

## TEMA 3

# **BASES DE CÁLCULO**

CE, Anejo 18 “Bases de cálculo”

1. ACCIONES
2. VALORES CARACTERÍSTICOS
3. VALORES DE CÁLCULO
4. ESTADOS LÍMITE
5. EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD
6. SITUACIONES DE PROYECTO
7. HIPÓTESIS DE COMBINACIÓN DE ACCIONES
8. VALORES DE ACCIONES SEGÚN EL CTE DB SE-AE

# 1. ACCIONES

## • DEFINICIÓN

Es la influencia que, sola o en conjunto con otras, es capaz de provocar tensiones y/o deformaciones en las estructuras

## • CLASIFICACIÓN POR SU NATURALEZA

- Directas (producidas por fuerzas aplicadas sobre la estructura)

- Peso propio
- Carga muerta
- Sobrecarga de uso

- Indirectas (deformaciones o aceleraciones impuestas)

- Térmica
- Asiento diferencial (descenso de apoyo)
- Sísmica

## • CLASIFICACIÓN POR SU VARIACIÓN EN EL ESPACIO

- Fijas (posición y distribución fija)

- Peso propio
- Carga muerta

- Libres (posición y distribución variable)

- Sobrecarga de uso

## • CLASIFICACIÓN POR SU VARIACIÓN EN EL TIEMPO

- **Permanentes (G)** (constantes en magnitud y posición; **actúan siempre**)

- Peso propio
- Carga muerta
- Accesorios y equipamiento fijo

- **Variables (Q)** (variables en magnitud y posición; **pueden actuar o no**)

- Sobrecargas (de ejecución, de instalaciones, de uso)
- Acciones climáticas (nieve, viento, temperatura)
- Acciones debidas al proceso constructivo

- **Accidentales (A)** (magnitud considerable; actuación poco probable y de corta duración)

- Impacto, explosión, ...
- Sísmica

Nota: El impacto, la nieve, el viento y el sismo pueden ser acciones variables o accidentales, dependiendo de la información disponible sobre su distribución estadística.

- **Sísmica (A<sub>E</sub>)** (acción accidental que, dada su importancia, tiene su propia clasificación)

## • CLASIFICACIÓN POR LA RESPUESTA ESTRUCTURAL

- **Estáticas** (no causan aceleración significativa en la estructura)

- **Dinámicas** (causan aceleración significativa en la estructura)

Ejemplo: viento, impacto, sismo

Simplificadamente pueden modelizarse mediante fuerzas estáticas equivalentes

## 2. VALORES CARACTERÍSTICOS

### • VALOR CARACTERÍSTICO DE UNA ACCIÓN ( $F_k$ )

- Principal valor representativo de una acción.
- Presenta un nivel de confianza (suele ser el 95 %) o probabilidad de no ser superado durante un periodo de referencia (el utilizado como base para la evaluación estadística de acciones variables y accidentales, que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la situación de proyecto).

### • VALOR DE CONCOMITANCIA DE UNA ACCIÓN VARIABLE ( $\Psi Q_k$ )

Valor de una acción variable que acompaña a la acción principal en una combinación

*Valor de combinación  $\Psi_0 Q_k$*  (valor tal que la probabilidad de superación de la combinación sea similar a la del valor característico de una acción individual)

*Valor frecuente  $\Psi_1 Q_k$*  (valor superado en un tiempo total que suponga una parte pequeña del periodo de referencia ~ 1 %)

*Valor cuasi-permanente  $\Psi_2 Q_k$*  (valor superado en un tiempo total que suponga una parte importante del periodo de referencia ~ 50 %)

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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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.

Fuente: CTE DB SE, 2006

- **VALOR REPRESENTATIVO DE UNA ACCIÓN VARIABLE ( $F_{rep}$ )**

- El utilizado para la verificación de un estado límite.
- Puede ser un valor característico ( $F_k$ ) o un valor concomitante ( $\Psi Q_k$ ).

