

# Eurocódigos 2G

7 de Abril de 2025 / 9.30h

Instituto de la Ingeniería de España  
Gral Arrando, 38

Asociación  
Camino

## Novedades en el Eurocódigo 8

Amadeo Benavent Climent  
Catedrático UPM. Presidente UNE-CTN 140/SC8

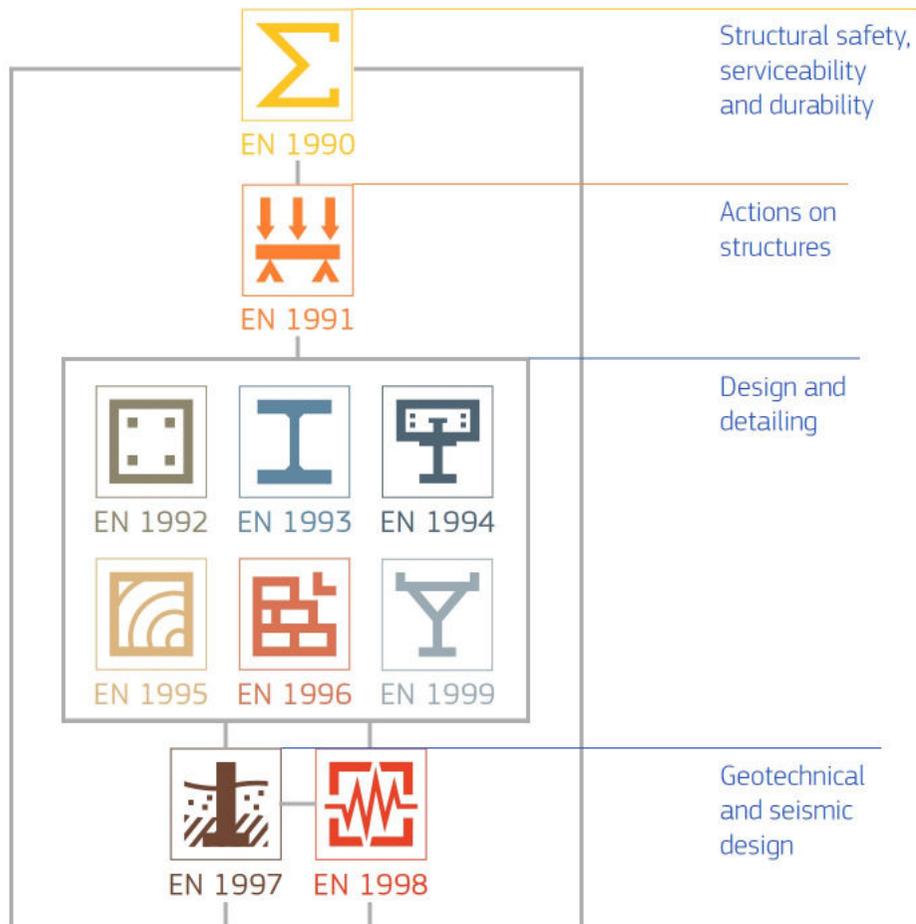


EUROCODES

EN 1998

Design of  
structures for  
earthquake  
resistance

# EN1998 en el conjunto de Eurocódigos



Aborda el comportamiento de las estructuras en condiciones muy específicas: (I) en el rango fuertemente no-lineal; (ii) bajo cargas cíclicas.

EN1998 es **uno de los que más cambios incorpora**:

- La 1G se redacta con conocimientos de finales XX.
- La Ingeniería Sísmica es una **ciencia muy joven** (aproximadamente un siglo de vida)
- En el siglo **XXI** se han producido **avances muy importantes** propiciados por: disponibilidad de grandes mesas sísmicas y muros de reacción, abundancia de registros, ordenadores más potentes, inversión de la EU, nuevas tecnologías...)

