

En una nave industrial de 25 m de luz, se pretende diseñar las placas de anclaje de los soportes IPE 360. El cálculo de esfuerzos arroja los siguientes resultados para la sección de arranque del soporte:

$$N_{Ed} = 56,2 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 137,8 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 41,8 \text{ kN}$$

Datos: Hormigón de la zapata HA-25/B/20/XC2

Acero S 355

Dimensiones zapata 3,15×3,15×0,70 m

1) Predimensionamiento de la placa de anclaje

El perfil IPE 360 tiene un canto h de 360 mm y un ancho b de 170 mm. Dejando un sobrecanto de 100 mm a cada lado del perfil, podemos predimensionar una placa de 560×370 mm y un espesor de 25 mm, dispuesta en contacto directo con el hormigón.

Se disponen 6 pernos de anclaje soldados a la placa de diámetro $\varnothing 20$ (3 a cada lado de las alas del perfil), a 50 mm del borde frontal de la placa al eje del perno ($e_1 = 50 \text{ mm} > 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ mm}$), de acero 6.8 ($f_{yb} = 480 \text{ MPa}$, $f_{ub} = 600 \text{ MPa}$).

2) Limitaciones de la sección en T equivalente comprimida (área eficaz)

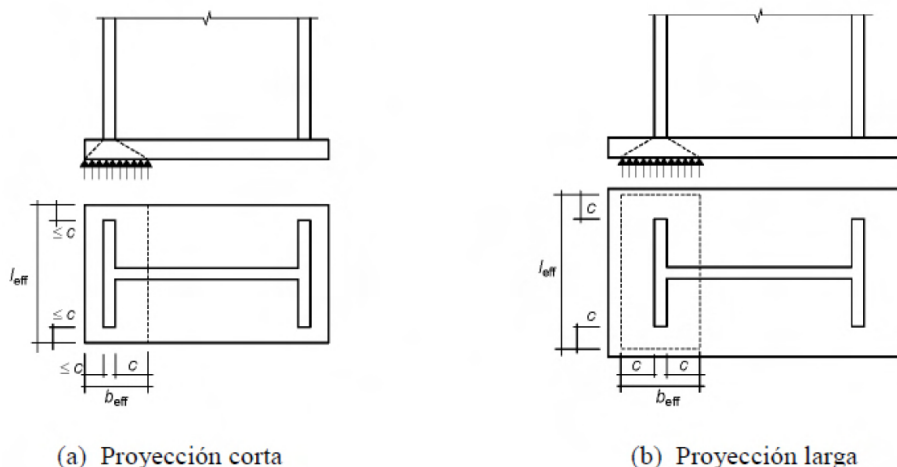


Figura A26.6.4 Área de una sección en T equivalente comprimida

Fuente: CE, Anejo 26, 2021

$$c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}}$$

siendo $t = 25 \text{ mm}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,05 = 338,10 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} = \beta_j k_j f_{cd} = 2/3 \cdot 2,55 \cdot 16,67 = 28,34 \text{ MPa}$$

$$\beta_j = 2/3 \text{ (mortero resist.} \geq 0,2 f_{ck} = 5 \text{ MPa y esp.} \leq 0,2 \times \text{ancho menor placa} = 74 \text{ mm)}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \sqrt{\frac{b_2 d_2}{b_1 d_1}} = \sqrt{\frac{1260 \cdot 1070}{560 \cdot 370}} = 2,55 \leq 3,0$$

$$A_{c0} = b_1 d_1 \quad \text{área cargada (dimensiones placa de base)}$$

$$A_{c1} = b_2 d_2 \quad \text{área de distribución máxima cálculo}$$

$$b_2 \leq 3b_1 = 3 \cdot 560 = 1680 \text{ mm}$$

$$b_2 \leq b_1 + h = 560 + 700 = \underline{1260} \text{ mm}$$

$$d_2 \leq 3d_1 = 3 \cdot 370 = 1110 \text{ mm}$$

$$d_2 \leq d_1 + h = 370 + 700 = \underline{1070} \text{ mm}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,5 = 25 / 1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

Tras determinar los distintos factores, puede obtenerse el valor máximo de c :

$$c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 25 \sqrt{\frac{338,10}{3 \cdot 28,34}} = 49,85 \text{ mm}$$

La máxima área eficaz posible, realizando una simplificación a área rectangular, sería:

$$h_{eff} = h + 2c = 360 + 2 \cdot 49,85 = 459,70 \text{ mm} \quad b_{eff} = b + 2c = 170 + 2 \cdot 49,85 = 269,70 \text{ mm}$$

