.3.1.3

C_d coeficiente estructural, según 3.3.1.3. Este coeficiente se empleará en los análisis globales.

C_e coeficiente de exposición, según 3.3.1.3

Q_b valor básico de la presión dinámica del viento según 3.3.1.2

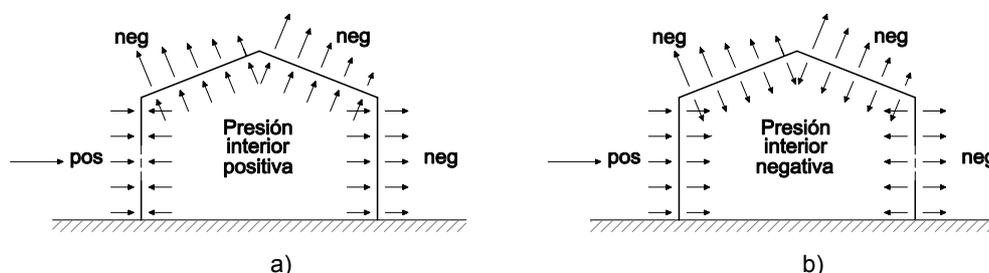


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento sobre las superficies de un edificio: a) permeabilidad preponderante en la superficie expuesta al viento; b) permeabilidad preponderante en la superficie protegida del viento

- 5 La acción tangencial sobre las superficies paralelas a la dirección del viento se define como:

$$Q_{fr} = Q_b \cdot C_{fr} \cdot C_e \cdot C_d \quad (3.4)$$

siendo:

C_{fr} coeficiente de rozamiento según 3.3.1.3

C_d coeficiente estructural, según 3.3.1.3, donde también se indica cuándo esta acción es irrelevante.

- 6 La influencia de efectos, tales como la acumulación de nieve en cubiertas, particularmente de naves abiertas, o una banda de tráfico en un aparcamiento, dan lugar a un incremento de la superficie de exposición al viento que debe superponerse a la del propio edificio.
- 7 La acción del viento, en cualquiera de las direcciones, se considerará actuando con una excentricidad respecto al centro de masas del edificio del 10% de la dimensión del mismo perpendicular a la dirección del viento.

3.3.1.2 Modelo

- 1 Para el análisis global de la estructura sometida a la acción debida al viento, se evaluará la presión en las distintas zonas del edificio en función de los coeficientes parciales de presión (interior y exterior), c_p . Las presiones interiores y exteriores deberán sumarse con el signo que corresponda.
- 2 Para análisis globales de estructuras, se podrán sustituir los coeficientes de presión c_p por coeficientes globales, c_g , cuyo valor es la media ponderada en cada paramento considerado del edificio de los valores correspondientes a las distintas zonas del coeficiente c_p que integran dicho paramento. En el Anejo 2 se dan los valores de c_g .
- 3 Para el análisis de elementos estructurales aislados (como por ejemplo, las correas de una cubierta) y para los análisis locales de elementos de cerramiento o fijación, las presiones sobre cada elemento considerado, se deben determinar a partir de los coeficientes de presión parciales. En este caso, no es necesario emplear el coeficiente estructural.
- 4 Las estructuras de edificación se comprobarán bajo la acción del viento actuando en dos direcciones ortogonales (las más desfavorables). Para cada dirección, se deberá considerar la acción en ambos sentidos.
- 5 Los coeficientes parciales de presión c_p y los coeficientes globales, c_g , se consideran válidos para un viento que actúa en un ángulo de $\pm 45^\circ$ respecto a la dirección considerada.
- 6 Si el edificio se compone de varios cuerpos, se considera que la acción del viento perpendicular a los diversos cuerpos es la misma siempre que el ángulo que forman la normal a cada cuerpo y la dirección del viento considerada sea $< 45^\circ$, según figura 3.2.

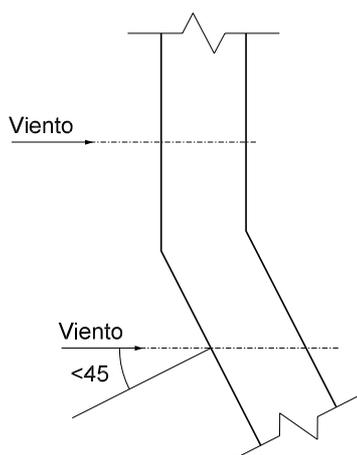


Fig. 3.2 Acción del viento en los distintos cuerpos de un edificio.

Presión dinámica del viento

- 7 El valor básico de la presión dinámica del viento puede determinarse a través de la expresión:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (3.5)$$

- ρ densidad del aire
- v_b valor básico modificado de la velocidad del viento
- 8 La densidad del aire depende, entre otros factores, de la altitud y de la temperatura ambiental. A falta de datos más precisos, se podrá adoptar un valor de $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.
 - 9 El valor básico de la velocidad del viento se determinará del mapa del Anejo E. También podrá determinarse a partir de datos experimentales, cuando se disponga de ellos, mediante el correspondiente tratamiento estadístico para obtener valores característicos correspondientes a un periodo de retorno de 50 años.
 - 10 Para comprobaciones en servicio, se puede obtener un valor básico modificado de la velocidad del viento, $v_{b,R}$, para periodos de retorno distintos a 50 años, multiplicando v_b por el coeficiente k dado en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Coeficiente k.

Periodo de retorno R (años)	Coeficiente K
1	0,41
2	0,78
5	0,85
10	0,90
20	0,95
50	1,00
200	1,08

3.3.1.3 Coeficientes

Coeficientes de presión exterior

- 1 Los coeficientes de presión exterior dados en el Anejo D se toman en función del área del elemento o del área de asignación de carga, tanto de cerramiento o fijación como estructurales de la siguiente manera:
 - $C_{pe,10}$ para elementos con un área de influencia de al menos 10 m^2 (típicamente elementos estructurales)
 - $C_{pe,1}$ para elementos con un área de influencia máxima de 1 m^2 (paneles, fijaciones...)
 - $C_{pe,A}$ para elementos con un área de influencia $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$. Este coeficiente se determina según la expresión:

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A \quad (3.6)$$
- 2 Se considerará como área de influencia tanto al área total de un elemento aislado, como al área de asignación de carga.
- 3 Se podrán emplear otros coeficientes de fuerza o de presión distintos a los establecidos en el Anejo D, si se determinan mediante ensayos representativos en túnel de viento.

Coeficientes de presión interior

- 4 Los coeficientes de presión interior, c_{pi} , dependen del tamaño y de la distribución de los huecos en el cerramiento del edificio y se consideran iguales en todos los paramentos interiores del edificio. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre (Anejo 2).
- 5 Una cara de un edificio se considera dominante cuando el área de las aberturas en la misma sea al menos el doble de las aberturas en las caras restantes del edificio.
- 6 En un edificio con una cara dominante, el coeficiente de presión interior se tomará:

- a) cuando el área de las aberturas en la cara dominante sea el doble del área de las aberturas en el resto de caras del edificio:

$$c_{pi} = 0,75c_{pe} \quad (3.7)$$

- b) cuando el área de las aberturas de la cara dominante sea el triple del área de las aberturas en el resto de las caras del edificio:

$$c_{pi} = 0,9c_{pe} \quad (3.8)$$

- c) para los casos con una proporción comprendida entre 2 y 3, el valor de c_{pi} se determinará mediante interpolación lineal

- 7 Para edificios sin cara dominante (distribución uniforme de la permeabilidad), el coeficiente de presión interior c_{pi} , se determinará a partir de la tabla IV.10. El coeficiente de apertura μ se determinará de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{A_{succ.}}{A_T} \quad (3.9)$$

siendo:

$A_{succ.}$ área de los huecos en las zonas de succión del edificio;

A_T área total de huecos del edificio.

Tabla 3.4. Coeficientes de presión interior para edificios con una distribución uniforme de la permeabilidad

d/h	μ												
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1	
≤ 1	0,70	0,70	0,56	0,42	0,28	0,14	-0,01	-0,15	-0,29	-0,43	-0,50	-0,50	
≥ 4	0,50	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,00	-0,10	-0,20	-0,30	-0,30	-0,30	

Coeficiente de rozamiento

- 8 Para la determinación de la acción de rozamiento que, se podrán adoptar los siguientes valores para los coeficientes de rozamiento, c_{fr} :
- superficie lisa (por ejemplo acero, aluminio): $c_{fr}=0,01$
 - superficie rugosa (por ejemplo, hormigón): $c_{fr}=0,02$
 - superficie muy rugosa (por ejemplo, ondas, nervaduras, pliegues): $c_{fr}=0,04$
- 9 No será necesario tener en cuenta la acción del rozamiento si su valor no supera el 10% de la fuerza horizontal debida a la acción del viento sobre las superficies a barlovento y a sotavento.

Coeficiente de exposición

- 10 El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de la rugosidad del terreno, de la topografía, de la altura sobre el terreno, así como de las turbulencias.
- 11 El coeficiente de exposición c_e , se podrá tomar, de forma simplificada, en función de la altura z , de la tabla 3.5. En el Anejo D se encuentra información más detallada para la determinación del coeficiente c_e .

Tabla 3.5. Coeficiente de exposición en función de la altura z

Z	Tipo de terreno				
	I	II	III	IV	V
5	2,645	2,346	1,909	1,264	1,163
10	3,013	2,744	2,328	1,687	1,163
15	3,239	2,990	2,588	1,955	1,427
20	3,404	3,170	2,780	2,154	1,626
25	3,535	3,313	2,934	2,314	1,786
30	3,643	3,432	3,061	2,448	1,921
35	3,736	3,534	3,171	2,563	2,037
40	3,817	3,623	3,268	2,665	2,141
45	3,889	3,703	3,354	2,756	2,233
50	3,954	3,775	3,432	2,839	2,317
55	4,014	3,840	3,503	2,914	2,395
60	4,069	3,901	3,569	2,984	2,466
65	4,119	3,957	3,629	3,049	2,532
70	4,166	4,009	3,686	3,109	2,594
75	4,210	4,058	3,739	3,166	2,653

Terreno tipo I: Borde del mar o de un lago con una zona despejada

(en la dirección del viento) de una extensión mínima de 5 km

Terreno tipo II: Terreno llano sin obstáculos de envergadura

Terreno tipo III: Zona rural con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones de pequeñas dimensiones

Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal

Terreno tipo V: Centros de ciudad

- 12 En el caso de edificios situados en las cercanías de acantilados o escarpas ($\alpha \geq 40^\circ$, según la figura 3.3), las alturas de referencia se medirán desde la base de dichos accidentes topográficos, según la misma figura. Este documento sólo es es aplicación para alturas de acantilado o escarpa $H \leq 50\text{m}$; otros casos quedan fuera del alcance de este DB.

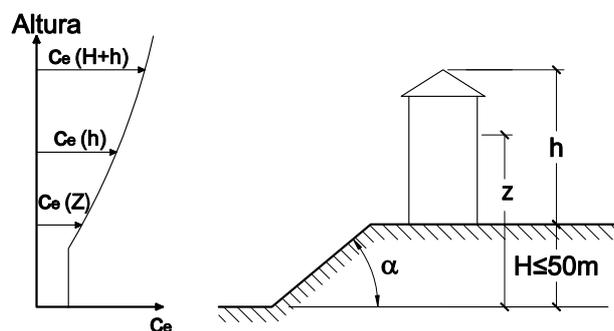


Fig. 3.3. Definición de la altura z en acantilados y escarpas.

- 13 De forma simplificada, la variación del coeficiente c_e , se puede aproximar calculando el valor para distintas alturas, según la figura IV.4.

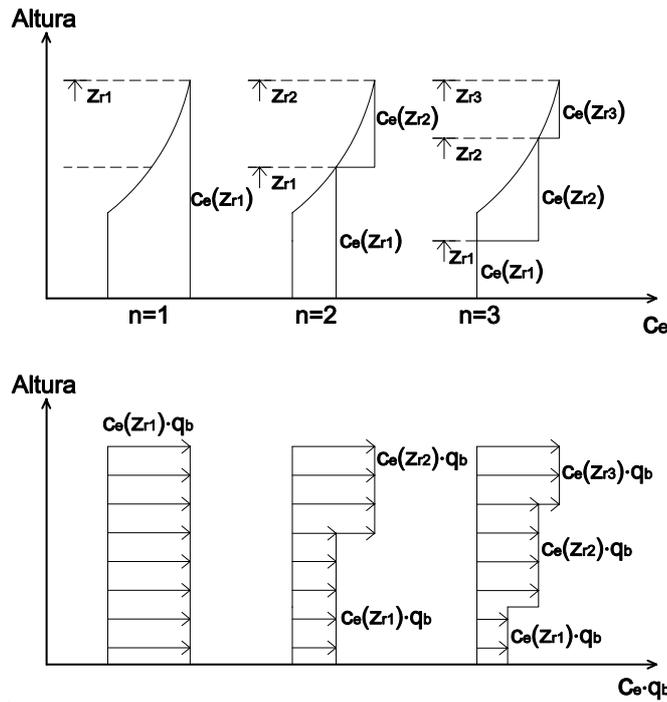


Fig. 3.4. Modelización de la variación de coeficiente de exposición c_p .

- 14 Si el edificio considerado está situado en las cercanías de una obra de una altura considerablemente mayor, puede producirse, para determinadas direcciones de incidencia del viento, un incremento de la su velocidad. Este efecto deberá tenerse en cuenta para edificios situados cerca de un edificio cuya altura, h_r , sea más del doble de la altura media de las edificios colindantes, h_m . Puede despreciarse este efecto para edificios situados a una distancia mayor de la indicada en la tabla 3.6, siendo h_i , la altura del edificio considerado.

Tabla 3.6. Distancia mínima en [m]

h_r/h_i	Tipo de terreno				
	I	II	II	IV	V
2	-	-	-	-	-
2,5	-	-	4	25	39
3	19	29	39	49	56
3,5	37	44	50	57	62
4	46	51	56	61	60
4,5	52	56	59	64	57
5	55	58	62	65	56

Coeficiente estructural

- 15 Este coeficiente tiene en cuenta la relación entre las dimensiones de la estructura y las ráfagas. Para estructuras convencionales, también tiene en cuenta el incremento de las fuerzas debido a la acción del viento en resonancia con la estructura.
- 16 Para edificios con una altura inferior a 40m y una esbeltez máxima en la dirección del viento de 1/4, se adoptará, en general, un valor de $c_d = 1$, que puede reducirse según los criterios dados en el anejo D. Para otros casos este coeficiente se determinará según el Anexo D.

3.3. Acciones Térmicas

3.3.2.1 Generalidades

- 1 Las estructuras, los elementos estructurales y los elementos secundarios, expuestos a las condiciones atmosféricas, están sometidos a unas acciones debidas a las variaciones de la temperatura. La magnitud de estas acciones depende básicamente de las condiciones climáticas regionales y locales, de la orientación y de la exposición del edificio, de las características de la estructura y de los acabados (revestimientos), de las propiedades de los materiales de construcción, del régimen de calefacción y ventilación, así como del aislamiento térmico.
- 2 Las variaciones de la temperatura en las secciones transversales conducen a deformaciones de la estructura que, en los casos en los que estén impedidas, producen solicitaciones.
- 3 La disposición de juntas de dilatación o de apoyos móviles, así como la concepción de estructuras con un comportamiento dúctil, pueden contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. En estructuras habituales de hormigón estructural o metálicas formadas por pilares y vigas, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación a una distancia máxima de 40m. Para otro tipo de estructuras, los Documentos Básicos DB incluyen la distancia máxima entre juntas de dilatación en función de las características del material utilizado en la estructura.
- 4 Este apartado únicamente tiene en cuenta las variaciones de la temperatura debidas a las condiciones atmosféricas.
- 5 Deben considerarse las acciones producidas por deformaciones debidas a temperaturas diferentes en zonas distintas de la estructura, en el caso que puedan presentarse.

3.3.2.2 Variación uniforme de temperatura

- 1 En estructuras normales de edificación, las deformaciones pueden calcularse a partir de la variación uniforme de la temperatura de los elementos estructurales, ΔT_u , teniendo en cuenta los coeficientes de dilatación térmica de los materiales, α_T .
- 2 De manera simplificada, la variación uniforme de la temperatura de los elementos estructurales, ΔT_u , se podrá determinar a partir de las siguientes relaciones:

$$\Delta T_u = \Delta T_u^+ + |\Delta T_u^-| \quad (3.10)$$

$$\Delta T_u^+ = T_{e,max} - T_0 \quad (3.11)$$

$$\Delta T_u^- = T_{e,min} - T_0 \quad (3.12)$$

ΔT_u	variación uniforme de la temperatura de un elemento estructural
ΔT_u^+	variación de la temperatura de un elemento estructural debida a un calentamiento
ΔT_u^-	variación de la temperatura de un elemento estructural debida a un enfriamiento
$T_{e,max}$	temperatura máxima del elemento estructural
$T_{e,min}$	temperatura mínima del elemento estructural
T_0	temperatura inicial del elemento en el momento en el que las deformaciones quedan impedidas (cierre de la estructura). A falta de esta información, se podrá adoptar como temperatura inicial, la temperatura media del lugar o un valor de $T_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 3 En elementos que no estén directamente expuestas a la intemperie, las temperatura máxima y mínima de sus elementos se determinarán aplicando métodos basados en la teoría de la transmisión térmica. De forma simplificada, las temperaturas máxima y mínima de los elementos se pueden estimar como la media de la temperatura del elemento que se supone expuesto a la intemperie y la temperatura en el interior del edificio, respectivamente en verano y en invierno.
- 4 En elementos expuestos a la intemperie, las temperaturas máxima y mínima de un elemento, respectivamente $T_{e,max}$ y $T_{e,min}$, se pueden determinar a partir de las siguientes relaciones

$$T_{e,max} = T_{max} + T_{rs} \quad (3.13)$$

$$T_{e,min} = T_{min} \tag{3.14}$$

T_{max} temperatura máxima del aire
 T_{min} temperatura mínima del aire
 T_{rs} efecto de la radiación solar. En los casos en los que no exista información específica sobre los efectos de la radiación solar, se podrán emplear los valores de T_{rs} indicados en la tabla 3.7

Tabla 3.7 Valores indicativos para los efectos de la radiación solar, T_{rs} [°C]

Color de la superficie	Exposición	
	N-E	S-O
Muy claro	0	18
Claro	2	30
Oscuro	4	42

- 5 Los valores característicos de las temperaturas anuales máxima, T_{max} , y mínima, T_{min} , del aire se tomarán de los mapas de isotermas de las figuras recogidas en el Anejo E. Pueden adoptarse otros valores basados en datos experimentales siempre que dichos datos hayan sido tomados en un lugar representativo para la futura estructura, durante un período de varios años. La toma de datos se debe efectuar de acuerdo con las normas correspondientes en vigor. Los valores característicos correspondientes a un periodo de retorno de 50 años, deben deducirse de los valores medidos mediante métodos estadísticos reconocidos. Cuando se adopte un periodo de retorno distinto de 50 años los valores de las temperaturas anuales máxima y mínima del aire se corregirán de acuerdo con la la figura 3.5.

