

Sumari

SUMARI	1
D UNIONS	3
D.1 Bases de pilars.....	3
D.2 Unió dels membres de l'encavallada	15
D.2.1 Unions soldades: nusos en N i nusos en K.....	15
D.2.2 Unions cargolades: continuïtat de les barres.....	26
D.3 Unions biga-pilar dels pòrtics extrems	31
D.4 Unió encavallada-pilar	40
D.5 Unions a la zona d'oficines	43
D.5.1 Unions pilar-jàssera.....	43
D.5.2 Unions jàssera-jàssera	48



D Unions

Les unions són una part important de l'estructura ja que no poden ser-ne pas el punt dèbil. Per aquest motiu han d'estar ben calculades i ben executades ja que qualsevol errada pot costar la fallada de la nau industrial.

S'han calculat les unions que conformen l'estructura principal de la nau. Per a fer-ho s'han utilitzat programes de càlcul d'unions com el PowerConnect o el CIDJOINT, aquest últim per a unions entre barres tubulars.

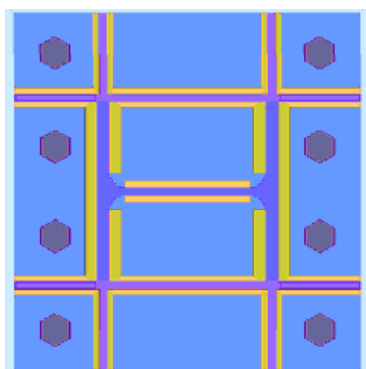
Tot seguit es presenten els llistats de càlcul de les unions així com també una comprovació manual de vàries d'elles.

D.1 Bases de pilars

Per tal d'uniformitzar les unions entre un pilar i el respectiu fonament, s'han dissenyat quatre tipus de bases de pilars: una pels pilars que conformen el pòrtic tipus, una altra pels pilars hastials corresponents als pòrtics extrems, una altra per als pilars de les quatre cantonades i finalment una altra pels pilars de l'estructura d'oficines.

Aquesta agrupació s'ha fet ajuntant els pilars que tenen similitud d'esforços. És a dir, els pilars del pòrtic tipus només suporten moment en l'eix fort del pilar, provinent en la major part, pel vent lateral. Els pilars hastials també només suporten moment en l'eix fort del pilar, que en aquest cas és provocat pel vent frontal. I, finalment, els pilars de les cantonades i els de zona d'oficines agafen moment en els dos sentits, però en magnituds diferents. Tot seguit es presenten les característiques de les quatre bases dissenyades.

La base per als pilars del pòrtic tipus és la següent (Fig. D.1):



Placa base: 420x440x20 mm S275

Perns: M24, qualitat 5.6, longitud 800 mm+ganxo

Carteles d'espessor 10 mm i alçada 150mm

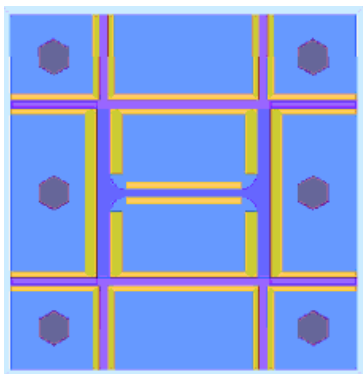
Soldadures: coll de soldadura ala 10mm

coll de soldadura ànima 6mm

Fig. D.1 Vista superior de la placa base dels pilars del pòrtic tipus



La placa per als pilars hastials és la següent (Fig. D.2):



Placa base: 400x420x20 mm S275

Perns: M24, qualitat 5.6, longitud 800 mm+ganxo

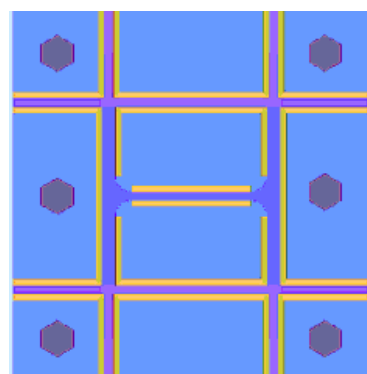
Carteles d'espessor 10 mm i alçada 150mm

Soldadures: coll de soldadura ala 10mm

coll de soldadura ànima 6mm

Fig. D.2 Vista superior de la placa base dels pilars hastials

La placa per als pilars de les cantonades és la següent (Fig. D.3):



Placa base: 400x420x20 mm S275

Perns: M24, qualitat 5.6, longitud 800 mm+ganxo

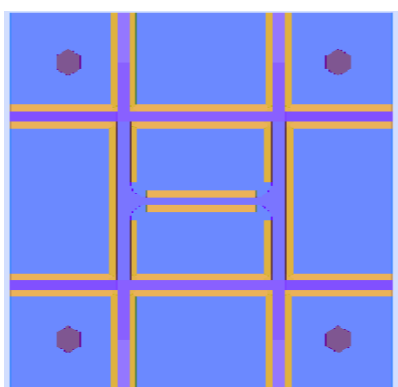
Carteles d'espessor 10 mm i alçada 150mm

Soldadures: coll de soldadura ala 10mm

coll de soldadura ànima 6mm

Fig. D.3 Vista superior de la placa base dels pilars de cantonada

La placa per als pilars de les oficines és la següent (Fig. D.4):



Placa base: 360x380x10 mm S275

Perns: M16, qualitat 5.6, longitud 600 mm+ganxo

Carteles d'espessor 10 mm i alçada 150mm

Soldadures: coll de soldadura ala 9mm

coll de soldadura ànima 5,5mm

Fig. D.4 Vista superior de la placa base dels pilars d'oficines



Tot seguit es presenta el càlcul de comprovació d'una de les plaques base, concretament la dels pilars del pòrtic tipus. Per a fer-la es comprova la combinació que ha de transmetre més esforç normal a la sabata d'un pilar situat aproximadament al centre de la nau. Aquesta combinació s'anomena ELU-2 i és la següent:

$$ELU - 2 = 1,35 \cdot Pes \text{ propi} + 1,35 \cdot Permanents + 1,5 \cdot Neu + 0,9 \cdot Vent \text{ pressió}$$

El nus 154, corresponent al pilar esquerre del setè pòrtic, té les següents reaccions:

$$N_{Ed} = 96,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 18,3 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 44,2 \text{ kN}$$

Valor del càlcul dels esforços interiors

Les condicions d'equilibri permeten determinar el valor de càlcul dels esforços interiors.

$$N_{Ed} + T_{Ed} - C_{Ed} = 0$$

$$M_{Ed} - T_{Ed} \cdot a_t - C_{Ed} \cdot a_c = 0$$

On: a_t és la distància entre l'eix central de la placa i l'eix dels pernns. En aquest cas val 160mm.

a_c és la distància entre l'eix central de la placa i la meitat de l'ala del pilar. En aquest cas val 102mm.

$$T_{Ed} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot a_c}{a_c + a_t} = 131,25 \text{ kN}$$

$$C_{Ed} = T_{Ed} + N_{Ed} = 227,45 \text{ kN}$$

Àrea eficaç

Per poder-la calcular, primer cal buscar el valor de a_1 i b_1 . Aquests seran el mínim dels valors que es mostren a continuació.

$$a_1 = a + 2a_r = 3,0m$$

$$a_1 = 5 \cdot a = 2,1m$$

$$a_1 = a + h = 1,42m$$

$$a_1 = 5 \cdot b_1 = 7,1m$$

$$b_1 = b + 2b_r = 2,0m$$

$$b_1 = 5 \cdot b = 2,2m$$

$$b_1 = b + h = 1,44m$$

$$b_1 = 5 \cdot a_1 = 7,2m$$



Els paràmetres que s'utilitzen en aquestes fórmules es mostren a la figura (Fig. D.5) i el valor que prenen és el següent.

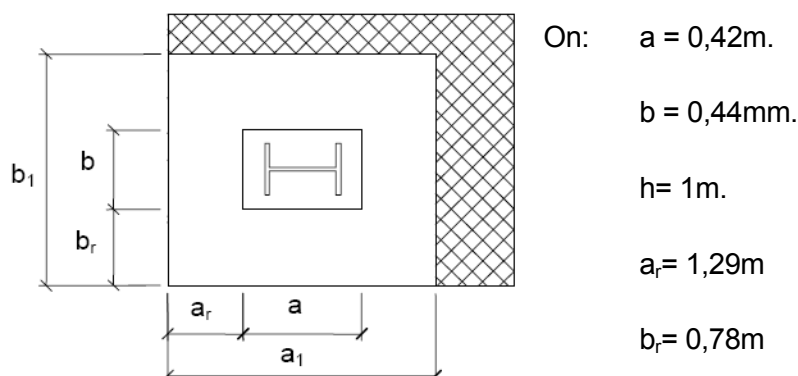


Fig. D.5 Paràmetres pel càlcul de l'àrea portant equivalent

Per tant, $a_1=1,42\text{m}$ i $b_1=1,44\text{m}$. Ara ja es pot calcular el factor de concentració (k_j) que ha de ser menor a 5, la resistència portant de la superfície d'assentament (f_{jd}) i la distància c que permetrà calcular l'àrea eficaç sotmesa a compressió de la placa.