- **RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ( $R_k$ )**

- Presenta un nivel de confianza del 95 % (probabilidad de que se presenten valores superiores al característico durante el periodo de referencia)
- Es el valor utilizado en el proyecto para la resistencia como base de los cálculos (los valores de  $f_y$  y  $f_u$  de la Tabla 83.1.d o de la Tabla A22.3.1)

### **3. VALORES DE CÁLCULO**

- **VALOR DE CÁLCULO DE UNA ACCIÓN ( $F_d$ )**

$$F_d = \gamma_f F_{rep}$$

$\gamma_f$  coeficiente parcial de seguridad

- **RESISTENCIA DE CÁLCULO ( $R_d$ )**

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

**En general, para el límite elástico:**

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M}$$

$\gamma_M$  coeficiente parcial de seguridad del material

**En comprobaciones de resistencia última del material o de la sección:**

$$f_{ud} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$\gamma_{M2}$  coeficiente de seguridad para resistencia última

## 4. ESTADOS LÍMITE



### • DEFINICIÓN

Aquellas situaciones que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido

### • CLASIFICACIÓN

#### 1) Estados Límite Últimos (ELU) Regla nemotécnica: Emplear valores mayorados

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.

A nivel estructura son:

- \* Pérdida de equilibrio (o pérdida de estabilidad)
- \* Pandeo global (o inestabilidad de la estructura)
- \* Formación de mecanismos por generación de rótulas plásticas

A nivel elemento estructural son:

- \* Pandeo local (o inestabilidad de un elemento)
- \* Abolladura de chapas

A nivel sección son:

- \* Agotamiento
- \* Rotura frágil
- \* Fatiga

A otros niveles son:

- \* Fallos en las uniones
- \* Fallos en los apoyos
- \* Fallos en la cimentación

Dos grandes grupos de ELU:

- **Resistencia** (transformación de la estructura -o parte- en mecanismo, inestabilidad de elementos, rotura de elementos o uniones)
- **Estabilidad** (pérdida del equilibrio de la estructura o de una parte independiente)

#### 2) Estados Límite de Servicio (ELS) R. nemotécn.: Emplear valores sin mayorar



Afectan al **confort** de las personas, al correcto **funcionamiento** de la estructura o a la **apariencia** de la construcción

- \* Deformaciones
- \* Vibraciones
- \* Deterioro (excesiva corrosión)

## **5. MÉTODO COEFICIENTES DE SEGURIDAD**

### **• GENERALIDADES**

Es un método semiprobabilista o Nivel 1 de diseño:

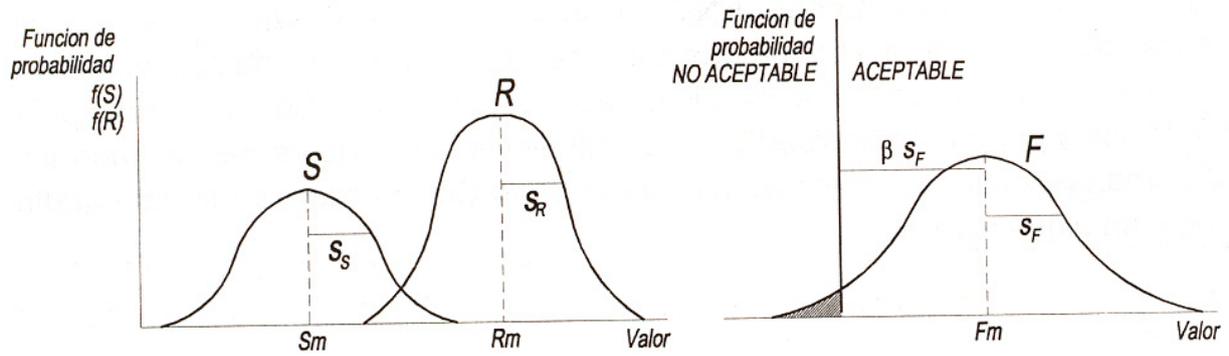
- Introducen en el cálculo unos valores numéricos únicos asociados a un determinado nivel de probabilidad (valores característicos)
- Atribuye los efectos de las causas de error a dos factores:

#### 1) Propiedades resistentes:

- √ Resistencia diferente de la prevista
- √ Dimensiones reales de las piezas no ajustadas suficientemente a las teóricas
- √ Deterioro de la estructura debido a cargas repetidas
- √ Corrosiones
- √ Inadecuado control de calidad
- √ Análisis de la estructura no ajustado debidamente a su comportamiento
- √ Errores e imperfecciones de los trabajos realizados en taller y en el montaje

#### 2) Valor de las acciones:

- √ Lluvias torrenciales
  - √ Nevadas excepcionales
  - √ Vientos huracanados
  - √ Seísmos que generen cargas muy superiores a las previstas
- El método pondera los valores característicos de resistencias y acciones mediante unos coefs. seg. para tener en cuenta el resto de factores aleatorios.
  - Los coeficientes de seguridad no tienen en cuenta la influencia de errores humanos groseros. Estos deben evitarse mediante una dirección de obra, utilización, inspección y mantenimiento adecuados.



Curvas de distribución de Solicitaciones y Respuestas

Función de fiabilidad:  $F = R - S \geq 0$

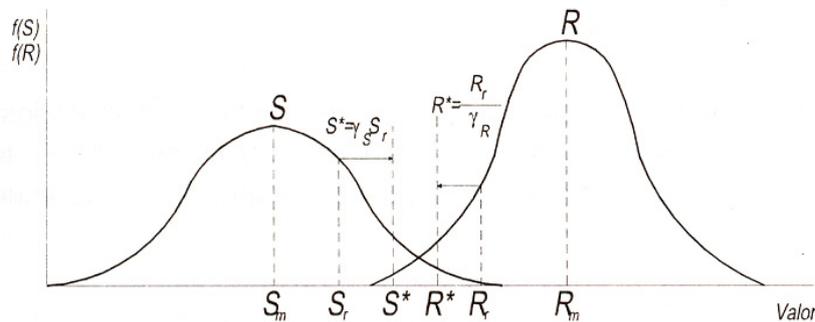
Fuente: Garcimartín MA, 2000

Índice de fiabilidad:

$$\beta = \frac{F_m}{S_F}$$

siendo  $F_m =$  valor medio de la función

$S_F =$  desviación típica



Factores de seguridad de Solicitaciones y Respuestas

Fuente: Garcimartín MA, 2000

## • COEFICIENTES $\gamma$ PARA ACCIONES

CE, Anejo 18, Apdo. 6.4.4: Los coeficientes deben obtenerse del Apéndice A

**Edificación:** lo establecido en el Código Técnico de Edificación CTE

**Puentes:** lo establecido en la reglamentación específica vigente.

## Caso de EDIFICACIÓN (CTE)

### ELU

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		desestabilizadora	estabilizadora
	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

Fuente: CTE DB SE, 2006

**Resistencia:** transformación de la estructura (o parte de ella) en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos apoyos y cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales.

**Estabilidad:** pérdida del equilibrio del edificio (o de una parte estructuralmente independiente) considerado como un cuerpo rígido

### ELS

Acción	Favorable	Desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

**Efecto favorable o desfavorable:** se aplica a cada dirección y sentido de las acciones, no a cada acción en sí misma.

**Coeficientes de seguridad:** se aplican a cada acción individual, no a la combinación de acciones ni a los esfuerzos (aunque a veces es equivalente y puede realizarse).

• **COEFICIENTES  $\gamma_M$  PARA LA RESISTENCIA DEL MATERIAL**  
**ELU (CE, Anejo 22, Apdo. 6 y CE, Anejo 26, Apdo. 2)**

$\gamma_{M0}$	= 1,05	resistencia de la sección
$\gamma_{M1}$	= 1,05	elemento a inestabilidad
$\gamma_{M2}$	= 1,25	elementos de unión y sus secciones transversales, y fractura de secciones a tracción
$\gamma_{M3}$	= 1,25	deslizamiento de uniones en ELU (categoría C)
$\gamma_{M3,ser}$	= 1,10	deslizamiento de uniones en ELS (categoría B)
$\gamma_{M4}$	= 1,00	tornillo de inyección
$\gamma_{M5}$	= 1,00	uniones en vigas en celosía de perfiles tubulares
$\gamma_{M6,ser}$	= 1,00	bulones en ELS
$\gamma_{M7}$	= 1,10	precarga de tornillos de alta resistencia

**ELS**

$$\gamma_M = 1$$

**6. SITUACIONES DE PROYECTO**

Son aquellas situaciones que deben **anticipar todas** las condiciones y circunstancias a las que, previsiblemente, va a estar sometida la estructura, tanto durante su funcionamiento en servicio como durante la ejecución de la obra.