## Principales cambios de 2G en 1998

- **Definición de la acción sísmica:** desaparecen los espectros elásticos de Tipo 1 ( $M_s \geq 5,5$ ) y Tipo 2 ( $M_s < 5,5$ ) y se emplean ordenadas espectrales (desaparece  $a_{gR}$ )
- **Métodos de cálculo sísmico:** se limita el método tradicional basado en fuerzas, se potencia el método basado en desplazamientos.
- **Sobre el método basado en fuerzas:**
  - Se descompone el factor  $q$
  - Se redefinen las clases de ductilidad

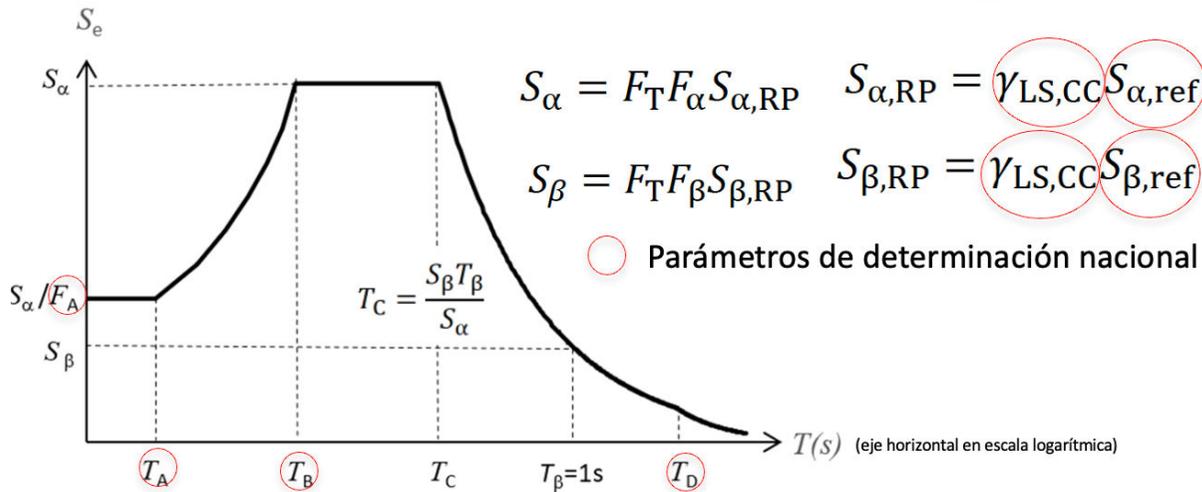
## Principales novedades de 2G en 1998

- **Estructuras con disipadores de energía:** + seguras, + económicas y + sostenibles.
- Regulación de los **elementos auxiliares** (*ancillary elements*)
- Regulación de las estructuras con **forjados reticulares** y **losas planas** en edificios
- Regulación de **edificios** con estructura de **aluminio**
- Regulación de **puentes** con estructura **de madera**
- Regulación de la **interacción suelo-estructura**.
- Evaluación y reacondicionamiento sísmico de **puentes existentes**
- Evaluación y reacondicionamiento sísmico de **estructuras de madera existentes**

# DEFINICION DE LA ACCION SÍSMICA

# CARACTERIZACION DE LA ACCION SÍSMICA

Se define básicamente con dos parámetros  $S_{\alpha,ref}$ ,  $S_{\beta,ref}$



$$S_{\alpha} = F_T F_{\alpha} S_{\alpha,RP} \quad S_{\alpha,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\alpha,ref}$$

$$S_{\beta} = F_T F_{\beta} S_{\beta,RP} \quad S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,ref}$$

○ Parámetros de determinación nacional

$S_{\alpha,ref}$ , the reference maximum spectral acceleration, corresponding to the constant acceleration range of the horizontal 5%-damped elastic response spectrum, as defined by Formula (5.8), on site category A, for the return period  $T_{ref}$ ;

$S_{\beta,ref}$ , the reference spectral acceleration at the vibration period  $T_{\beta} = 1$  s of the horizontal 5%-damped elastic response spectrum, as defined in 5.2.2.2, on site category A, for the return period  $T_{ref}$ .

$$T_{ref} = T_{SD, CC2}$$

$F_{\alpha}$  is the short period site amplification factor;

$F_{\beta}$  is the intermediate period ( $T = T_{\beta}$ ) site amplification factor;

$F_T$  is the topography amplification factor, given in (10);

○  $\gamma_{LS,CC}$  performance factors

$$- T_B = \frac{T_C}{\chi}, \text{ if } 0,05 \text{ s} \leq \frac{T_C}{\chi} \leq 0,10 \text{ s}$$

$$- T_B = 0,05 \text{ s, if } \frac{T_C}{\chi} < 0,05 \text{ s}$$

$$- T_B = 0,10 \text{ s, if } \frac{T_C}{\chi} > 0,10 \text{ s and where the value of } \chi \text{ is given in (2)}$$

$$0 \leq T < T_A: \quad S_e(T) = \frac{S_{\alpha}}{F_A}$$

$$T_A \leq T < T_B: \quad S_e(T) = \frac{S_{\alpha}}{T_B - T_A} \left[ \eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right]$$