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 3,33$$

$$f_j = \frac{2}{3} \cdot k_j \cdot f_{ck} = 33 \text{ N/mm}^2$$

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 27,7 \text{ mm} \rightarrow c \cong 28 \text{ mm}$$

L'àrea eficaç és el que en la Fig. D.6 està de color blanc. En el cas que s'està comprovant, tindrà una altra forma a causa de tenir carteles en les dues direccions. En aquest cas, doncs, la distància c es mesurarà des de la cara exterior de les carteles.

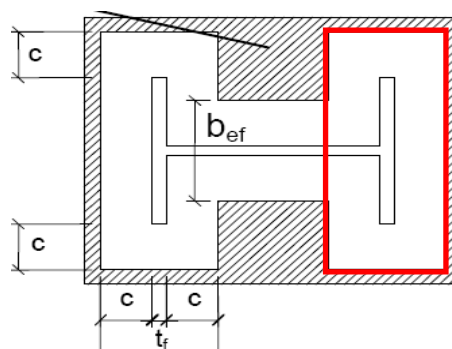


Fig. D.6 Color blanc: àrea eficaç

Requadre vermell: àrea eficaç a compressió



Per al càlcul, però, es necessita saber l'àrea eficaç sotmesa a compressió. Per això, es considera que és la part marcada amb un requadre en vermell de la Fig. D.6.

$$A_{eff,c} = 41,184 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Resistència del formigó

$$\text{Esforços interiors: } \sigma_{Ed} = \frac{C_{Ed}}{A_{eff,c}} = 5,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistència local a compressió: } \sigma_{C,Rd} = k_j \cdot f_{cd} = 55,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verificació: } \sigma_{Ed} \leq \sigma_{C,Rd} \rightarrow OK$$

Resistència de la placa base (zona comprimida)

$$\text{Esforços interiors: } M_{Ed} = \sigma_{Ed} \cdot c \cdot \frac{c}{2} = 2,16 \cdot 10^3 \text{ Nmm/mm}$$

$$\text{Resistència: } M_{Rd} = f_{yd} \cdot W = \frac{235}{1,05} \cdot \frac{20^2}{6} = 14,92 \cdot 10^3 \text{ Nmm/mm}$$

$$\text{Verificació: } M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow OK$$

Resistència de la placa base (zona dels pern)

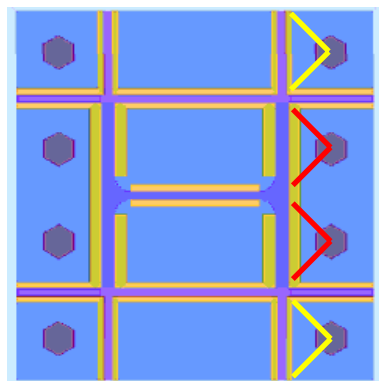
$$\text{Esforços interiors: } M_{Placa,Ed} = T_{Ed} \cdot e = 6,562 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

On: e és la distància entre el centre del pern i la vora de la placa. En aquest cas val 50mm.

Resistència:

Per poder calcular la resistència de la placa base, primer cal conèixer la zona d'influència dels pern d'ancoratge. Aquesta zona està marcada a la figura Fig. D.7 i correspon a la suma de les longituds de les línies vermelles i grogues.





La longitud de les línies grogues és:

$$l_1 = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70,71mm$$

La longitud de les línies vermelles és:

$$l_2 = \sqrt{60^2 + 50^2} = 78,10mm$$

Fig. D.7 Longituds d'influència dels pernys

La longitud total és de $l_e = 4l_1 + 4l_2 = 595,24mm$

Com que $l_e > b \rightarrow l_e = b = 440mm$

$$M_{El,Rd} = f_{yd} \cdot l_e \cdot W = \frac{235}{1,05} \cdot 440 \cdot \frac{20^2}{6} = 6,567 \cdot 10^6 Nmm$$

Verificació: $M_{Placa,Ed} \leq M_{El,Rd} \rightarrow OK$

Resistència dels pernys d'ancoratge

Resistència: pernys M24 5.6

$$F_{t,Rd} = 0,9 \frac{f_{uB} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 0,9 \frac{500 \cdot 353}{1,25} = 127 \cdot 10^3 N$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 \frac{f_{uB} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 0,5 \frac{500 \cdot 353}{1,25} = 70,6 \cdot 10^3 N$$

Verificació: es verifiquen els pernys d'ancoratge amb una fórmula d'interacció tracció-cisalladura.

$$\left(\frac{T_{Ed}/3}{F_{t,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}/3}{F_{v,Rd}} \right)^2 = 0,07 < 1 \rightarrow OK$$

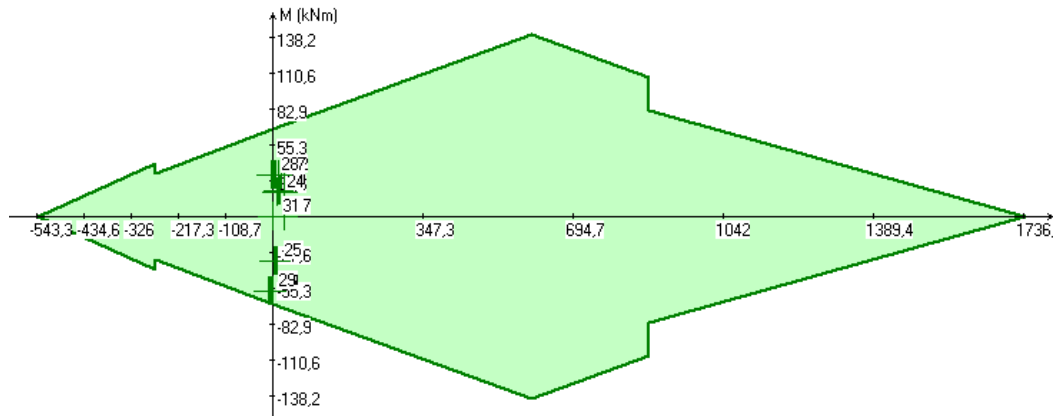
Totes les comprovacions fetes compleixen, per tant, la base del pilar tipus és correcta.



Tot seguit es presenten les notes de càlcul dels quatre tipus de bases de pilars que s'utilitzen a la nau industrial i que s'han calculat amb el programa PowerConnect.

Placa base dels pilars dels pòrtics tipus

Momento y esfuerzo normal



Lista de combinaciones

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1) ELU CF 1 (706) : V | 2) ELU CF 2 (706) : V | 3) ELU CF 3 (706) : V |
| 4) ELU CF 4 (706) : V | 5) ELU CF 5 (706) : V | 6) ELU CF 7 (706) : V |
| 7) ELU CF 8 (706) : V | 8) ELU CF 12 (706) : V | 9) ELU CF 13 (706) : V |
| 10) ELU CF 15 (706) : V | 11) ELU CF 16 (706) : V | 12) ELU CF 17 (706) : V |
| 13) ELU CF 18 (706) : V | 14) ELU CF 19 (706) : V | 15) ELU CF 21 (706) : V |
| 16) ELU CF 22 (706) : V | 17) ELU CF 23 (706) : V | 18) ELU CF 28 (706) : V |
| 19) ELU CF 29 (706) : V | 20) ELU CF 31 (706) : V | 21) ELU CF 32 (706) : V |
| 22) ELU CF 36 (706) : V | 23) ELU CF 37 (706) : V | 24) ELU CF 39 (706) : V |
| 25) ELU CF 40 (706) : V | 26) ELU CF 43 (706) : V | 27) ELU CF 44 (706) : V |
| 28) ELU CF 45 (706) : V | 29) ELU CF 46 (706) : V | 30) M+ : V |
| 31) M- : V | | |

Momento en soldaduras

Máximo momento positivo permitido por las soldaduras = 83,3 kNm \geq Momento aplicado (MSd) = 31,6 kNm