Dentro de cada situación puede haber diferentes combinaciones de acciones.

**7. COMBINACIÓN DE ACCIONES** (CE, Anejo 18, Apénd. A.1)

**Edificación:** se adopta lo establecido en el CTE

**Puentes:** lo establecido en la reglamentación específica vigente

**ELU**

- **Situaciones persistentes o transitorias:**

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

- **Situación sísmica:**

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

- **Situaciones extraordinarias o accidentales:**

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

donde:

el signo + puede significar suma algebraica o “combinarse con”

$G_{k,j}$  = V. Caract. de las acciones permanentes

$Q_{k,1}$  = V. Caract. de una acción variable

$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$  = V. Rptvo. de combinación del resto de acciones variables

$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$  = V. Rptvo. frecuente de una acción variable

$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$  = V. Rptvo. casipermanente del resto de acciones variables

$A_d$  = V. Caract. de la acción sísmica o accidental

Nota: En la situación sísmica y en la extraordinaria/accidental, aunque no aparezcan explícitamente escritos, hay que emplear unos coeficientes de seguridad  $\gamma_{Q,i}$  para cargas variables de valor:

$\gamma_{Q,i} = 0$  efecto favorable

$\gamma_{Q,i} = 1$  efecto desfavorable

**ELS**

Sólo situaciones permanentes y transitorias de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Combinación poco probable o característica:**

Efectos de las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles

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

- **Combinación frecuente:**

Efectos de las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles

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

- **Combinación casi permanente:**

Efectos de las acciones de larga duración

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

Nota: Para cualquier combinación de ELS, aunque no aparezcan explícitamente escritos, hay que emplear unos coeficientes de seguridad  $\gamma_{Q,i}$  para cargas variables de valor:

$\gamma_{Q,i} = 0$  efecto favorable

$\gamma_{Q,i} = 1$  efecto desfavorable

**COMBINATORIA** (extraído de Iturribizia S.L., 2007)

El número de combinaciones posibles sería el siguiente:

Estados límite últimos	no. combinación
Situaciones persistentes o transitorias	$2^{(n_G+n_{G^*}+n_Q)} \cdot n_Q$
Situaciones accidentales	$2^{(n_G+n_{G^*}+n_Q)} \cdot n_Q \cdot n_A$
Situaciones sísmicas	$2^{(n_G+n_{G^*}+n_Q)} \cdot n_{AS}$
<b>Total ELU</b>	$2^{(n_G+n_{G^*}+n_Q)} \cdot (n_Q(1+n_A) + n_{AS})$
<b>Estados límite de servicio</b>	
Combinaciones poco frecuentes	$n_Q$
Combinaciones frecuentes	$n_Q$
Combinación cuasipermanente	1
<b>Total ELS</b>	$2n_Q + 1$
<b>Total combinaciones</b>	$2^{(n_G+n_{G^*}+n_Q)} \cdot (n_Q(1+n_A) + n_{AS}) + 2n_Q + 1$

Nota:  $G^*$  es acción permanente de valor no constante. En el CE queda dentro de las permanentes  $G$ .

Ejemplo:

2 acciones permanentes	$n_G = 2$
1 acción permanente de valor no constante	$n_{G^*} = 1$
3 acciones variables	$n_Q = 3$
1 acción accidental	$n_A = 1$
2 acciones sísmicas	$n_{AS} = 2$

El número de combinaciones posibles sería:

Estados límite últimos	no. combinación
Situaciones persistentes o transitorias	$2^{(2+1+3)} \times 3 = 192$
Situaciones accidentales	$2^{(2+1+3)} \times 3 \times 1 = 192$
Situaciones sísmicas	$2^{(2+1+3)} \times 2 = 128$
<b>Total ELU</b>	$2^{(2+1+3)} \times (3 \times (1+1) + 2) = 512$
<b>Estados límite de servicio</b>	
Combinaciones poco frecuentes	3
Combinaciones frecuentes	3
Combinación cuasipermanente	1
<b>Total ELS</b>	$6 + 1 = 7$
<b>Total combinaciones</b>	<b>519</b>

Nota: Esta cifra (519) se obtiene de aplicar las leyes de la combinatoria matemática, pero muchas de estas combinaciones pueden no tener sentido en un contexto estructural considerando los efectos favorables o desfavorables.