$$T_B \leq T < T_C: \quad S_e(T) = \eta S_{\alpha}$$

$$T_C \leq T < T_D: \quad S_e(T) = \eta \frac{S_{\beta} T_{\beta}}{T}$$

$$T \geq T_D: \quad S_e(T) = \eta T_D \frac{S_{\beta} T_{\beta}}{T^2}$$

$T_A$ (s)	$F_A$	$\chi$	$T_D$ (s)
0,02	2,5	4	2 if $S_{\beta,RP} \leq 1 \text{ m/s}^2$ 1 + $S_{\beta,RP}$ if $S_{\beta,RP} > 1 \text{ m/s}^2$ (with $S_{\beta,RP}$ in $\text{m/s}^2$ )

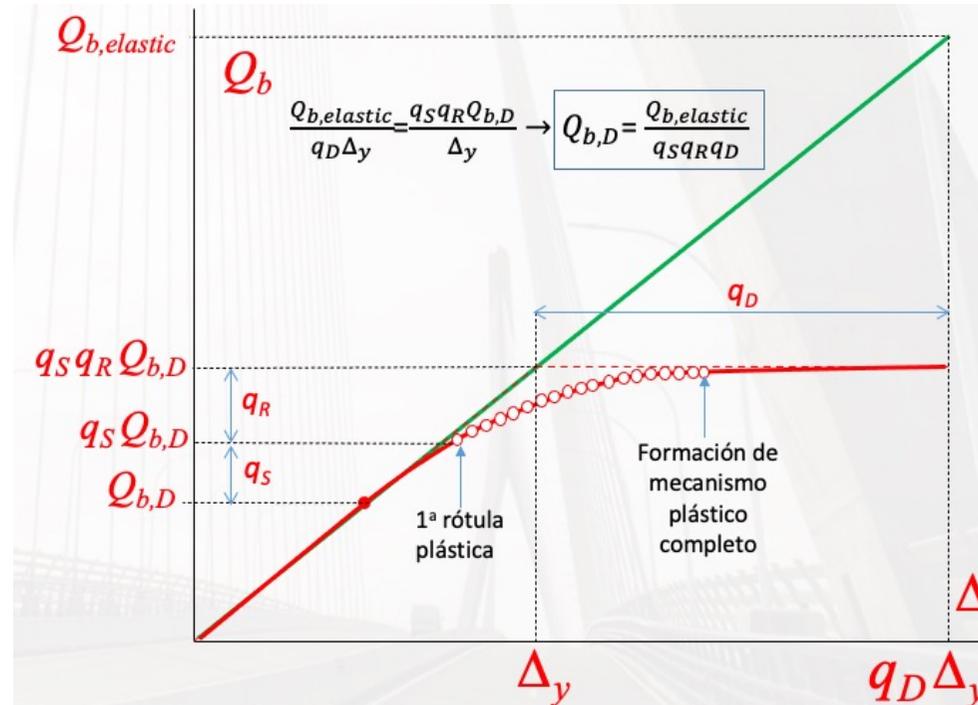
$$\eta = \sqrt{\left(10 + \frac{T_C(\xi - 5)}{T_C + 30(T - T_A)}\right) / (5 + \xi)}$$

# MÉTODOS DE CALCULO

## MÉTODO BASADO EN FUERZA

- Deja paso al método basado en desplazamientos que conduce a estructuras más económicas y más seguras.
- Se limita su uso:
  - (i) no puede emplearse en edificios muy altos
  - (ii) no pueden emplearse para verificar el LS NC
  - (iii) no puede emplearse para el evaluación y reacondicionamiento sísmico de estructuras existentes.
  - (iv) se refina el cálculo del factor por comportamiento  $q$
  - (v) se modifican las clases de ductilidad

## MÉTODO BASADO EN FUERZAS



$$q = q_R q_S q_D$$

$q_R$  is the behaviour factor component accounting for overstrength due to the redistribution of seismic action effects in redundant structures;

$q_S$  is the behaviour factor component accounting for overstrength due to all other sources;

$q_D$  is the behaviour factor component accounting for the deformation capacity and energy dissipation capacity.

