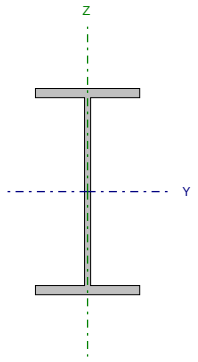
Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 92.16 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 180
Material: S275



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
0.952, 66.000, 10.306	0.952, 60.000, 10.306	6.000	23.90	1317.00	100.90	4.79

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	1.00
L_K	0.000	6.000	0.000	6.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.492
C_1	-		1.000	

Notación:
b: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
pésima en cubierta	N.P.(1)	x: 1 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	N_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	N_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 6 m η = 92.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	x: 6 m η = 6.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	x: 1 m η < 0.1	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(9)	N.P.(10)	N.P.(10)	CUMPLE h = 92.2

Notación:
`l: Limitación de esbeltez
l_a: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión eje Y
M_z: Resistencia a flexión eje Z
V_z: Resistencia a corte Z
V_y: Resistencia a corte Y
M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<u>Limitación de esbeltez</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

30.94 £ 250.32 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	164.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	5.30	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	8.69	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	7.28	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.0	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.275 ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.922 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.952, 60.000, 10.306, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*Q.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : 11.99 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 43.58 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 166.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{M^{+}_{b,Rd}} = \chi_{LT} \cdot W^{+}_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $M_{b,Rd}^{+}$: 43.58 kN·m

$$\mathbf{M^{-}_{b,Rd}} = \chi_{LT} \cdot W^{-}_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $M_{b,Rd}^{-}$: 13.01 kN·m

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 166.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M1} : 1.05

c_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi^2_{LT} - \bar{\lambda}^2_{LT}}} \leq 1$$

c_{LT}^{+} : 1.00

c_{LT}^{-} : 0.30

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot \left(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2\right) + \bar{\lambda}^2_{LT}\right]$$

f_{LT}^{+} : 0.00

f_{LT}^{-} : 2.11

a_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. a_{LT} : 0.21

`l $_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}^{+}_{LT} = \sqrt{\frac{W^{+}_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$ `l $_{LT}^{+}$: 0.00

$$\bar{\lambda}^{-}_{LT} = \sqrt{\frac{W^{-}_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$ `l $_{LT}^{-}$: 1.70

M_{cr}: Momento crítico elástico de pandeo lateral. M_{cr}^{+} : ∞

M_{cr}^{-} : 15.78 kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$\mathbf{M_{cr}} = \sqrt{M^2_{LTv} + M^2_{LTw}}$$

Siendo:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTv}} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 15.01 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M_{LTw}} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L^2_c} \cdot C_1 \cdot i^2_{f,z}$$

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 4.85 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: 146.33 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : 100.90 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : 4.79 cm4

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. G : 81000 MPa

L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c^+	:	0.000	m
L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c^-	:	6.000	m
C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	C_1	:	1.00	
$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{f,z}^+$	:	2.40	cm
	$i_{f,z}^-$	:	2.40	cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.069 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.952, 60.000, 10.306, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 9.99 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 144.26 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : 9.54 cm²

$$\mathbf{A_V} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. h : 180.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 5.30 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$

30.94 < 64.71

Donde:

l_w: Esbeltez del alma. l_w : 30.94

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{máx}$: Esbeltez máxima. $l_{máx}$: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e: Factor de reducción. e : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad 0.339 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.000 m del nudo 0.952, 66.000, 10.306, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	*3.33*	kN
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	*144.26*	kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 28.45 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.952, 12.000, 10.306
Coordenadas del nudo final: 0.952, 6.000, 10.306
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*Q + 1.00*N(EI) + 1.00*V(0°) H2 a una distancia 3.000 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 1317 cm4) (Iz = 101 cm4)