

Ejemplo práctico de dimensionado de soportes de acero solicitados a flexotracción

Apellidos, nombre	Arianna Guardiola Villora (aguardio@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras
Centro	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia

1 Resumen de las ideas clave

En este documento se desarrolla un ejemplo de aplicación práctica de dimensionado de un soporte de acero solicitado a flexotracción siguiendo los criterios establecidos en el Documento Básico Seguridad Estructural Acero del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A).

2 Introducción

El Documento Básico Seguridad Estructural Acero del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A) establece en su artículo 6.2.8 las comprobaciones de resistencia para las secciones solicitadas a flexión y axil, y en el artículo 6.3.4.1 las comprobaciones que tienen en cuenta la interacción del esfuerzo de tracción con un momento flector en las piezas, remitiendo a la comprobación de pandeo lateral.

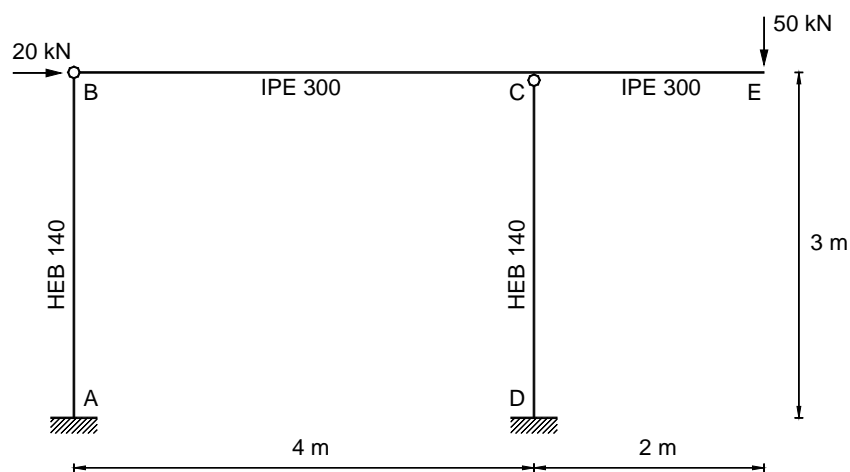
3 Objetivos

El objeto de este documento es desarrollar un ejemplo de aplicación práctica de la normativa de referencia.

Cuando el alumno finalice la lectura de este documento será capaz de dimensionar un soporte de acero laminado solicitado a flexotracción.

4 Dimensionado de un soporte a flexotracción

Dado el pórtico ABCDE de la estructura de la figura, teniendo en cuenta que las cargas están mayoradas, se pide comprobar el predimensionado del soporte AB sabiendo que el pórtico se encuentra arriostrado transversalmente en los nudos B, C y E.



Nota: el acero es S 275

Figura 1. Planteamiento del problema

4.1 CÁLCULO DE LAS SOLICITACIONES EN EL SOPORTE AB

- Cargas verticales: Se aísla la viga, calculándose las reacciones, que a su vez serán acciones sobre los soportes.

$$\sum F_V = 0$$

$$R_B + R_C - 50 = 0; \rightarrow R_B + R_C = 50$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_C \cdot 4 - 50 \cdot 6 = 0; \rightarrow R_C = 75 \text{ kN}$$

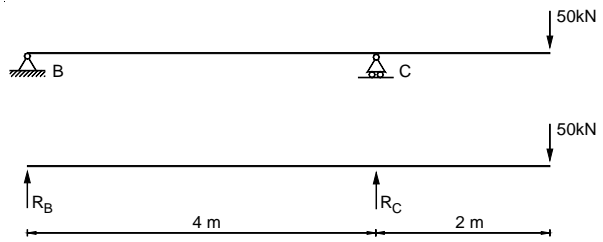


Figura 2. Cargas y reacciones en la viga

Sustituyendo en la primera ecuación

$$R_B = 50 - R_C; \rightarrow R_B = -25 \text{ kN}$$

La reacción en B tiene sentido contrario al supuesto inicialmente, de modo que el soporte AB, está traccionado, mientras el soporte CD está comprimido.