3) Hipótesis: Axil fuera del núcleo central del área eficaz

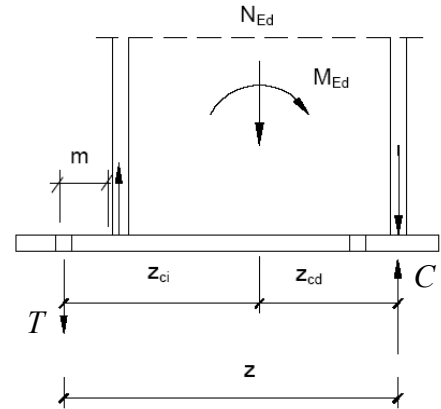
Se comprueba: $\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{137,8}{56,2} = 2,45 \text{ m} > \frac{h_{eff}}{6} = \frac{0,4597}{6} = 0,077 \text{ m} \quad \checkmark$

3.1) Ecuaciones de equilibrio

$$\left. \begin{aligned} N_{Ed} &= C - T \\ M_{Ed} &= Tz_{ci} + Cz_{cd} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} T = \frac{M_{Ed} - N_{Ed}z_{cd}}{z_{ci} + z_{cd}} \\ C = N_{Ed} + T \end{cases}$$

$$T = \frac{137,8 \cdot 10^6 - 56200 \left(\frac{360 - 12,7}{2} \right)}{\left(\frac{560}{2} - 50 \right) + \left(\frac{360 - 12,7}{2} \right)} = 317.208 \text{ N}$$

$$C = 56.200 + 317.208 = 373.408 \text{ N}$$



Fuente: CTE DB SE-A, 2006

La tracción en cada perno es $F_{t,Ed} = 317,208/3 = 105,74 \text{ kN}$

Obtención del área eficaz comprimida necesaria para repartir el axil N con una distribución de tensiones f_{jd} :

$$C = A_c f_{jd} \Rightarrow A_c = \frac{C}{f_{jd}} = \frac{373408}{28,34} = 13175 \text{ mm}^2$$

Debe cumplirse $A_c = h_c b_c$ con $h_c \leq 2c + t_f = 112,40 \text{ mm}$ y $b_c \leq b_{eff} = 269,70 \text{ mm}$

Si se fija $b_c = 269,70 \text{ mm}$, se tiene que $h_c = 13175/269,70 = 48,85 \text{ mm} < 112,40 \text{ mm}$

3.2) Resistencia a cortante del conjunto

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + nF_{vb,Rd} = 74,68 + 6 \cdot 34,81 = 283,54 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 41,80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

siendo $F_{f,Rd}$ resistencia por rozamiento entre la placa base y el mortero

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Ed} = 0,20 \cdot 373,41 = 74,68 \text{ kN}$$

$F_{vb,Rd}$ resistencia a cortante de un perno de anclaje

$$F_{vb,Rd} = \alpha_{bc} f_{ub} A_s / \gamma_{M2} = 0,30 \cdot 600 \cdot 245 / 1,25 = 34,81 \text{ kN}$$

$$\text{con } \alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003 f_{yb} = 0,44 - 0,0003 \cdot 480 = 0,30$$

3.3) Pernos a tracción y corte

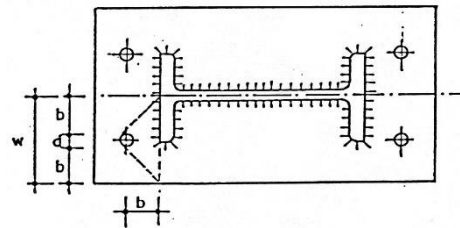
Al ser los pernos barras corrugadas, la resistencia a tracción de cada perno es directamente:

$$F_{t,Rd} = 0,9f_{ub}A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 600 \cdot 245 / 1,25 = 105,84 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 105,74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los pernos no están solicitados a corte, pues sólo la resistencia por rozamiento entre la placa base y el mortero ya es mayor que el esfuerzo cortante aplicado, por lo que no es necesario realizar la comprobación frente a la combinación de esfuerzos de tracción y corte.