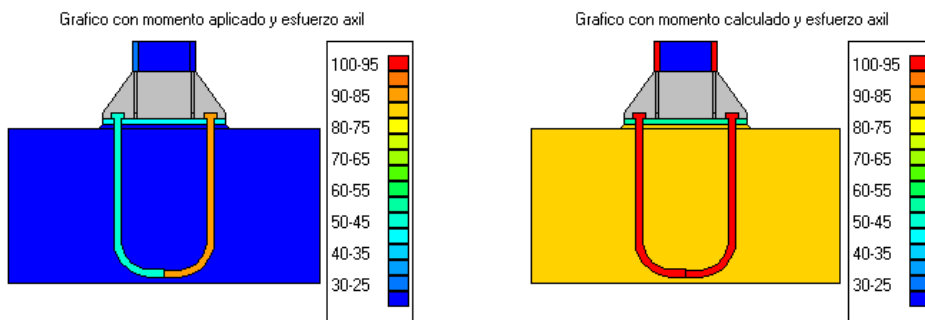
La combinación crítica es: - ELU CF 45 (706) -

Máximo momento negativo permitido por las soldaduras = -83 kNm \leq Momento aplicado (MSd) = -56,7 kNm

La combinación crítica es: - ELU CF 46 (706) -



Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Cortante

Cortante máximo (VRd) = 296,5 kN ≥ Cortante aplicado (VSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - M- -

Rigidizada

Para momento positivo

Sjini = 155010 kNm/Rad

Sj = 155010 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 2 (706) -

Para momento negativo

Sjini = 79235 kNm/Rad

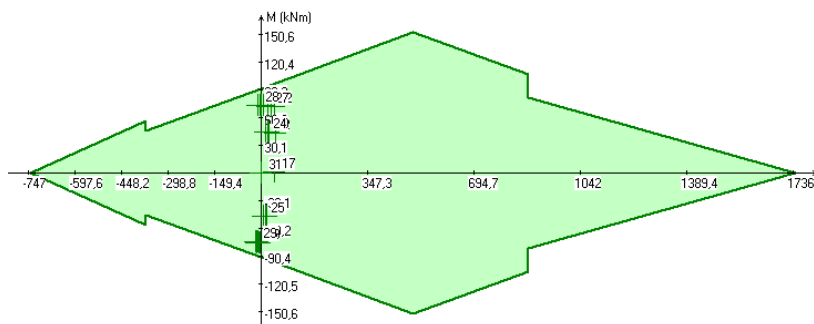
Sj = 79235 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (706) -

Placa base dels pilars hastials

Momento y esfuerzo normal



Lista de combinaciones

1) ELU CF 1 (703) : V	2) ELU CF 2 (703) : V	3) ELU CF 3 (703) : V
4) ELU CF 4 (703) : V	5) ELU CF 5 (703) : V	6) ELU CF 7 (703) : V
7) ELU CF 8 (703) : V	8) ELU CF 12 (703) : V	9) ELU CF 13 (703) : V
10) ELU CF 15 (703) : V	11) ELU CF 16 (703) : V	12) ELU CF 17 (703) : V
13) ELU CF 18 (703) : V	14) ELU CF 19 (703) : V	15) ELU CF 21 (703) : V
16) ELU CF 22 (703) : V	17) ELU CF 23 (703) : V	18) ELU CF 28 (703) : V
19) ELU CF 29 (703) : V	20) ELU CF 31 (703) : V	21) ELU CF 32 (703) : V
22) ELU CF 36 (703) : V	23) ELU CF 37 (703) : V	24) ELU CF 39 (703) : V
25) ELU CF 40 (703) : V	26) ELU CF 43 (703) : V	27) ELU CF 44 (703) : V
28) ELU CF 45 (703) : V	29) ELU CF 46 (703) : V	30) M+ : V
31) M- : V		

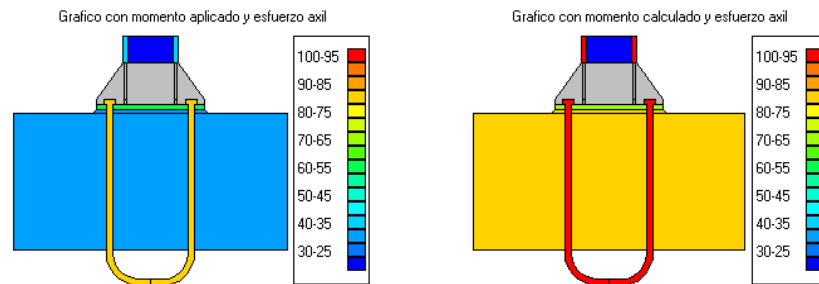
Momento en soldaduras

Máximo momento positivo permitido por las soldaduras = 166,4 kNm \geq Momento aplicado (MSd) = 71,9 kNm

La combinación crítica es: - ELU CF 45 (703) -

Máximo momento negativo permitido por las soldaduras = -166,9 kNm \leq Momento aplicado (MSd) = -74,6 kNm

La combinación crítica es: - ELU CF 5 (703) -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinacionesCortante

Cortante máximo (VRd) = 212,7 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 38,7 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 45 (703) -

RigidizadaPara momento positivo

Sjini = 79235 kNm/Rad

Sj = 79235 kNm/Rad



La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (703) -

Para momento negativo

$S_{jini} = 184878 \text{ kNm/Rad}$

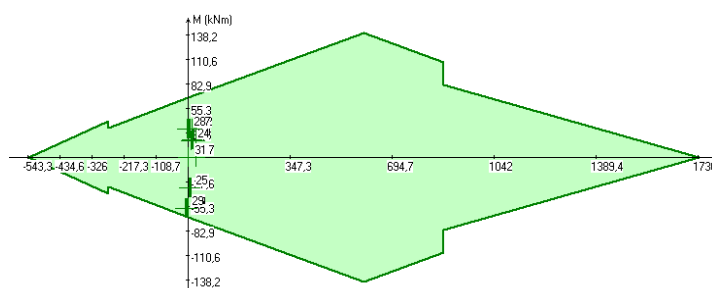
$S_j = 104518 \text{ kNm/Rad}$

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 5 (703) -

Placa base dels pilars de cantonada

Momento y esfuerzo normal



Lista de combinaciones

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1) ELU CF 1 (706) : V | 2) ELU CF 2 (706) : V | 3) ELU CF 3 (706) : V |
| 4) ELU CF 4 (706) : V | 5) ELU CF 5 (706) : V | 6) ELU CF 7 (706) : V |
| 7) ELU CF 8 (706) : V | 8) ELU CF 12 (706) : V | 9) ELU CF 13 (706) : V |
| 10) ELU CF 15 (706) : V | 11) ELU CF 16 (706) : V | 12) ELU CF 17 (706) : V |
| 13) ELU CF 18 (706) : V | 14) ELU CF 19 (706) : V | 15) ELU CF 21 (706) : V |
| 16) ELU CF 22 (706) : V | 17) ELU CF 23 (706) : V | 18) ELU CF 28 (706) : V |
| 19) ELU CF 29 (706) : V | 20) ELU CF 31 (706) : V | 21) ELU CF 32 (706) : V |
| 22) ELU CF 36 (706) : V | 23) ELU CF 37 (706) : V | 24) ELU CF 39 (706) : V |
| 25) ELU CF 40 (706) : V | 26) ELU CF 43 (706) : V | 27) ELU CF 44 (706) : V |
| 28) ELU CF 45 (706) : V | 29) ELU CF 46 (706) : V | 30) M+ : V |
| 31) M- : V | | |

Momento en soldaduras

Máximo momento positivo permitido por las soldaduras = $83,3 \text{ kNm} \geq$ Momento aplicado (MSd) = $31,6 \text{ kNm}$

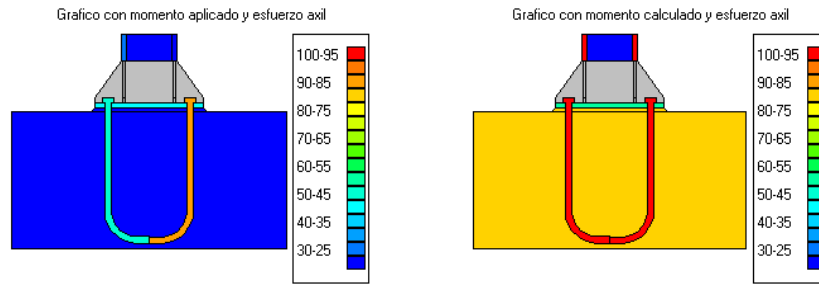
La combinación crítica es: - ELU CF 45 (706) -

Máximo momento negativo permitido por las soldaduras = $-83 \text{ kNm} \leq$ Momento aplicado (MSd) = $-56,7 \text{ kNm}$

La combinación crítica es: - ELU CF 46 (706) -



Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Cortante

Cortante máximo (VRd) = 296,5 kN ≥ Cortante aplicado (VSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - M- -

