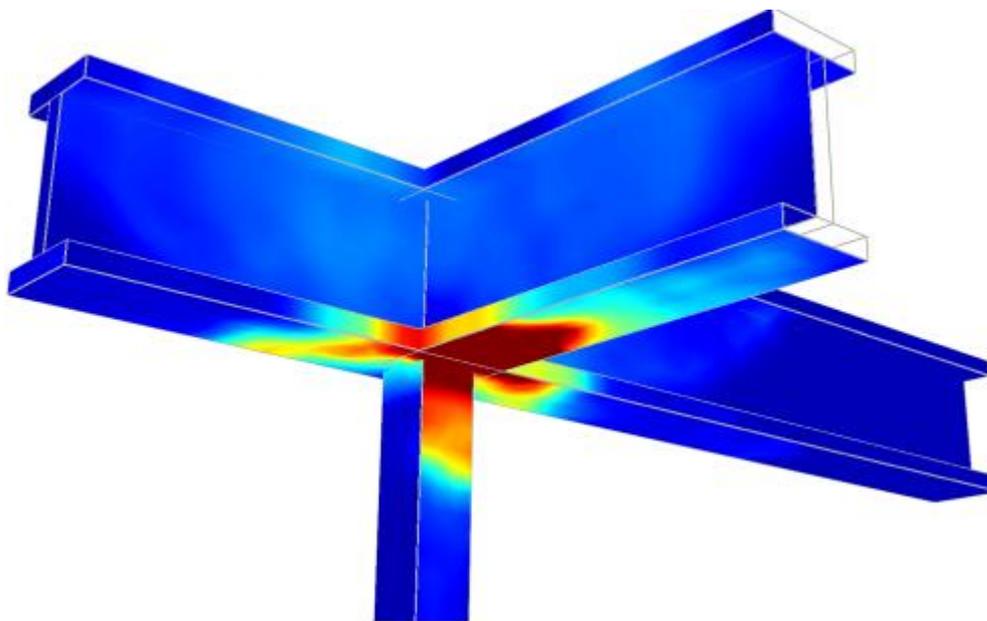




# TEMA 2. BASES DE CÁLCULO



**CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN  
DB SE: BASES DE CÁLCULO**



### 2.1 ESTRUCTURA Y CONTENIDOS DEL CTE

- **PRIMERA PARTE:** Exigencias de habitabilidad (requisitos de salubridad, protección al ruido y ahorro de energía) y seguridad (estructural, de utilización y frente a incendios).
- **SEGUNDA PARTE:** DBs o textos de carácter técnico que se encargan de trasladar a la práctica las exigencias de la primera parte. Incluyen límites, cuantificación de las exigencias básicas y relación de procedimientos que cumplen.
- **DOCUMENTOS RECONOCIDOS:** Tienen carácter técnico y son guías de buenas prácticas que sirven para facilitar la aplicación del CTE. Cuentan con el visto bueno del Ministerio.
  - Catálogo de elementos constructivos.
  - Programa LIDER para verificar la demanda energética.



- **DB SE:** Seguridad estructural.
  - **DB SE:** Bases de cálculo.
  - **DB SE-AE:** Acciones en la edificación.
  - **DB SE-A:** Estructuras de acero.
  - **DB SE-F:** Estructuras de fábrica.
  - **DB SE-M:** Estructuras de madera.
  - **DB SE-C:** Cimentaciones .
- **DB SI:** Seguridad en caso de incendio
- **DB SUA:** Seguridad de utilización y accesibilidad
- **DB HS:** Salubridad
- **DB HE:** Ahorro de energía
- **DB HR:** Protección frente al ruido.

**¿Es el CTE muy diferente a la normativa anterior?**

**La mayor parte de su contenido técnico es similar aunque es mucho más completo.**



## 2.2 DOCUMENTACIÓN

- En las bases de cálculo y, en su caso, en el anejo de cálculo se incluirá:

- a) El **periodo de servicio** previsto, si difiere de 50 años;
- b) Las **simplificaciones** efectuadas sobre el edificio para transformarlo en uno o varios modelos de cálculo, que se describirán detalladamente, indicando el tipo estructural adoptado para el conjunto y sus partes, las características de las secciones, tipo de conexiones y condiciones de sustentación;
- c) Las **características mecánicas** consideradas para los **materiales** estructurales y para el **terreno** que lo sustenta, o en su caso actúa sobre el edificio;
- d) La **geometría global** (especificando las dimensiones a ejes de referencia) y cualquier elemento que pueda afectar al comportamiento o a la durabilidad de la estructura;
- e) Las exigencias relativas a la **capacidad portante** y a la **aptitud al servicio**, incluida la **durabilidad**, si difieren de las establecidas en este documento;
- f) Las **acciones** consideradas, las **combinaciones** efectuadas y los **coeficientes de seguridad** utilizados;
- g) De cada tipo de elemento estructural, la **modalidad de análisis** efectuado y los **métodos de cálculo** empleados;
- h) En su caso, la modalidad de **control de calidad** previsto.