EL CÓDIGO TÉCNICO  
DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

Documento Básico **SE-AE**  
Acciones en la Edificación

Antonio Tomás Espín  
Dr. Ingeniero de Caminos, CC. y PP.



E.T.S. de Ingeniería de  
Caminos, Canales y Puertos  
y de Ingeniería de Minas



Departamento de Ingeniería  
Minera y Civil



ÍNDICE DEL DB SE-AE

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico **SE-AE**.  
**ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN**

- I. Generalidades
- II. Acciones permanentes
- III. Acciones variables
- IV. Acciones accidentales
  - Anejo A. Terminología
  - Anejo B. Notaciones y unidades
  - Anejo C. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno
  - Anejo D. Acción del viento
  - Anejo E. Datos climáticos



## Ámbito de aplicación del DB SE-AE

- Determinación de las acciones sobre los edificios
- Fuera del alcance: **Aparatos elevadores, puentes grúa, silos y tanques**
- No se definen: **Fuerzas de rozamiento** ⇒ Efectos de las acciones

## ACCIONES (clasificación por su variación en el tiempo)

- **Permanentes (G):** P.P., pretensado (EHE), acc. del terreno (SE-C)
- **Variables (Q):** S.U., acc. sobre barandillas y elementos divisorios, viento, acc. térmicas, nieve
- **Accidentales (A):** Sismo, incendio, impacto, otras



# ACCIONES PERMANENTES (G)

- Tabiquería (acc. permanente):

$$q_{unif} = (G_{tabiquería} + \Delta G) \times \frac{Sup_{tabiquería}}{Sup_{planta}} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\Delta G = 0 \quad (\text{si } G_{tabiquería} \leq 1,2 \text{ kN/m}^2)$$

$$\Delta G = G_{tabiquería} - 1,2 \quad (\text{si } G_{tabiquería} > 1,2 \text{ kN/m}^2)$$

- Prontuario de pesos (Anejo C)

Tabla C.4 Peso por unidad de superficie de **tabiques**

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m <sup>2</sup>	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m <sup>2</sup>
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor	0,60	Revoco de cal, estuco	0,15
de 90 mm de espesor	1,00	Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

Ej.: Tabique ladrillo hueco 70 mm: 0,82 kN/m<sup>2</sup>

Guarnecido yeso: 0,15 × 2 caras = 0,30 kN/m<sup>2</sup>

Total:  $G_{tab} = 1,12 \text{ kN/m}^2$

Valor habitual: 1 kN/m<sup>2</sup>

Hay autores que recomiendan 1,5 kN/m<sup>2</sup> (Martín y Estévez, 2004)



## ACCIONES PERMANENTES (G)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura

Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>	Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>
Aislante (lana de vidrio o roca) por cada 10 mm de espesor	0,02	Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
Chapas grecadas, canto 80 mm, Acero 0,8 mm espesor	0,12	Tablero de rasilla, una hoja una hoja sin revestir	0,40
Aluminio, 0 8 mm espesor	0,04	una hoja más tendido de yeso	0,50
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18	Tejas planas (sin enlistonado)	
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10	ligeras (24 kg/pieza)	0,30
Cartón embreado, por capa	0,05	corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
Enlistonado	0,05	pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02	Tejas curvas (sin enlistonado)	
Pizarra, sin enlistonado		ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
solape simple	0,20	corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
solape doble	0,30	pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18	Vidriera (incluida la carpintería)	
		vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
		vidrio armado, 6 mm espesor	0,35