Rigidizada

Para momento positivo

Sjini = 155010 kNm/Rad

Sj = 155010 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 2 (706) -

Para momento negativo

Sjini = 79235 kNm/Rad

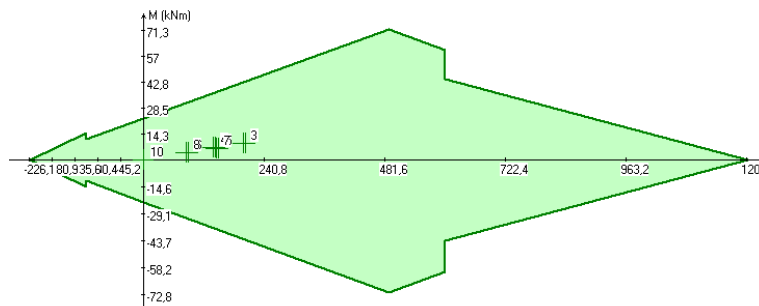
Sj = 79235 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (706) -

Placa base dels pilars d'oficines

Momento y esfuerzo normal



Lista de combinaciones

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1) ELU CF 1 (40) : V | 2) ELU CF 2 (40) : V | 3) ELU CF 3 (40) : V |
| 4) ELU CF 4 (40) : V | 5) ELU CF 5 (40) : V | 6) ELU CF 6 (40) : V |
| 7) ELU CF 7 (40) : V | 8) ELU CF 8 (40) : V | 9) M+ : V |
| 10) M- : V | | |

Momento en soldaduras

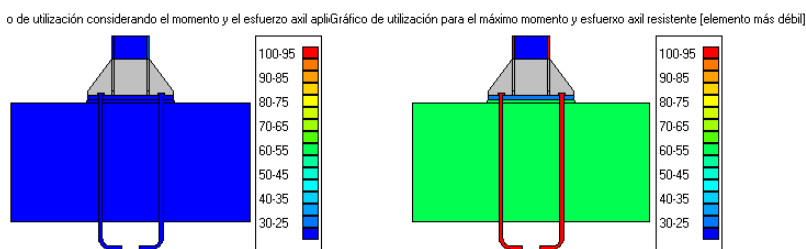
Máximo momento positivo permitido por las soldaduras = 59,3 kNm \geq Momento aplicado (MSd) = 9,1 kNm

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (40) -

Máximo momento negativo permitido por las soldaduras = -59,3 kNm \leq Momento aplicado (MSd) = 0 kNm

La combinación crítica es: - M- -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Cortante

Cortante máximo (VRd) = 128,5 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 2,6 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (40) -

Rigidizada

Para momento positivo

Sjini = 48757 kNm/Rad

Sj = 48757 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (40) -

Para momento negativo

Sjini = 97702 kNm/Rad

Sj = 97702 kNm/Rad

La unión es Rígida.

La combinación crítica es: - M- -



D.2 Unió dels membres de l'encavallada

Les unions entre els cordons i les barres de replè (muntants i diagonals) es solucionen mitjançant la soldadura. Per altra banda, per garantir la continuïtat de les barres que han estat tallades per poder-les transportar, es realitza una unió cargolada.

D.2.1 Unions soldades: nusos en N i nusos en K

Els nusos que conformen l'encavallada es solden a taller, ja que d'aquesta manera la soldadura és molt més precisa que no pas si es du a terme a obra. Les unions tipus N o tipus K poden fer-se amb separació o bé amb solapament. En aquest cas, la unió entre les barres serà amb solapament, que tot i ser més costosa la seva realització, les excentricitats que s'obtenen són més petites.

Per tal de poder despreciar en el càlcul les excentricitats que apareixen a l'hora d'executar aquests nusos, aquestes han de romandre dins d'aquests rangs:

$$-0,55d_0 \leq e \leq 0,25d_0$$

$$-0,55h_0 \leq e \leq 0,25h_0$$

On d_0 i h_0 són l'amplada i l'alçada del cordó.

Com que els cordons de l'encavallada són perfils tubulars quadrats, no es farà distinció entre alçada i amplada.

Pels nusos del cordó inferior: $-55 \leq e \leq 25$ (mm)

Pels nusos del cordó superior: $-82,5 \leq e \leq 37,5$ (mm)

En el disseny de cadascuna de les unions s'ha tingut en compte que estiguin dins d'aquests rangs.

El resultat final ha estat que tots els nusos de l'encavallada es poden solucionar amb una soldadura perimetral de 3mm de coll de soldadura al voltant dels muntants i diagonals. Aleshores, segons quin sigui l'angle entre el cordó i la diagonal, el solapament de les barres serà diferent.

Tot seguit es comprovarà la resistència de diversos nusos de l'encavallada. Per a fer-ho, l'apartat 8.9.5.2 del CTE-DB-SE-A [3] proposa una sèrie de fórmules que tenen un cert camp de validesa. Per tant, el procediment que cal fer abans de fer les comprovacions amb aquestes fórmules és mirar si les unions entren dins d'aquest camp.



Tots els nusos de l'encavallada són o bé de tipus N amb solapament (unions al cordó inferior) o bé de tipus K amb solapament (unions al cordó superior). Per aquests tipus de nusos el camp d'aplicació està definit per les desigualtats que es presenten a continuació (el paràmetre b es refereix a l'amplada de la barra i el paràmetre t és el gruix del perfil).

$$\frac{b_{diagonal}}{b_{cordó}} \geq 0,25 \rightarrow \frac{60}{100} = 0,6 \geq 0,25 \rightarrow OK$$

$$\frac{b_{diagonal}}{t_{diagonal}} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{60}{4} \leq 1,1 \sqrt{\frac{210000}{275}} \rightarrow 15 \leq 30,4 \rightarrow OK$$

$$\frac{b_{diagonal}}{t_{diagonal}} \leq 35 \rightarrow \frac{60}{4} = 15 \leq 35 \rightarrow OK$$

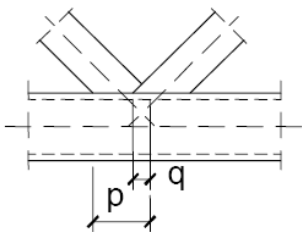
$$\frac{b_{cordó}}{t_{cordó}} \leq 40 \rightarrow \frac{100}{6} = 16,4 \leq 40 \rightarrow OK$$

$$\frac{b_{diagonal}}{b_{mun \tan t}} \leq 0,75 \rightarrow \frac{60}{80} = 0,75 \leq 0,75 \rightarrow OK$$

$$\frac{t_{diagonal}}{t_{mun \tan t}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{4}{4} = 1 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

$25\% \leq \lambda_{ov} \leq 100\%$ On λ_{ov} és el percentatge de solapament entre barres. El seu càlcul es fa de la manera que s'explica a continuació (veure Fig. D.8).

$$\lambda_{ov} = \frac{p}{q} \cdot 100$$



On: p és la longitud d'unió de la barra solapant
 q és la longitud de solapament de barres

Fig. D.8 Paràmetres geomètrics per calcular λ_{ov}



Per validar aquesta última condició caldrà comprovar cadascun dels tipus d'unions ja que els angles entre les barres i les excentricitats de les unions canvien, i per tant, el solapament també. Aleshores, abans de fer la comprovació de les unions es calcularà el percentatge de solapament i es mirarà que entri dins del rang.

Una vegada s'hagi comprovat que les unions entren dins del camp de validesa, ja es poden utilitzar les fórmules de la resistència de càlcul de nusos soldats entre barres de replè de secció buida i quadrada i cordó de secció quadrada que es citen a la taula 8.4 del *CTE-DB-SE-A [3]*.

Es comprovaran unes quantes unions de l'encavallada d'un dels pòrtics situats aproximadament a la meitat de la nau. A la Fig. D.9 situada a continuació es marquen i numeren aquestes unions.

