

DOCUMENTO BÁSICO SE-AE ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (CTE)

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene un resumen del documento DB SE-AE Acciones en la Edificación del Código Técnico de la Edificación. Se redacta con el fin de facilitar su utilización en la asignatura Proyecto de estructuras de hormigón.

El campo de aplicación de la norma es la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE). No incluye las acciones del fuego (ver DB-SI del CTE), ni las acciones debidas al sismo (ver norma NCSR), ni las derivadas del peso y empuje del terreno (ver norma DB SE-C del CTE).

Clasifica las acciones en permanentes G (peso propio, pretensado, acciones del terreno), variables Q (sobrecarga de uso, viento, acciones térmicas, nieve) y accidentales A (sismo, incendio, impacto, ...).

Salvo que se indique lo contrario en dicha norma, todos los valores tienen el sentido de “valores característicos”.

2. ACCIONES PERMANENTES DEBIDAS AL PESO PROPIO

El valor característico G_k del peso de los elementos constructivos portantes y no portantes se obtendrá, en general, como su valor medio deducido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios.

El Anejo C del documento DB SE-AE incluye tablas con:

- Pesos específicos aparentes de materiales de construcción (tabla C.1)
- Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura (tabla C.2)
- Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación (tabla C.3)
- Peso por unidad de superficie de tabiques (tabla C.4)
- Peso de elementos constructivos (tabla C.5)
- Peso específico y ángulo de rozamiento de materiales almacenables y a granel (tabla C.6)

En general, en viviendas bastará con considerar como peso propio de la tabiquería una carga de 1.0 KN por cada m^2 de superficie construida, para tabiques ordinarios cuyo peso no sea superior a 1.2 KN/ m^2 ni su espesor mayor de 0.08m (ver apartado 2.1 del documento DB SE-AE para más detalles).

La acción del pretensado se evalúa a partir de lo establecido en la Instrucción EHE.

Las acciones debidas al empuje del terreno, se evalúan según establece DB SE-C (Seguridad estructural-Cimentaciones).

3. SOBRECARGA DE USO

Categorías de uso

- | | |
|---|--|
| A | Zonas residenciales |
| B | Zonas administrativas |
| C | Zonas de acceso al público |
| D | Zonas comerciales |
| E | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 KN) |
| F | Cubiertas transitables accesibles solo privadamente |
| G | Cubiertas accesibles únicamente para conservación |

Valores de las sobrecargas

Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. La Tabla 3.1 del documento DB SE-AE proporciona dos valores para cada categoría y subcategoría de uso, una sobrecarga uniformemente distribuida q_k (KN/ m^2) y una carga concentrada Q_k (KN) que, salvo en las zonas de tráfico y aparcamiento (categoría E), deberá considerarse independientemente y no de forma simultánea con ella, actuando en cualquier situación del elemento a comprobar bajo el efecto local de la misma.

PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Algunos valores incluidos en la tabla 3.1 son:

Categoría y subcategoría de uso	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
A1 Viviendas y zonas de habitaciones en hoteles y hospitales	2	2 (*)
A2 Trasteros	3	2 (*)
B Zonas administrativas	2	2 (*)
C1 Zonas de reunión con mesas y sillas	3	4 (*)
C2 Zonas de reunión con asientos fijos	4	4 (*)
C3 Vestíbulos de edificios públicos, salas de exposición, ...	5	4 (*)
C4 Gimnasios	5	7 (*)
C5 Salas de conciertos, estadios, ...	5	4 (*)
D1 Locales comerciales	5	4 (*)
D2 Grandes superficies, supermercados, ...	5	7 (*)
E Aparcamientos (vehículos ligeros < 30 kN)	2	20 (**)
F Cubiertas accesibles privadamente	1	2 (*)
G Cubiertas planas sólo accesibles para conservación	1	2 (*)

(*) Carga aplicada en una superficie de 50x50 mm

(**) Dos cargas $Q_k/2$ separadas 1.8 m, aplicadas en una superficie de 200x200 mm [ver más detalles en nota (1), Tabla 3.1, del DB SE-AE].