## 2.3 ESTADOS LÍMITE

Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguna de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.

### 2.3.1 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

- Son los que, **de ser superados, constituyen un riesgo para las personas**, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.
- Como estados límite últimos deben considerarse los debidos a:
  - Pérdida del **equilibrio** del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;
  - Fallo por **deformación excesiva**, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, **rotura** de sus elementos estructurales o de sus uniones, o **inestabilidad** de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).



### 2.3.2 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

- Los estados límite de servicio son los que, **de ser superados, afectan al confort** y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, **al correcto funcionamiento** del edificio o a la apariencia de la construcción.
- Como estados límite de servicio deben considerarse los relativos a:
  - Las **deformaciones** (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones.
  - Las **vibraciones** que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra.
  - Los **daños** o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.



## 2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:

- **Acciones permanentes (G):** Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.
- **Acciones variables (Q):** Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas (viento, térmicas y nieve).
- **Acciones accidentales (A):** Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.



## 2.5 VERIFICACIONES BASADAS EN COEFICIENTES PARCIALES

### 2.5.1 VERIFICACIONES DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Se considera que hay suficiente **estabilidad** del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$E_{d, dst} \leq E_{d, stb}$$

$E_{d, dst}$  es el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.

$E_{d, stb}$  es el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

Se considera que hay suficiente **resistencia** de la estructura portante, de un elemento estructural, sección, punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_d \leq R_d$$

$E_d$  es el valor de cálculo del efecto de las acciones.

$R_d$  es el valor de cálculo de la resistencia correspondiente.



### 2.5.1.1 COMBINACIÓN DE ACCIONES

- El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una **situación persistente o transitoria**, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Se considera la actuación simultánea de:
  - Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo incluido el pretensado.
  - Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo  $\gamma_{Q,i}$  debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en  $\psi_{0,i}$  distintos análisis;
  - El resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación .
- Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).
- El **valor de combinación** de una acción variable representa su intensidad en caso de que actúe simultáneamente con otra acción variable de intensidad extrema y actúe durante un determinado tiempo de referencia.
- El **valor frecuente** de una acción variable es aquel que se sobrepasa durante un 1% del tiempo de referencia.
- El **valor casi permanente** de una acción variable es aquel que se sobrepasa durante un 50% del tiempo de referencia.



# TEMA 2. BASES DE CÁLCULO



- El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una **situación extraordinaria**, se determina mediante combinaciones a partir de la expresión :

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$



$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.



### 2.5.2 VALOR DE CÁLCULO DE LA RESISTENCIA

La resistencia de cálculo,  $f_d$ , de los materiales implicados puede expresarse como cociente entre la resistencia característica,  $f_k$ , y el coeficiente de seguridad del material.



### 2.5.3 APTITUD AL SERVICIO

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las **deformaciones**, las **vibraciones** o el **deterioro**, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido.

#### 2.5.3.1 COMBINACIÓN DE ACCIONES

- Los efectos debidos a las acciones de **corta duración** que pueden resultar **irreversibles**, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Se considera la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor característico ;
- Una acción variable cualquiera, en valor característico, debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- El resto de las acciones variables, en valor de combinación.

- Los efectos debidos a las acciones de **corta duración** que pueden resultar **reversibles**, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Los efectos debido a las acciones de **larga duración** se determinan mediante:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$



### 2.5.3.2 FLECHAS

- Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- 1/300 en el resto de los casos.

- Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que 1/350.

- Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300

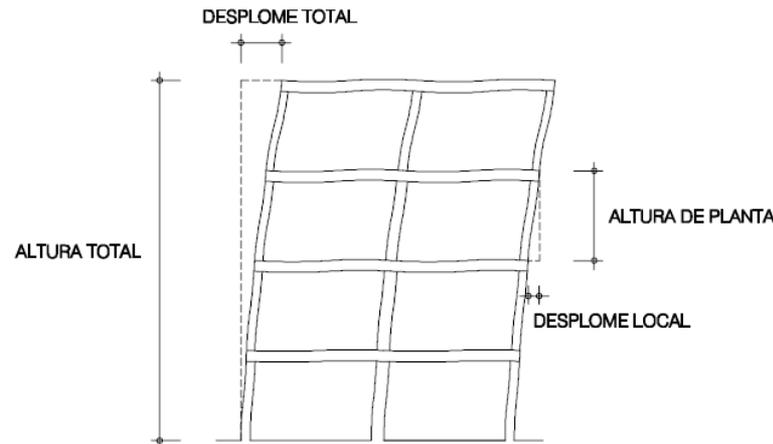


### 2.5.3.3 DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

- Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

- Desplome total:  $1/500$  de la altura total del edificio;
- Desplome local:  $1/250$  de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

- Cuando se considere la apariencia de la obra se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que  $1/250$ .





