

ESQUEMA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DIMENSIONADO

Todos los problemas pueden tener una parte preliminar en la que es necesario hallar las solicitaciones en los elementos a dimensionar. Para ello hay que tener en cuenta las siguientes partes de la norma DB-SE:

- Combinación de acciones de ELU (§4.2.2)
- Combinación de acciones de ELS (§4.3.2)
- Coeficientes parciales de seguridad para las acciones (Tabla 4.1)
- Coeficientes de simultaneidad (Tabla 4.2)
- Limitaciones de flecha (§4.3.3.1)

En el resto del documento, los epígrafes (§), tablas o figuras especificados corresponden a la norma de acero DB-SE-A. Se considera que las secciones son de clase 1 o 2. Las solicitaciones y flechas pueden obtenerse de formularios. El subíndice y se refiere a la flexión perpendicular al eje fuerte, y z a la flexión perpendicular al eje débil.

Equivalencia de unidades:

$$1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$$

$$1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$$

$$1 \text{ kN/m} = 1 \text{ N/mm}$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 10^3 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ kNm} = 10^6 \text{ Nmm}$$

I VIGAS A FLEXIÓN SIMPLE

1. Predimensionado

1.1 A momento flector (§6.2.6.1.a):

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

1.2 A flecha:

Para cada una de las tres comprobaciones de flecha, se obtiene la inercia necesaria:

$$I \geq a \frac{qL^4}{Ef_{adm}}$$

Siendo f_{adm} el límite normativo de flecha en cada caso, q la carga de la combinación que proceda y a el coeficiente numérico de la fórmula de flecha para carga repartida según las condiciones de contorno (1/384 para biempotrada, 1/185 para empotrada-apoyada, 5/384 para biapoyada y 1/8 para voladizo).

2. Dimensionado ELU a resistencia

2.1 Comprobación de condición de viga (§6.2.8.1.d):

Si $N_{Ed} \leq 0.5A_v f_{yd}$, el elemento se dimensiona como viga y se puede despreciar el axil. En caso contrario, el elemento se dimensiona como pilar.

2.2 Comprobación de cortante (§6.2.4):

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

2.3 Interacción $M - V$ (§6.2.8.2):

Si M y V se producen en distintas secciones, no hay interacción.

Si se producen en la misma sección y $V_{Ed} \leq 0.5V_{pl,Rd}$, no hay interacción. En caso contrario, se calcula coeficiente ρ .

2.4 Comprobación de momento:

- Si no hay interacción $M - V$:

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} \text{ (§6.2.6.1.a; innecesario, ya predimensionado)}$$

- Si hay interacción $M - V$:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}, \text{ utilizando coeficiente } \rho \text{ (§6.2.8.2.e)}$$

II PILARES A COMPRESIÓN SIMPLE O FLEXOCOMPRESIÓN

1. Evaluación de traslacionalidad:
Criterio general según §5.3.1.2, o alternativamente $\Sigma F_h \leq \Sigma F_v/80$ para intraslacionalidad.
2. Predimensionado
 - 2.1 A resistencia a compresión simple (§6.2.5):
$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$$
 - 2.2 A resistencia a flexión simple (§6.2.6.1.a):
$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$
 - 2.3 A esbeltez, en cada dirección (Tabla 6.3 nota (1)):
$$\bar{\lambda} \leq 2 \Rightarrow \lambda \leq 2 \lambda_R = 2 \cdot 86.8 = 173.6 \Rightarrow i \geq L_k/173.6 = \beta \cdot L/173.6$$

Se puede asumir conservadoramente que $\beta = 1$ si la estructura es intraslacional o $\beta = 2$ si la estructura es traslacional.

Se aconseja tomar como predimensionado un perfil dos órdenes mayor que el que el mayor de estas tres comprobaciones.

A partir de aquí, se siguen procedimientos diversos para compresión simple o flexocompresión.