En las zonas de acceso y evacuación de edificios (portales, mesetas, escaleras) de los edificios de las categorías A y B, se incrementará el valor correspondiente en 1 kN/m².

En la comprobación local de balcones volados se añadirá una sobrecarga lineal en sus bordes de 2 kN/m. Las barandillas y petos se calcularán para resistir una fuerza horizontal aplicada a 1.2 m o sobre el borde superior, si éste está situado a menos altura, de valor comprendido entre 0.8 y 3.0 kN/m (ver tabla 3.2 bis del documento DB SE-AE).

Reducción de sobrecargas

Para el dimensionado de vigas y forjados en las categorías de uso A, B, C y D, la suma de las sobrecargas de uso correspondientes a una misma categoría de uso puede reducirse aplicando el coeficiente:

Superficie tributaria (m²)	16	25	50	100
Coeficiente	1.0	0.9	0.8	0.7

Para el dimensionado de soportes y muros en las categorías de uso A, B, C y D, sobre los que actúan sobrecargas de uso de diferentes plantas, la suma de las sobrecargas correspondientes a la misma categoría de uso pueden reducirse aplicando el coeficiente:

Número de plantas	≤ 2	3-4	≥ 5
Coeficiente	1.0	0.9	0.8

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

4. NIEVE

Los modelos de carga de este apartado solo cubren los casos de depósito natural de la nieve. En ciertos casos, será necesario prever la posible acumulación de la nieve.

En cubiertas planas de edificios situados en localidades de altitud inferior a 1000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1 kN/m². En otros casos, o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, como valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal q_n puede tomarse:

$$q_n = \mu s_k$$

siendo:

μ , **coeficiente de forma de la cubierta**, para tomar en consideración el depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas debido al viento. En cubiertas planas sin proximidad de faldones, etc, $\mu = 1$. En otros casos, ver apartado 3.5.3 "Coeficiente de forma" y 3.5.4 "Acumulaciones de nieve" del documento DB SE-AE.

s_k , **valor característico de la carga de nieve sobre terreno horizontal**, que depende de la altitud y de la zona climática en la que esté emplazado el edificio (Fig. E.2 y tabla E.2 del Anejo E del documento DB SE-AE).



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

En la tabla siguiente, se facilitan su valor para las capitales de provincia y ciudades autónomas:

Ciudad	Altitud (m)	s _k (KN/m ²)	Ciudad	Altitud (m)	s _k (KN/m ²)	Ciudad	Altitud (m)	s _k (KN/m ²)
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	S. Sebastián	0	0,3
Ávila	1130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense	130	0,4	Valencia	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria	520	0,7
Cuenca	1010	1,0	Palma	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona	450	0,7	Ceuta-Melilla	0	0,2

Cuando la construcción esté protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve podrá reducirse un 20%. Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto, el valor deberá aumentarse un 20%.

Para el cálculo de elementos volados de cubiertas de edificios situados a altitudes > 1000 m debe considerarse también una carga lineal p_n (KN/m) en el borde, debida a la formación del hielo, de valor:

$$p_n = 3 \mu^2 s_k$$

5. ACCIÓN DEL VIENTO

El CTE es de aplicación para edificios situados en altitudes ≤ 2000 m. No cubre los edificios de esbeltez superior a 6 en los que es preciso tomar en consideración los efectos dinámicos del viento.