3.4) Comprobación de la placa base a flexión

$$M_{Ed} = T_{i,Ed} b \leq M_{p,Rd} = \frac{wt^2}{4} f_{yd}$$



Fuente: Atienza JR, 1995

Los parámetros geométricos son:

$$b = (560 - 360) / 2 - 50 = 100 - 50 = 50 \text{ mm}$$

$$b \geq 1,2\varnothing = 24 \text{ mm} \quad \text{distancia min del eje del tornillo a borde o separación min al perfil}$$

$$w = d_0 + 2b = 20 + 2 \cdot 50 = 120 \text{ mm}$$

$$w \leq 370 / 3 = 123,3 \text{ mm} \quad \text{condición para que las tres secciones de longitud } w \text{ quepan dentro del ancho de la placa (370 mm) y no se intersecten}$$

Por tanto, la separación p entre pernos debe estar en el intervalo $p \in [120, 123] \text{ mm}$, además de cumplir la distancia min perno-borde ($e_i > 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ mm}$):

si $p < 120 \text{ mm}$, se intersectarían las secciones de longitud w ,

si $p > 123 \text{ mm}$, las secciones exteriores de longitud w se saldrían del ancho de la placa, lo cual es posible, pero disminuiría el momento flector resistente de la placa $M_{pl,Rd}$ en esas secciones exteriores más reducidas.

La comprobación a resistencia de la placa base es:

$$M_{Ed} = 105,74 \cdot 0,050 = 5,29 \text{ kN m} < M_{pl,Rd} = \frac{120 \cdot 25^2}{4} \frac{355}{1,05} = 6,34 \text{ kN m} \quad \checkmark$$

Bases de pilares. Ejercicios propuestos**Ejercicio 1**

Dimensionar la base metálica del pilar de la estructura del plano adjunto.

Datos:

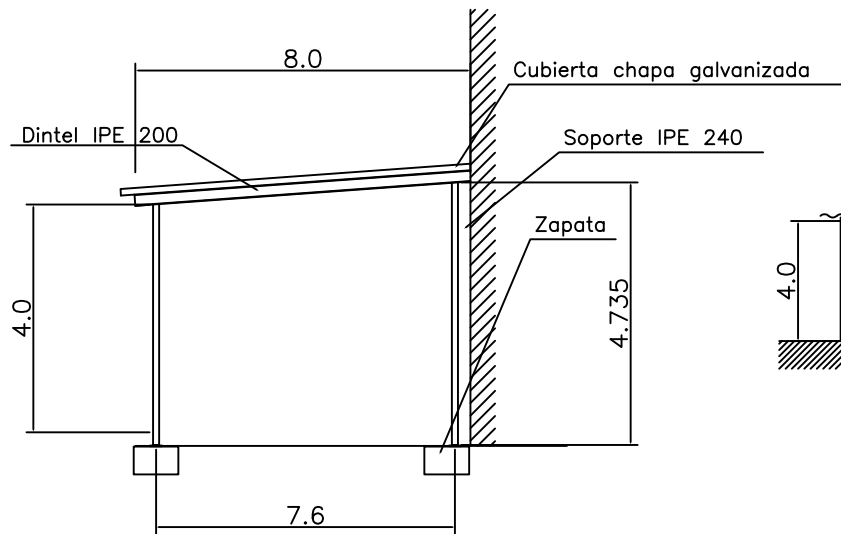
- Acciones:

Carga permanente	0,30 kN/m ²
S.C.U. (no concomitante con el resto)	0,40 kN/m ²
Nieve	0,20 kN/m ²
Viento en cubierta	-1,00 kN/m ² (succión) 1,00 kN/m ² (presión)

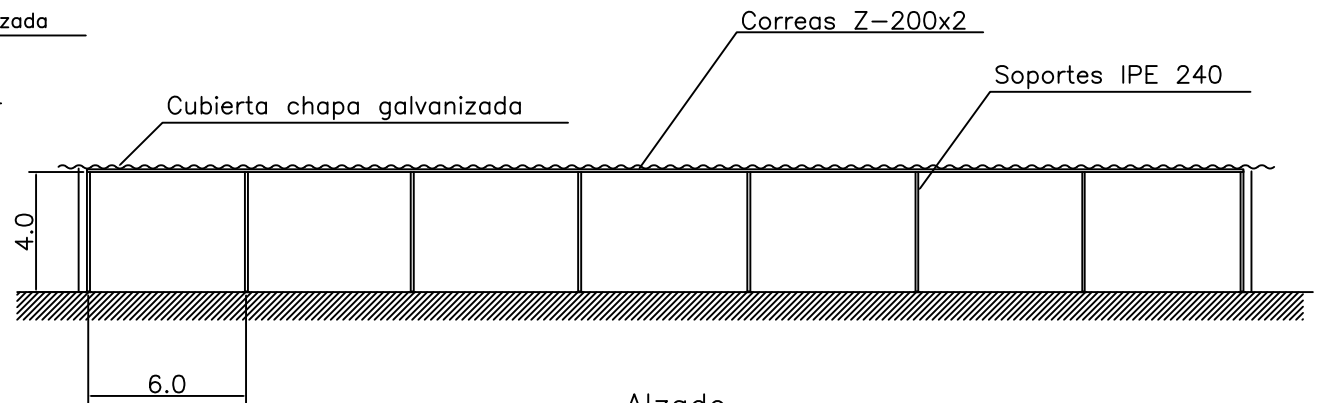
- Zapatas: Dimensiones 1,0×1,0×0,5 m
 Hormigón HA-25 $f_{ck} = 25$ MPa
 Coef. minoración resistencia hormigón 1,5