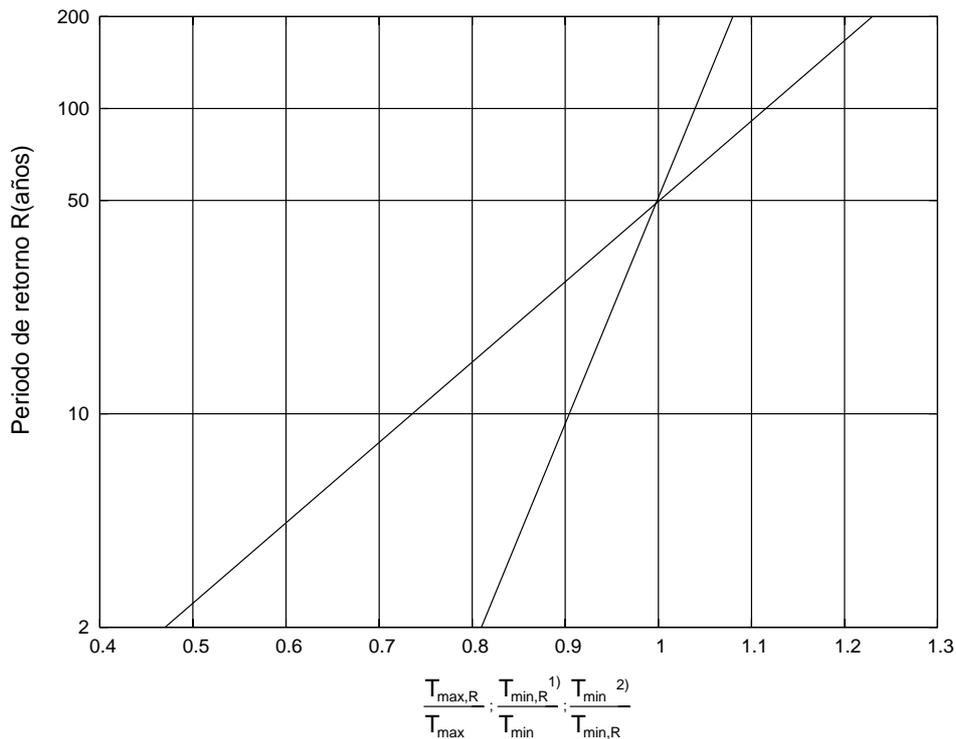


Fig. 3.5 Temperaturas anuales máxima y mínima del aire en función del periodo de retorno

3.3.2.4 Coeficientes de dilatación

- 1 Para el cálculo de los coeficientes de dilatación térmica de los materiales, α_T , se pueden adoptar, a falta de datos más precisas, los valores reflejados en la tabla 3.8

Tabla 3.8 Coeficientes de dilatación térmica

Material	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Hormigón normal	10
Hormigón ligero	7
Acero estructural	10
Acero inoxidable	16
Aluminio	24
Madera:	
-paralelo a las fibras ¹⁾	5
-perpendicular a las fibras ²⁾	30 - 70
Mampostería ¹⁾³⁾	6 - 10
Vidrio	4 - 9

1) La influencia de otros parámetros, como por ejemplo la humedad, también se debe contemplar.

2) Los valores del coeficiente de dilatación térmica en el sentido perpendicular a las fibras pueden variar considerablemente en función del tipo de madera.

3) Los valores del coeficiente de dilatación térmica pueden variar en función del tipo de mampostería.

3.3.3 Nieve

3.3.3.1 Generalidades

- 1 La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio en general o, sobre una cubierta en particular, dependen de factores climáticos, de la topografía del terreno, de la cercanía de otros edificios u obstáculos, de la forma y del emplazamiento de la obra, de los efectos del viento, de las características de la cubierta y de los intercambios térmicos en su superficie.
- 2 Este documento no es de aplicación a edificios situados en lugares que se encuentren en altitudes superiores a 2000 m. En estos casos, el modelo de carga de nieve debe basarse en datos experimentales específicos.
- 3 Los modelos de carga de este apartado, solo cubren los casos del depósito natural de la nieve. En cubiertas accesibles para personas o vehículos, deben considerarse las posibles acumulaciones debidas a redistribuciones artificiales de la nieve. Asimismo, deben tenerse en cuenta las condiciones constructivas particulares que faciliten la acumulación de nieve.

3.3.3.2 Determinación de la carga de nieve

- 1 El valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q , en cubiertas expuestas a unas condiciones normales de viento se determina mediante la expresión (3.15). En cualquier caso, incluso para las localidades en que no nieva, se adoptará una sobrecarga no menor de $0,2 \text{ kN/m}^2$.

$$q = \mu_i C_e C_t s_k \quad (3.15)$$

siendo

s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.3.3.3

μ_i coeficiente de forma de la cubierta según 3.3.3.4

C_e el coeficiente de exposición que tiene en cuenta la influencia de la topografía, de la cercanía de otras estructuras u obstáculos, de las condiciones de viento, así como de la radiación solar sobre la carga de nieve. Se tomará de la tabla 3.9

Tabla 3.9 Coeficiente de exposición

Nivel de Exposición	C_e
Protegido del viento	0,8
Normal	1,0
Fuertemente expuesto	1,2

- C_t el coeficiente térmico que tiene en cuenta la influencia de las características térmicas de la cubierta, así como del régimen térmico en el interior del edificio sobre la carga de nieve. Salvo estudios específicos, se tomará $C_t=1,0$.
- 2 Se tendrán en cuenta las dos disposiciones de nieve siguientes, lo que se realizará mediante los correspondientes coeficientes de forma.
- depósito uniforme, sin transporte por el viento (Modelo 1)
 - depósito no uniforme, debido al transporte por el viento (Modelo 2).
- 3 Para el cálculo de los elementos volados de la cubierta de edificios situados en altitudes superiores a 1000 m debe considerarse, además de la carga de nieve según la relación (3.16), una carga lineal en el borde de la cubierta debida a la nieve colgada, q_e , cuyo valor, en kN/m, viene dado por la expresión (3.15), con s_k en kN/m²:
- $$q_e = 3\mu_i^2 s_k \quad (3.16)$$
- 4 La carga que actúa sobre elementos que deban impedir el deslizamiento de la nieve, o sobre obstáculos en general, se puede deducir a partir de la masa de nieve que puede deslizarse. A estos efectos se asume un coeficiente de rozamiento entre la nieve y la cubierta de cero.

3.3.3.3 Carga de nieve sobre un terreno horizontal

- 1 El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal se determina de acuerdo con la tabla 3.10 en función de la altitud y de la zona climática según el mapa del Anejo 3. Pueden adoptarse otros valores basados en datos experimentales siempre que dichos datos hayan sido obtenidos en un lugar protegido ubicado en las cercanías de la futura construcción, durante un período de varios años. El valor característico, definido como aquel valor cuya probabilidad anual de ser sobrepasado es de 0,02 (período de retorno de 50 años), se deducirá de los valores medidos mediante métodos estadísticos reconocidos.

Tabla 3.10 Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, s_k [kN/m²]

Altitud [m]	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
	Norte-Atlántica	Norte-mediterránea	Sur-Peninsular	Penibética
2000	7,4	6,2	4,8	4,8
1900	6,3	5,6	4,1	4,1
1800	5,3	5,0	3,5	3,5
1700	4,5	4,5	3,0	3,0
1600	3,8	4,0	2,6	2,6
1500	3,2	3,6	2,2	2,2
1400	2,2	2,6	1,6	1,6
1300	1,9	2,4	1,4	1,4
1200	1,8	2,1	1,2	1,2
1100	1,6	1,9	1,0	1,0
1000	1,1	1,7	0,9	0,9
900	0,7	1,1	0,6	0,0
800	0,6	1,0	0,5	0,0
700	0,5	0,7	0,3	0,0
600	0,3	0,6	0,3	0,0
500	0,3	0,6	0,2	0,0
400	0,2	0,5	0,2	0,0
200	0,2	0,4	0,2	0,0

3.3.3.4 Coeficiente de forma de la cubierta

- 1 El viento puede acompañar o seguir a las nevadas, lo que conduce a un depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas. En los casos de cubiertas a más de un agua, la nieve se acumula sobre las partes protegidas del viento. El espesor de la capa de nieve sobre estas cubiertas puede superar al espesor de la capa de nieve sobre el terreno. Los coeficientes de forma de la cubierta tienen en cuenta la diferencia entre la carga de nieve sobre las cubiertas y el terreno horizontal, respectivamente, y se determinarán de acuerdo con la tabla 3.11

- 2 Las cubiertas a un agua se pueden tratar, a efectos de la determinación de la carga de nieve, como la mitad de una cubierta simétrica.
- 3 Si el deslizamiento de la nieve sobre la cubierta está dificultada o impedida (por ejemplo, cuando existe un parapeto en el borde inferior de la cubierta), el valor del coeficiente de forma μ_1 , se tomará igual a 0,8.
- 4 En estructuras sensibles a las acciones no simétricas (por ejemplo, en el caso de estructuras tipo arco) debe considerarse la distribución no uniforme de la nieve.

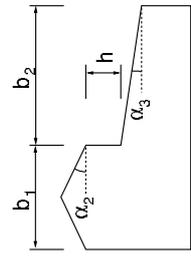
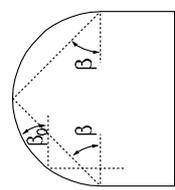
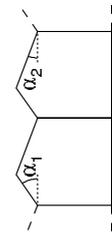
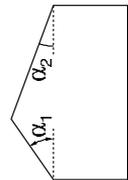
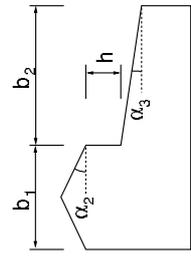
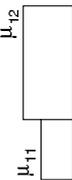
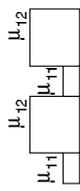
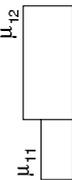
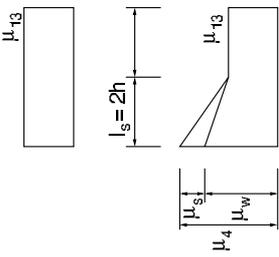
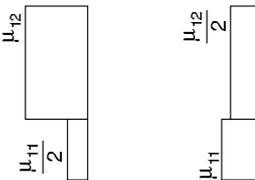
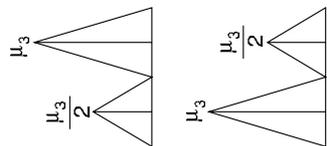
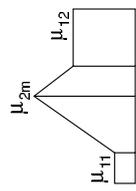
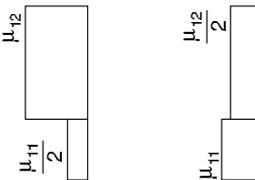
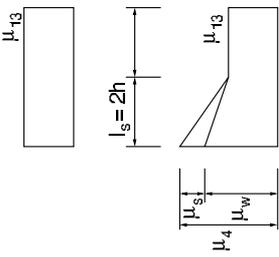
					
Modelo 1					
Modelo 2					
Definiciones	$\mu_{11} = \mu_1(\alpha_1)$	$\beta_0 = 60^\circ$	$\mu_{2m} = \mu_2[(\alpha_1 + \alpha_2)/2]$	$\mu_{12} = \mu_1(\alpha_2)$	$\mu_{12} = \mu_1(\alpha_2)$
Coeficientes de forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	μ_1	μ_2	μ_3	$\mu_4 = \mu_w + \mu_s$
	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	0,8	$0,8 + \frac{0,8\alpha}{30}$	$0,2 + \frac{1,8\beta}{20}$	$\frac{\mu_w}{b_1 + b_2}$ con $\frac{\mu_w}{2h}$
	$\alpha \geq 60^\circ$	$\frac{0,8(60 - \alpha)}{30}$	1,6	2,0	$\mu_{13} \leq \mu_w \leq \min\left(\frac{\gamma \cdot h}{S_k}; 4\right)$
	$\alpha \geq 60^\circ$	0	1,6	$\beta \geq 45^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
					$\gamma = 2 \text{ [KN/m}^3\text{]}$

Tabla 3.11 Coeficientes de forma de cubiertas

3.4 Acciones químicas, físicas y biológicas

3.4.1 Estructuras de acero

3.4.1.1 Generalidades

- 1 Los mecanismos que pueden causar el deterioro de las estructuras de acero pueden estar inducidas por acciones físicas, químicas, biológicas o mecánicas.
- 2 En estructuras de edificación resultan particularmente importantes las acciones químicas que pueden causar la corrosión de los elementos de acero. La corrosión provoca, normalmente, efectos tales como la pérdida de sección de los elementos estructurales o de los elementos de las uniones, o la disminución de la tenacidad de fractura del acero.
- 3 Las acciones químicas que pueden causar la corrosión de los elementos de acero se pueden caracterizar mediante la velocidad de corrosión que se refiere a la pérdida de acero por unidad de superficie del elemento afectado y por unidad de tiempo. La velocidad de corrosión depende de parámetros ambientales tales como la disponibilidad del agente agresivo necesario para que se active el proceso de la corrosión, la temperatura, la humedad relativa, el viento o la radiación solar, pero también de las características del acero y del tratamiento de sus superficies, así como de la geometría de la estructura y de sus detalles constructivos.
- 4 Valores indicativos para la velocidad de corrosión en función de diferentes parámetros ambientales se pueden encontrar en la literatura especializada.

3.4.1.2 Medidas

- 1 Los riesgos debidos a las acciones químicas, físicas y biológicas pueden atenuarse a través de unas medidas adecuadas. Éstas dependen de las condiciones de exposición de la estructura de acero, de sus características y de su importancia. Las medidas adoptadas se deben reflejar en las bases de cálculo.
- 2 Las posibles medidas para mitigar los efectos de las acciones químicas, físicas y biológicas sobre las estructuras de acero deben adoptarse teniendo en cuenta los siguientes factores interrelacionados:
 - a) las condiciones ambientales previsibles;
 - b) la composición, las propiedades y el comportamiento de los materiales;
 - c) las características de la estructura;
 - d) la geometría de los elementos estructurales y de los detalles constructivos;
 - e) la accesibilidad y las posibilidades de inspección de los elementos y de los detalles;
 - f) la calidad de la ejecución;
 - g) la utilización de la estructura de acuerdo con lo establecido en el acta de utilización;
 - h) la puesta en práctica de un programa adecuado de inspección;
 - i) los trabajos de mantenimiento previstos durante el periodo de servicio.
- 3 Durante la fase de proyecto, deben tenerse en cuenta los posibles efectos de las acciones químicas, físicas y biológicas, particularmente la corrosión. En este contexto se deberá:
 - a) evaluar las acciones previsibles que puedan causar la corrosión;
 - b) elegir un sistema de protección contra la corrosión apropiado;
 - c) determinar las exigencias relativas a la preparación de las superficies, así como las relativas al espesor y a la adherencia de las capas de protección;
 - d) determinar la duración admisible de la exposición a la intemperie de la capa base.

En la selección de un sistema de protección de las superficies de acero se tendrá en cuenta también los aspectos relacionados con su aplicación y su renovación, incluidos los aspectos ecológicos.

La protección contra la corrosión de las uniones debe, en principio, alcanzar el mismo nivel de calidad que la protección de los otros elementos de la estructura.

- 4 El documento DB-SE-A contiene indicaciones relativas a las medidas de protección más habituales en estructuras de acero (galvanización, etc.).

3.4.2 Estructuras de hormigón

3.4.2.1 Generalidades

- 1 En términos generales, los mecanismos que pueden causar el deterioro de las estructuras de hormigón pueden estar inducidos por acciones físicas, químicas, biológicas o mecánicas.
- 2 Por su importancia se contemplan en el marco del presente documento únicamente aquéllas acciones químicas que pueden causar la corrosión de las armaduras embebidas en el hormigón.
- 3 Normalmente, las armaduras embebidas en el hormigón están protegidas por la presencia de una capa de óxido que, en ausencia de sustancias agresivas, se forma espontáneamente debido al elevado valor pH (mayor de 13) del agua de los poros del hormigón. La pérdida de esta pasivación (depasivación) conduce al inicio de la corrosión. Para la depasivación, inducida por un ataque químico existen básicamente dos motivos:
 - a) la neutralización del valor de pH de los poros del hormigón;
 - b) la presencia de sustancias agresivas, en particular los iones cloruro.
- 4 La pérdida de la pasivación (depasivación) de la armadura conduce al inicio de la corrosión. Para la depasivación, inducida por un ataque químico existen básicamente dos motivos:
 - c) la neutralización del valor de pH de los poros del hormigón;
 - d) la presencia de sustancias agresivas, en particular los iones cloruro.
- 5 En este apartado se definen modelos para la corrosión inducida por la acción del dióxido del carbono, CO_2 , de la atmósfera que puede conducir a la neutralización del agua de los poros del hormigón (carbonatación) y finalmente a la corrosión generalizada de la armadura, así como para la corrosión localizada de la misma inducida por la penetración de iones cloruro a través del hormigón. Estos modelos no son válidos para otras condiciones de contorno, tales como ambientes industriales u otros ambientes con una contaminación elevada. No se contempla, tampoco, el fenómeno de la corrosión bajo tensión, que se puede evitar adoptando unas medidas preventivas adecuadas.
- 6 Tanto la corrosión causada por la carbonatación del recubrimiento, como la debida a la presencia de cloruros suponen la penetración de un frente agresivo que avanza paulatinamente a través del hormigón. El proceso de corrosión se inicia cuando la concentración del frente agresivo en la superficie de la armadura alcanza el valor umbral para su depasivación. La figura 3.7 representa esquemáticamente el proceso de corrosión en términos de la profundidad, a , que alcanza en un elemento de la armadura pasiva o activa en función del tiempo, t . Se distinguen dos fases en este proceso: la *fase de iniciación* y la *fase de propagación*.