La acción del viento perpendicular a la superficie de cada punto expuesto puede expresarse mediante la presión estática q_e de valor:

$$q_e = q_b C_e C_p$$

siendo:

q_b , la presión dinámica del viento. De forma simplificada, puede adoptarse el valor 0.5 KN/m^2 . Pueden obtenerse valores más precisos en el Anejo D del documento DB SE-AE, en función del emplazamiento geográfico de la construcción (ver mapa y tabla inferior):

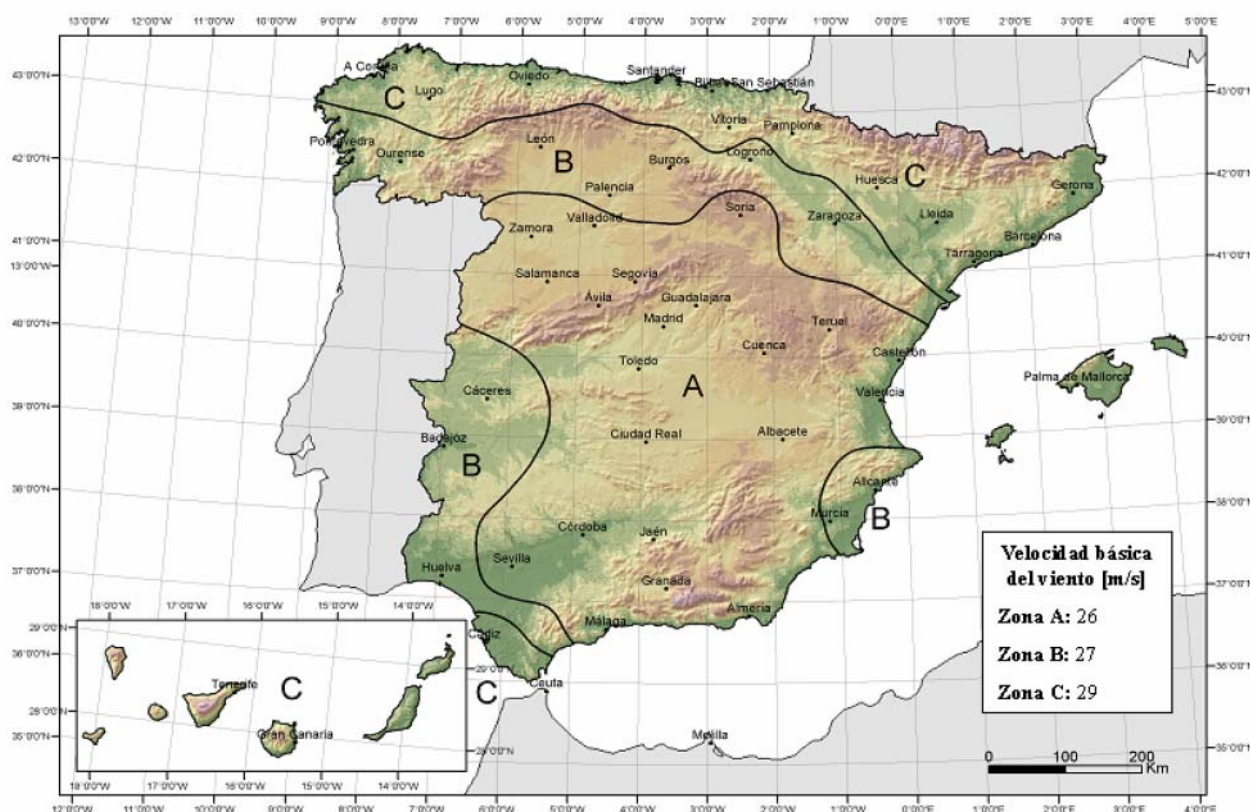


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

ZONA	Presión dinámica (KN/m ²)	Velocidad básica del viento (m/s y Km/h)
A	0.42	26 (93.6)
B	0.45	27 (97.2)
C	0.52	29 (104.4)

c_e , coeficiente de exposición que depende de la altura z del punto considerado y del grado de aspereza del entorno. Tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno.

	Grados de aspereza del entorno
Borde de mar o lago	I
Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	II
Zona rural accidentada o llana con obstáculos aislados (árboles, construcciones pequeñas, ...)	III
Zona urbana en general, industrial o forestal	IV
Centros de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.	V

En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2.0. En cualquier caso, los valores del coeficiente de exposición pueden obtenerse en la tabla adjunta y en el anejo D del documento DB SE-AE, en función de la altura del punto considerado y el grado de aspereza del entorno.