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

### Materiales de cobertura:

**Chapa** 0,12 kN/m<sup>2</sup>

**Sándwich** 0,20 kN/m<sup>2</sup>. Producto aislante térmico entre chapas.

**Deck** 0,25-0,70 kN/m<sup>2</sup>. Chapa+barrera vapor+aislamiento térmico+impermeabilización+protección (gravilla → 0,70 kN/m<sup>2</sup>; láminas impermeabilizantes autoprotegidas → 0,25 kN/m<sup>2</sup>)

5 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES PERMANENTES (G)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
<b>Forjados</b>	kN / m <sup>2</sup>
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
<b>Cerramientos y particiones</b> (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
<b>Solados</b> (incluyendo material de agarre)	kN / m <sup>2</sup>
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m	1,5
<b>Cubierta, sobre forjado</b> (peso en proyección horizontal)	kN / m <sup>2</sup>
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
<b>Rellenos</b>	kN / m <sup>3</sup>
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje <sup>(1)</sup>	20

<sup>(1)</sup> El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

6 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES VARIABLES (Q)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

### SOBRECARGA DE USO

- No contemplado: **Equipos pesados, acumulación de materiales en bibliotecas, almacenes o industrias**
- **S.c. uniformemente distribuida (Tabla 3.1)**
- Comprobaciones locales: **Carga concentrada**, simultánea con la s.c. uniforme (zonas de vehículos), o no simultánea (resto casos)
- Zonas de **acceso y evacuación** (categorías A y B)  $\Rightarrow + 1 \text{ kN/m}^2$
- **Balcones volados**  $\Rightarrow + 2 \text{ kN/m}$  (carga lineal en sus bordes)
- **Espacios de tránsito** (porches, aceras)  $\Rightarrow 1 \text{ kN/m}^2$  (uso privado) ó  $3 \text{ kN/m}^2$  (uso público)
- **Barandillas**  $\Rightarrow$  Una fuerza horizontal a 1,2 m de altura

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

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

7 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES VARIABLES (Q)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
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 o 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 (1)
F Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)		1	2
G Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1(r) Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 (4)(6)	2
		0,4 (4)	1
	G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

8 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES VARIABLES (Q)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

- (1) Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 metros. **Alternativamente** dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona de  $3,0 \text{ kN/m}^2$  para el cálculo de **elementos secundarios**, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de  $2,0 \text{ kN/m}^2$  para el de **losas, forjados reticulados** o nervios de forjados continuos, y de  $1,0 \text{ kN/m}^2$  para el de **elementos primarios** como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.
- (2) En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.
- (3) Para cubiertas con una inclinación entre  $20^\circ$  y  $40^\circ$ , el valor de  $q_k$  se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.
- (4) El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
- (5) Se entiende por **cubierta ligera** aquella cuya carga permanente debida únicamente a **su cerramiento no excede de  $1 \text{ kN/m}^2$** .
- (6) Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que  $10 \text{ m}^2$  y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.
- (7) **Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.**
- (7) EC-1 → En cubiertas, no se deberían aplicar conjuntamente y de forma simultánea las acciones exteriores, las sobrecargas de nieve y las acciones de viento.

### Sobrecarga de instalaciones:

Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

Habitual  $0,15 \text{ kN/m}^2$  ( $0,20 \text{ kN/m}^2$  para paneles solares).

Coefficientes de combinación  $\psi_0 = 0,7$   $\psi_1 = 0,5$   $\psi_2 = 0,3$



9 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES VARIABLES (Q)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

### VIENTO

$$q_e = q_b c_e c_p$$

$q_b$  presión dinámica viento =  $0,42 \text{ kN/m}^2$  (zona A)  $0,45 \text{ kN/m}^2$  (B)

$c_e$  coef. exposición (= 1,2-3,5) (en edificios urbanos = 2,0)

$c_p$  coef. presión ( fach. laterales:  $\cong +0,8$  y  $-0,6$

cubiertas  $10^\circ$ :  $\cong -1,3$  en análisis local

$\cong -0,7$  y  $-0,3$  an. global, difícil estimar)

**Comparando** con situación normal s/ AE-88 ( $q_b$  similar) y altura 9 m:

- Fachadas  $\Rightarrow c_{tot,AE88} \cong +0,8$  y  $-0,4$   $c_{tot,CTE} \cong +(1,0; 2,2)$  y  $-(0,7; 1,6)$