#### 2.5.3.4 VIBRACIONES

- Una planta de piso susceptible de sufrir vibraciones por efecto rítmico de las personas es suficientemente rígida si la frecuencia propia es mayor de:
  - 8 Hz, en gimnasios y polideportivos;
  - 7 Hz en salas de fiesta y locales de pública concurrencia sin asientos fijos;
  - 3,4 Hz en locales de espectáculos con asientos fijos.



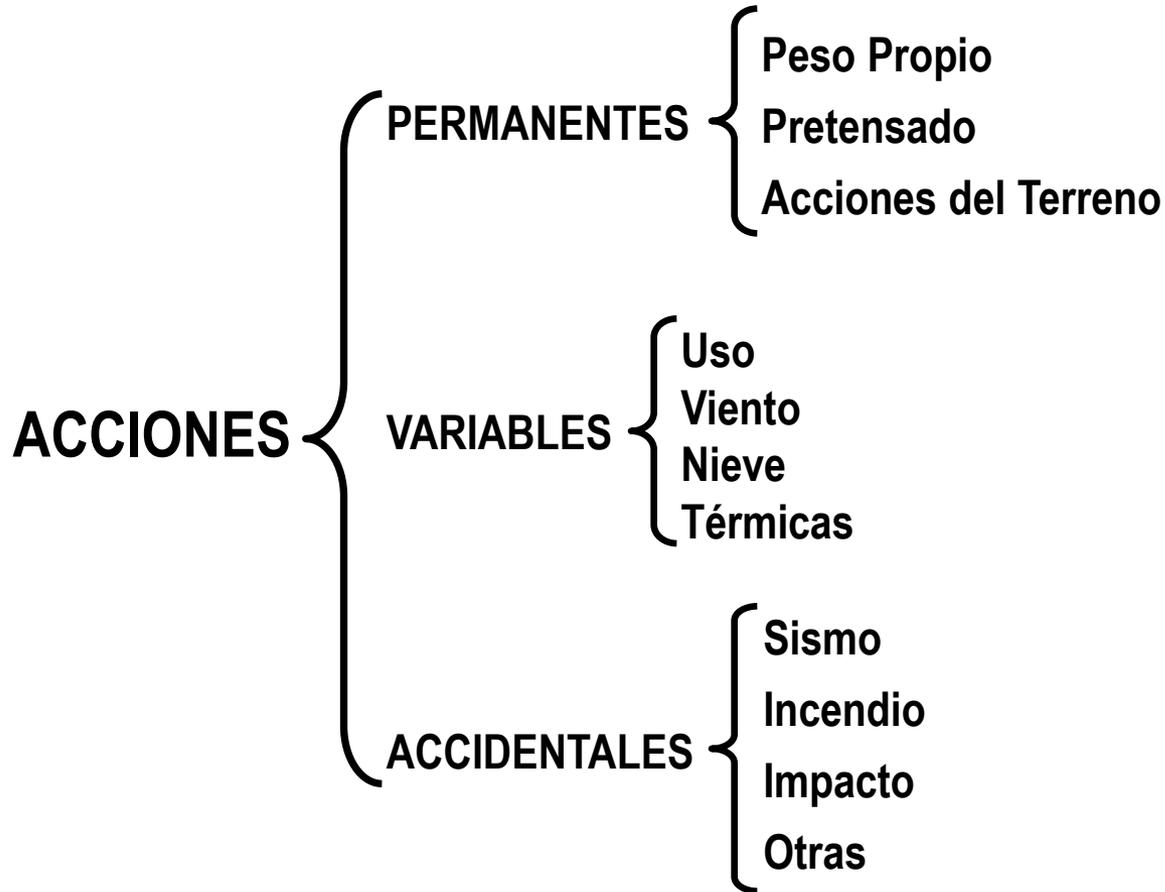
## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



**CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN  
DB SE- AE**



## 2.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

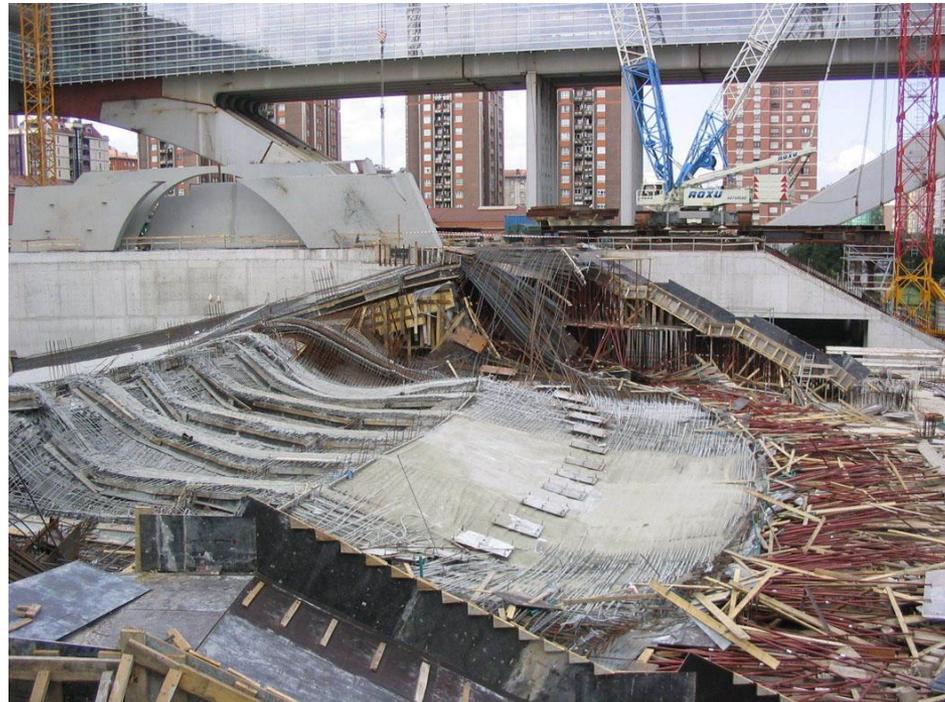




## 2.7 ACCIONES PERMANENTES

Son constantes en posición y/o magnitud durante toda la vida de la obra. -

- Peso propio de los elementos constructivos (fotografía inferior).
- Pretensado, según la EHE.
- Terreno, se evalúan y tratan según el DB SE-C.



*Desplome de grada durante su construcción*



## 2.7.1 PESO PROPIO

- Corresponde al **peso de elementos estructurales, cerramientos, revestimientos, rellenos, tabiques, carpinterías y equipos e instalaciones fijas** - En general, el valor característico de los cuatro primeros se obtiene **multiplicando la dimensión nominal por el peso específico medio del Anejo C**.
- El de los componentes industriales de su **ficha de características**.
- Las **fachadas** y elementos pesados descargan sobre el elemento que los soporta.
- En caso de **continuidad** con plantas inferiores se considerará, del lado de la seguridad, que la **totalidad de su peso gravita sobre sí mismo**.



*Instalaciones fijas en la cubierta de un edificio*



*Equipo de climatización*



## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



El peso de la tabiquería se simplifica considerándola como carga repartida:

- Para tabiques de espesor inferior a 0,08 m =  $0.8 \text{ kN/m}^2 \cdot (\text{superficie de tabiquería} / \text{superficie construida})$
- En general en viviendas puede tomarse  $1,0 \text{ kN/m}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie construida.
- Con los tabiques pesados se incrementa localmente multiplicando el exceso de  $1 \text{ kN/m}^2$  de tabique por su altura. Este exceso se considera carga linealmente repartida.

**EJEMPLOS:** Se pide determinar la carga de tabiquería en:

1º) Un piso con tabiques de ladrillo hueco de 6 cm.

Solución:  $100 \text{ kg/m}^2$

2º) Una vivienda de  $100 \text{ m}^2$  y 40 m.l. de tabiques tipo Pladur.

Solución =  $80 \cdot [(40 \times 2,7) / 100] = 86.4 \text{ kg/m}^2$

3º) Una vivienda unifamiliar tabicada con ladrillo hueco doble de 90 mm ( $130 \text{ kg/m}^2$ )

Solución =  $100 \text{ kg/m}^2 + 30. 2,7 \text{ kg /m}$

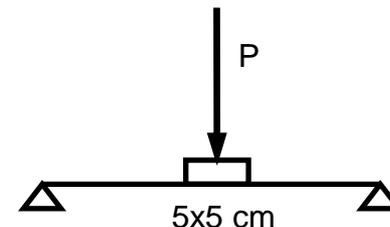
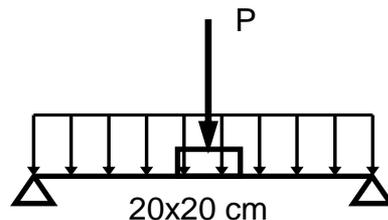


## 2.8 ACCIONES VARIABLES

Pueden variar en magnitud y posición a lo largo del tiempo.