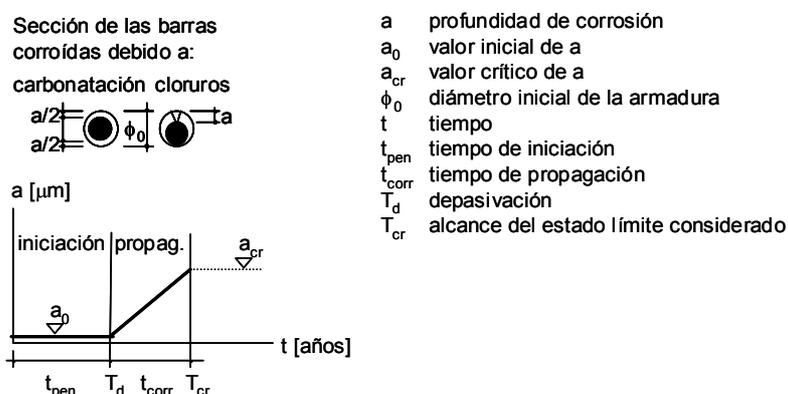


Fig. 3.7 Representación esquemática del proceso de corrosión

- 7 La corrosión se puede manifestar por diferentes efectos, cuya importancia relativa varía de un caso a otro: reducción de la sección de las armaduras; disminución de la ductilidad del acero; fisuración del hormigón; pérdida de la adherencia entre armadura y hormigón.
- 8 La velocidad de penetración de los cloruros a través del hormigón, la velocidad de carbonatación del hormigón, así como la velocidad de propagación de la corrosión después de la depasivación dependen de parámetros ambientales tales como la disponibilidad de, respectivamente, cloruros y dióxido de carbono, la temperatura, la humedad relativa, el viento o la radiación solar, pero también, de las características del hormigón y de sus componentes, de la calidad de ejecución, del tipo y cuantía de cemento utilizado, así como de la geometría de la estructura y de sus detalles constructivos.
- 9 Las condiciones ambientales a las que está expuesta una estructura de hormigón se caracterizan mediante un sistema de clasificación según la tabla 3.14.
- 10 Una estructura de hormigón puede estar expuesta a condiciones ambientales correspondientes a una combinación de diferentes clases según la tabla 3.14. En estos casos se consideran, a efectos de la clasificación, las diferentes características químicas por separado, quedando determinada la clase por la más desfavorable entre ellas. En los casos en los que dos o más de estas características conduzcan a la misma clase, la estructura se considerará, a falta de un análisis más detallado, expuesta a un ambiente de mayor agresividad.

Tabla 3.14 Clases de exposición relacionadas con las condiciones ambientales

Tipo de ataque	Descripción del ambiente	Ejemplos informativos	Designación
Corrosión inducida por los cloruros del agua del mar	- Exposición a cloruros transmitidos por el aire, pero sin contacto directo con el agua del mar.	- Estructuras en la costa o cerca de ella (estructuras situadas a una distancia inferior a 1 km de la costa).	S1
	- Zona sumergida.	- Parte de estructuras marítimas.	S2
	- Zonas de salpicaduras y de carrera de mareas.	- Parte de estructuras marítimas.	S3
Corrosión inducida por cloruros procedentes de otro origen distinto del marino	- Zonas directamente afectadas por agua contaminada con sales de deshielo.	- Barandillas, vigas y estructuras afectadas por la escorrentía de superficies con sales de deshielo.	D1
	- Zonas protegidas de la acción directa del agua contaminada con sales de deshielo.	- Elementos de estructuras protegidos de la escorrentía directa de superficies con sales de deshielo.	D2
	- Zonas sumergidas afectadas por aguas con cloruros.	- Cimentaciones y estructuras enterradas en contacto con aguas salobres.	D3
Corrosión inducida por la neutralización y carbonatación del hormigón.	- Seco.	- Hormigones en el interior de edificios con baja humedad del aire. - Hormigones en exterior de edificios, en zonas con HR inferiores al 70% y protegidos de la lluvia directa	C1
	- Con humedad media con protección de la lluvia.	- Hormigones en el interior de edificios con una humedad moderada o alta del aire.	C2
	- Con humedad media y sin protección de la lluvia.	- Hormigones en el exterior protegidos de la lluvia en zonas de HR superior al 70%.	
	- Humedad alta.	- Hormigones en el exterior, expuestos a la lluvia y en zonas con HR superior al 70%	C4

3.3.2.2 Modelo

- 1 Los modelos para la acción de los cloruros y del dióxido de carbono respectivamente, están basados en las dos fases del proceso de corrosión según 3.3.2.1: la fase de iniciación y la fase de propagación.
- 2 En el marco de este documento, se establecen unos modelos simplificados tanto para la fase de iniciación, como para la fase de propagación de la corrosión. Los primeros están basados en criterios de dosificaciones mínimas del hormigón, mientras que los segundos se harán en una clasificación característica de los ambientes de corrosión. Modelos avanzados para las dos fases del proceso de corrosión, basados en la resistividad del hormigón.

Penetración de cloruros

- 3 La penetración de cloruros a través del recubrimiento de hormigón se caracteriza mediante la constante v_{Cl} que depende de las características del hormigón y de la clase de exposición.
- 4 La profundidad de penetración de los cloruros corresponde a la distancia, medida desde la superficie del hormigón, en la que su concentración alcanza su valor umbral, necesario para causar la depasivación del acero de armar.
- 5 El valor nominal de la profundidad de penetración de los cloruros queda definido por la expresión:

$$p_{Cl} = k_{Cl} \sqrt{t} \quad (3.17)$$

p_{Cl} profundidad de penetración de los cloruros (mm)

v_{Cl} velocidad de penetración de cloruros que depende del hormigón y de la clase de exposición [mm·año^{-0,5}]

t tiempo [años]

Carbonatación

- 6 La velocidad de la carbonatación, v_{CO_2} del recubrimiento de hormigón se caracteriza mediante la constante k_{CO_2} , que depende de las características del hormigón y de la clase de exposición.
- 7 La profundidad de la carbonatación corresponde a la distancia, medida desde la superficie del hormigón, en la que la neutralización química del hormigón alcanza el valor umbral (frente agresivo), necesario para causar la depasivación del acero de armar.
- 8 El valor nominal de la profundidad de la carbonatación queda definido por la expresión:

$$p_{CO_2} = v_{CO_2} \sqrt{t} \quad (3.18)$$

p_{CO_2} profundidad de la carbonatación [mm]

v_{CO_2} velocidad de carbonatación que depende del hormigón y de la clase de exposición [mm·año^{-0,5}]

t tiempo [años]

Fase de propagación

- 9 La fase de propagación de la corrosión se caracteriza mediante la velocidad de corrosión, v_{corr} , que se refiere a la pérdida de diámetro de la armadura por unidad de tiempo, y que depende de las condiciones ambientales (particularmente de la temperatura, del grado de saturación del hormigón, y de la disponibilidad de oxígeno). A efectos del presente modelo se supone una relación lineal entre la pérdida de diámetro y el tiempo.
- 10 El valor nominal de la profundidad de corrosión (pérdida de diámetro) queda definido por la expresión:

$$a = v_{corr} \cdot t \quad (3.19)$$

a profundidad de corrosión (pérdida de diámetro) [mm]

v_{corr} velocidad de corrosión que depende de la clase de exposición [mm · año⁻¹]

t tiempo [años]

3.4.2.3 Medidas

- 1 Los riesgos debidos a las acciones ambientales se pueden atenuar a través de unas medidas adecuadas. Éstas dependen de las condiciones de exposición, de las características de la estructura, así como de su importancia. Las medidas adoptadas se deben reflejar en las bases de cálculo.
- 2 Las posibles medidas para mitigar los efectos de las acciones ambientales abarcan todas las fases del proyecto:
 - a) la concepción de estructuras tolerantes al daño, y que sean fáciles de inspeccionar y de reparar;
 - b) la selección de materiales poco sensibles al medio agresivo;
 - c) la concepción de detalles constructivos que eviten la concentración de tensiones o la acumulación de humedad y suciedad;
 - d) la ejecución cuidadosa de la obra, particularmente en cuanto a la compactación y el curado del hormigón;
 - e) unos procedimientos adecuados de aseguramiento de la calidad;
 - f) la puesta en práctica de un programa de inspección y de mantenimiento.

La instrucción EHE contiene indicaciones relativas a las medidas más habituales en estructuras de hormigón.

- 3 En algunos casos puede resultar necesario adoptar medidas especiales para limitar o evitar el deterioro de una estructura expuesta a determinados ambientes. Medidas especiales pueden ser, por ejemplo, el empleo de hormigones especiales, la disposición de una protección superficial del hormigón, el empleo de armaduras de acero alvanizado inoxidable, la protección catódica, etc. La aplicación de este tipo de medidas requiere una planificación previa especialmente cuidadosa, debido a que en algunos casos pueden provocar la aparición de otros efectos no deseados en la estructura.

3.4.2.4 Penetración de cloruros

- 1 Para la determinación en ambientes marinos de la velocidad de penetración de los cloruros (v_{Cl}) en estructuras expuestas a los ambientes S1 a S3 (3.4.2.1.1) se debe clasificar el hormigón de acuerdo con la tabla 3.15, según la dosificación.

Tabla 3.15 Clasificación del hormigón por dosificación

Designación (clase de hormigón)	Contenido mínimo de cemento [Kg/m ³]	Relación máxima agua/cemento
A	280	0,6
B	300	0,55
C	330	0,5
D	350	0,46
E	400	0,38
F	420	0,35

- 2 El valor de la velocidad de penetración de cloruros v_{Cl} se determina a partir de la figura 3.8, en función de la clase de hormigón según la tabla 3.15 y de la distancia entre la costa y la estructura considerada.

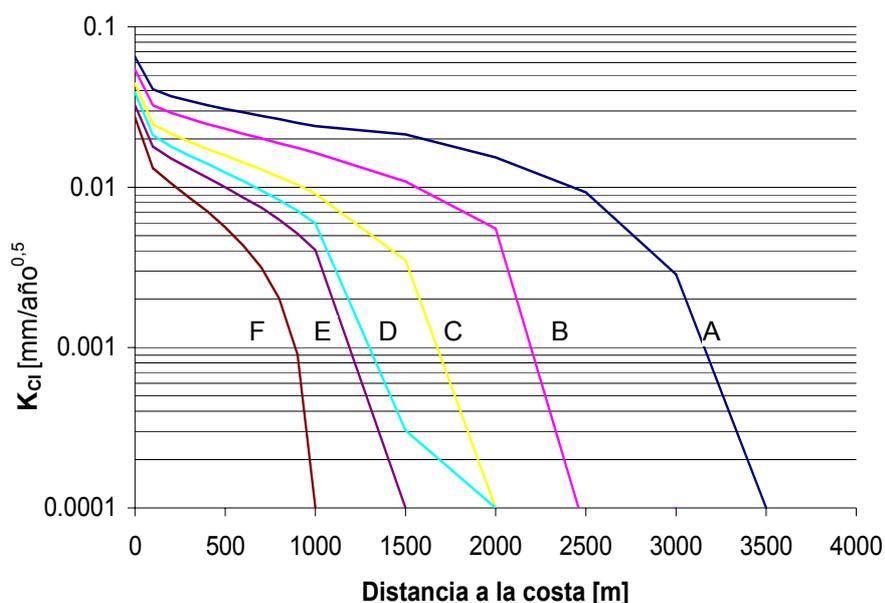


Fig. 3.8 Valor de la velocidad de penetración de cloruros v_{Cl} en función de la distancia a la costa y de la clase de hormigón.

- 3 A falta de un análisis más detallado, las clases de exposición según la tabla 3.14 se pueden tener en cuenta asumiendo las siguientes distancias equivalentes entre la costa y la estructura considerada:

- Clase S1: Distancia a la costa de acuerdo con la situación de la obra
- Clase S2: Distancia equivalente de 500m
- Clase S3: Distancia equivalente de 0m

3.4.2.5 Penetración de cloruros en ambientes distintos al marino

- 1 Para la determinación de la velocidad de penetración e los cloruros, v_{Cl} , en estructuras expuestas a los ambientes D1 a D3 (3.4.2.1), se debe clasificar el hormigón de acuerdo con la tabla 3.15, según la dosificación, y se debe tener en cuenta el tipo de cemento empleado en su fabricación.
- 2 El valor de la velocidad de penetración de cloruros, v_{Cl} , se puede determinar a partir de la tabla 3.16 en función de la clase de hormigón (según tabla 3.15), del tipo de cemento empleado (según EHE) y de la clase de exposición (según tabla 3.14)

Tabla 3.16 Valor de la velocidad de penetración de cloruros, v_{Cl} , en función de la clase de hormigón, del tipo de cemento y de la clase de exposición de la estructura.

Clase de hormigón	v_{Cl} [mm · año ^{-0,5}]									Tipo de cemento Clase de exposición
	CEM I			CEM II			CEM IV			
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
A	24,0	2,8		18,0	2,1		12,0	1,4		
B	15,0	2,2		11,3	1,75		7,5	1,1		
C	9,0	1,8		6,8	1,4		4,5	1,0		
D	5,5	1,5		4,0	1,2		2,5	0,8		
E	3,4	1,3		2,7	2,0		2,0	0,7		
F	2,1	1,1		1,8	0,9		1,5	0,6		

3.4.2.6 Carbonatación

- 1 Para la determinación de la velocidad de carbonatación v_{CO_2} , en estructuras expuestas a los ambientes C1 a C4 (3.4.2.1.1), se debe clasificar en hormigón de acuerdo con la tabla 3.15, según la dosificación, y se debe tener en cuenta el tipo de cemento empleado en su fabricación.
- 2 El valor de la velocidad de carbonatación, v_{CO_2} , se puede determinar a partir de la tabla 3.17, en función de la clase de hormigón (según tabla 3.15), del tipo de cemento empleado (según EHE) y de la clase de exposición (según tabla 3.14)

Tabla 3.17 Valor de la velocidad de carbonatación, v_{CO_2} , en función de la clase de hormigón, del tipo de cemento y de la clase de exposición de la estructura.

Clase de hormigón	v_{CO_2} [mm · año ^{-0,5}]								Tipo de cemento Clase de exposición
	CEM I		CEM II		CEM IV				
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	
A	4,0	3,4	2,4	2,0	5,6	4,8	3,4	2,8	
B	3,3	2,8	2,0	1,7	4,6	3,9	2,8	2,4	
C	2,6	2,2	1,5	1,3	3,6	3,1	2,1	1,8	
D	2,1	1,8	1,3	1,1	2,9	2,5	1,8	1,5	
E	1,3	1,1	0,8	0,7	1,8	1,5	1,1	1,0	
F	1,0	0,9	0,6	0,5	1,4	1,3	0,8	0,7	

3.4.2.7 Propagación de corrosión.

- 1 El valor de la velocidad de corrosión, v_{corr} , se puede determinar a partir de la tabla V.5, en función de la clase de exposición (según tabla V.1)

Tabla 3.18 Valor de la velocidad de corrosión, v_{corr} , en función de la clase de exposición de la estructura

Tipo de ataque	Clase de exposición	v_{corr} , [mm · año ⁻¹]
Corrosión inducida por los cloruros del agua del mar	S1	0,02
	S2	0,004
	S3	0,05
Corrosión inducida por cloruros en ambientes distintos al marino	D1	0,02
	D2	0,004
	D3	0,02
Corrosión por la carbonatación del hormigón	C1	0,001
	C2	0,002
	C3	0,003
	C4	0,003

3.4.3 Estructuras de madera

3.4.3.1 Generalidades

- 1 Las siguientes acciones e influencias (agentes bióticos y abióticos) pueden causar el deterioro de las estructuras de madera:

- a) humedad ambiental;
 - b) agua (dulce o salada);
 - c) hongos e insectos;
 - d) acciones químicas;
 - e) acciones mecánicas;
 - f) viento;
 - g) lluvia;
 - h) temperatura;
 - i) radiación solar.
- 2 El deterioro de los elementos de madera debido a las acciones biológicas (ataques por agentes bióticos) depende fuertemente del grado de humedad de la madera y del tiempo durante el que la madera alcance o supere esta humedad. A partir de un contenido de humedad del 12% la madera puede estar atacada por insectos, y a partir del 20% por hongos.
- 3 Acciones físicas tales como la temperatura, la humedad, los rayos UV, así como los agentes químicos contenidos en la madera pueden afectar negativamente la resistencia de las uniones encoladas. Algunas colas también pueden estar afectadas por las acciones biológicas.
- 4 Las acciones químicas pueden causar la corrosión de los elementos metálicos de las uniones. Eso es particularmente el caso si el grado de humedad y la temperatura son elevados, o si la madera está tratada químicamente.

