

Obtener el máximo momento torsor y el máximo giro (por unidad de longitud) que es capaz de soportar cada una de las siguientes secciones en acero S 275 JR:

- 1) Circular maciza  $\varnothing 100$
- 2) Circular hueca  $\varnothing 100 \times 10$
- 3) Circular hueca  $\varnothing 250 \times 10$
- 4) Cuadrada hueca  $\# 200 \times 10$
- 5) Circular hueca abierta  $\varnothing 250 \times 10$
- 6) IPE 360
- 7) HEB 200

### 1) Circular maciza $\varnothing 100$

$$A = 7850 \text{ mm}^2 \quad I_T = 9,82 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_T = \pi R^3 / 2 = 196,35 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 196,35 \cdot 10^3 = 29,69 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{29,69 \cdot 10^6}{81000 \cdot 9,82 \cdot 10^6} = 3,73 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

### 2) Circular hueca $\varnothing 100 \times 10$

$$A = \pi(R_{ext}^2 - R_{int}^2) = \pi(50^2 - 40^2) = 2827 \text{ mm}^2$$

$$I_T = \pi(R_{ext}^4 - R_{int}^4) / 2 = \pi(50^4 - 40^4) / 2 = 5,80 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = \pi(R_{ext}^4 - R_{int}^4) / 2R_{ext} = \pi(50^4 - 40^4) / (2 \cdot 50) = 115,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 115,92 \cdot 10^3 = 17,53 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{17,53 \cdot 10^6}{81000 \cdot 5,80 \cdot 10^6} = 3,73 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

### 3) Circular hueca $\varnothing 250 \times 10$

$$A = \pi(R_{ext}^2 - R_{int}^2) = \pi(125^2 - 115^2) = 7540 \text{ mm}^2$$

$$I_T = \pi(R_{ext}^4 - R_{int}^4) / 2 = \pi(125^4 - 115^4) / 2 = 108,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = \pi(R_{ext}^4 - R_{int}^4)/2R_{ext} = \pi(125^4 - 115^4)/(2 \cdot 125) = 870,10 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 870,10 \cdot 10^3 = 131,57 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{131,57 \cdot 10^6}{81000 \cdot 108,76 \cdot 10^6} = 1,49 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

#### 4) Cuadrada hueca #200×10

$$A = 4 \cdot 190 \cdot 10 = 7600 \text{ mm}^2$$

$$I_T = 4A^2t/S = 4 \cdot 7600^2 \cdot 10 / (4 \cdot 190) = 3,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = 2tA = 2 \cdot 10 \cdot 7600 = 152,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 152,00 \cdot 10^3 = 22,98 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{22,98 \cdot 10^6}{81000 \cdot 3,04 \cdot 10^6} = 9,33 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

#### 5) Circular hueca abierta Ø250×10

$$A = A_3 = 7540 \text{ mm}^2$$

$$I_T = 1/3 l t^3 = 1/3 \cdot 250 \pi \cdot 10^3 = 0,262 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = I_T / t = 26,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 26,2 \cdot 10^3 = 3,96 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{3,96 \cdot 10^6}{81000 \cdot 0,262 \cdot 10^6} = 18,66 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

#### 6) IPE 360

$$A = 7270 \text{ mm}^2 \quad I_T = 0,373 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = \sum 1/3 l_i t_i^2 = 1/3(2 \cdot 170 \cdot 12,7^2 + 334 \cdot 6,8 \cdot 0^2) = 25,42 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 25,42 \cdot 10^3 = 3,84 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{3,84 \cdot 10^6}{81000 \cdot 0,373 \cdot 10^6} = 12,71 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

## 7) HEB 200

$$A = 7810 \text{ mm}^2 \quad I_T = 0,634 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_T = \sum 1/3 l_i t_i^2 = 1/3(2 \cdot 200 \cdot 15^2 + 170 \cdot 9^2) = 34,59 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd} = \tau_{max,d} W_T = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} W_T = 151,21 \cdot 34,59 \cdot 10^3 = 5,23 \text{ kNm}$$

$$\theta_t = \frac{T}{GI_T} = \frac{5,23 \cdot 10^6}{81000 \cdot 0,634 \cdot 10^6} = 10,18 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

## Tabla resumen:

Nº	Sección	A (mm <sup>2</sup> )	T <sub>Rd</sub> (kNm)	θ (rad/mm) × 10 <sup>-5</sup>
1	Ø100	7850	29,69	3,73
2	Ø100×10	2827	17,53	3,73
3	Ø250×10	7540	131,57	1,49
4	#200×10	7600	22,98	9,33
5	Ø250×10 (abierta)	7540	3,96	18,66
6	IPE 360	7270	3,84	12,71
7	HEB 200	7810	5,23	10,18

## Comparativa:

2 vs 1:  $A_2 = A_1/2,8$  pero  $T_{Rd,2} = T_{Rd,1}/1,7 \Rightarrow$  A igualdad de diámetro, mayor eficiencia sección hueca vs maciza

3 vs 2:  $A_3 = 2,7A_2$  pero  $T_{Rd,3} = 7,5T_{Rd,2}$  y  $\theta_3 = \theta_2/2,5 \Rightarrow$  A igualdad de espesor, mayor eficiencia a mayor diámetro

A igualdad de área:

3 vs 1:  $T_{Rd,3} = 4,4T_{Rd,1}$  y  $\theta_3 = \theta_1/2,5 \Rightarrow$  Mayor eficiencia sección hueca vs maciza

4 vs 3:  $T_{Rd,4} = T_{Rd,3}/5,7$  y  $\theta_4 = 6,3\theta_3 \Rightarrow$  Mayor eficiencia tubo circular vs tubo cuadrado

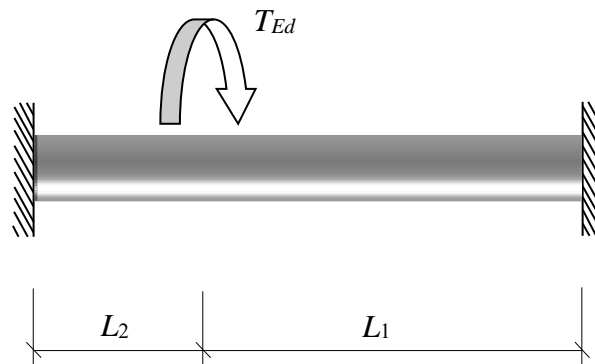
5 vs 3:  $T_{Rd,5} = T_{Rd,3}/33$  y  $\theta_5 = 12,5\theta_3 \Rightarrow$  Mucha mayor eficiencia sección cerrada vs abierta

6, 7 vs 3  $\Rightarrow$  IPE 360 y HEB 200, valores similares a sección 5

**Torsión. Ejercicios propuestos****Ejercicio 1**

En la figura se presenta una pieza biempotrada sometida a un momento torsor  $T_{Ed}$  aplicado a  $L_2$  del extremo izquierdo y a  $L_1$  del derecho.

La pieza es un perfil hueco redondo  $\varnothing 40 \times 2$

**Se pide:**

- 1) El máximo valor que puede alcanzar  $T_{Ed}$
- 2) Establecer cuál es la sección que gira más y el valor del giro correspondiente.

**Datos:**

- $L_1 = 2$  m
- $L_2 = 1$  m
- Acero S 275 JR

## Ejercicio 2

Determinar la tensión de comparación máxima en la sección situada a 1 m desde el extremo de la pieza representada en la figura adjunta. La carga repartida es valor de cálculo.