- Cargas horizontales: La carga horizontal se reparte entre los dos soportes en función de su rigidez. Se plantea la compatibilidad de deformaciones en la cabeza de los soportes, donde:

$$\delta_1 = \frac{2 \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} - \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}; \quad \delta_2 = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

siendo la condición adicional $\delta_1 = \delta_2$

sustituyendo e igualando

$$\frac{20 \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} - \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}; \rightarrow$$

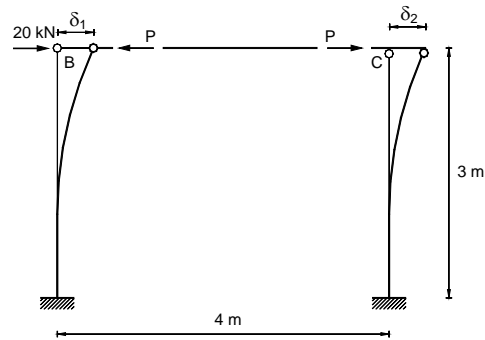


Figura 3. Deformaciones horizontales

$$\rightarrow 20 - P = P; \rightarrow P = 10 \text{ kN}$$

Siendo el modelo el soporte y los diagramas de solicitaciones los de la figura 4

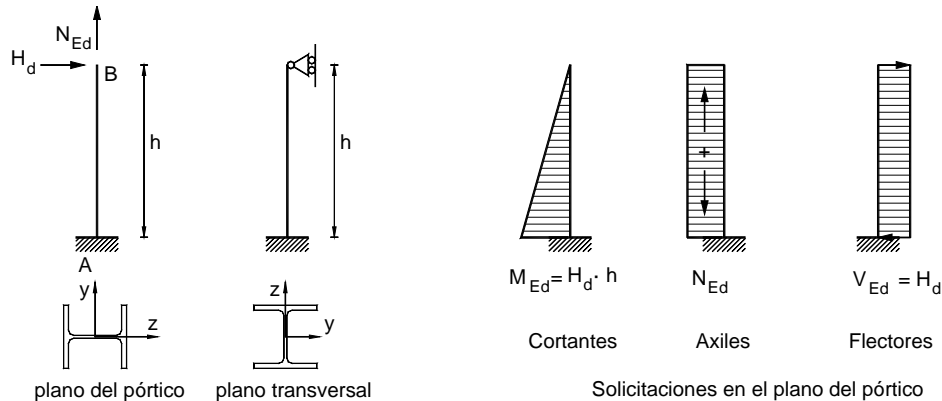


Figura 4. Modelo del soporte y diagramas de solicitaciones

Donde: $N_{Ed} = 25 \text{ kN}$; $M_{Ed} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{Ed} = 10 \text{ kN}$

4.2 COMPROBACIÓN A RESISTENCIA DEL SOPORTE AB

Todos los perfiles de la serie HEB de acero S 275 son Clase 1 ó 2 en compresión simple. Por tanto también lo serán cuando están solicitados a flexotracción.

Las propiedades geométricas del HEB 140 son:

$$A = 4300 \text{ mm}^2; \quad W_{el,y} = 216000 \text{ mm}^3; \quad W_{pl,y} = 246000 \text{ mm}^3;$$

Las resistencias: $N_{pl,Rd} = 1.126.190 \text{ N}$; $M_{pl,y,Rd} = 64.428.571 \text{ N}\cdot\text{mm}$

y los coeficientes de pandeo lateral:

$$b_{LT,v} = 455.800 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}^2; \quad b_{LT,w} = 629.557 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{mm}^3; \quad W_{pl,y} \cdot f_y = 67.650.000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

En ausencia de esfuerzo cortante, las secciones deben satisfacer la condición:

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

$$\text{Sustituyendo } \frac{25.000}{1.126.190} + \frac{30.000.000}{64.428.571} = 0,022 + 0,465 = 0,48 \leq 1 \Rightarrow \text{Cumple.}$$

4.3 INTERACCIÓN FLEXIÓN-TRACCIÓN

Si el momento flector es suficientemente grande, es posible que alguna de las fibras de la sección se encuentre comprimida, siendo necesario comprobar que no se produce pandeo lateral.

Si la tensión en la fibra menos traccionada es positiva (es de tracción),

$$\sigma_{min} = \frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} > 0 \quad \text{no es necesario hacer la comprobación de pandeo lateral.}$$

Siendo $\sigma_{min} = \frac{25.000}{4300} - \frac{30.000.000}{216.000} = 5,8 - 138,8 = -133 < 0$ tensión negativa, y por tanto **si** es necesario comprobar que no se produce pandeo lateral.

4.4 COMPROBACIÓN A PANDEO LATERAL

La condición a cumplir es que el momento efectivo sea menor que el momento resistente a pandeo lateral: $M_{ef,Ed} \leq M_{b,Rd}$

$$\text{Siendo el momento efectivo: } M_{ef,Ed} = M_{y,Ed} - 0,8 \cdot W_{y,el} \frac{N_{Ed}}{A}$$

Sustituyendo y operando:

$$M_{ef,Ed} = 30.000.000 - 0,8 \cdot 216.000 \cdot \frac{25.000}{4300} \Rightarrow M_{ef,Ed} = 28.995.348 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Por otro lado, la resistencia a pandeo lateral se obtiene como $M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

Siendo $M_{LT,v} = b_{LT,v} \cdot \frac{C_1}{L_c}$ con $b_{LT,v} = 455.800 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$

$L_c = 3.000 \text{ mm}$ distancia entre puntos de arriostramiento transversal, es decir, la distancia entre el nudo A y el nudo B.