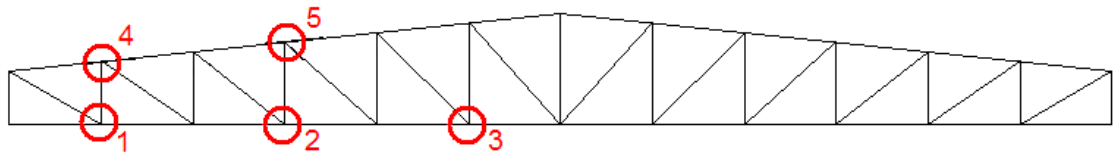


Fig. D.9 Numeració de les unions a comprovar

La unió 1 és de tipus N i correspon al nus 131 del model en PowerFrame. Aquest nus és la unió d'un muntant i una diagonal a 30° al cordó inferior. La tracció màxima que ha de suportar la diagonal són $N_{i,Ed} = 124kN$ (tracció corresponent a la combinació ELU-2).

$$ELU - 2 = 1,35 \cdot Pes_propi + 1,35 \cdot Permanents + 1,5 \cdot Neu + 0,9 \cdot Vent_lateral$$

$$\lambda_{ov} = \frac{36}{120} \cdot 100 = 30\% \rightarrow OK$$

Per a $25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$:

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot \left[\frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[\frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$$

$$\text{On } b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0}t_0}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{100/6} \cdot \frac{275 \cdot 6}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 54 \leq 60$$



$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{yi}t_i}{f_{y1}t_1} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{60/4} \cdot \frac{275 \cdot 4}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 40 \leq 60$$

$$N_{i,Rd} = 275 \cdot 4 \cdot \left[\frac{25}{50} (2 \cdot 60 - 4 \cdot 4) + 54 + 40 \right] \left[\frac{1}{1,25} \right] = 128,48kN$$

$$N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd} \rightarrow OK$$

La unió 2 és de tipus N i correspon al nus 135 del model en PowerFrame. Aquest nus és la unió d'un muntant i una diagonal a 37,7° al cordó inferior. La tracció màxima que ha de suportar la diagonal són $N_{i,Ed} = 46kN$ (tracció corresponent a la combinació ELU-2).

$$\lambda_{ov} = \frac{36}{97,5} \cdot 100 = 36,9\% \rightarrow OK$$

Per a $25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$:

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot \left[\frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[\frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$$

$$\text{On } b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0}t_0}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{100/6} \cdot \frac{275 \cdot 6}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 54 \leq 60$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{yi}t_i}{f_{y1}t_1} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{60/4} \cdot \frac{275 \cdot 4}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 40 \leq 60$$

$$N_{i,Rd} = 275 \cdot 4 \cdot \left[\frac{25,6}{50} (2 \cdot 60 - 4 \cdot 4) + 54 + 40 \right] \left[\frac{1}{1,25} \right] = 129,58kN$$

$$N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd} \rightarrow OK$$

La unió 3 és de tipus N i correspon al nus 139 del model en PowerFrame. Aquest nus és la unió d'un muntant i una diagonal a 44,5° al cordó inferior. La tracció màxima que ha de suportar la diagonal són $N_{i,Ed} = 4,5kN$ (tracció corresponent a la combinació ELU-2).

$$\lambda_{ov} = \frac{36,6}{85,4} \cdot 100 = 42,8\% \rightarrow OK$$



Per a $25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$:

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot \left[\frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[\frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$$

$$\text{On } b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0}t_0}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{100/6} \cdot \frac{275 \cdot 6}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 54 \leq 60$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{y1}t_1}{f_{y1}t_1} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{60/4} \cdot \frac{275 \cdot 4}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 40 \leq 60$$

$$N_{i,Rd} = 275 \cdot 4 \cdot \left[\frac{26}{50} (2 \cdot 60 - 4 \cdot 4) + 54 + 40 \right] \left[\frac{1}{1,25} \right] = 130,31kN$$

$$N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd} \rightarrow OK$$

La unió 4 és de tipus K i correspon al nus 130 del model en PowerFrame. La tracció màxima que ha de suportar la diagonal són $N_{i,Ed} = 83,2kN$ (tracció corresponent a la combinació ELU-2).

$$\lambda_{ov} = \frac{24}{94,1} \cdot 100 = 25,5\% \rightarrow OK$$

Per a $25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$:

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot \left[\frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[\frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$$

$$\text{On } b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0}t_0}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{150/6} \cdot \frac{275 \cdot 6}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 36 \leq 60$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{y1}t_1}{f_{y1}t_1} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{60/4} \cdot \frac{275 \cdot 4}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 40 \leq 60$$

$$N_{i,Rd} = 275 \cdot 4 \cdot \left[\frac{25,5}{50} (2 \cdot 60 - 4 \cdot 4) + 36 + 40 \right] \left[\frac{1}{1,25} \right] = 113,56kN$$



$$N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd} \rightarrow OK$$

La unió 5 és de tipus K i correspon al nus 134 del model en PowerFrame. La tracció màxima que ha de suportar la diagonal són $N_{i,Ed} = 19,4kN$ (tracció corresponent a la combinació ELU-2).

$$\lambda_{ov} = \frac{21}{81,8} \cdot 100 = 25,7\% \rightarrow OK$$

Per a $25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$:

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot \left[\frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[\frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$$

$$\text{On } b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0}t_0}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{150/6} \cdot \frac{275 \cdot 6}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 36 \leq 60$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{y1}t_1}{f_{yi}t_i} b_i \leq b_i \rightarrow b_{ef} = \frac{10}{60/4} \cdot \frac{275 \cdot 4}{275 \cdot 4} \cdot 60 = 40 \leq 60$$

$$N_{i,Rd} = 275 \cdot 4 \cdot \left[\frac{25,7}{50} (2 \cdot 60 - 4 \cdot 4) + 36 + 40 \right] \left[\frac{1}{1,25} \right] = 113,92kN$$

$$N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd} \rightarrow OK$$

Així doncs, s'ha comprovat que les unions de l'encavallada són suficients.

Tot seguit es presenten els informes del càlcul de les unions obtinguts amb el programa PowerConnect. Com que cadascuna de les unions de l'encavallada són diferents perquè la inclinació de les diagonals i del cordó canvia, però el resultat de la unió ha resultat ser el mateix per a totes (soldadura de 3mm), es presentaran els informes de càlcul de les 2 unions més sol·licitades de les comprovades manualment. Aquestes són la unió 1 i la unió 4.

Tanmateix, la geometria de cadascuna de les unions de l'encavallada es pot trobar al plànol E-03 de l'annex F.



Informe de la unió 1**Sección tubular izquierda****Momento y esfuerzo normal**

NSd	NRd	MiSd	MiRd	MoSd	MoRd	NSd/NRd + MiSd/MiRd + MoSd/MoRd
64,5 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,230
62,6 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,223
42,9 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,153
12,5 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,045
3,3 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,012
29,3 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,104
39,1 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,140
16,6 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,059
0,8 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,003
25,2 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,090
35 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,125
24,4 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,087
31 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,111
15,4 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,055
35,1 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,125
19,5 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,069
64,3 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,229
19,5 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,070
3,8 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,013
22,3 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,079
32,1 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,114
23,6 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,084
7,9 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,028
18,2 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,065
27,9 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,100
22,4 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,080
13,3 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,047



42,1 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,150
26,6 kN	280,4 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,095
0,1 kN	125,1 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,001
0,1 kN	125,1 kN	0 kNm	7,3 kNm	0 kNm	7,3 kNm	0,001

NSd = Esfuerzo normal de solicitación en el tubo secundario

NRd = Esfuerzo normal resistente en el tubo secundario

MiSd = Momento de solicitación en el plano del tubo secundario

MiRd = Momento resistente en el plano del tubo secundario

MoSd = Momento de solicitación fuera del plano del tubo secundario

MoRd = Momento resistente fuera del plano del tubo secundario

Sección tubular derecha

Momento y esfuerzo normal

NSd	NRd	MiSd	MiRd	MoSd	MoRd	NSd/NRd + MiSd/MiRd + MoSd/MoRd
125,1 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,606
123,5 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,598
87,1 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,422
19,1 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,074
8 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,039
59,8 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,290
76,5 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,371
27,4 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,106
0,4 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,002
51,4 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,249
68,1 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,330
51,6 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,250
54,6 kN	206,4 kN	-0,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,212
27,8 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,108
63 kN	206,4 kN	-0,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,244
36,3 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,141



124,7 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,604
32,6 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,126
5,6 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,022
46,3 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,224
62,9 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,305
40,9 kN	206,4 kN	-0,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,159
14 kN	206,4 kN	-0,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,055
37,9 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,184
54,5 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,264
41,5 kN	206,4 kN	-0,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,161
29,7 kN	206,4 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,144
76,5 kN	206,4 kN	-0,3 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,297
49,9 kN	206,4 kN	-0,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,194
0,1 kN	224 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,000
0,1 kN	224 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	7,2 kNm	0,000

Secciones huecas derecha e izquierda

Momento en el plano: nulo

Momento fuera del plano: nulo

Informe de la unió 4

Sección tubular izquierda

Momento y esfuerzo normal

NSd	NRd	MiSd	MiRd	MoSd	MoRd	NSd/NRd + MiSd/MiRd + MoSd/MoRd
82,8 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,545
82 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,540
58,2 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,383
7,6 kN	151,9 kN	-1,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,266
5,9 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,039
42,5 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,280