- Cub. an. glob.  $\Rightarrow c_{tot,AE88} \cong -0,4$  y  $-0,2$   $c_{tot,CTE} \cong -(0,8; 1,9)$  y  $-(0,4; 0,8)$

- Cub. an. local  $\Rightarrow c_{tot,AE88} \cong -0,4$   $c_{tot,CTE} \cong -(1,6; 3,5)$

10 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES VARIABLES (Q)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

### ACCIONES TÉRMICAS

No se calculan si **juntas dilatación**  $\leq 40$  m (CTE), aunque podría ser un valor mayor, p. ej. 60-90 m (Calavera, 2009), 120 m (Arnedo, 2009)

### NIEVE

$$q_n = \mu s_k \quad (\downarrow 20 \% \text{ si protección del viento; } \uparrow 20 \% \text{ si fuerte exposición})$$

$\mu$  coeficiente de forma de la cubierta ( $\leq 30^\circ \mu = 1$  ;  $\geq 60^\circ \mu = 0$ )

$s_k$  carga de nieve (**0,2 kN/m<sup>2</sup>**, cota  $\leq 400$  m, zona 6 Sur-Peninsular)

Peso específico (kN/m<sup>3</sup>):

1,2 (recién caída)

2,0 (prensada)

4,0 (nieve con granizo)



Fuente: CTE DB SE-AE, 2006

11 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES ACCIDENTALES (A)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

### ACCIONES ACCIDENTALES

- **Sismo**  $\Rightarrow$  NCSE-02 o NCSP-07 (o NCSR-2022, cuando se apruebe)
  - *Estr. metálica*. Acción despreciable por: (i) ductilidad de la estructura, (ii) masas de escasa entidad, y (iii) combinación con resto de acciones variables con coeficientes más bajos  $\psi_2$
  - *Estr. hormigón*. Acción no despreciable por lo contrario de (i) y (ii).
- **Incendio**  $\Rightarrow$  DB - SI
  - Zonas tránsito vehículos protección contra incendios:
    - Carro **20 kN/m<sup>2</sup>** distribuido en  $3 \times 8$  m<sup>2</sup> (= 480 kN)
    - Carro puntual de **100 kN** (comprobaciones locales)
- **Impacto**  $\blacktriangleright$
- **Otras**: En **fábricas químicas, laboratorios o almacenes de materiales explosivos**, se hará constar en el proyecto las acciones accidentales específicas y su modelo

12 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES ACCIDENTALES (A)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico **SE-AE**.  
**ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN**

### SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (DB – SI)

- Sección SI 1 Propagación interior. SI 2 Propagación exterior. SI 3 Evacuación. SI 4 Detección, control y extinción del incendio. SI 5 Intervención de los bomberos. SI 6 Resistencia al fuego.
- **Sección SI 6 Resistencia al fuego de la estructura**
  - Resistencia al fuego de la **estructura**
  - Elementos estructurales **principales**
  - Elementos estructurales **secundarios**
  - Determinación de los **efectos** de las acciones durante el incendio
  - Determinación de la **resistencia** al fuego
- **Anejos:** Terminología (A). Tiempo equivalente de exposición al fuego (B). Resistencia al fuego de estructuras de hormigón armado (C), de acero (D), de madera (E), de fábrica (F), normativa (G).

13 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES ACCIDENTALES (A)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico **SE-AE**.  
**ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN**

### SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (DB – SI)

- **Efectos estructurales del incendio**
  - Disminución de capacidad mecánica por degradación del material
  - Acciones indirectas (deformaciones de los elementos  $\Rightarrow$  tensiones)
- **CTE: Métodos simplificados (anejos B a F)**
  - Estudio de la resistencia al fuego de los elementos estructurales individuales ante la curva normalizada tiempo-temperatura
  - No es necesario tener en cuenta las acciones indirectas
- **Métodos indicados en Eurocódigos**
  - Edificios singulares
  - Tratamiento global de la estructura, o parte de ella
  - Estudio más ajustado a la situación de incendio real
- **Métodos experimentales:** Realización de ensayos según R.D. 312/2005 “Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego”