$q_R = 1$ , if not otherwise specified in the relevant part of EN 1998;

$q_S = 1,5$

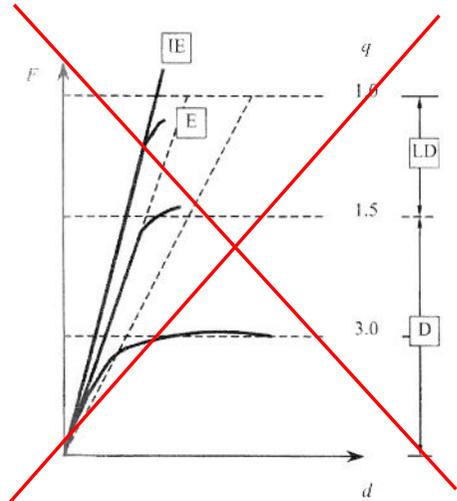
$q_D = 1$  for DC1;

$q_D \geq 1$  for DC2;

For DC3,  $q_D$  values are not smaller than those for DC2.

## MÉTODO BASADO EN FUERZAS

- Desaparecen las clases de ductilidad “DCL”, “DCM”, “DCH” en edificios y las clases “Limited Ductility” y “Ductile” en puentes.
- Se adoptan las mismas clases de ductilidad DC1, DC2, DC3 para todos los tipos de estructuras (edificios, puentes etc.)



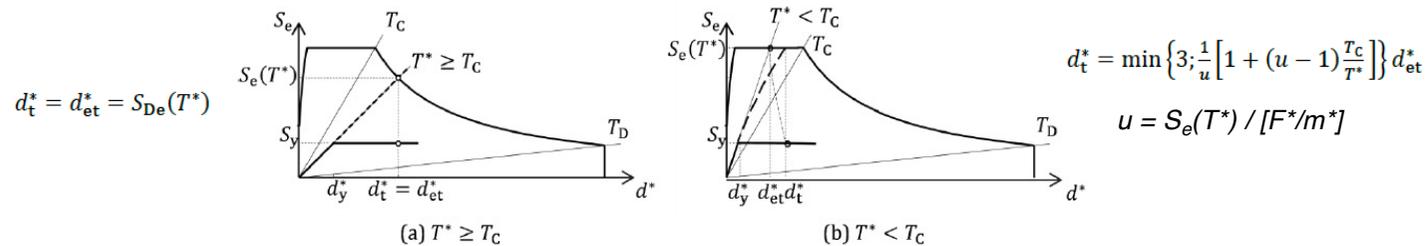
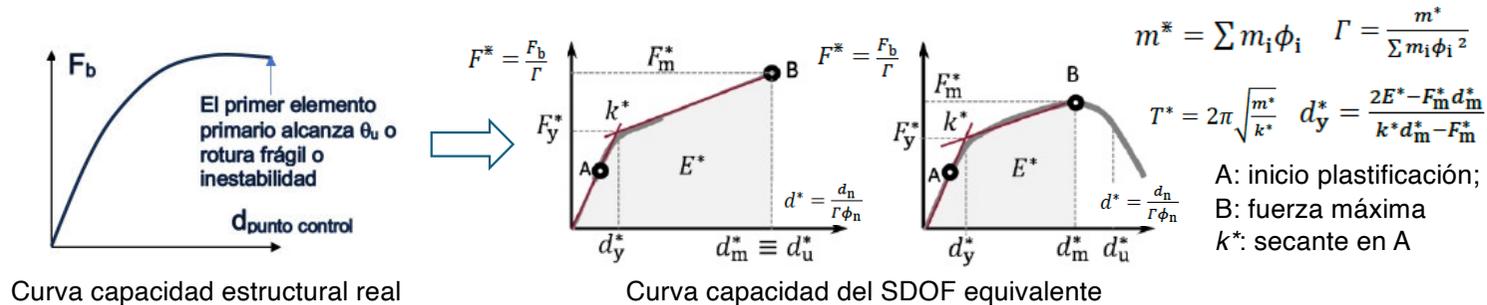
<b>D C 1</b>	<b>Overstrength capacity (<math>q = 1,5</math>)</b>
<b>D C 2</b>	<b>Overstrength capacity, local deformation capacity and local energy dissipation capacity</b>
<b>D C 3</b>	<b>Ability of the structure to form a global plastic mechanism at SD limit state</b>

### Comparación con 1G EN1998 en el caso de edificios:

- DC2 es más simple que la DCM (p.e. no hay que cumplir:  $(\sum M_c / \sum M_b) \geq 1.3$ )
- DC3 esta entre DCM y DCH pero es más sencilla que DCH)
- Las reglas a cumplir en para DC1, DC2 y DC3 están mas detalladas.
- Los valores de  $q$  para DC1, DC2 y DC3 son distintos que DCL, DCM, DCH

## MÉTODO BASADO EN DESPLAZAMIENTOS

En 1G EN1998 están en un Anejo informativo y poco desarrollados; en 2G EN1998 están en capítulos obligatorios y con un desarrollo pormenorizado.