51 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,336
13,2 kN	151,9 kN	-2,2 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,464
0,3 kN	119,7 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,002
36,9 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,243
45,4 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,299
34,8 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,229
31 kN	151,9 kN	-5,1 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-1,090
17,7 kN	151,9 kN	-2,9 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,622
36,6 kN	151,9 kN	-6 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-1,288
23,3 kN	151,9 kN	-3,8 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,822
82,5 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,543
16,5 kN	151,9 kN	-2,7 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,581
3,1 kN	151,9 kN	-0,5 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,109
33,6 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,221
42 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,277
22,1 kN	151,9 kN	-3,6 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,779
8,8 kN	151,9 kN	-1,4 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,308
28 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,184
36,3 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,239
26,7 kN	151,9 kN	-4,4 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,939
20,2 kN	151,9 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,133
45,5 kN	151,9 kN	-7,5 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-1,603
32,4 kN	151,9 kN	-5,3 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-1,139
0,1 kN	119,7 kN	0 kNm	3,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	-0,003

Sección tubular derecha

Momento y esfuerzo normal

NSd	NRd	MiSd	MiRd	MoSd	MoRd	NSd/NRd + MiSd/MiRd + MoSd/MoRd
64,3 kN	206 kN	-1,4 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,107
62,4 kN	206 kN	-1,4 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,103
42,7 kN	206 kN	-0,9 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,071



12,7 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,062
3,1 kN	206 kN	-0,1 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,005
29,1 kN	206 kN	-0,6 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,048
38,9 kN	206 kN	-0,9 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,065
16,7 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,081
0,9 kN	74,5 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,012
25,1 kN	206 kN	-0,6 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,042
34,9 kN	206 kN	-0,8 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,058
24,2 kN	206 kN	-0,5 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,040
31,2 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,152
15,5 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,075
35,2 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,171
19,6 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,095
64,1 kN	206 kN	-1,4 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,106
19,7 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,096
4 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,019
22,1 kN	206 kN	-0,5 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,037
31,9 kN	206 kN	-0,7 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,053
23,7 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,115
8 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,039
18,1 kN	206 kN	-0,4 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,030
27,8 kN	206 kN	-0,6 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,046
22,6 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,110
13,2 kN	206 kN	-0,3 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,022
42,2 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,205
26,7 kN	206 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,130
0,1 kN	74,5 kN	0 kNm	6,9 kNm	0 kNm	3,9 kNm	0,001

Secciones huecas derecha e izquierdaMomento en el plano: nuloMomento fuera del plano: nulo

D.2.2 Unions cargolades: continuïtat de les barres

Com que les encavallades tenen una llum de 27m, és evident que no es podran transportar senceres des de taller fins a l'obra. Per tant, cada una d'elles es dividirà en 3 parts (cadascuna amb tots els nusos fabricats de taller) i aquestes s'uniran a obra. Les particions s'efectuaran en els punts representats en el croquis següent (Fig. D.10):

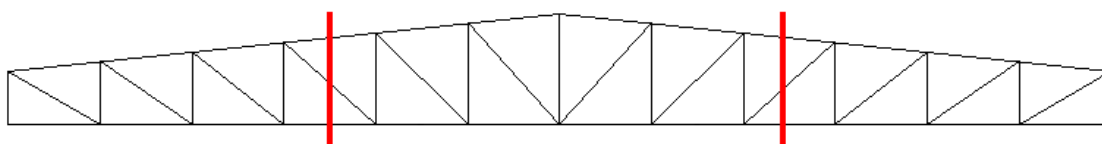
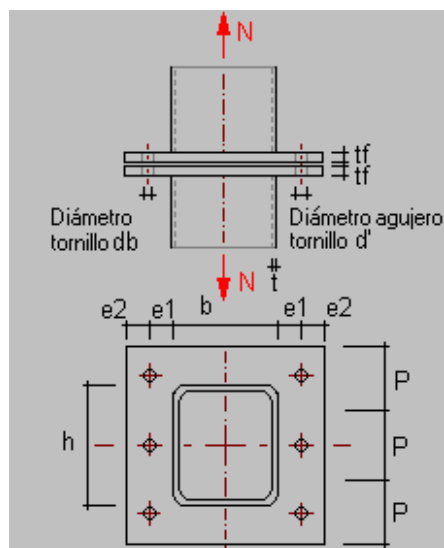


Fig. D.10 Particions de l'encavallada per poder ser transportada

D'aquesta manera queden parts de gelosia transportables per un camió de dimensions normals i de plataforma baixa, sense haver d'efectuar transports especials.

Cada partició s'efectuarà perpendicularment a les barres que està partint de manera que la unió de continuïtat de barres serà més fàcil de dur a terme.

Per tal de garantir que les barres tallades tinguin continuïtat, s'ha calculat la unió corresponent amb el programa CIDJOINT. S'han fet tres tipus d'unions: una per els cordons superiors, una altra pels cordons inferiors i, finalment, una per a les diagonals.



La unió dissenyada consisteix en dues plaques unides mitjançant cargols pretensats. Les plaques han de sortir de taller soldades a la barra, i a obra s'uniran amb els cargols per acabar la unió.

La Fig. D.11 mostra esquemàticament com serà la unió. A més, es pot també hi figura la nomenclatura utilitza el programa per a anomenar els diferents paràmetres que s'han d'introduir per a poder dissenyar la unió.

Tot seguit es presenten les tres unions dissenyades, adjuntant els llistats de càlcul.

Fig. D.11 Esquema de la unió de continuïtat

El programa CIDJOINT demana la força axial de l'element sense majorar.



Unió dels cordons superiors (SHS 150.6)

La unió servirà per a unir tots els cordons superiors de les encavallades. Per aquest motiu es dissenyarà una unió que agunti la tracció màxima que estigui sotmès el cordó superior.

El cordó quan actua la combinació ELS-10 arriba a estar sol·licitat per una tracció de 45,8kN.

$$ELS - 10 = Pes _ propi + Permanents + Vent _ succió$$

Les dades que s'han introduït al programa CIDJOINT són les següents:

Datos Introducidos :

Dimensiones del cordón :

Tipo de perfil: Acabados en caliente EUROPEOS SHS
Anchura exterior del elemento b = 150.00 mm
Altura exterior del elemento h = 150.00 mm
Espesor del elemento t = 6.00 mm

Características del acero:

Límite elástico fy = 275.00 N/mm²
Espesor de la brida tf = 12.00 mm

Características del aceo de la brida

Límite de fluencia de la brida fyp = 275.00 N/mm²
Coeficiente parcial de seguridad Gamma.M = 1.10

Dimensiones:

Distancia al borde e1 = 30.00 mm
Distancia al borde e2 = 30.00 mm
Paso del tornillo p = 60.00 mm

Tornillos:

Diámetro nominal tornillo db = 16.00 mm
Diámetro agujero d' = 18.00 mm

Resistencia de cálculo tornillo Tr = 99.90 kN

Carga:

Fuerza axial en el elemento N = 45.80 kN

Segons *l'apartat 8.5.3 del CTE-DB-SE-A [3]*, la resistència a tracció ha de ser menor o igual a la força de pretensat del cargol ($F_{p,Cd}$). El càlcul s'adjunta a continuació:

$$F_{t,Rd} = F_{p,Cd} = \frac{0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M3}} = \frac{0,7 \cdot 1000 \text{ N/mm}^2 \cdot 157 \text{ mm}^2}{1,1} = 99,9 \text{ kN}$$

Informe de resultados:

Resistencia de cálculo tornillo Tr = 99.90 kN
Número de tornillos n = 2.00
Fuerza axial en el elemento N = 45.80 kN
Resistencia de cálculo de la unión NRd = 131.24 kN
Area del perfil tubular A = 3420.00 mm²
Area neta/area total en línea tor. delta = 0.70
Carga de tracción externa por tor. Pf = 22.90 kN
Distancia b' = b-(d/2)+t b' = 28.00 mm
Factor K = 4*b/(0.9*fyp*p) K = 7.54
Mínimo espesor de la brida Tfmin = 10.08 mm
Máximo espesor de la brida Tfmax = 13.14 mm
Distancia reducida a <= 1.25*b a = 30.00 mm



Altura mínima de la brida $h_p = 174.00$ mm
 Ratio de equilibrio, $\alpha = 3.48$
 Verificación conexión $0.35 < 1$
 Brazo de palanca, $a' = a+d/2$ $a' = 38.00$ mm
 Ratio de palanca, $\alpha' = 0.28$
 Tensión tornillo incluida palanca $T_t = 25.71$ kN
 Verificación del tornillo $0.26 < 1$
 (incluyendo fuerza de apalancamiento)
 La unión es suficiente

(c) Instituto para la Construcción Tubular bajo acuerdo con CIDECT

Per tant, la continuïtat entre les barres s'aconseguirà unint dues xapes rectangulars d'acer S275 de 270x170x12mm. La unió entre elles es realitzarà mitjançant 4 cargols pretensats de M16 10.9 col·locats a 30mm dels extrems.