**2.8.1 SOBRECARGA DE USO.-** Es el peso que gravita por razón del uso del edificio.

- Cuando es debida a equipos pesados o a la acumulación de materiales en bibliotecas, almacenes o industrias, debe determinarse de acuerdo con los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad. (Placa con el valor de la sobrecarga)
- Se simula aplicando una carga distribuida uniformemente de acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del edificio.
- Para comprobaciones locales de capacidad portante se considera una carga concentrada actuando en cualquier punto de la zona.
- En las zonas de uso de tráfico y aparcamiento de vehículos ligeros se considera actuando simultáneamente con la sobrecarga uniformemente distribuida.
- En el resto de los casos actúa de forma independiente y no simultánea





## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



- En zonas de acceso y evacuación de edificios residenciales y administrativos se incrementa el valor correspondiente a la zona servida en  $1 \text{ kN/m}^2$ .
- Los balcones volados de toda clase de edificios se calculan con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de uso con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de  $2 \text{ kN/m}$ .
- En porches, aceras y espacios de tránsito situados sobre un elemento portante o sobre un terreno que desarrolla empujes sobre otros elementos estructurales, se considerará una sobrecarga de uso de  $1 \text{ kN/m}^2$  si se trata de espacios privados y de  $3 \text{ kN/m}^2$  si son de acceso público.
- Todos los valores indicados ya incluyen el efecto de la alternancia de carga, salvo en el caso de elementos críticos como vuelos o zonas de aglomeración.
- A los efectos de combinación de acciones las sobrecargas de uso de cada tipo tendrán la consideración de acciones diferentes.

# TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		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
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

<sup>(1)</sup> Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 m. Alternativamente dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona de 3,0 kN/m<sup>2</sup> para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m<sup>2</sup> para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m<sup>2</sup> para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.

<sup>(2)</sup> En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.

<sup>(3)</sup> 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 G1 y G2.

<sup>(4)</sup> El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

<sup>(5)</sup> Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m<sup>2</sup>.

<sup>(6)</sup> Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m<sup>2</sup> y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.

<sup>(7)</sup> Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.





## 2.8.1.1 REDUCCIÓN DE SOBRECARGAS.-

Tabla 3.2 Coeficiente de reducción de sobrecargas

Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m <sup>2</sup> )			
1 o 2	3 o 4	5 o más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

## 2.8.2 ACCIONES SOBRE BARANDILLAS Y ELEMENTOS DIVISORIOS

- La estructura propia de las barandillas, petos, antepechos o quitamiedos de terrazas, miradores, balcones o escaleras deben resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida, y cuyo valor característico se obtendrá de la tabla inferior. La fuerza se aplica a 1,2 m del borde o sobre el borde si es más pequeño.

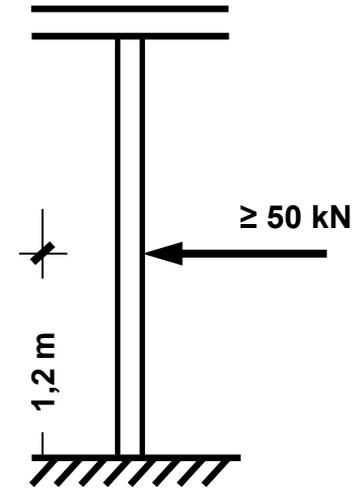
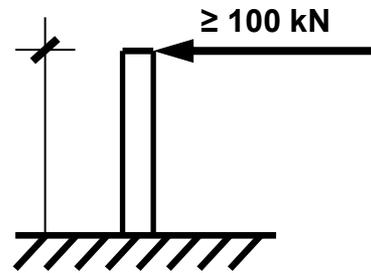
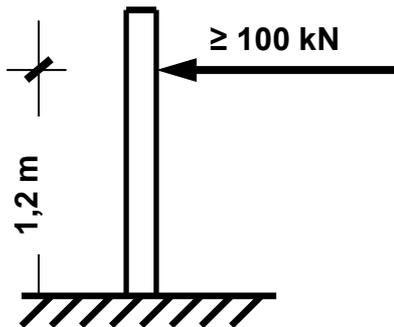
Tabla 3.2 Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios

Categoría de uso	Fuerza horizontal [kN/m]
C5	3,0
C3, C4, E, F	1,6
Resto de los casos	0,8





- En zonas de tráfico y aparcamiento deberán resistir una fuerza horizontal y uniforme aplicada según el uso y siempre  $\geq 100$  kN. La fuerza se aplica a 1,2 m del borde o sobre el borde si es más pequeño
- Los elementos divisorios, tales como tabiques, soportarán una fuerza horizontal igual a la mitad a la definida en párrafos anteriores.





## 2.8.3 VIENTO

- La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.
- En altitudes superiores a 2.000 m hay que obtener datos empíricos.
- Si la esbeltez en la construcción es superior a 6 deben tenerse en cuenta los efectos dinámicos.





## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



Tacoma Narrows Bridge (1940). Efecto dinámico del viento





## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



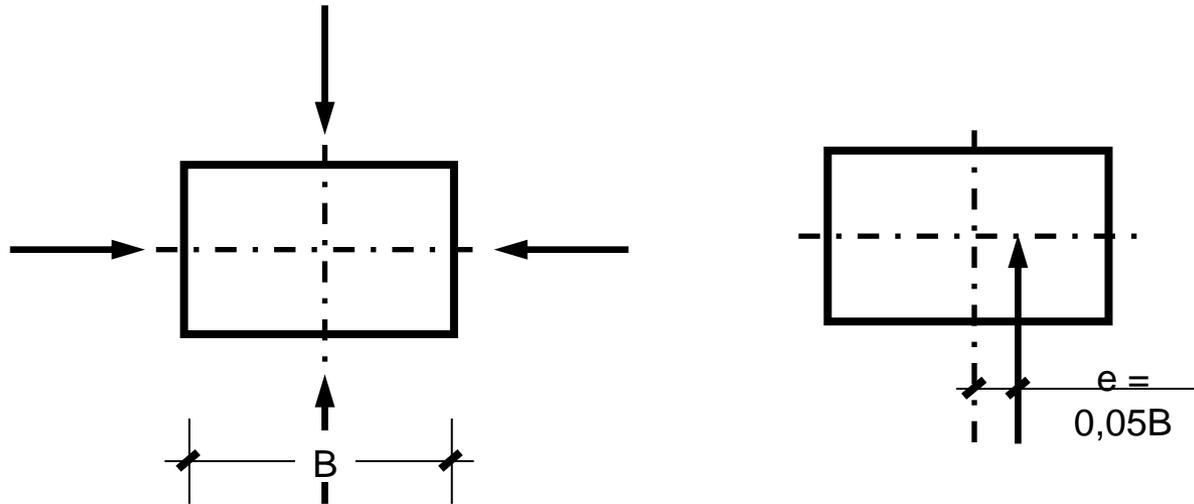
- La presión del viento incide como una fuerza perpendicularmente a la superficie de la cara del edificio y viene dada por la expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

$q_b$  = **Presión dinámica**, de valor  $0,5 \text{ kN/m}^2$ , o los valores más precisos del anejo D.

$c_e$  = **Coefficiente de exposición**, de valor 2 en edificios urbanos de hasta 8 plantas. En los restantes es variable con la altura y la aspereza del entorno.

$c_p$  = **Coefficiente eólico o de presión**, función de la forma y orientación de la superficie y la situación del punto respecto a los bordes.





# TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición  $c_e$

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
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	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 3.4 Coeficiente eólico en edificios de pisos

	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



# TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



- En **naves y construcciones diáfnas**, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento se individualiza en cada elemento de superficie exterior.
- Cuando en al menos dos de los lados del edificio el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.

Tabla 3.5 Coeficientes de presión interior

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

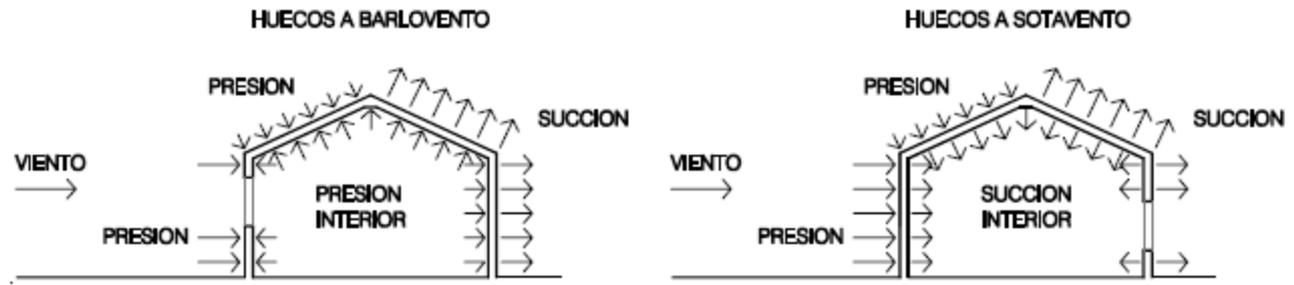


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Si el área de las aberturas de una fachada es el doble de las aberturas en el resto de las fachadas del edificio, se tomará  $cp_i = 0,75cp_e$ ; si es el triple  $cp_i = 0,9cp_e$  siendo  $cp_e$  el coeficiente eólico de presión exterior. En casos intermedios se interpola linealmente-