Tabla con valores del coeficiente de exposición

Entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
II	2.1	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
III	1.6	2.0	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1
IV	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6
V	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2.0

Expresiones y tabla del Anejo D para obtener el coeficiente de exposición

El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:			
$c_e = F \cdot (F + 7 k)$			(D.2)
$F = k \ln (\max (z, Z) / L)$			(D.3)
siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2			
Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno			
Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

c_p , coeficiente eólico o de presión dependiente de la forma y de la orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Un valor negativo indica succión.

En edificios de pisos, con forjados que conectan todas las fachadas a intervalos regulares, con huecos y ventanas pequeños practicables o herméticos, y compartimentados interiormente, para el análisis global de la estructura, bastará considerar coeficientes eólicos globales a barlovento y sotavento, aplicando la acción del viento a la superficie proyección del volumen edificado en un plano perpendicular a la acción del viento.

Coeficientes eólicos globales

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	≤ 5.00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7

Para otros casos, ver apartado 3.3.5 y anejo D del documento DB SE-AE.

Los edificios se comprobarán ante la acción del viento en todas las direcciones, independientemente de la existencia de construcciones medianeras contiguas, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales. Para cada dirección se debe considerar la acción en ambos sentidos.

Si se procede con un coeficiente eólico global, la acción se considerará aplicada con una excentricidad en planta del 5% de la dimensión máxima del edificio en el plano perpendicular a la dirección del viento considerada y del lado desfavorable.

La acción del viento genera además fuerzas tangenciales paralelas a la superficie. Se calculan como el producto de la presión exterior por el coeficiente de rozamiento, de valor igual a 0.01 si la superficie es muy lisa, por ejemplo de acero o aluminio, 0.02 si es rugosa como en el caso del hormigón, y 0.04 si es muy rugosa, como el en el caso de la existencia de ondas, nervaduras o pliegues. En las superficies a barlovento y sotavento no será necesario tener en cuenta la acción del rozamiento si su valor no supera el 10% de la fuerza perpendicular debida a la acción del viento.

6. ACCIÓN TÉRMICA

El documento DB SE-AE en su apartado 3.4.1 indica que no es necesario tener en cuenta la acción térmica en estructuras de edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, cuando se dispongan juntas de dilatación a una distancia máxima de 40 m.

Asimismo, facilita información sobre el cálculo de la acción térmica (apartado 3.4.2), tomando en consideración las temperaturas extremas (Anejo E) y el incremento de temperatura debido a la radiación solar en elementos expuestos a la intemperie (tabla 3.6).

7. ACCIONES ACCIDENTALES

Comprende las acciones debidas al sismo, incendio e impacto, aunque el sismo se define en la NSCE (Norma de construcción sismorresistente) y el incendio en DB-SI.

En el apartado 4.2 del documento DB SE-AE, se facilita información sobre la acción debida a los vehículos de protección contra incendios. En las zonas de tránsito de dichos vehículos, se considerará una acción de 20 kN/m^2 dispuestos en una superficie de 3 m de ancho por 8 m de largo, en cualquiera de las posiciones de una banda de 5 m de ancho, y las zonas de maniobra, por donde se prevea y se señalice el paso de este tipo de vehículos. Para la comprobación local de las zonas citadas, se supondrá, independientemente de lo anterior, la actuación de una carga de 45 kN, actuando en una superficie cuadrada de 200 mm de lado sobre el pavimento terminado, en cualquiera de sus puntos.

En el apartado 4.3 del documento DB SE-AE, se facilita información sobre el impacto de vehículos. Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes debidas al impacto de vehículos de hasta 30 kN de peso total, son de 50 kN en la dirección paralela a la vía y de 25 kN en la dirección perpendicular, no actuando simultáneamente.