Unió dels cordons inferiors (SHS 100.6)

Igual com en el cas anterior, la unió servirà per a unir tots els cordons de les encavallades, en aquest cas inferiors. Per aquest motiu es dissenyarà una unió que aguantí la tracció màxima que estigui sotmès el cordó.

El cordó inferior quan actua la combinació ELS-2 arriba a estar sol·licitat per una tracció de 158,4kN.

$$ELS - 2 = Pes \text{ propi} + \cdot Permanents + Neu + 0,6 \cdot Vent \text{ pressió}$$

Les dades que s'han introduït al programa CIDJOINT són les següents:

Datos Introducidos:

 Dimensiones del cordón :

Tipo de perfil: Acabados en caliente EUROPEOS SHS
 Anchura exterior del elemento $b = 100.00$ mm
 Altura exterior del elemento $h = 100.00$ mm
 Espesor del elemento $t = 6.00$ mm

Características del acero:

Límite elástico $f_y = 275.00$ N/mm²
 Espesor de la brida $t_f = 15.00$ mm

Características del acero de la brida

Límite de fluencia de la brida $f_{yp} = 275.00$ N/mm²
 Coeficiente parcial de seguridad $\Gamma_{M} = 1.10$

Dimensiones:

Distancia al borde $e_1 = 30.00$ mm
 Distancia al borde $e_2 = 30.00$ mm
 Paso del tornillo $p = 50.00$ mm

Tornillos:

Diámetro nominal tornillo $d_b = 16.00$ mm
 Diámetro agujero $d' = 18.00$ mm
 Resistencia de cálculo tornillo $T_r = 99.90$ kN

Carga:

Fuerza axial en el elemento $N = 158.40$ kN



Segons l'apartat 8.5.3 del CTE-DB-SE-A [3], la resistència a tracció ha de ser menor o igual a la força de pretensat del cargol ($F_{p,Cd}$). El càlcul s'adjunta a continuació:

$$F_{t,Rd} = F_{p,Cd} = \frac{0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M3}} = \frac{0,7 \cdot 1000 \text{ N/mm}^2 \cdot 157 \text{ mm}^2}{1,1} = 99,9 \text{ kN}$$

Informe de resultados:

 Resistencia de cálculo tornillo $T_r = 99.90 \text{ kN}$
 Número de tornillos $n = 4.00$
 fuerza axial en el elemento $N = 158.40 \text{ kN}$
 Resistencia de cálculo de la unión $N_{Rd} = 272.26 \text{ kN}$
 Area del perfil tubular $A = 2200.00 \text{ mm}^2$
 Area neta/area total en línea tor. $\delta = 0.64$
 Carga de tracción externa por tor. $P_f = 39.60 \text{ kN}$
 Distancia $b' = b - (d/2) + t = 28.00 \text{ mm}$
 Factor $K = 4 \cdot b / (0.9 \cdot f_{yp} \cdot p) = 9.05$
 Mínimo espesor de la brida $T_{fmin} = 14.78 \text{ mm}$
 Máximo espesor de la brida $T_{fmax} = 18.93 \text{ mm}$
 Distancia reducida $a \leq 1.25 \cdot b = 30.00 \text{ mm}$
 Altura mínima de la brida $h_p = 124.00 \text{ mm}$
 Ratio de equilibrio, $\alpha = 2.72$
 Verificación conexión $0.58 < 1$
 Brazo de palanca, $a' = a + d/2 = 38.00 \text{ mm}$
 Ratio de palanca, $\alpha' = 0.93$
 Tensión tornillo incluida palanca $T_t = 50.46 \text{ kN}$
 Verificación del tornillo $0.51 < 1$
 (incluyendo fuerza de apalancamiento)
 La unión es suficiente

(c) Instituto para la Construcción Tubular bajo acuerdo con CIDECT

Per tant, la continuïtat entre les barres s'aconseguirà unint dues plaques rectangulars d'acer S275 de 220x210x15mm. La unió entre elles es realitzarà mitjançant 8 cargols pretensats de M16 10.9 col·locats a 30mm dels extrems.

Unió de les diagonals (SHS 60.4)

Finalment, la unió que servirà per a unir totes les diagonals i que, per tant, agunti la tracció màxima a la que estigui sotmesa la diagonal de l'encavallada.

Les diagonals més sol·licitades es donen quan actua la combinació ELS-2. La tracció que han d'aguantar és de 18kN.

$$ELS - 2 = Pes \text{ propi} + \cdot \text{Permanents} + Neu + 0,6 \cdot \text{Vent pressió}$$



Les dades que s'han introduït al programa CIDJOINT són les següents:

Datos Introducidos :

Dimensiones del cordón :

Tipo de perfil: Acabados en caliente EUROPEOS SHS
Anchura exterior del elemento b = 60.00 mm
Altura exterior del elemento h = 60.00 mm
Espesor del elemento t = 4.00 mm

Características del acero:

Límite elástico fy = 275.00 N/mm²
Espesor de la brida tf = 8.00 mm

Características del aceo de la brida

Límite de fluencia de la brida fyp = 275.00 N/mm²
Coeficiente parcial de seguridad Gamma.M = 1.10

Dimensiones:

Distancia al borde e1 = 30.00 mm
Distancia al borde e2 = 30.00 mm
Paso del tornillo p = 50.00 mm

Tornillos:

Diámetro nominal tornillo db = 16.00 mm
Diámetro agujero d' = 18.00 mm
Resistencia de cálculo tornillo Tr = 99.90 kN

Carga:

Fuerza axial en el elemento N = 18.00 kN

Segons l'apartat 8.5.3 del CTE-DB-SE-A [3], la resistència a tracció ha de ser menor o igual a la força de pretensat del cargol ($F_{p,Cd}$). El càlcul s'adjunta a continuació:

$$F_{t,Rd} = F_{p,Cd} = \frac{0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M3}} = \frac{0,7 \cdot 1000 \text{ N/mm}^2 \cdot 157 \text{ mm}^2}{1,1} = 99,9 \text{ kN}$$

Informe de resultados:

Resistencia de cálculo tornillo Tr = 99.90 kN
Número de tornillos n = 2.00
fuerza axial en el elemento N = 18.00 kN
Resistencia de cálculo de la unión NRd = 124.82 kN
Area del perfil tubular A = 879.00 mm²
Area neta/area total en línea tor. delta = 0.64
Carga de tracción externa por tor. Pf = 9.00 kN
Distancia b' = b-(d/2)+t b' = 26.00 mm
Factor K = 4*b/(0.9*fyp*p) K = 8.40
Mínimo espesor de la brida Tfmin = 6.79 mm
Máximo espesor de la brida Tfmax = 8.70 mm
Distancia reducida a <= 1.25*b a = 30.00 mm
Altura mínima de la brida hp = 76.00 mm
Ratio de equilibrio, alpha alpha = 11.24
Verificación conexión 0.14 < 1
Brazo de palanca, a' = a+d/2 a' = 38.00 mm
Ratio de palanca, alpha` alpha` = 0.28
Tensión tornillo incluida palanca Tt = 9.95 kN
Verificación del tornillo 0.10 < 1
(incluyendo fuerza de apalancamiento)
La unión es suficiente

(c) Instituto para la Construcción Tubular bajo acuerdo con CIDECT



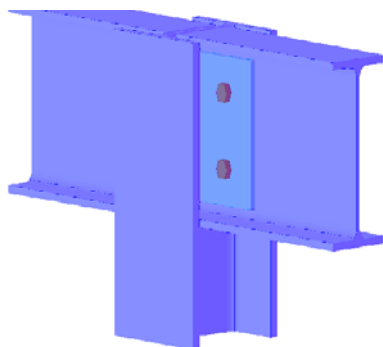
Per tant, la continuïtat entre les barres s'aconseguirà unint dues plaques rectangulars d'acer S275 de 180x130x8mm. La unió entre elles es realitzarà mitjançant 4 cargols pretensats de M16 10.9 col·locats a 30mm dels extrems.

D.3 Unions biga-pilar dels pòrtics extrems

Els pòrtics dels extrems de la nau no tenen encavallada com a dintell sinó que hi ha un perfil IPE actuant de biga, unit en els cinc pilars. Com que en el disseny de la nau s'ha suposat que aquesta biga estava biarticulada entre pilar i pilar (no agafa moment), la unió entre ells serà una unió a tallant.