3.4.3.2 Medidas

- 1 Los riesgos debidos a las acciones químicas, físicas y biológicas se pueden atenuar a través de unas medidas adecuadas, por ejemplo:
- a) una concepción estructural y de los detalles adaptada a las condiciones de exposición y a las particularidades de la obra;
 - b) la elección de materiales de construcción apropiados; el empleo de técnicas de fabricación y de métodos de puesta en obra adecuados;
 - c) en su caso, el tratamiento de las superficies de la madera o la protección química.
- 2 Los objetivos de las medidas conceptuales y constructivas, y de la elección de los materiales y de los métodos de fabricación deben ser los siguientes:
- d) reducción del contenido de humedad de la madera durante el periodo de servicio previsto;
 - e) disminución de las variaciones del contenido de humedad de la madera;
 - f) impedimento de la absorción del agua de la lluvia o de la condensación;
 - g) evacuación rápida del agua infiltrada.
- 3 El objetivo de la protección química de la madera consiste en evitar el crecimiento de los hongos si mediante otras medidas resulta imposible mantener una baja humedad de la madera. Además, medios químicos también se pueden emplear preventivamente contra el ataque de la madera por insectos.
- 4 El documento DB-SE-M contiene indicaciones relativas a las medidas de protección más habituales de las estructuras de madera frente a los agentes bióticos y meteorológicos.

4 Acciones accidentales

4.1 Impacto

4.1.1 Generalidades

- 1 Las acciones sobre una estructura portante causadas por un impacto dependen de la masa, de la geometría y de la velocidad del cuerpo impactante, de la distribución de la masa, así como de la capacidad de deformación y de amortiguamiento tanto del cuerpo como de la estructura.
- 2 Siempre que sea posible, se adoptarán medidas de protección, cuya eficacia debe verificarse, con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un impacto o de atenuar sus consecuencias en caso de producirse. Cuando no se adoptan dichas medidas, los elementos resistentes afectados por un impacto deberán dimensionarse teniendo en cuenta las acciones debidas al mismo, con el fin de alcanzar una seguridad estructural adecuada.
- 3 De manera simplificada, el impacto de un cuerpo sobre una estructura puede representarse mediante una fuerza estática equivalente que tenga en cuenta los parámetros mencionados. En este documento se definen fuerzas estáticas equivalentes para el impacto de vehículos (automóviles, carretillas elevadoras, helicópteros).
- 4 Las presentes disposiciones se refieren únicamente al impacto de los vehículos en edificios, por lo que solo representan las acciones sobre las estructuras portantes, y no son aplicables al impacto de los vehículos en otros tipos de elementos tales como las barreras de seguridad.
- 5 Los valores indicados a continuación pueden reducirse en los casos en los que una parte de la energía cinética del vehículo impactante es disipada por la deformación plástica de la estructura del edificio. La energía que se pueda disipar se determinará sobre la base de la resistencia plástica y de la deformación plástica de los elementos de construcción. En la determinación de la energía disipada se deberán tener en cuenta la dispersión de las propiedades de los materiales, así como la influencia de la velocidad de la aplicación de la carga.

4.1.2 Impacto de vehículos

- 1 Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes debidas al impacto de vehículos están representados en la tabla 4.1. No es necesario considerar simultáneamente las fuerzas en la dirección paralela al eje de la vía de circulación y en la dirección perpendicular.

Tabla 4.1 Valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes

Vía de circulación	Categoría	Elementos verticales		Elementos horizontales
		$Q_{d,x}^{(1)}$ (kN)	$Q_{d,y}^{(1)}$ (kN)	$Q_{d,x}$ (kN)
Aparcamientos y otras superficies accesibles para vehículos	F1 ⁽²⁾	50	25	20
	F2 ⁽²⁾	150	75	75

⁽¹⁾ $Q_{d,x}$ representa la fuerza en la dirección del eje de la vía de circulación y $Q_{d,y}$ en la dirección perpendicular.

⁽²⁾ Categorías según 3.1.

- 2 En el caso de un impacto con un elemento vertical, la fuerza equivalente se considerará actuando en un plano horizontal y se aplicará según los siguientes criterios:
 - En edificios de la categoría F1, la fuerza equivalente se aplicará sobre una superficie rectangular de 0,25 m de altura y una anchura de 1,5 m, o la anchura del elemento estructural si esta es menor, y a una altura de 0,6 m por encima del nivel de rodadura.

- En edificios de la categoría F2, la fuerza equivalente se aplicará sobre una superficie rectangular de 0,4 m de altura y una anchura de 1,5 m, o la anchura del elemento estructural si esta es menor, y a una altura de 1,2 m por encima del nivel de rodadura.

- 3 En el caso de un impacto con un elemento horizontal, la fuerza equivalente se considerará actuando en un plano horizontal en la dirección más desfavorable, y se aplicará sobre una superficie cuadrada de 0,25 m por 0,25 m, a la altura del elemento horizontal.

4.1.3 Impacto de carretillas elevadoras

- 1 En edificios de la categoría E en los que se prevea la circulación de carretillas elevadoras, el valor de cálculo de la fuerza estática equivalente debida a su impacto con elementos estructurales verticales se determinará de acuerdo con la relación: y se considerará como una fuerza concentrada

$$Q_d = 5 \cdot W_k \quad (4.1)$$

W_k peso total de la carretilla de cargada

- 2 La fuerza equivalente se considerará actuando en un plano horizontal en la dirección más desfavorable a una altura por encima del nivel de rodadura que corresponda a la geometría de la carretilla considerada en proyecto. A falta de información específica sobre la geometría de la carretilla, se admitirá que la fuerza equivalente actúe a 0,75 m por encima del nivel de rodadura.
- 3 Las características de la carretilla considerada en el proyecto dependen del uso específico del edificio y deberán reflejarse en la memoria del proyecto y en las instrucciones de uso y mantenimiento.

4.1.4 Impacto de helicópteros

- 1 En edificios en los que la cubierta soporte un helipuerto, se tendrá en cuenta una fuerza estática equivalente debida a un aterrizaje de emergencia. El valor de cálculo de esta fuerza se podrá determinar de acuerdo con la relación:

$$Q_d = C \cdot \sqrt{m} \quad (4.2)$$

C constante ($3 \text{ kN} \cdot \text{kg}^{-0,5}$)

m masa del helicóptero de proyecto [kg]

- 2 La fuerza equivalente se considerará actuando en un plano vertical en cualquier parte de la cubierta hasta una distancia máxima de 7 m de la zona prevista para el aterrizaje. A falta de información específica sobre la geometría del helicóptero de proyecto, la fuerza equivalente se aplicará sobre una superficie de cuadrada de 2,0 m de lado.
- 3 Las características del helicóptero de proyecto dependen del uso específico del edificio y deberán reflejarse en la memoria del proyecto y en las instrucciones de uso y mantenimiento.

4.2 Explosión

- 1 En aquellos edificios o zonas de los mismos donde la probabilidad de ocurrencia de una explosión sea media o elevada, o las consecuencias esperadas en caso de producirse sean daños importantes para la obra y el medio ambiente, como fábricas químicas, laboratorios y fábricas de materiales explosivos, fábricas de gas o depósitos de materiales explosivos, para el cálculo de la estructura portante se tendrán en cuenta las acciones causadas por una posible explosión en el interior del edificio o de la zona correspondiente.
- 2 Las acciones sobre la estructura portante causadas por una explosión en el interior de un edificio depende del tipo del agente explosivo, de su disponibilidad, concentración y distribución dentro del recinto donde se produce la explosión, del tamaño y de la forma de este recinto y de la presión que pueda equilibrarse a través de dispositivos adecuados. De manera simplificada, una explosión en el interior de un edificio se puede representar mediante una presión estática equivalente sobre los elementos estructurales que tenga en cuenta los parámetros mencionados
- 3 Las elevadas sobrepresiones y temperaturas inducidas por una explosión se podrán tratar como acciones accidentales.

- 4 Los elementos principales de la estructura de un edificio de la categoría 2 se deberán dimensionar teniendo en cuenta las acciones debidas a las explosiones, con el fin de alcanzar una seguridad estructural adecuada. Los valores de cálculo de las presiones estáticas equivalentes a tener en cuenta a estos efectos dependen de la utilización prevista de la obra.

Anejo A. Terminología

- 1 A continuación se definen algunos términos técnicos que se emplean en este documento. Los términos técnicos de carácter general están definidos en el documento DB-SE, mientras que los documentos DB-SE-C, DB-SE-A, DB-SE-F, DB-SE-M, y DB-SI, contienen las definiciones de otros términos técnicos específicos.

Carga	Fuerza, debida a la gravedad, actuando sobre una estructura portante.
Carga de Nieve	Carga inducida por la nieve.
Sobrecarga de uso	Carga inducida por el uso de un edificio.
Disipación	Transformación de la energía cinética de un sistema en energía térmica por la deformación plástica de sus elementos constitutivos.
Explosión	Aumento del volumen, con un efecto destructivo, causado por las reacciones químicas rápidas de una sustancia y por la propagación veloz de los gases liberados.
Impacto	Colisión entre un cuerpo en movimiento y una construcción.
Modelo de carga	Representación idealizada de las cargas y de las fuerzas que actúan sobre una estructura portante.
Periodo de retorno	Representación de la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento en un periodo de referencia definido.
Peso propio de los elementos estructurales	Carga inducida por la masa de la estructura portante de un edificio.
Peso propio de los elementos no portantes	Cargas producidas por los elementos no portantes de una construcción (por ejemplo los elementos de cubierta, los revestimientos y los recubrimientos, los tabiques, las barandillas y las barreras de seguridad, los cerramientos y los elementos de fachada, los falsos techos, los aislantes), o por las instalaciones fijas (por ejemplo los ascensores y las escaleras automáticas, las instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, las instalaciones eléctricas, los conductos en su contenido, las bandejas del cableado) así como por los rellenos de tierra o de balasto.
Pretensado	Estado de tensiones autoequilibradas en una estructura portante, obtenido en concordancia con un determinado objetivo, a través de la aplicación controlada de fuerzas o a través de la imposición controlada de deformaciones.
Superficie de aplicación	Superficie sobre la que actúa una fuerza concentrada.
Superficie útil	Superficie destinada a un determinado uso (en un edificio)
Temperatura del lugar	Temperatura del aire en el lugar de la utilización de una estructura portante

Anejo B. Notaciones y unidades

B.1 Notaciones

1 Mayúsculas latinas

A	Área; altitud sobre el nivel del mar; constante
A_{fr}	Superficie de referencia para la fuerza de rozamiento del viento
A_{ref}	Superficie de referencia (de la obra; de un elemento estructura)
A_v	Área de los huecos de ventilación de un recinto
A_o	Área de referencia
C_e	Coefficiente de exposición
C_t	Coefficiente térmico
F_d	Fuerza horizontal equivalente debida a la acción de impacto de carretillas elevadoras.
$F_{d,x}$	Fuerza horizontal equivalente debida a la acción de impacto de un vehículo en la dirección de su trayectoria
G_k	Valor característico del peso propio de la estructura portante o de un elemento no portante
H	Desnivel
K	Parámetro de forma
P_k	Valor característico de la fuerza de pretensado
P_n	Probabilidad anual de su superado un valor correspondiente a un periodo de n años
Q_{fr}	Fuerza de rozamiento debida al viento actuando tangencialmente a la superficie de un edificio
Q_k	Valor característico de una carga concentrada o de una fuerza
Q_w	Fuerza debida al viento, actuando perpendicularmente a la superficie de un edificio
R	Periodo de retorno
T_{cr}	Instante en el que se alcanza un determinado estado límite
T_d	Instante en el que se produce la despasivación de la armadura
$T_{e,max}$	Temperatura máxima del elemento estructural
$T_{e,min}$	Temperatura mínima del elemento estructural
$T_{máx}$	Temperatura máxima del aire
$T_{máx,R}$	Temperatura máxima del aire para un periodo de retorno de R años
$T_{mín}$	Temperatura mínima del aire
$T_{mín,R}$	Temperatura mínima del aire para un periodo de retorno de R años
T_{rs}	Efecto de la radiación solar
T_o	Temperatura inicial de un elemento estructural (en el momento en el que sus deformaciones quedan impedidas)
V	Coefficiente de variación de la carga de nieve; volumen de un recinto
W	Peso total de una carretilla elevadora (inclinada la carga)

5 Minúsculas latinas

a	Profundidad de corrosión
a_{cr}	Valor crítico de la profundidad de corrosión
a_o	Valor inicial de la profundidad de corrosión
b	Anchura del edificio
C_d	Coefficiente estructural
C_e	Coefficiente de exposición
C_f	Coefficiente de fuerza
C_{fr}	Coefficiente de rozamiento
C_{pe}	Coefficiente de presión exterior
C_{pi}	Coefficiente de presión interior
C_r	Coefficiente de rugosidad
d	Diámetro; espesor; longitud del edificio
d_1	Dimensión
d_2	Dimensión
e	Dimensión

h	Altura del edificio
h_m	Altura media
h_r	Altura de un edificio
k	Coefficiente de forma de la nieve colgada
k_{CL}	Constante para la penetración de cloruros en el hormigón
k_{co2}	Constante para la carbonatación del hormigón
k_t	Coefficiente del terreno
m	Masa
n	Número; coeficiente; periodo de retorno
p_{cl}	Profundidad de penetración de los cloruros
p_{co2}	Profundidad de la carbonatación
p_d	Valor de cálculo de la sobrepresión
p_v	Presión de apertura de los huecos de ventilación
q	Carga uniformemente distribuida
q_b	Valor básico de la presión dinámica del viento
q_e	Presión del viento sobre una superficie exterior del edificio; carga lineal debida a la nieve colgada en el borde de una cubierta volada
q_i	Presión del viento sobre una superficie interior del edificio
q_k	Valor característico de una carga uniformemente repartida o de una forma repartida
r	Radio
s	Carga de nieve sobre un terreno horizontal
s_k	Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal
s_n	Valor de la carga de nieve sobre un terreno horizontal correspondiente a un periodo de retorno de n años
t	Tiempo
t_{corr}	Tiempo de propagación de la corrosión
t_{pen}	Tiempo de iniciación de la corrosión
v_b	Valor básico de la velocidad del viento
$v_{b,r}$	Valor básico modificado de la velocidad del viento correspondiente a un periodo de retorno de R años
x	Distancia
x_1	Distancia
x_2	Distancia
z	Altura de referencia
z_e	Altura de referencia para la presión exterior del viento
z_i	Altura de referencia para la presión interior del viento
z_{min}	Altura mínima
z_o	Medida de la rugosidad del terreno

6 Mayúsculas griegas

ΔT_E	Variación no lineal de la temperatura en una sección transversal
ΔT_{uy}	Gradiente horizontal de la temperatura
ΔT_{uz}	Gradiente vertical de la temperatura
ΔT_u	Variación uniforme de la temperatura en una sección transversal
Σ	Suma
Θ	Ángulo de inclinación del viento

7 Minúsculas griegas

α	Inclinación de una cubierta
α_A	Factor de reducción de la sobrecarga de uso en función del área de influencia
α_n	Factor de reducción de la sobrecarga de uso en función del mínimo de plantas
α_T	Coefficiente de dilatación térmica
β	Ángulo
β_o	Valor de referencia de un ángulo
γ	Peso específico de la nieve colgada en el borde de una cubierta
μ	Coefficiente de apertura
μ_i	Coefficiente de forma de una cubierta ($i = 1,2,3,4$)

μ_w	Coefficiente de forma de una cubierta para la acumulación de la nieve debida al viento.
μ_s	Coefficiente de forma de la cubierta para acumulación de la nieve debida al deslizamiento.
ξ	Coefficiente de amortiguamiento mecánico
ρ	Densidad del aire
ϕ_0	Diámetro inicial de la armadura
ψ_0	Coefficiente para el valor de combinación de una acción variable

B.3 Unidades

- 1 Se utilizará el Sistema Internacional de Unidades de Medida, SI.
- 8 Para los cálculos se recomienda el uso de las unidades siguientes:
 - Fuerzas y cargas: kN, kN/m, kN/m²
 - Masa: kg;
 - Longitud: m, mm;
 - Tensiones: N/mm²;
 - Momentos: kN·m.
- 9 A efectos prácticos se podrá considerar la siguiente correspondencia entre las unidades de fuerza de los sistemas MKS y SI: 1 kilopondio [1 kp] = 10 Newton [10 N].