C_1 , coeficiente que para una barra en voladizo con carga puntual y coeficiente $k = 1$ adopta el valor 2,05 quedando del lado de la seguridad (el verdadero valor de $k = 0,7$) ver tabla 1.

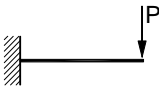

Condiciones de carga y apoyo	Diagrama de momentos flectores	k	C_1
		1,0	2,05

Tabla 1. Coeficiente C_1

Operando $M_{LT,v} = 455.800 \cdot 10^6 \cdot \frac{2,05}{3.000} = 311.463.333 \text{ N} \cdot \text{mm}$

Por otro lado $M_{LT,w} = b_{LT,w} \cdot \frac{C_1}{L_c}$ con $b_{LT,w} = 629.557 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$

Operando $M_{LT,v} = 629.557 \cdot 10^9 \cdot \frac{2,05}{3.000^2} = 143.399.094 \text{ N} \cdot \text{mm}$

El momento crítico a pandeo lateral es:

$$M_{cr} = \sqrt{311.463.333^2 + 143.399.094^2} = 342.888.769 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Por tanto, la esbeltez lateral reducida será igual a:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{67.650.000}{342.888.769}} = 0,44$$

Siendo $\bar{\lambda}_{LT} = 0,44 \cong 0,5 \xrightarrow{h/b \leq 2} \text{curva } a \rightarrow \chi_{LT} = 0,92$

y el valor del momento resistente a pandeo lateral, $M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

es igual a:
$$M_{b,Rd} = \frac{0,92 \cdot 67.650.000}{1,05} = 59.274.285 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Como $M_{ef,Ed} = 28.995.348 \text{ N} \cdot \text{mm} < M_{b,Rd} = 59.274.285 \text{ N} \cdot \text{mm}$ el soporte dimensionado con un HEB 140 cumple.

5 Conclusiones

A lo largo de este documento se han particularizado las comprobaciones generales establecidas por el CTE-DB SE Acero para el cálculo de los soportes solicitados a flexotracción al soporte de la figura 1, predimensionado con un HEB 140 siguiendo los siguientes pasos:

- Comprobación de resistencia. El perfil cumple sobradamente a resistencia.
- Interacción flexión-tracción: Tras la obtención de la tensión en la fibra menos traccionada se concluye que existe riesgo de pandeo lateral, por lo que deberá comprobarse la resistencia frente a dicho fenómeno.
- Comprobación del soporte a pandeo lateral: la resistencia a pandeo lateral del soporte analizado supera el momento flector efectivo, por lo que el soporte predimensionado cumple todas las condiciones.

6 Actividad propuesta

Con objeto de consolidar los conocimientos adquiridos, se propone al alumno comprobar si es posible dimensionar el soporte analizado con un HEB 120, dado que el HEB 140 cumple sobradamente. La solución se encuentra en el Anejo A

7 Bibliografía

7.1 Libros:

- [1] MINISTERIO de la VIVIENDA: "Documento Básico Seguridad Estructural, Acero", Código Técnico de Edificación. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org>
- [2] Monfort Leonart, J.: "Estructuras Metálicas en Edificación adaptado al CTE" Editorial Universidad Politécnica de Valencia ISBN 84-8363-021-4
- [3] Ejemplos prácticos resueltos en "Problemas de estructuras metálicas adaptados al Código Técnico" capítulos 3 y 7. Autores: Monfort Leonart, J. Pardo Ros, J.L., Guardiola Villora, A. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 978-84-8363-322-9

7.1 Otras fuentes:

- [1] Polimedia "El fenómeno del pandeo lateral" Autora: Arianna Guardiola Villora. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/13193>
- [2] Polimedia "Experimentando el pandeo lateral" Autora: Arianna Guardiola Villora. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/13192>

7.2 Figuras

Todos los dibujos incluidos en este documento han sido realizados por Guardiola Villora, A.

ANEJO A

Dado el soporte AB de la figura 1, dimensionado con un HEB 120, el momento resistente a pandeo lateral, es igual a:

$$M_{b,Rd} = \frac{0,92 \cdot 39.600.000}{1,05} = 34.697.142$$

Siendo el momento efectivo:

$$M_{ef,Ed} = 30.000.000 - 0,8 \cdot 144.000 \cdot \frac{25.000}{3400} = 29.152.941$$

Como Como $M_{ef,Ed} < M_{b,Rd}$ cumple el soporte AB dimensionado con un perfil HEB 120