Si los modos altos de vibración son relevantes  $d^*$  se multiplica por un factor corrector.

Si la masa efectiva en la dirección ortogonal a la considerada no es 0,  $d^*$  se multiplica:  $c_{at} = \sqrt{1 + \left(\frac{\Gamma'}{\Gamma}\right)^2}$

Nuevo Anexo E permite obtener  $d^*$  mediante cálculos dinámicos directos con sistemas 1 g.d.l.

## MÉTODO BASADO EN BALANCE DE ENERGÍA

$$E_e + E_\xi + E_H = E_I$$

$E_e$  es la energía de vibración elástica (energía cinética+energía de deformación elástica);  $E_H$  es al energía de deformación plástica;  $E_\xi$  es la energía disipada por el amortiguamiento inherente;  $E_I$  es la cantidad total de energía introducida.

Principal verificación a realizar:

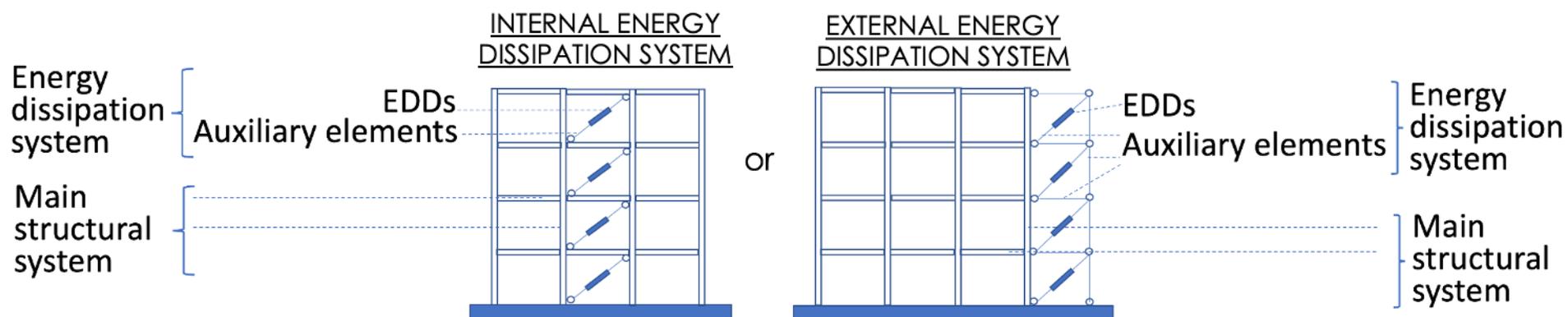
$$E_{H,LS} \geq E_{H,max}$$

# NUEVOS TIPOS DE ESTRUCTURAS

## INTRODUCE LAS ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA

A building with energy dissipation systems is composed of two systems in parallel:

- **Main structural system** = primary + secondary structural elements  
**Primary role**: sustain gravity loading when subjected to lateral displacements  
**Secondary (optional) role**: contribute to energy dissipation through plastic strains
- **Energy dissipation system** = energy dissipation devices (EDD) + auxiliary elements  
**Primary role**: dissipate most of the energy input by the earthquake  
**Secondary (compulsory) role**: transfer the forces from EDDs to main structural system



## CONCLUSIONES

- El comportamiento de las estructuras proyectadas con la 2G EN1998 es en general superior al de las estructuras protegidas con 1G EN1998.
- En el caso de edificios, tanto 1G como 2G produce estructuras muy rentables (cost-effective) en términos de cantidad de material requerido (46-55 m<sup>3</sup> de hormigón y 4.1- 5.8 ton de acero por 1000 m<sup>3</sup> de volumen del edificio; y densidades de 80-100 kg de acero por m<sup>3</sup> de hormigón para  $a_{gR}$  entre 0.2g y 0.3g (sin incluir forjados).
- En el caso de edificios, los pórticos de HA proyectados con 2G EN1998 requieren menos acero que los de 1G; en el caso de sistemas de muros o duales puede ser un poco mayor.
- En el caso de edificios, los sistemas de pórticos son los más rentables (cost-effective), seguidos de los sistemas con muros.

*Fuente: Fardis M, 3CCEE, Croatia, 2025*

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**