Anejo C. Pesos específicos aparentes, cargas por unidad de superficie y ángulos de rozamiento interno

Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales	Peso específico aparente [kN/m ³]
Hormigón ligero	
Densidad tipo 1,0	9,0-10,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Densidad tipo 1,2	10,0-12,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Densidad tipo 1,4	12,0-14,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Densidad tipo 1,6	14,0-16,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Densidad tipo 1,8	16,0-18,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Densidad tipo 2,0	18,0-20,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Hormigón normal	24,0 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Hormigón pesado	>28,0 ⁽¹⁾⁽²⁾
Morteros	
Mortero de cemento	19,0-23,0
Mortero de yeso	12,0-18,0
Mortero de cemento y cal	18,0-20,0
Mortero de cal	12,0-18,0
Unidades de albañilería	
Materiales	
Calizas compactas, mármoles	28,0
Diorita, gneis	30,0
Sienita, diabasa, pórfido	28,0
Basalto	27,0-31,0
Piedra caliza compacta	20,0-29,0
Granito	27,0-30,0
Arenisca	21,0-27,0
Bloques huecos de vidrio	8,0
Terracota compacta	21,0
Elementos	
Sillería	
de basalto	30,0
de granito	28,0
de caliza compacta o mármol	28,0
de arenisca	26,0
de arenisca porosa o caliza porosa	24,0
Mampostería con mortero	
de basalto	27,0
de granito	26,0
de caliza compacta	26,0
de arenisca	24,0
Fábrica de ladrillo	
cerámico macizo	18,0
cerámico perforado	15,0
cerámico hueco	12,0
Silicocalcáreo cerámico	20,0
Fábrica de bloques	
bloque hueco de mortero (pesado)	16,0
bloque hueco de mortero (ligero)	13,0
bloque hueco de yeso	10,0
Fábrica de bloques de hormigón	
en masa	24,0
Armado	25,0
de escoria	16,0
Metales	
Aluminio	27,0
Latón	83,0-85,0
Bronce	83,0-85,0
Cobre	87,0-89,0
Hierro colado	71,0-72,5
Hierro forjado	76,0
Plomo	112,0-114,0

Acero	77,0-78,5
Zinc	71,0-72,0
Estaño	74,0
Madera	
Clase de resistencia C14	3,5
Clase de resistencia CI6	3,7
Clase de resistencia CI8	3,8
Clase de resistencia C22	4,1
Clase de resistencia C24	4,2
Clase de resistencia C27	4,5
Clase de resistencia C30	4,6
Clase de resistencia C35	4,8
Clase de resistencia C40	5,0
Madera laminada encolada	
Clase de resistencia GL 24h	3,7
Clase de resistencia GL 28h	4,0
Clase de resistencia GL 32h	4,2
Clase de resistencia GL 36h	4,4
Clase de resistencia GL 24c	3,5
Clase de resistencia GL 28c	3,7
Clase de resistencia GL 32c	4,0
Clase de resistencia GL 36c	4,2
Contrachapado	
madera blanda y abedul	5,0
Tablero de partículas	
cartón gris	8,0
aglomerado de partículas con cemento	12,0
láminas o fibras orientadas	7,0
Tablero con fibras	
madera prensada, normalizada y templada	10,0
tablero de fibras de densidad media	8,0
tablero ligero	4,0
Otros materiales	
Vidrio	25,0
Adobe	16,0
Baldosa cerámica	18,0
Baldosa de gres	19,0
Baldosa hidráulica	21,0
Asfalto	24,0
Caucho en plancha	17,0
Linóleo en plancha	12,0
Papel	11,0
Mástico en plancha	21,0
Plásticos	
Lámina acrílica	12,0
Poliestireno expandido granulado	0,3
Pizarra	29,0

(1) Incrementar en 1 KN/m³ para cuantías normales de acero de armar y de pretensar

(2) Incrementar en 1 KN/m³ para hormigón fresco

(3) El peso específico aparente puede variar entre 20 y 25 KN/m³, en función de los materiales (áridos) empleados

Tabla C.2. Valores orientativos del peso propio de forjados

Forjados	Carga por unidad de superficie [KN/m ²]
Vigas de madera de 200mm•120mm, separadas 0,5m	
bajo entarimado, espesor 30mm	0,55
con bovedilla de yeso, canto variable, 100mm en clave	1,30
bajo tablero de rasilla, espesor 30mm	0,70
bajo tablero de hueco, espesor 45mm	0,90
bajo tablero doble de rasilla, espesor 70mm	1,30
Vigas de acero laminado IPN 160, separadas 0,7m	
con bovedillas de canto variable, 70mm en clave, formadas por doble rasilla	1,70
con bovedillas de canto variable, 110mm en clave, formadas por triple rasilla	2,00
embebidas en una losa de mortero ligero (15 KN/m ³), canto 160mm	2,60
embebidas en una losa de mortero ligero (18 KN/m ³), canto 160mm	3,10
Vigas de hormigón de canto 0,2m, separadas 0,7m	
con bovedillas de canto variable, 70mm en clave, formadas por doble rasilla	2,20
con bovedillas de canto variable, 110mm en clave, formadas por triple rasilla	2,50
con bloque cerámico hueco, canto 200mm	1,30
con bloque hueco de mortero, canto 200mm	1,50
Losa maciza de hormigón armado de 0,12m de canto	3,00
Losa aligerada de hormigón armado de 0,2m de espesor total con	
aligeramientos cerámicos de 0,5m•0,17m a 0,7m•0,17m	2,40
aligeramientos cerámicos de 0,5m•0,15m a 0,7m•0,15m	2,81
aligeramientos de mortero de 0,5m•0,17m a 0,7m•0,17m	2,61
aligeramientos de mortero de 0,5m•0,15m a 0,7m•0,15m	3,02
Losa de cerámica armada de 0,15m de espesor total y de 0,6m de anchura modular	1,80
Losas alveolares prefabricadas	Según indicaciones del fabricante, en función de la geometría y de los materiales
Otros forjados	En función de la geometría y de los materiales

Tabla C.3. Valores nominales de la carga por unidad de superficie de elementos de cobertura y de revestimientos

Elementos de cobertura	Carga por unidad de superficie [KN/m ²]
Tejas planas (sin enlistonado)	
ligeras • 2,4kg/pieza	0,30
Corrientes • 3,0kg/pieza	0,40
pesadas • 3,6kg/pieza	0,50
Tejas curvas (sin enlistonado)	
ligeras • 1,6kg/pieza	0,40
Corrientes • 2,0kg/pieza	0,50
pesadas • 2,4kg/pieza	0,60
Pizarra (sin enlistonado)	
recubrimiento simple	0,20
recubrimiento doble	0,30
Placas onduladas de fibrocemento, espesor 6mm	0,18
Chapas grecadas, canto 80mm, espesor 0,8mm	
Acero	0,12
Aluminio	0,04
Plancha de plomo, espesor 1,5mm	0,18
Plancha de zinc, espesor 1,2mm	0,10
Enlistonado	0,05
Tablero de madera, espesor 25mm	0,15
Tablero de rasilla, 1 hoja	0,40
Tablero de rasilla tendido de yeso, 1 hoja	0,50
Vidriera, incluida la carpintería	
Vidrio normal, espesor 5mm	0,25
Vidrio armado, espesor 6mm	0,35
Cartón embreado, por capa	0,05
Hoja de plástico armada, espesor 1,2mm	0,02
Aislante (lana de vidrio o roca), por 10mm	0,02
Otros elementos de cobertura	Según indicaciones del fabricante, en función de las dimensiones y de los materiales
Pavimentos	
Baldosa hidráulica o cerámica, incluido el relleno	
espesor total 30mm	0,50
espesor total 50mm	0,80
espesor total 70mm	1,10
Tarima de 20mm de espesor sobre rastrel recibido con yeso	0,30
Parquet sobre tarima de 20mm de espesor y rastrel	0,40
Corcho aglomerado sobre tarima de 20mm de espesor y rastrel	0,40
Terrazo sobre mortero, espesor total 50mm	0,80
Linóleo o loseta de goma sobre capa de mortero, espesor total 20mm	0,50
Otros pavimentos	Según indicaciones del fabricante, en función de las dimensiones y de los materiales

Tabla 1.4. Valores nominales de la carga por unidad de superficie de tabiques y valores nominales de la carga equivalente uniformemente distribuida

Elemento	Carga por unidad de superficie [KN/m ²]	Carga equivalente uniformemente distribuida ⁽¹⁾ [KN/M ²]
Tabiques sin revestir		
De rasilla, espesor 30mm	0,4	0,60
De ladrillo hueco, espesor 45mm	0,6	0,90
De ladrillo hueco, espesor 90mm	1,0	1,50
Revestimientos, por 10mm de espesor		
Enfoscado o revoco de cemento	0,2	0,30
Revoco de cal, estuco	0,16	0,24
Guarnecido de yeso	0,12	0,18
Tabiques prefabricados	Según indicaciones del fabricante, en función de las dimensiones y de los materiales ⁽²⁾	

⁽¹⁾ Los valores indicados son válidos para el dimensionado de los elementos estructurales en edificios con las siguientes características:

- luces de los forjados $4m \leq l \leq 12m$
- distribución de tabiquería 0,5m de tabique de 3m de altura por m² de planta
- altura de los tabiques $\leq 3,0m$.

En otros casos, o para un análisis más detallado, se deberá determinar una carga equivalente correspondiente a las características de la tabiquería y del edificio, o representarla a través de sendas cargas lineales.

⁽²⁾ En los casos en los que se cumplan las condiciones de la nota ⁽¹⁾, y si la carga por unidad de superficie de los tabiques prefabricados no supera 1,2KN/m², se podrá adoptar un valor conservador de la carga equivalente de 1,8KN/m². Este valor se podrá reducir proporcionalmente para tabiques con una carga por unidad de superficie < 1,2KN/m².

Tabla 1.5. Peso específico aparente y ángulo de rozamiento interno de materiales de construcción almacenables

Materiales	Peso específico aparente [kN/m ³]	Ángulo de rozamiento interno Φ [°]
Áridos		
Ligeros	9,0-20,0	30
Normales	20,0-30,0	30
Pesados	>30,0	30
Grava y arena	15,0-20,0	35
Arena	14,0-19,0	30
Arena de pómez	7,0	35
Escoria de altos hornos		
Troceada	17,0	40
Granulada	12,0	30
Triturada, de espuma	9,0	35
Cascote o polvo de ladrillo	15,0	35
Vermiculita		
Exfoliada, árido para hormigón	1,0	-
Cruda	6,0-9,0	-
Bentonita		
Suelta	8,0	40
Compactada	11,0	
Cemento		
Clínker de cemento	15,0	30
Suelto	16,0	28
En sacos	15,0	-
Cenizas volantes	10,0-14,0	25
Cenizas de coque	7,0	25
Yeso, suelto	15,0	25
Cenizas de lignito remado	15,0	20
Cal	13,0	25
Caliza en polvo	13,0	25-27
Magnesita, suelta	12,0	-
Plásticos		
Poliétileno, poliestirol granulado	6,4	30
Cloruro de polivinilo (PVC) en polvo	5,9	40
Poliéster (Resina)	11,8	-
Resinas (colas)	13,0	-
Agua dulce	10,0	-

Tabla 1.6. Peso específico aparente y ángulo de rozamiento interno de productos agrícolas almacenables

Productos	Peso específico aparente [kN/m ³]	Ángulo de rozamiento interno Φ [°]
De granja		
Abonos (mínimo 60% sólidos)	7,8	-
Abonos (con paja seca)	9,3	45
Estiércol de granja seco	6,9	45
Estiércol apelmazado	18,0	45
Slurry (máximo 20% sólidos)	10,8	-
Fertilizantes artificiales		
NPK granulado	8,0-12,0	25
Escombros, triturados	13,7	35
Fosfatos granulados	10,0-16,0	30
Sulfato potásico	12,0-16,0	28
Urea	7,0-8,0	24
Pienso verde suelto amontonado	3,5-4,5	-
Granos Íntegros (14% de humedad excepto otra indicación)		
General	7,8	30
Cebada	7,0	30
Granos de cerveza (húmedos)	8,8	-
Semillas de hierba	3,4	30
Maíz suelto	7,4	30
Maíz en sacos	5,0	-
Avena	5,0	30
Semillas de aceite de colza	6,4	25
Centeno	7,0	30
Trigo suelto	7,8	30
Trigo en sacos	7,5	-
Hierba embalada	7,8	40
Heno		
Prensado	1,0-3,0	-
Prensado en fardos	6,0-7,0	-
Cueros y pieles		
	8,0-9,0	-
Lúpulo		
	1,0-2,0	25
Malta		
	4,0-6,0	
Harina		
Suelta	7,0	40
Empaquetada	7,0	35
Harina de pescado	8,0	45
Turba		
Seca, suelta, compactada	1,0	3,5
Seca, en balas	5,0	-
Húmeda	9,5	-
Forraje		
	5,0-10,0	-
Paja		
Suelta (seca)	0,7	-
Prensada	1,5	-
Tabaco prensado		
	3,5-5,0	-
Lana		
Suelta	3,0	-
En fardos	7,0-13,0	-
Huevos, empaquetados		
	4,0-5,0	-
Fruta		
Manzanas	8,3	30
Sueltas	6,5	-
En cajas	7,8	-
Cerezas	5,9	-
Peras	2,0	-
Frambuesas en bandejas	1,2	-
Fresas en bandejas	6,8	-
Azúcar		
Suelta	7,5-10,0	35
Empaquetada	16,0	-
Verdura		
Coles	4,0	-

Lechuga	5,0	-
Legumbres		
Judías	8,1	35
Granos		
General	8,1	35
Soja	7,4	30
Guisantes	7,8	-
Sémola	5,5	30
Vegetales de raíz		
General	8,8	-
Raíz de remolacha	7,4	40
Zanahorias	7,8	35
Cebollas	7,0	35
Nabos	7,0	35
Patatas		
Sueltas	7,0	35
En cajas	4,4	
Remolacha azucarera		
Desecada y cortada	2,9	35
Cruda	7,6	-
Trozos húmedos	10,0	-

Tabla 1.7. Peso específico de líquidos almacenables

Líquidos	Peso específico [kN/m ³]
Bebidas	
Cerveza	10,0
Leche	10,0
Agua dulce	10,0
Vino	10,0
Aceites naturales	
Aceite de ricino	9,3
Glicerol (glicerina)	12,3
Aceite de linaza	9,2
Aceite de oliva	8,8
Líquidos orgánicos y ácidos	
Alcohol	7,8
Éter	7,4
Ácido clorhídrico al 40%	11,8
Alcohol metílico y etílico	7,8
Ácido nítrico al 91 %	14,7
Ácido sulfúrico al 30%	13,7
Ácido sulfúrico al 87%	17,7
Trementina, alcohol	8,3
Hidrocarburos	
Anilina	9,8
Benceno (benzol)	8,8
Alquitrán de hulla	10,8-12,8
Creosota	10,8
Nafta	7,8
Parafina (keroseno)	8,3
Bencina (benzolina)	6,9
Aceite bruto (petróleo)	9,8-12,8
Diesel	8,3
Combustible	7,8-9,8
Aceite combustible pesado	12,3
Lubricante	8,8
Gasolina	7,4
Gas líquido	
Butano	5,7
Propano	5,0
Otros líquidos	
Mercurio	133,0
Pintura de minio	59,0
Albayalde, de aceite	38,0
Lodo, sobre 50% de volumen de agua	10,8
Aceite de cerosota	11,0
Aceite mineral	9,3
Acetona	7,9
Anilina	10,4
Sulfuro de carbono	12,9

Tabla 1.8. Peso específico aparente y ángulo de rozamiento interno de combustibles sólidos

Productos	Peso específico aparente [kN/m ³]	Ángulo de rozamiento interno Φ [°]
Carbón vegetal		
Lleno de aire	4,0	-
Carbón de leña en trozos	4,0	45
Hulla		
Briquetas, amontonadas	8,0	35
Briquetas, apiladas	13,0	-
Ovoides	8,3	30
Hulla en bruto de mina	10,0	35
Hulla en residuos de lavadero	12,0	-
Hulla pulverizada	7,0	25
Coque	4,0-6,5	35-45
De tamaño medio, en la cantera	12,3	35
Sobrante del lavado de la mina	13,7	35
Hulla en otras formas	8,3	30-35
Leña	5,4	45
Lignito/hulla marrón		
Briquetas, amontonadas	7,8	30
Briquetas, apiladas	12,8	-
Húmedo	9,8	30-40
Seco	7,8	35
Pulverizado	4,9	25-40
Coque a baja temperatura	9,8	40
Turba		
Negra, secada, fuertemente empaquetada	6,0-9,0	-
Negra, secada, amontonada y suelta	3,0-6,0	45

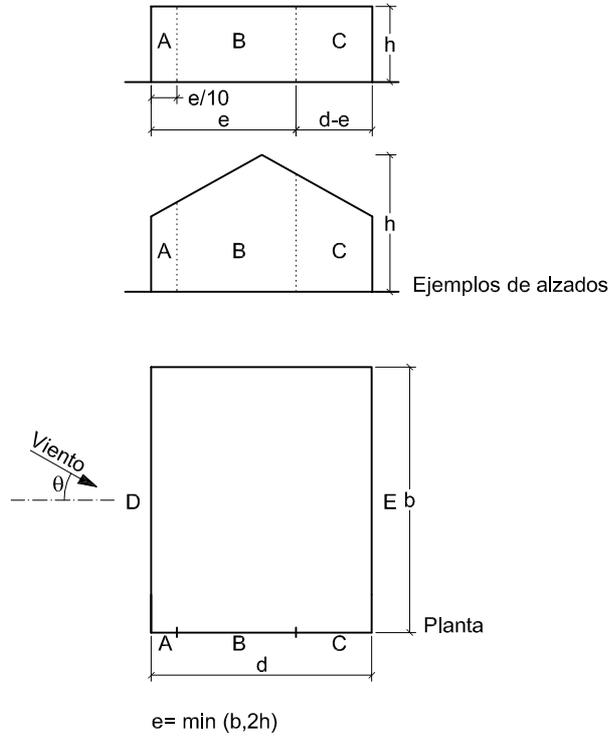
Tabla 1.9. Peso específico aparente y ángulo de rozamiento interno de productos industriales y de otros materiales

Materiales	Peso específico aparente [kN/m ³]	Ángulo de rozamiento interno Φ [°]
Libros y documentos		
Almacenados	6,0	-
Almacenados de manera compacta	8,5	-
Archivadores y armarios	6,0	-
Prendas empaquetadas	11,0	-
Hielo en terrones	8,5	-
Pieles apiladas	10,0	-
Papel		
Papel en rollos	15,0	-
Papel apilado	11,0	-
Goma	10,0-17,0	-
Sal		
Sal gema	22,0	45
Sal común	12,0	40
Serrín		
Seco y embolsado	3,0	-
Seco y suelto	2,5	45
Húmedo y suelto	5,0	45
Brea, alquitrán	14,0	-
Tierra		
Seca	16,0	40-45
Húmeda	21,0	20-25
Carburo	9,0	30
Mineral de hierro	30,0	40
Pirita	27,0	45

Anejo D. Coeficientes para el viento.

D.1 Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales

Tabla D.1 Paramentos verticales.