14 de 18

Antonio Tomás Espín



## ACCIONES ACCIDENTALES (A)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

15 de 18

Antonio Tomás Espín

### ELEMENTOS PROTEGIDOS Y NO PROTEGIDOS

- Temperatura crítica
  - Geometría de la pieza
  - Tiempo de estabilidad (resistencia al fuego)
- No proteger  
 Proteger → Tipo y espesor protección
- **Acero sin proteger**
    - Los ábacos dependen del *coef. de masividad*  $A/V$  (= área lateral expuesta/volumen; en secc. constante = perímetro expuesto/área)
    - Mejor las secciones huecas o macizas que las abiertas y delgadas
    - Si se supera el tiempo requerido, antes de proteger debe valorarse aumentar la sección ( $\uparrow T^a$  crítica -más resistencia- y  $\downarrow A/V$ )
  - **Tipos de protección**
    - a) Proyección de morteros a base de productos especiales
    - b) Paneles o placas de yeso y tabiquería
    - c) Pinturas intumescentes



## ACCIONES ACCIDENTALES (A)

El Código Técnico  
de la Edificación  
(CTE)

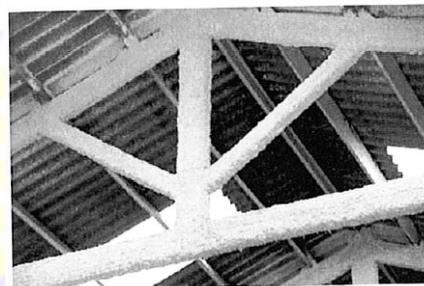
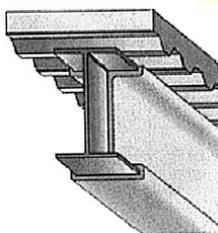
Documento Básico SE-AE.  
ACCIONES EN LA  
EDIFICACIÓN

16 de 18

Antonio Tomás Espín

### Proyección de morteros a base de vermiculita, perlita, etc.

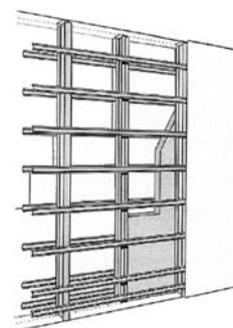
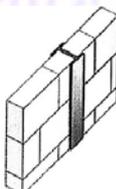
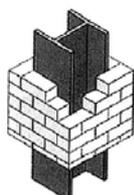
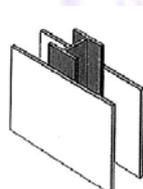
Barato y fácil de aplicar, pero antiestético y puede desprenderse por golpes. Hay que definir el espesor.



Fuente: Arnedo A, 2009

### Paneles o placas de yeso y tabiquería

Más caro pero la estructura queda forrada y oculta. Hay que definir espesor. Se puede emplear en la separación por sectores, resultando equivalente a la protección por tabiquería.



Fuente: Arnedo A, 2009



### Pinturas intumescentes

- Depende de las curvas experimentales obtenidas por los fabricantes y homologadas por ensayos.
- Algunos fabricantes garantizan RF hasta 120 min para temperatura de 620 °C con espesor de pintura razonable.
- A veces, en naves se disponen espesores desproporcionados e innecesarios, pues los grados de utilización  $\mu_0$  suelen ser mucho más bajos que en edificación, por lo que la temperatura crítica es casi siempre superior a los dichos 500 °C.



### IMPACTO

- Adoptar **medidas de protección**, de verificada eficacia, para disminuir la probabilidad de ocurrencia o atenuar sus consecuencias
- Si **no se adoptan**, dimensionar los elementos resistentes afectados con las acciones debidas al impacto.
  - **Vehículos** en zonas de circulación:  
Para vehículos  $\leq 30$  kN, fuerza puntual a 0,6 m de altura:
    - 50 kN** paralela a la vía
    - 25 kN** perpendicular a la vía, no simultáneas
  - **Carretillas elevadoras**: Fuerza =  $5 \times P.M.A.$  (a 0,75 m de altura)
  - **Helicópteros** (si están previstos): Indicar en proyecto el valor de la acción y su modelo