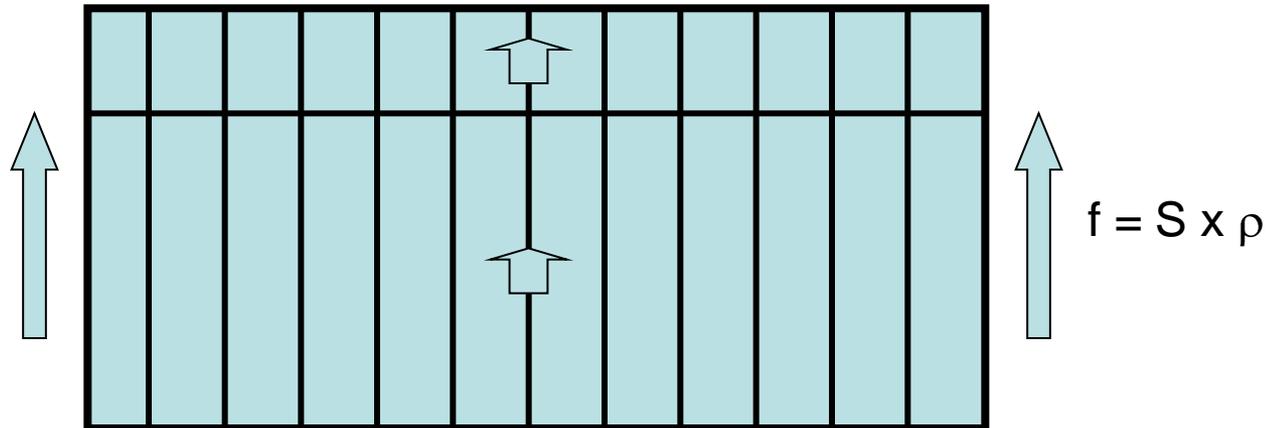


## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



El viento genera **además fuerzas tangenciales paralelas a la superficie**, producto de la presión exterior por el coeficiente de rozamiento  $r$ , de VALOR:

- 0,01 en caras lisas (metálica).
- 0,02 si es rugosa (hormigón).
- 0,04 si es muy rugosa (nervada).



Si su valor no supera el 10% de la fuerza perpendicular del viento se desprecia.



### 2.8.4 CARGAS TÉRMICAS.-

- Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. Su magnitud depende de las condiciones climáticas, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales, los acabados o revestimientos, del régimen de calefacción y del aislamiento térmico.
- Las variaciones de temperatura generan deformaciones de todos los elementos constructivos y, en particular, de los estructurales. Si se impiden producen tensiones en los elementos afectados.
- En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan **juntas de dilatación** de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud.



### 2.8.4.1 CÁLCULO DE LA ACCIÓN TÉRMICA

- El efecto global de la acción térmica puede obtenerse a partir de la variación de temperatura media de los elementos estructurales para los efectos de verano y de invierno a partir de una temperatura de referencia cuando se construyó el elemento. Puede tomarse como la media anual del emplazamiento o 10°C.
- Las temperaturas ambiente extremas pueden obtenerse del Anejo E.
- Como temperatura mínima se adoptará la extrema del ambiente para los elementos expuestos a la intemperie.
- Como temperatura máxima en verano se adoptará la extrema del ambiente incrementada en la procedente del efecto de la radiación solar.

Tabla 3.6 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C



### 2.8.5 CARGA DE NIEVE.-

- La distribución y la intensidad depende del clima, de la precipitación, del entorno, la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.
- Los modelos de carga de este apartado sólo cubren los casos del depósito natural de la nieve.
- Se considerarán posibles acumulaciones.
- Se tendrán en cuenta condiciones constructivas que faciliten su acumulación.





### 2.8.5.1 DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE NIEVE.-

- En cubiertas planas y para altitudes inferiores a 1.000 m, basta tomar 1,0 kN/m<sup>2</sup> en proyección horizontal.

- La carga de nieve  $q_n$  por m<sup>2</sup> en proyección horizontal puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

$\mu$  es coeficiente de forma de la cubierta.

$s_k$  es el valor característico de la carga de nieve en un terreno horizontal.

- Si la cubierta está protegida o expuesta, podrá reducirse o aumentarse en un 20%.

- A más de 1000 m, en el borde de voladizos, se incluye, además, una carga lineal

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

- La carga en elementos que impidan el deslizamiento de la nieve puede deducirse a partir de la masa que puede deslizar, tomando un coeficiente de rozamiento nulo.



## 2.8.5.1.1 CARGA DE NIEVE $s_k$ SOBRE UN TERRENO HORIZONTAL

Tabla 3.7 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebastián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	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 / Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2







## TEMA 2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN



...de la altitud topográfica del lugar.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