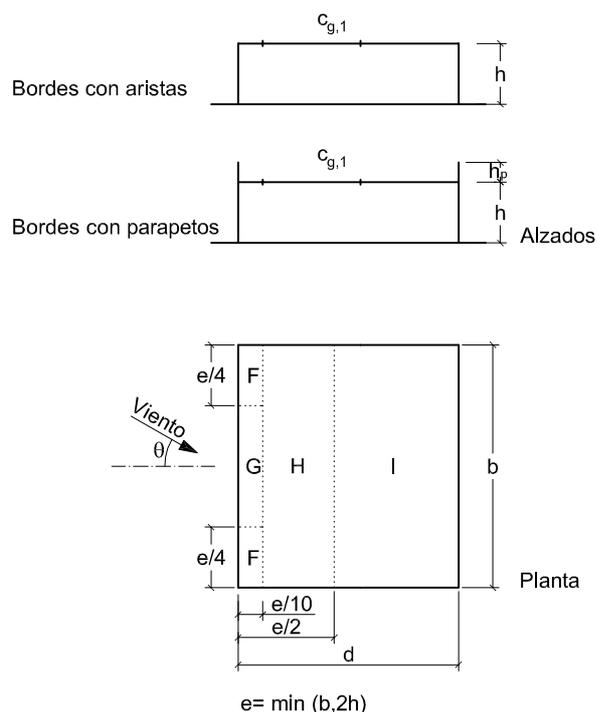


Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$										
Coeficientes de presión exterior										
h/d	$C_{pe,10}$					$C_{pe,1}$				
	Superficie de aplicación					Superficie de aplicación				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,7
1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,7
<0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,7	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,7

Notas:

- Para valores intermedios de h/d, los coeficientes se podrán determinar mediante interpolación lineal.
- Los valores indicados son válidos para paramentos verticales de edificios con cubiertas planas o inclinadas.
- Los edificios con $h/d > 5$ se podrán asimilar, a efectos de la determinación de los coeficientes de fuerza, a cilindros o torres con distintas secciones.

Tabla D.2 Cubiertas planas



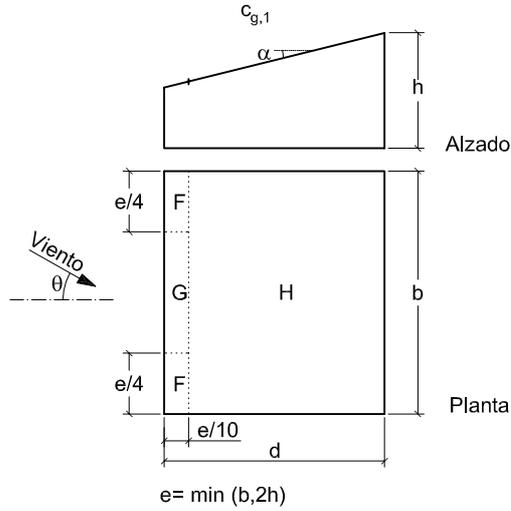
Alzado		Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$								
		Coeficientes de presión exterior								Coeficientes globales
		$C_{pe,10}$				$C_{pe,1}$				$C_{g,1}$
		Superficie de aplicación				Superficie de aplicación				
		F	G	H	I	F	G	H	I	b·d
Bordes con aristas		-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,6	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,6	-0,33 -0,73
Con parapetos	$h_p/h=0,025$	-1,1	-0,7	-0,7	0,2 -0,6	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,6	-0,32 -0,72
	$h_p/h=0,05$	-0,9	-0,7	-0,7	0,2 -0,6	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,6	-0,30 -0,70
	$h_p/h=0,1$	-0,8	-0,7	-0,7	0,2 -0,6	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,6	-0,28 -0,68

Notas:

- Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5° .
- Los coeficientes de presión para el parapeto se determinarán de acuerdo con la Tabla D.1
- Para valores intermedios de h_p/h y r/h , los coeficientes se podrán determinar por interpolación lineal.

Tabla D.3 Cubiertas a un agua.

a) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

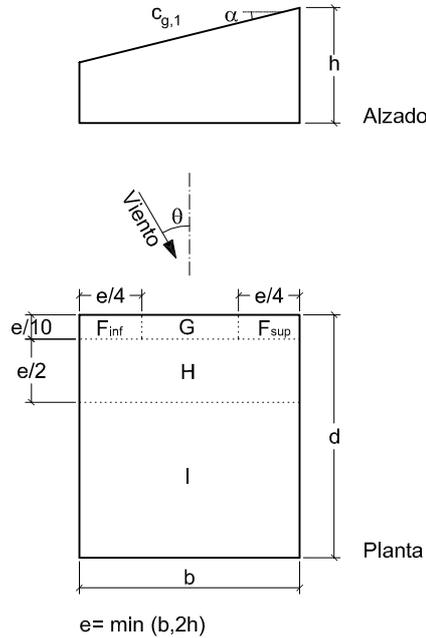


Pendiente de la cubierta α	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$						
	Coeficientes de presión exterior						Coeficientes globales
	$C_{pe,10}$			$C_{pe,1}$			$C_{g,1}$
	Superficie de aplicación			Superficie de aplicación			Faldón
	F	G	H	F	G	H	
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-2,5	-2,0	-1,2	-0,69
	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-2,0	-1,5	-0,3	-0,36
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-1,5	-1,5	-0,2	-0,23
	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,4	0,43
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	
	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,61
60°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
75°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

b) Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$

Pendiente de la cubierta α	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$						
	Coeficientes e presión exterior						Coeficientes globales
	$C_{pe,10}$			$C_{pe,1}$			$C_{g,1}$
	Superficie de aplicación			Superficie de aplicación			Faldón
	F	G	H	F	G	H	
5°	-1,3	-1,2	-0,8	-2,5	-2,0	-1,2	-0,9
15°	-2,5	-1,3	-0,9	-2,8	-2,0	-1,2	-1,0
30°	-1,1	-0,8	-0,8	-2,3	-1,5	-0,8	-0,82
45°	-0,6	-0,5	-0,7	-1,3	-0,5	-0,7	-0,69
60°	-0,5	-0,5	-0,5	-1,0	-0,5	-0,5	-0,5
75°	-0,5	-0,5	-0,5	-1,0	-0,5	-0,5	-0,5

c) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



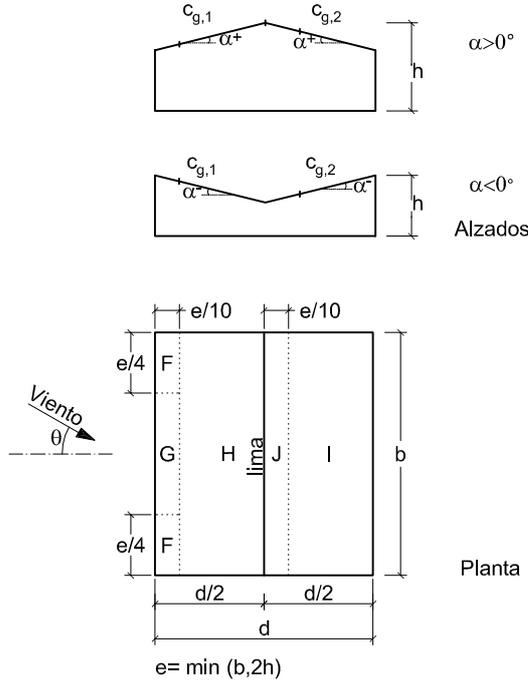
Pendiente de la cubierta α	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$										
	Coeficientes de presión exterior										Coeficientes globales
	$C_{pe,10}$					$C_{pe,1}$					$C_{g,1}$
	Superficie de aplicación					Superficie de aplicación					Faldón
	F_{inf}	F_{sup}	G	H	I	F_{inf}	F_{sup}	G	H	I	
5°	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5	-0,69
15°	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2	-0,87
30°	-1,3	-2,1	-1,5	-1,0	-0,8	-2,0	-2,9	-2,0	-1,3	-1,2	-0,96
45°	-1,3	-1,5	-1,4	-1,0	-0,9	-2,0	-2,4	-2,0	-1,3	-1,2	-0,99
60°	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2	-0,87
75°	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,5	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-0,5	-0,77

Notas:

- Para la dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ y pendientes de la cubierta $5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, el efecto del viento puede cambiar rápidamente entre presión y succión. Por este motivo, se dan coeficientes de fuerza positivos y negativos. A efectos del dimensionado de la estructura, se deben considerar situaciones con, respectivamente, succión o presión del viento.
- Para valores intermedios de α , los coeficientes se podrán determinar mediante interpolación lineal entre valores del mismo signo. Los valores igual a cero se indican a efectos de la interpolación.

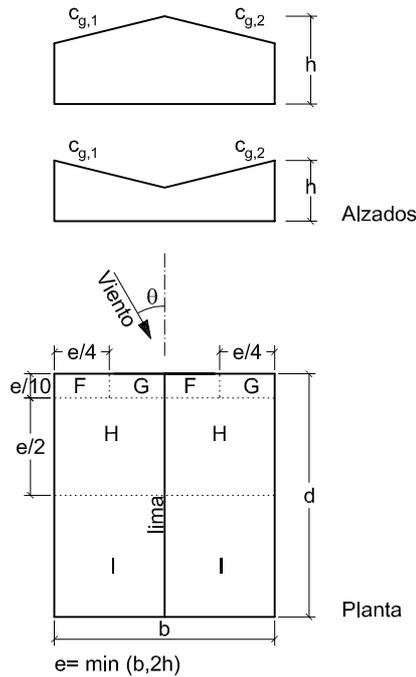
Tabla D.4 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta α	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$											
	Coeficientes de presión exterior										Coeficientes globales	
	$C_{pe,10}$					$C_{pe,1}$					$C_{g,1}$	$C_{g,2}$
	Superficie de aplicación					Superficie de aplicación					Faldón A	Faldón B
	F	G	H	I	J	F	G	H	I	J	Faldón A	Faldón B
-45°	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5	+0,76	-0,76
-30°	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4	-0,83	-0,64
-15°	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2	-1,1	-0,54
-5°	-2,3	-1,2	-0,8	-0,6	-0,6	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6	-0,99	0,2
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	-0,6	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6	-0,99	-0,6
15°	+0,0	+0,0	+0,0	0,2	0,2	+0,0	+0,0	+0,0	0,2	0,2	0	-0,44
30°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5	-0,41	-0,52
45°	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0	0,2	0
60°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5	-0,26	0,22
70°	0,7	0,7	0,4	0	0	0,7	0,7	0,4	0	0	0,46	0
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3	0	-0,22
60°	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0	0,62	0
70°	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3	0,7	-0,22
70°	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3	0,8	-0,22

b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

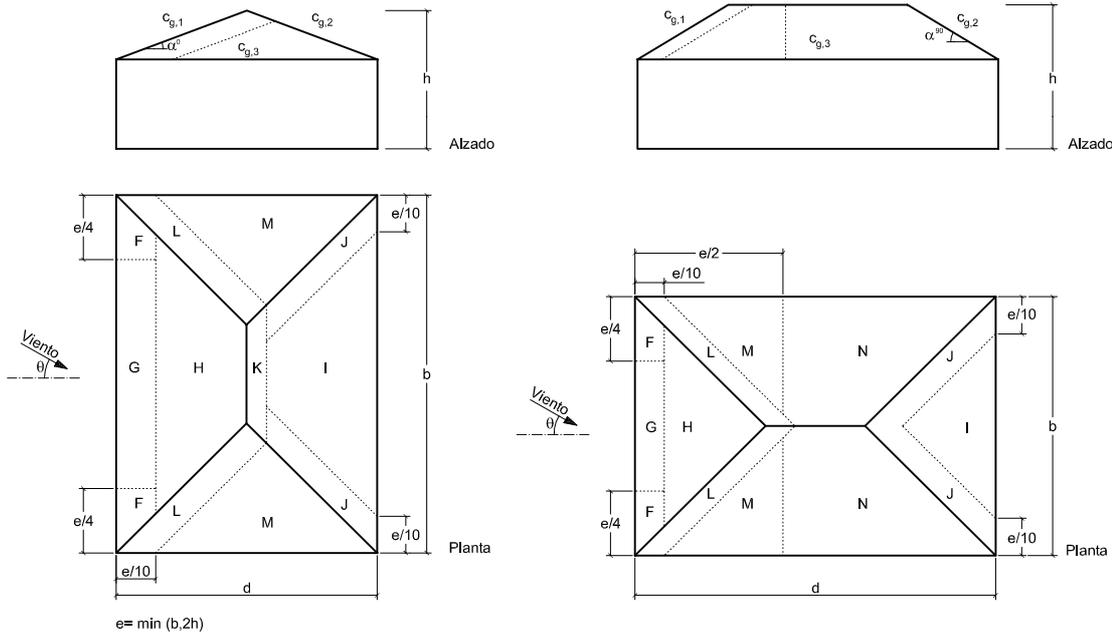


Pendiente de la cubierta α	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$									
	Coeficientes de presión exterior								Coeficientes globales	
	$C_{pe,10}$				$C_{pe,1}$				$C_{g,1}$	$C_{g,2}$
	Superficie de aplicación				Superficie de aplicación				Superficie de referencia	
	F	G	H	I	F	G	H	I	Faldón A	Faldón B
-45°	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2	-0,98	-0,98
-30°	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2	-0,99	-0,99
-15°	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2	-0,88	-0,88
-5°	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2	-0,73	-0,73
5°	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6	-0,73	-0,73
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5	-0,73	-0,73
30°	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5	-0,62	-0,62
45°	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5	-0,7	-0,7
60°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5	-0,74	-0,74
75°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5	-0,69	-0,69

Notas:

- Para la dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ y pendientes de la cubierta con $-5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, el efecto del viento puede cambiar rápidamente entre presión y succión. Por este motivo, se dan coeficientes de fuerza y de presión positivos y negativos. A efectos del dimensionado de la estructura, se deben considerar las situaciones correspondientes a las posibles combinaciones de presión y succión del viento sobre la cubierta a barlovento y sotavento, respectivamente. No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.
- Para valores intermedios de α , los coeficientes se podrán determinar mediante interpolación lineal entre valores del mismo signo. Los valores igual a cero se indican a efectos de la interpolación

Tabla 2.5 Cubiertas a cuatro aguas



Pendiente de la cubierta α_0 y α_{90}	Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$																				
	Coeficientes de presión exterior																Coeficientes globales ¹⁾				
	$C_{pe,10}$									$C_{pe,1}$									$C_{g,1}$	$C_{g,2}$	$C_{g,3}$
	Superficie de aplicación									Superficie de aplicación											
	F	G	H	I	J	K	L	M	N	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	-1,2	-0,6	-0,4	-2,5	-2,0	-1,2	-0,3	-0,6	-0,6	-2,0	-1,2	-0,4			
	+0,0	+0,0	+0,0							+0,0	+0,0	+0,0									
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,5	-1,0	-1,2	-1,4	-0,6	-0,3	-2,0	-1,5	-0,3	-0,5	-1,5	-2,0	-2,0	-1,2	-0,3			
	+0,2	+0,2	+0,2							+0,2	+2,0	+0,2									
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	-1,4	-0,8	-0,2	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-1,2	-0,5	-2,0	-1,2	-0,2			
	+0,5	+0,7	+0,4							+0,5	+0,7	+0,4									
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-1,3	-0,8	-0,2	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-1,2	-0,2			
	+0,7	+0,7	+0,6							+0,7	+0,7	+0,6									
60°	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2			
75°	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2			

1) En las cubiertas a cuatro aguas, los coeficientes globales son muy sensibles a la geometría. Estos coeficientes podrán determinarse para cada faldón, ponderando las áreas correspondientes a cada coeficiente parcial c_{pe} .

Notas:

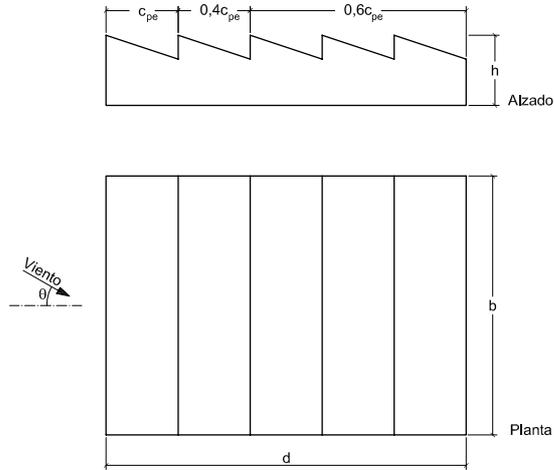
- Para la dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ y pendiente de la cubierta con $5^\circ \leq \alpha_0 \leq 45^\circ$, el efecto del viento en el lado de barlovento puede cambiar rápidamente entre presión y succión. Por este motivo, se indican coeficientes positivos y negativos. A efectos del dimensionamiento de la cubierta, se deberán combinar dos situaciones, una con succión y otra con presión sobre la cubierta a barlovento (sin mezclar valores positivos y negativos).

- Para valores intermedios de la pendiente de la cubierta, los coeficientes se podrán determinar mediante interpolación lineal entre valores del mismo signo. Los valores cero se indican a efectos de la interpolación.

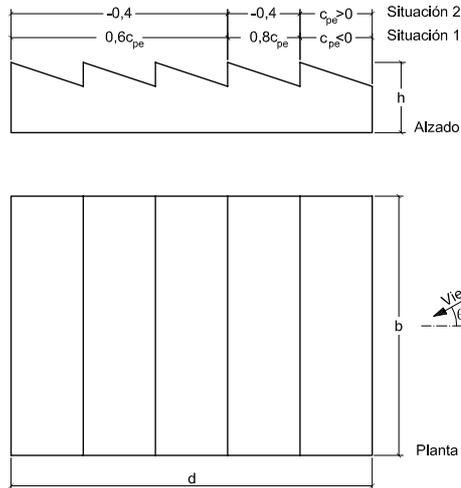
-La pendiente de la cubierta a barlovento resulta dominante para los coeficientes de presión.-

Tabla D.6 Cubiertas en diente de sierra

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



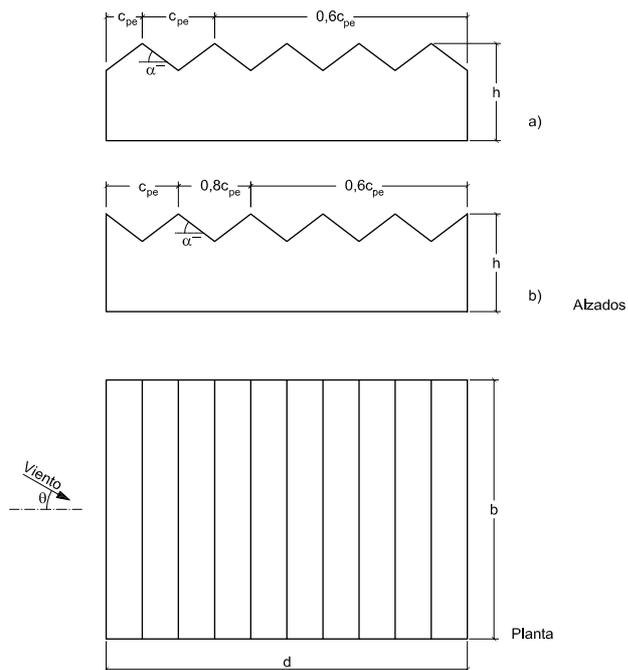
b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Notas:

- Los coeficientes de presión para cada faldón se podrán tomar de la tabla 2.3 relativa a cubiertas a un agua, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) anteriores.
- En el caso de la figura b) se deberán considerar dos situaciones. En la primera el viento ejerce una presión sobre la cubierta del primer faldón a barlovento, y en la segunda la misma cubierta está sometida a una succión del viento.