A) Compresión simple ($M_y = M_z = 0$)

3. Dimensionado ELU a resistencia: coincide con predimensionado (ver paso 2.1)
4. Dimensionado ELU a pandeo
 - 4.1 Obtención de longitudes de pandeo (L_k) en cada dirección. Si las coacciones de los extremos se asemejan a las canónicas (empotrado, articulado o libre), L_k se toma de la Tabla 6.1. En el caso general de pórticos de nudos rígidos, se sigue la siguiente secuencia:
 - Se calculan las rigideces de pilares (EI/L) y las rigideces de vigas (preferentemente $0.5EI/L$, según Tabla 6.5).
 - Se calculan los coeficientes de distribución η_1 y η_2 (§6.3.2.5.3).
 - Se obtiene el factor β (Figura 6.4).
 - Se obtiene $L_k = \beta L$
 - 4.2 Obtención de coeficientes reductores de pandeo (χ) en cada dirección. Se sigue la siguiente secuencia:
 - Cálculo de esbelteces $\lambda = L_k/i$
 - Cálculo de esbelteces adimensionales $\bar{\lambda} = \lambda/\lambda_R$ (o con Fórmula 6.18, §6.3.2.1.1).
 - Identificación de curva de pandeo para cada dirección (Tabla 6.2).
 - Obtención de valores χ (Figura 6.3), y selección del valor mínimo
$$\chi_{\min} = \min\{\chi_y, \chi_z\}$$
 - 4.3 Obtención de axil resistente reducido por pandeo (§6.3.2.3):
$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{pl,Rd}$$
 - 4.4 Comprobación de pandeo (§6.3.2.1):
$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

B) Flexocompresión ($M_y \neq 0$ ó $M_z \neq 0$)

3. Dimensionado ELU a resistencia

3.1 Comprobación de condición de pilar (§6.2.8.1.d):

Si el perfil es laminado en I o H y $N_{Ed} \geq 0.5A_v f_{yd}$, el elemento se dimensiona como pilar. En caso contrario, el elemento se dimensiona como viga y se puede despreciar el axil.

3.2 Comprobación de cortante (§6.2.4):

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

3.3 Interacción $V - (M - N)$ (§6.2.8.3):

Si $V_{Ed} \leq 0.5V_{pl,Rd}$, no hay interacción. En caso contrario, se calcula coeficiente ρ (Fórmula 6.13, §6.2.8.2.e) y se utiliza una resistencia minorada $f_y(1-\rho)$ para la parte de la sección correspondiente a A_V en el resto de comprobaciones de resistencia (§6.2.8.3.b).

3.4 Comprobación de flexocompresión (§6.2.8.1.c):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,pl,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,pl,Rd}} \leq 1$$

4. Dimensionado ELU a pandeo

Suponemos que el perfil no es susceptible de pandeo por torsión ($\chi_{LT} = 0$)

4.1 Obtención de longitudes de pandeo (L_k) en cada dirección. Si las coacciones de los extremos se asemejan a las canónicas (empotrado, articulado o libre), L_k se toma de la Tabla 6.1. En el caso general de pórticos de nudos rígidos, se sigue la siguiente secuencia:

- Se calculan las rigideces de pilares (EI/L) y las rigideces de vigas (preferentemente $0.5EI/L$, según Tabla 6.5).
- Se calculan los coeficientes de distribución η_1 y η_2 (§6.3.2.5.3).
- Se obtiene el factor β (Figura 6.4).
- Se obtiene $L_k = \beta L$

4.2 Obtención de coeficientes reductores de pandeo (χ) en cada dirección. Se sigue la siguiente secuencia:

- Cálculo de esbelteces $\lambda = L_k/i$
- Cálculo de esbelteces adimensionales $\bar{\lambda} = \lambda/\lambda_R$ (o con Fórmula 6.18, §6.3.2.1.1).
- Identificación de curva de pandeo para cada dirección (Tabla 6.2).
- Obtención de valores χ (Figura 6.3).

4.1 Obtención de coeficientes de interacción (k) en cada dirección (Tabla 6.9).

4.2 Obtención de coeficientes de momento equivalente (c) en cada dirección (Tabla 6.10).

4.3 Comprobación de pandeo en el eje fuerte (Fórmula 6.51, §6.3.4.2.1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{pl,Rd}} + k_y \frac{c_{m,y} M_{y,Ed}}{M_{y,pl,Rd}} + 0.6k_z \frac{c_{m,z} M_{z,Ed}}{M_{z,pl,Rd}} \leq 1$$

4.4 Comprobación de pandeo en el eje débil (Fórmula 6.52, §6.3.4.2.1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{pl,Rd}} + 0.6k_y \frac{c_{m,y} M_{y,Ed}}{M_{y,pl,Rd}} + k_z \frac{c_{m,z} M_{z,Ed}}{M_{z,pl,Rd}} \leq 1$$