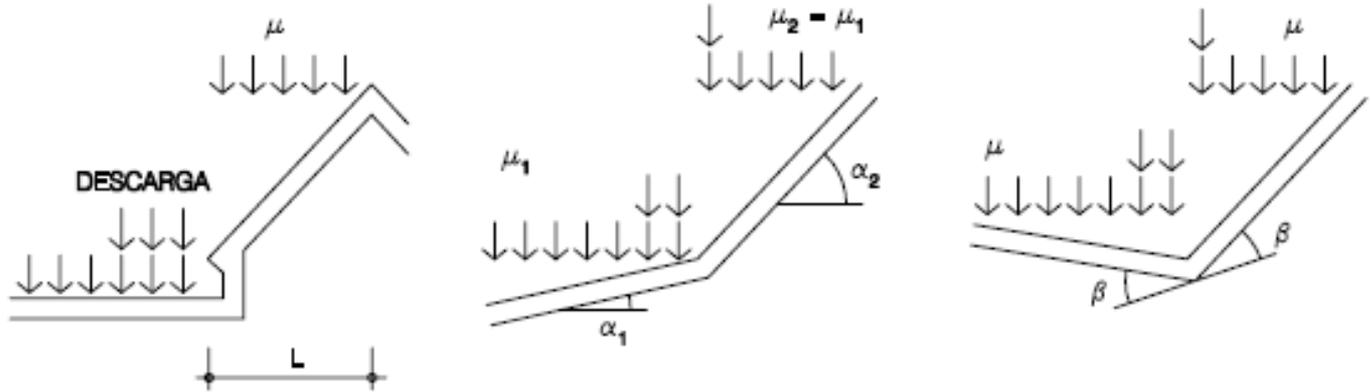
Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	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 altitudes por encima de 2200 m se toma la dada por la ordenanza municipal si existe o se establece a partir de los datos empíricos disponibles.
- El peso específico de la nieve acumulada es igual a 0.12, 0.20 ó 0.40 kN/m<sup>3</sup> según sea nieve recién caída, prensada y empapada o mezclada con granizo.



## 2.8.5.1.2 VALOR DEL COEFICIENTE DE FORMA $\mu$

- En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el factor de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que  $30^\circ$  y 0 para cubiertas con inclinación de mayor o igual que  $60^\circ$  (para valores intermedios se interpolará linealmente). Si hay impedimento, se tomará  $\mu = 1$  sea cual sea la inclinación.
- Faldón limitado inferiormente con una limahoya
  - a) Si el faldón sucesivo está inclinado en el mismo sentido, como factor de forma del de encima se tomará el correspondiente a la inclinación del de debajo.
  - b) si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones,  $\beta$ , es mayor de  $30^\circ$ , el factor de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será  $\mu = 1 + \beta/30^\circ$



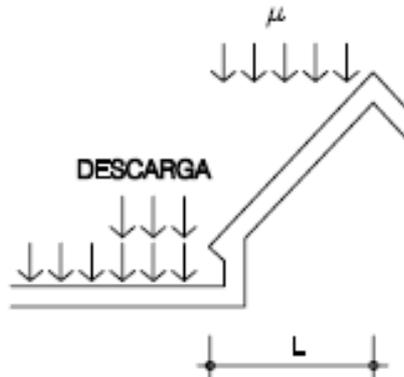


## 2.8.5.2 ACUMULACIÓN DE NIEVE

-Los faldones con  $\mu < 1$  ocasionan acumulaciones si hay limahoyas o cambios de nivel. La descarga total por unidad de longitud,  $p_d$ , puede evaluarse como:

$$p_d = (1 - \mu) \cdot L \cdot s_k$$

L proyección horizontal de la recta de máxima pendiente.





## 2.9 ACCIONES ACCIDENTALES

**2.9.1 ACCIONES SÍSMICAS.-** Reguladas en la NCSE.

**2.9.2 INCENDIO.-** Quedan definidas en el DB SI Seguridad en caso de incendio.

- En las zonas de tránsito de vehículos contra incendios se considera una acción de  $20 \text{ kN/m}^2$  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.

- También ha de considerarse una carga puntual de 45 kN sobre una superficie de  $20 \times 20 \text{ cm}$  actuando en cualquier punto de las zona anterior





### 2.9.3 IMPACTO

- Depende de la **masa**, de la **geometría** y de la **velocidad** del cuerpo impactante, así como de la **capacidad de deformación** y de **amortiguamiento** tanto del cuerpo como del elemento contra el que impacta.
- Se representa mediante una fuerza estática equivalente a los parámetros anteriores.

#### 2.9.3.1 IMPACTO DE VEHÍCULOS

- El impacto desde el exterior se ubica donde lo contemple la Ordenanza Municipal.
- El impacto desde el interior se considera en todas las zonas donde se prevé que circulen.
- Impacto de vehículos de hasta 30 kN de peso.- Se consideran dos fuerzas no simultáneas: una de 50 kN actuando paralela a la vía y otra de 25 kN actuando en la dirección perpendicular.
- Zona de aplicación de la carga.- A 0,60 m de altura en una banda de 1,50×0,25 m.
- En carretillas elevadoras la carga será cinco veces el PMA.
- Zona de aplicación de la carga.- A 0,75 m de altura o variable según la forma de la carretilla. En una banda de 1,50×0,40 m.

#### 2.9.4 OTRAS ACCIONES ACCIDENTALES

- En fábricas químicas, laboratorios o almacenes de materiales explosivos se hará constar en el proyecto las acciones accidentales específicas consideradas, indicando su valor característico y su modelo.