Tabla D.7 Cubiertas múltiples

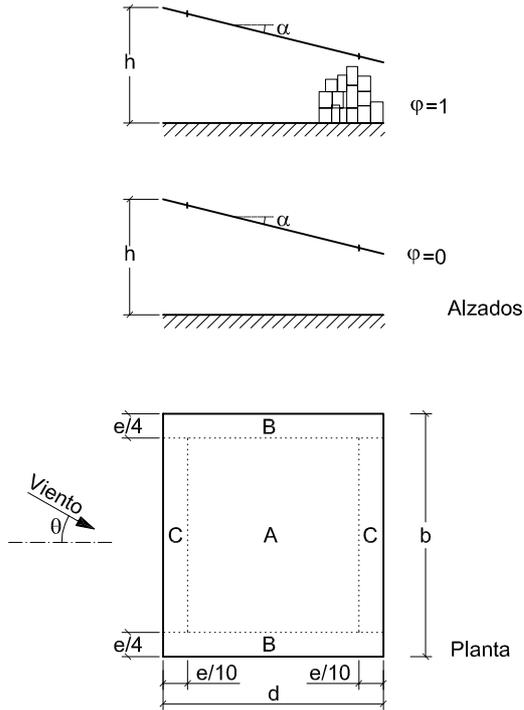


Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Notas:

- Los coeficientes de presión para cada par de faldones se podrán tomar de la tabla 2.4 relativa a cubiertas a dos aguas, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) anteriores.
- En el caso de la figura a) los coeficientes de presión c_{pe} correspondientes a los módulos extremos se podrán tomar de la tabla 2.3 relativa a cubiertas a un agua.

Tabla D.8 Marquesinas a un agua

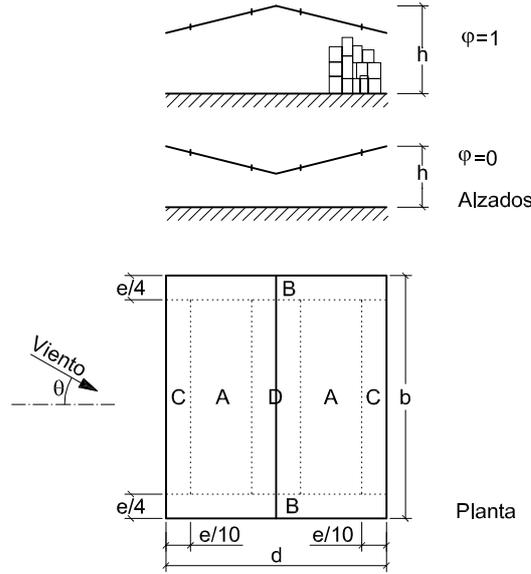


			Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para cualquier dirección del viento			
			Coeficientes de presión exterior			coeficientes globales
			$c_{p,10}$			$c_{g,1}^1$
			Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Superficie de aplicación
A	B	C				
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1	0,2
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4	-0,5
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2	-1,3
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3	0,4
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8	-0,7
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5	-1,4
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6	0,5
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1	-0,9
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7	-1,4
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8	0,7
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5	-1,1
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0	-1,4
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1	0,8
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9	-1,3
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0	-1,4
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3	1,0
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2	-1,6
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8	-1,4
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4	1,2
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6	-1,8
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7	-1,4

Notas:

- El grado de obstrucción del flujo del viento por debajo de una marquesina se caracteriza mediante el factor de obstrucción, φ , definido como la relación entre el área obstruida y el área de la sección total bajo la marquesina. Ambas áreas se consideran en un plano perpendicular a la dirección del viento.
- Los coeficientes de presión exterior y los coeficientes globales tienen en cuenta los efectos del viento actuando sobre ambas superficies, la superior y la inferior. Un valor negativo del coeficiente indica que la acción del viento tiende a levantar la marquesina, y un valor positivo lo contrario. Por regla general, a efectos del dimensionado de las marquesinas se deberán considerar ambas situaciones.
- Los coeficientes de presión exterior representan la máxima presión localizada sobre un área de por lo menos 10 m^2 . Los coeficientes de sustentación se podrán emplear en el dimensionado de los elementos de la cubrición y de sus fijaciones.
- A efectos del dimensionado de la estructura, la resultante de la acción del viento se admitirá actuando a una distancia de $d/4$, medida desde el borde de barlovento.
- Para factores de obstrucción con $0 < \varphi < 1$, los coeficientes de sustentación y de fuerza se podrán determinar mediante interpolación lineal.
- A sotavento del punto de máximo bloqueo, se emplearán los valores de los coeficientes de presión exterior correspondientes a un factor de obstrucción $\varphi=0$.
- Se deberán considerar, también, las fuerzas de rozamiento que puedan actuar sobre la marquesina.

Tabla D.9 Marquesinas a dos aguas

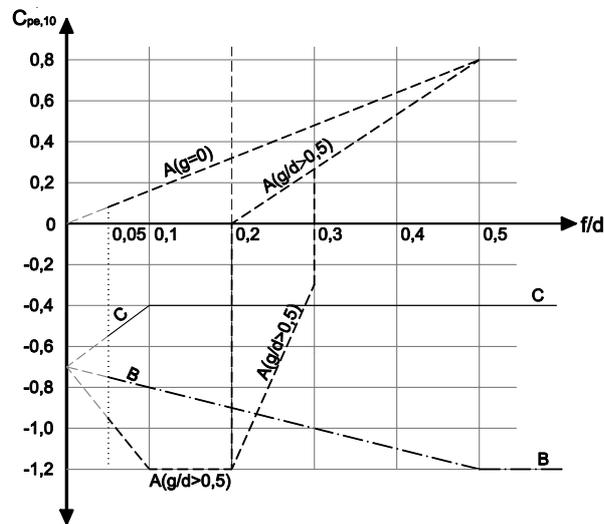
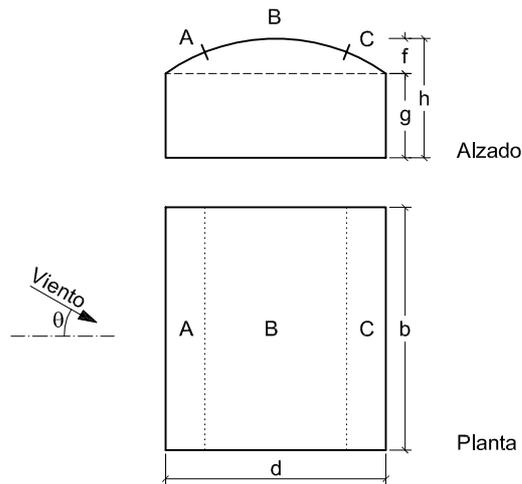


			Coeficientes de presión exterior y coeficientes globales para cualquier dirección del viento					
			Coeficientes de presión exterior				coeficientes globales	
			$C_{p,10}$				$C_{g,1}$	$C_{g,2}$
			Superficie de aplicación				Faldón 1	Faldón 2
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	A	B	C	D	Faldón 1	Faldón 2
-20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	1,6	0,6	1,7	0,7	0,7
	Arriba	0	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6	-0,7	-0,7
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6	-1,3	-1,3
-15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,5	0,7	1,4	0,5	0,5
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6	0,6	0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6	-1,4	-1,4
-10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,4	0,8	1,1	0,4	0,4
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6	-0,6	-0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6	-1,4	-1,4
-5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,5	0,8	0,8	0,3	0,3
	Arriba	0	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6	-0,5	-0,5
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6	-1,5	-1,5
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,8	1,3	0,4	0,3	0,3
	Arriba	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1	-0,3	-0,3
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5	-1,3	-1,3
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,7	1,8	1,4	0,4	0,4	0,4
	Arriba	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4	-0,7	-0,7
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8	-1,3	-1,3
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4	0,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8	-0,8	-0,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1	-1,3	-1,3
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4	0,6	0,6
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0	-0,9	-0,9
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1	-1,3	-1,3
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	1,9	1,6	0,5	0,7	0,7
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0	-1,0	-1,0
	Arriba	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0	-1,3	-1,3
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,3	1,9	1,6	0,7	0,9	0,9
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0	-1,0	-1,0
	Arriba	1	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0	-1,3	-1,3

Notas:

- El grado de obstrucción del flujo del viento por debajo de una marquesina se caracteriza mediante el factor de obstrucción, φ , definido como la relación entre el área obstruida y el área de la sección total bajo la marquesina. Ambas áreas se consideran en un plano perpendicular a la dirección del viento.
- Los coeficientes de presión exterior y los coeficientes globales tienen en cuenta los efectos del viento actuando sobre ambas superficies, la superior y la inferior. Un valor negativo del coeficiente indica que la acción del viento tiende a levantar la marquesina, y un valor positivo lo contrario. Por regla general, a efectos del dimensionado de las marquesinas se deberán considerar ambas situaciones.
- Los coeficientes de globales, c_g , representan la presión global sobre toda la marquesina y se podrán emplear a efectos del dimensionado de la estructura. Los coeficientes de presión exterior, $c_{p,10}$, representan la máxima presión localizada sobre un área de por lo menos 10 m^2 . Los coeficientes de sustentación se podrán emplear en el dimensionado de los elementos de la cubrición y de sus fijaciones.
- A efectos del dimensionado de la estructura, la resultante de la acción del viento sobre cada uno de los faldones se admitirá actuando en su centro. Además, se considerará también la situación en la que el viento actúa únicamente sobre uno de los dos faldones.
- Para factores de obstrucción con $0 < \varphi < 1$, los coeficientes de sustentación y de fuerza se podrán determinar mediante interpolación lineal.
- A sotavento del punto de máximo bloqueo, se emplearán los valores de los coeficientes de sustentación correspondientes a un factor de obstrucción $\varphi=0$.
- Se deberán considerar, también, las fuerzas de rozamiento que puedan actuar sobre la marquesina.

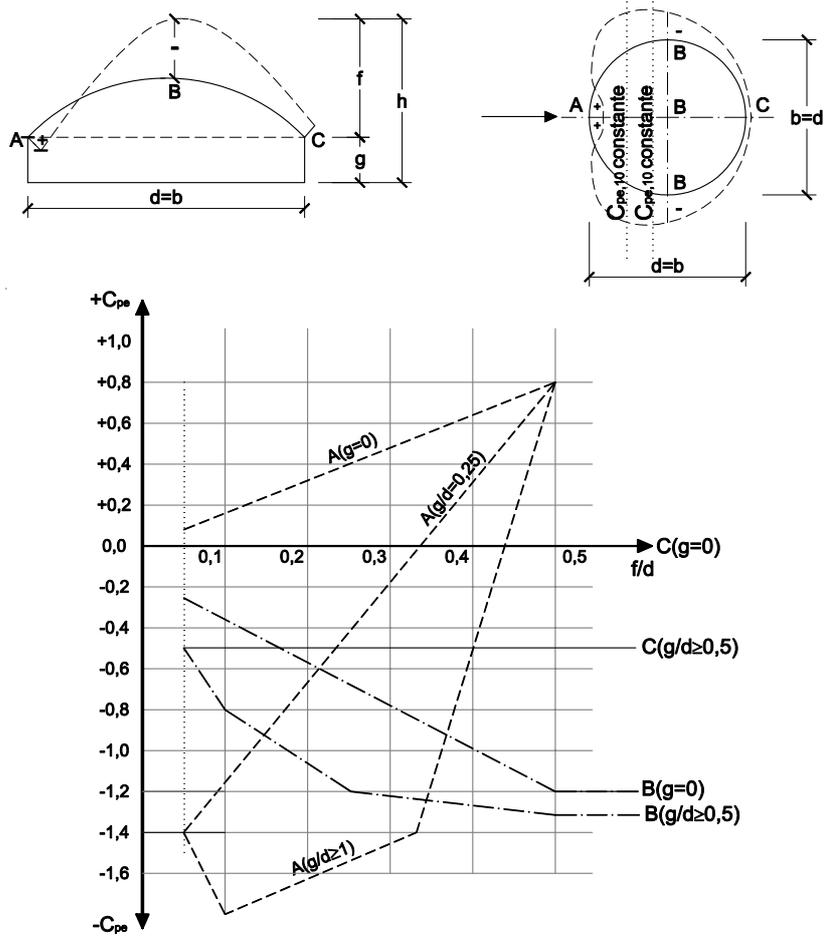
Tabla D.10 Bóvedas



Notas:

- Los coeficientes de presión para los paramentos verticales se determinarán de acuerdo con la tabla 2.1.
- Para $0 < g/d < 0,5$, el coeficiente de presión exterior, $c_{pe,10}$, correspondiente a la superficie, se obtendrá mediante interpolación lineal.
- Para $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ y $g/d \geq 0,5$, se adoptará el más desfavorable de los dos posibles valores del coeficiente de presión exterior, $c_{pe,10}$, correspondiente a la superficie A.

Tabla D.11 Cúpulas



Notas:

- $C_{pe,10}$ es constante a lo largo de cada uno de los arcos del círculo de intersección entre la esfera y los planos perpendiculares a la dirección del viento.
- Los valores de $C_{pe,10}$ a lo largo de los arcos de circunferencia paralelos a la dirección del viento se podrán determinar mediante interpolación lineal entre los valores en A, B, C..
- Para $0 < g/d < 1$ el coeficiente de presión exterior en A se obtendrá mediante interpolación lineal entre los valores indicados en la figura.
- Para $0 < g/d < 0,5$, los coeficientes de presión exterior en B y C se obtendrán mediante interpolación lineal entre los valores indicados en la figura.

D.2. Método para la determinación del coeficiente de exposición.

- 1 El coeficiente de exposición, para una altura z , se determinará a partir de la expresión (D.1):

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot \left[1 + \frac{7 \cdot k_T}{c_r(z)} \right] \quad (D.1)$$

siendo:

c_r coeficiente de rugosidad según la relación (D.2)

k_T factor del terreno según la tabla D.12

z altura de referencia

- 2 El coeficiente de rugosidad tiene en cuenta la variación de la velocidad media del viento en el emplazamiento de la estructura, en función de la altura sobre el terreno y de la rugosidad del mismo:
- para $z_{\min} \leq z \leq 200$ m

$$c_r(z) = k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (D.2)$$

- para $z < z_{\min}$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad (D.3)$$

siendo:

z_0 medida de la rugosidad del terreno según la tabla D.12

z_{\min} altura mínima según la tabla D.12

Tabla D.12 Descripción de las categorías del terreno y definición de los parámetros correspondientes

Categoría del terreno	k_T	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I Borde del mar o de un lago con una zona despejada (en la dirección del viento) de una extensión mínima de 5 km	0,151	0,002	-
II Terreno llano sin obstáculos de envergadura	0,169	0,01	1
III Zona rural con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones de pequeñas dimensiones	0,189	0,05	2
IV Zona urbana, industrial o forestal	0,214	0,3	5
V Centros de ciudad	0,233	1	10

D.3. Método para la determinación de la influencia de edificaciones de gran altura en las proximidades de la obra.

- 1 La influencia de un edificio de mayor altura que el edificio a dimensionar, se podrá determinar corrigiendo las alturas para las que se determina el coeficiente de exposición, mediante las expresiones (D.4), (D.5) y (D.6). En la figura D.1 se describen la altura del edificio a dimensionar, h_i , las dimensiones del edificio adyacente de mayor altura, d_1 , d_2 y h_r , la altura media de las estructuras colindantes, h_m , el radio, r , y la distancia x_i .

-para $x_i \leq r$

$$z = \frac{1}{2} \cdot r \quad (D.4)$$

- para $r < x_i < 2r$

$$z = \frac{1}{2} \left(r - \left(1 - \frac{2 \cdot h_i}{r} \right) (x_i - r) \right) \quad (D.5)$$

-para $x_i \geq 2r$

$z = h_i$

(D.6)

El radio, r , que interviene en estas relaciones se define como:

- para $h_r \leq 2 \cdot d_2$

$r = h_r$

- para $h_r > 2 \cdot d_2$

$r = 2 \cdot d_2$

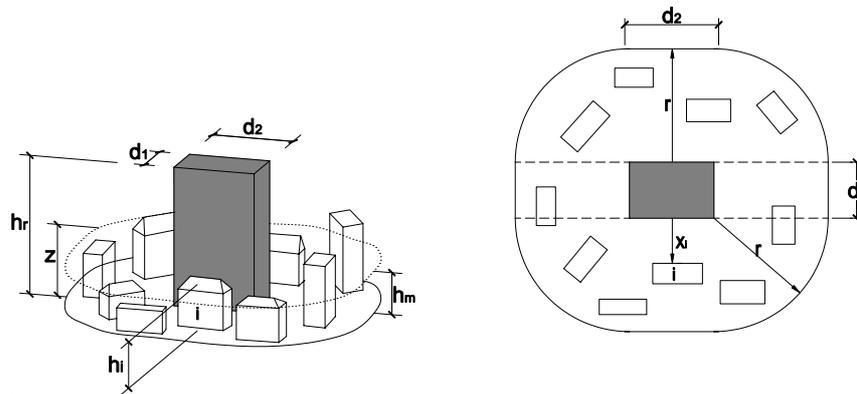


Fig. D.1. Influencia de un edificio de mayor altura sobre las estructuras adyacentes

D.4. Método para la determinación del coeficiente estructural

- 1 A partir de las figuras D.3 y D.4 se podrán determinar los coeficientes estructurales de edificios con secciones sensiblemente rectangulares, paredes verticales y una distribución uniforme de la rigidez y de la masa, en función de sus dimensiones y del material de construcción empleado. En ningún caso se tomará c_d menor que 0,85.
- 2 La tabla D.13 distingue, en función de la geometría de los edificios, tres casos para la determinación del coeficiente estructural.