- Acero S 275 JR

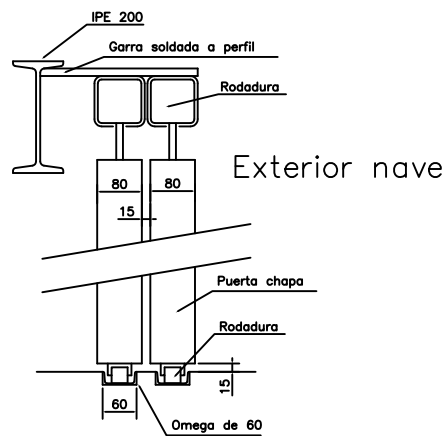
- Nota: No tener en cuenta la leve inclinación de la cubierta de cara a la obtención de las reacciones en la cabeza de los pilares.



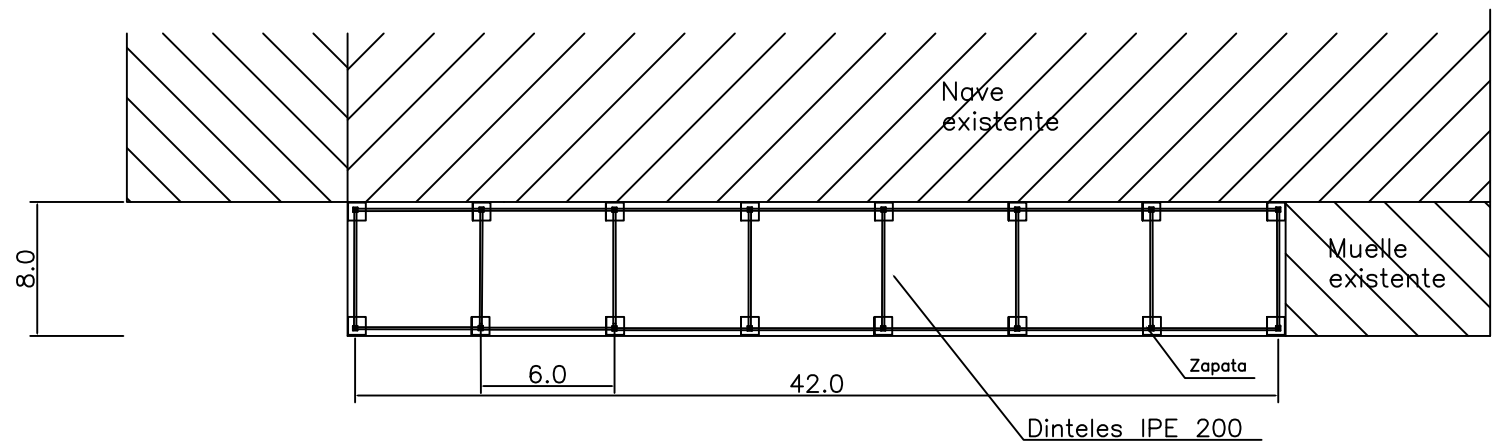
Alzado lateral



Alzado



Detalles solapes puertas
Cotas en mm



Planta

Cotas en metros

Ejercicio 2

Un pilar formado por 2 UPN 200, formando un tubo, se encuentra sometido en su base a un esfuerzo axial de cálculo de 1000 kN con una excentricidad de 50 mm según el eje X, unido a una zapata de hormigón mediante una placa de anclaje de 390×440 mm.

Se pide completar el diseño de la base del pilar, determinando el espesor de la placa para que el axil quede dentro del núcleo central del área eficaz simplificada.

Datos:

- Zapata Dimensiones 2,35×2,35×0,80 m
- Hormigón $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Coef. minoración resistencia hormigón $\gamma_c = 1,5$
- Utilizar acero S 355