Tabla D.13. Criterios para un análisis dinámico de los edificios

Caso	$h^{1)}$	$h/d^{2)}$	$h/b^{3)}$	Coeficiente estructural
1	<30 m	y < 4	y < 4	Según figuras D.2 y D.2
2	<100m	y <10	y < 10	Si, conforme a la figura D.4, el caso está situado en el rango de las estructuras insensibles frente a los efectos dinámicos: c_d se determina según las figuras D.2 y D.3 Si, conforme a la figura D.4, el caso está situado en el rango de las estructuras sensibles frente a los efectos dinámicos: c_d se debe determinar mediante un análisis detallado
3	>100m	ó >10	ó > 10	c_d se debe determinar mediante un análisis detallado

¹⁾ h altura del edificio.

²⁾ d dimensión del edificio en el sentido paralelo a la dirección del viento.

³⁾ b dimensión del edificio en el sentido perpendicular a la dirección del viento.

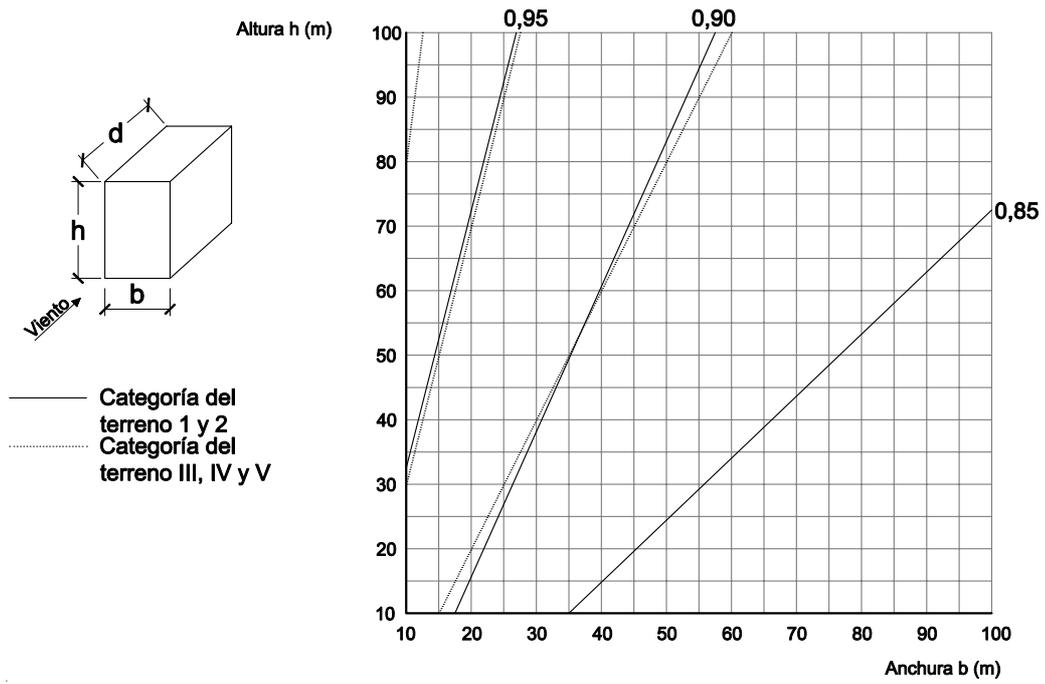


Fig. D.2. Coeficiente estructural para edificios de hormigón y de mampostería (con sección rectangular, paredes verticales y una distribución uniforme de la rigidez y de la masa), representado en función de la altura y de la anchura de la obra

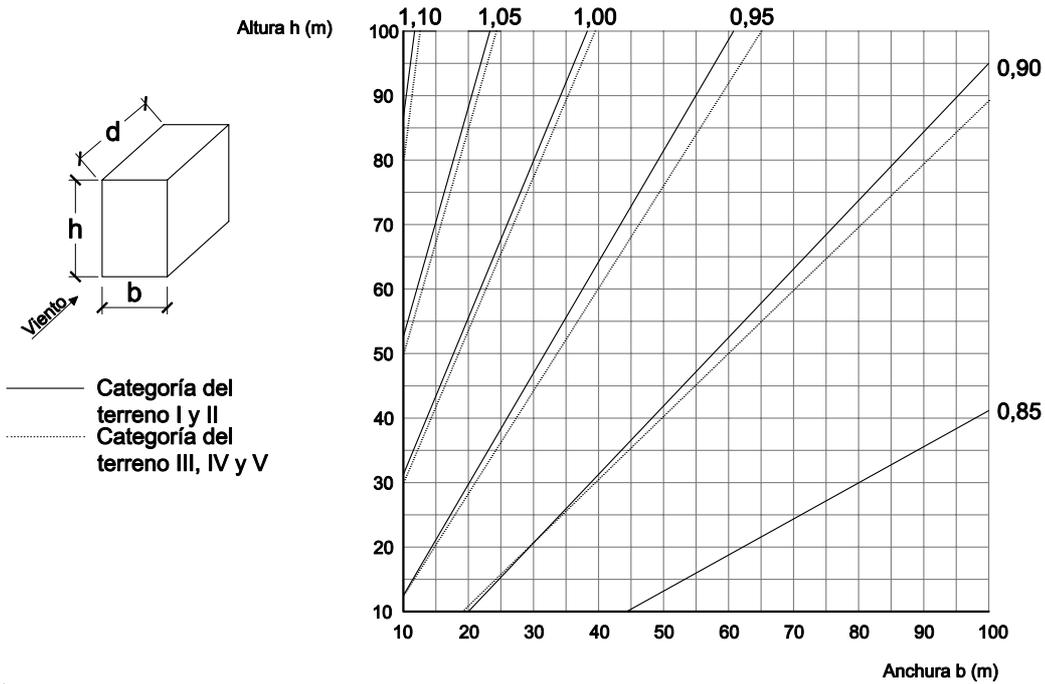


Fig. D.3. Coeficiente estructural para edificios de acero (con sección rectangular, paredes verticales y una distribución uniforme de la rigidez y de la masa), representado en función de la altura y de la anchura de la obra

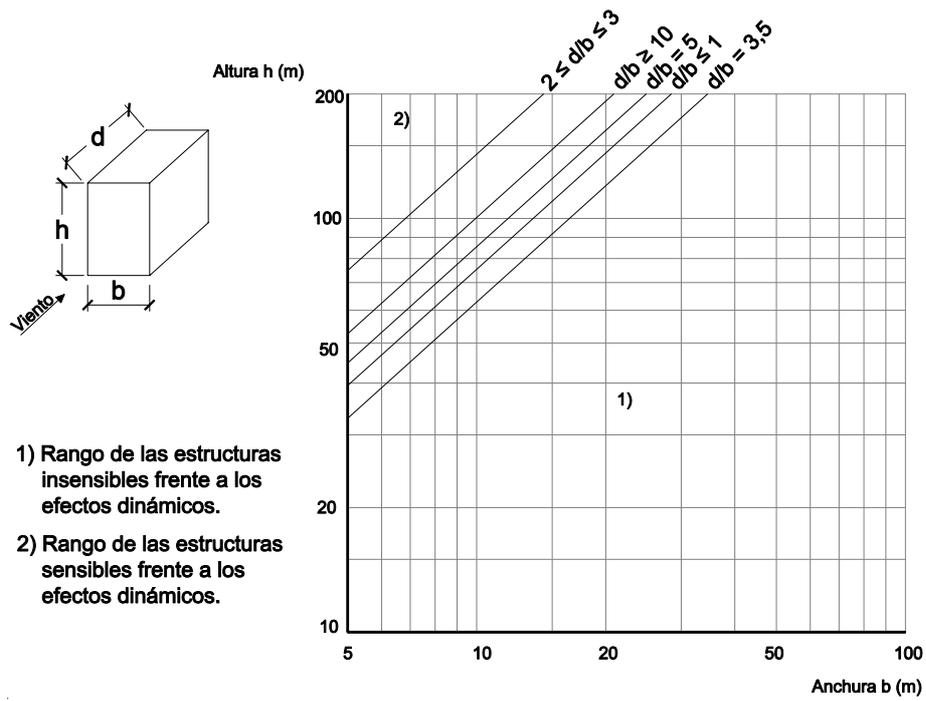
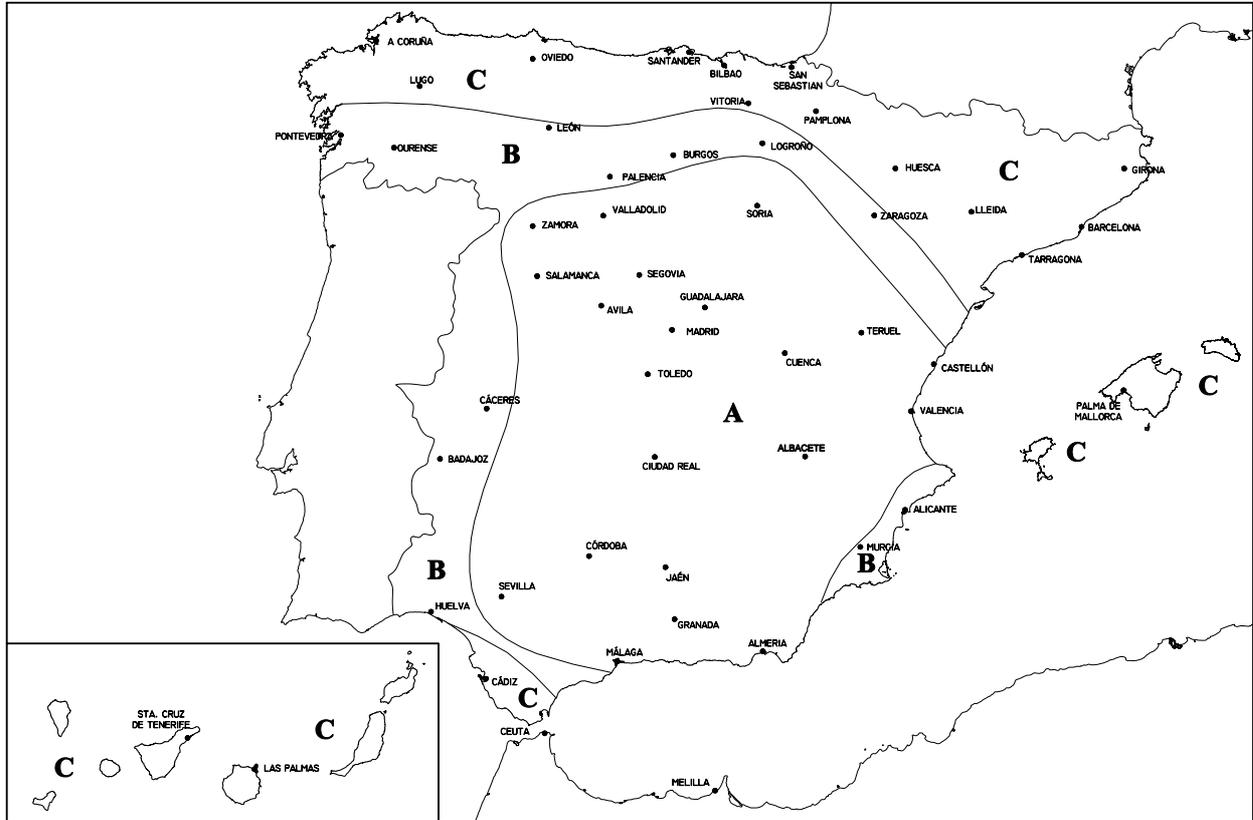


Fig. D.4 Diagrama para la estimación de la sensibilidad de edificios frente a los efectos dinámicos inducidos por el viento

Anejo E. Mapas relativos a las acciones climáticas

E.1 Viento



Zona	v _b
A	26
B	27
C	29

Fig. E.1 Isotacas para la determinación del valor básico de la velocidad del viento (V_b en [m/s])

E.2 Temperatura

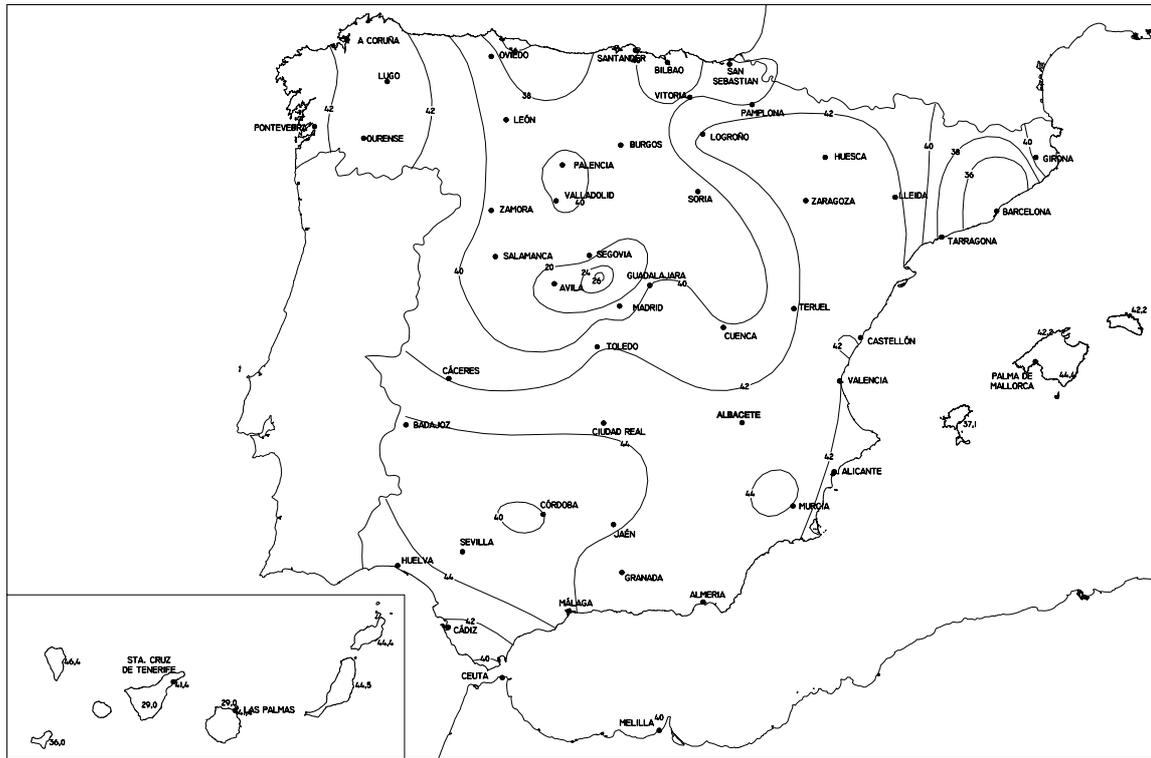


Fig. E.2 Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{max} en [°C])

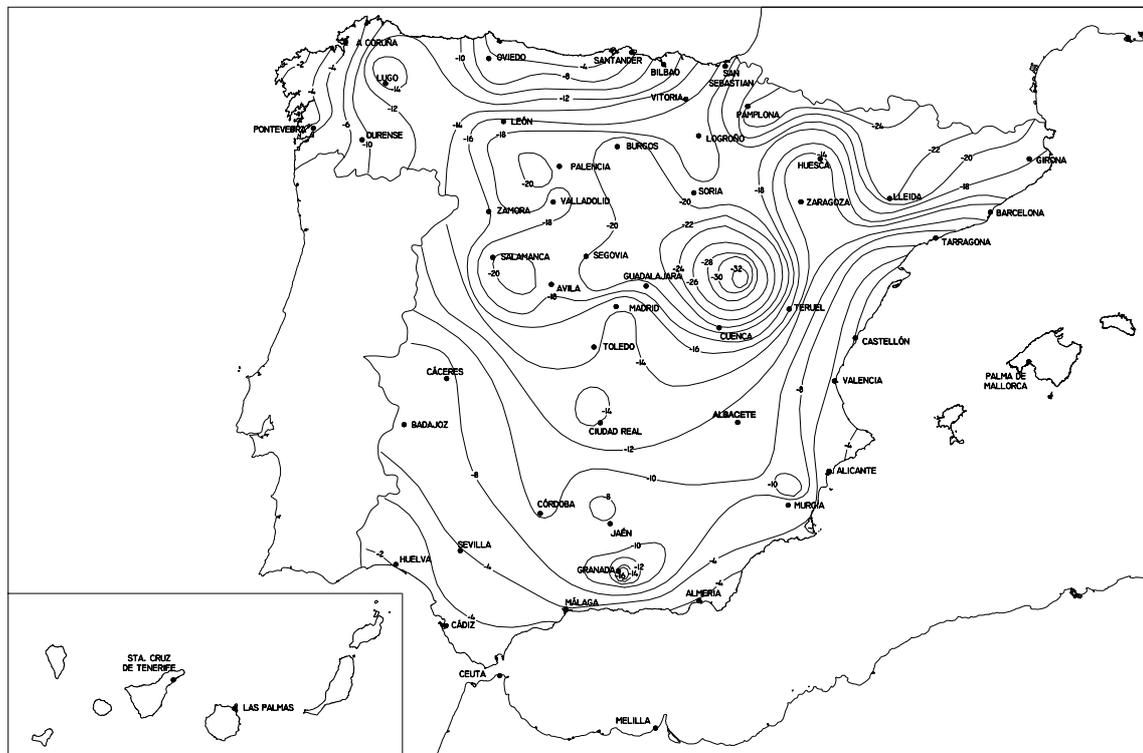


Fig. E.3 Isotermas de la temperatura anual mínima del aire (T_{min} en [°C])

E.3 Nieve



Fig. E.4 Zonas para la determinación de la carga de nieve sobre un terreno horizontal