La biga tindrà quatre trams i cadascun anirà unit de pilar a pilar. Com que la orientació entre els pilars hastials (els tres centrals) i els dos extrems és diferent, s'han dissenyat dues unions.

La unió amb els pilars hastials serà la següent:



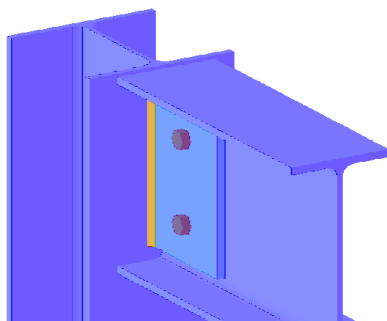
Placa unió: 150x190x10 mm S275

Cargols: M16 qualitat 10.9

Coll de soldadura: 6mm

Fig. D.12 Vista de la unió entre la biga i els pilars hastials

La unió amb els pilars extrems serà així:



Placa unió: 150x190x10 mm S275

Cargols: M16 qualitat 10.9

Coll de soldadura: 6mm

Fig. D.13 Vista de la unió entre la biga i els pilars de cantonada



Tot i no apreciar-se a les figures Fig. D.12 i Fig. D.13, el dintell ha d'estar lleugerament inclinat (pendent 10%) per tal que la coberta tingui en tota la seva superfície la mateixa inclinació.

Com que les dues unions utilitzen la mateixa placa i cargols, la comprovació manual de la unió que es farà a continuació serveix per a qualsevol de les dues.

La combinació que requereix que la unió suporti més esforç tallant és la ELU-2:

$$ELU - 2 = 1,35 \cdot Pes \text{ propi} + 1,35 \cdot Permanents + 1,5 \cdot Neu + 0,9 \cdot Vent \text{ pressió}$$

Per aquesta combinació la càrrega vertical que ha de suportar la unió és la següent:

$$V_{\max} = 14,5kN$$

Tot i ser la combinació més perjudicial pel que fa a la unió, a l'apartat 8.2 del CTE-DB-SE-A [3] recomana que les unions es dimensionin per uns esforços mínims. En el cas d'unions articulades, la unió ha d'aguantar la tercera part del tallant últim. Per al perfil IPE240 aquest valor és el següent:

$$V_{pl,Rd} \leq A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 240mm \cdot 9,5mm \cdot \frac{275 N/mm^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1,05}{\sqrt{3}} = 344kN$$

$$V = \frac{1}{3} \cdot V_{pl,Rd} = 114,9kN$$

Com que aquest valor mínim és superior al tallant màxim, aleshores, es farà la comprovació per aquest últim valor.

Com es pot apreciar, la unió conté el nombre mínim de cargols. Aquest fet indica que no és una unió molt sol·licitada (també es pot comprovar amb el valor màxim del tallant de la combinació més perjudicial). Per tant, pot ser raonable que la força vertical que ha d'aguantar la unió sigui menor a la mínima que el Codi Tècnic recomana per dimensionar-la. Tal com s'ha pogut comprovar, el Codi Tècnic treu els valors mínims a partir de la secció de la biga. La biga utilitzada és una IPE240, que no és necessària per a la resistència de la secció als esforços sinó que es necessita per evitar el vinclament. Per això, els valors mínims són tan grans. Per tant, tot això indica que no es tracta de cap equivocació en el càlcul.

Tot seguit es comprovarà la unió. Es realitzaran 7 comprovacions individuals que estan desacobrades entre elles, fet que simplifica extraordinàriament el càlcul.



La geometria de la unió es presenta a la Fig. D.14 que es mostra a continuació:

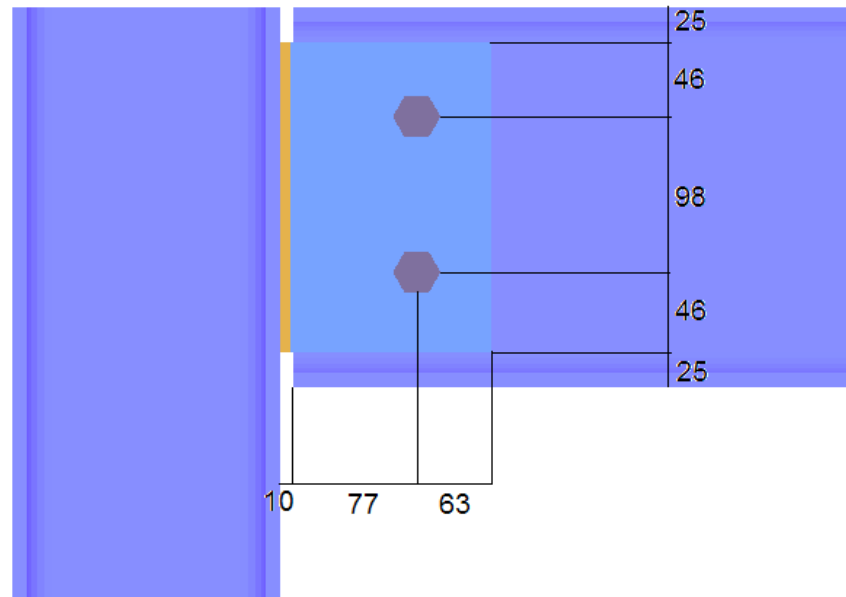


Fig. D.14 Geometria de la unió biga-pilar de cantonada

Comprovació de la cisalladura simple (un sol pla de tall) a la línia de cargols:

$$\text{Per a un cargol: } F_{V,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 157}{1,25} = 62,8 \text{ kN}$$

$$\text{Per als dos cargols: } F_{V,Rd} = 2 \cdot 31,4 = 125,6 \text{ kN}$$

$$\text{Verificació: } F_{V,Rd} \geq V_{\max} \rightarrow \text{OK}$$

Comprovació de l'aixafament de la platina

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,85 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 97,9 \text{ kN}$$

$$\text{On } \alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{63}{3 \cdot 18}; \frac{1000}{360}; 1 \right\} = 0,85$$

$$\text{Per als dos cargols: } F_{V,Rd} = 2 \cdot 97,9 = 195,8 \text{ kN}$$

$$\text{Verificació: } F_{b,Rd} \geq V_{\max} \rightarrow \text{OK}$$



Comprovació de l'aixafament de la biga

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 410 \cdot 16 \cdot 6,2}{1,25} = 81,3kN$$

$$\text{On } \alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{P_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{71}{3 \cdot 18}; \frac{98}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{1000}{410}; 1 \right\} = 1$$

$$\text{Per als dos cargols: } F_{V,Rd} = 2 \cdot 81,3 = 162,6kN$$

$$\text{Verificació: } F_{b,Rd} \geq V_{\max} \rightarrow OK$$

Comprovació de la soldadura entre la platina i l'ala del pilar

Sobre la soldadura actua moment flector (generat pel tallant que actua sobre l'articulació) i esforç tallant:

$$V_{\max} = 114,9kN$$

$$M_{\max} = 114,9kN \cdot (77 + 10)mm = 10kNm$$

A nivell de càlcul es desprecien els dos trams horitzontals de cordó de soldadura de longitud el gruix de la platina (10mm). Tot i així, cal que existeixin per tal d'evitar l'aparició d'esquerdes i corrosions i, a més, tanquen el cordó de soldadura proporcionant rigidesa torsional.

El coll de soldadura és de 5mm, compatible amb el gruix de les dues peces a soldar:

- En el cas de les unions a pilars hastials on la platina s'uneix a l'ànima del pilar ($t_w = 9mm$)

$$c_{\min}(t = 10mm) = 3,5mm$$

$$c_{\max} = 0,7 \cdot 9 = 6,3mm$$

- En el cas de les unions als pilars de cantonada on la platina s'uneix a l'ala del pilar ($t_w = 15mm$)

$$c_{\min}(t = 15mm) = 5mm$$

$$c_{\max} = 0,7 \cdot 10 = 7mm$$



S'utilitza el següent criteri d'esgotament:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\approx}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{i} \quad \sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

On: σ_{\perp} és la tensió normal perpendicular al pla del coll de soldadura.

τ_{\perp} és la tensió tangencial en el pla del coll de soldadura perpendicular a l'eix del cordó

τ_{\approx} és la tensió tangencial en el pla del coll de soldadura paral·lela a l'eix del cordó

Es considera que pel moment flector hi ha una distribució elàstica de tensions normals, on el màxim (σ_{\perp}^*) s'obté a partir del mòdul resistent W_y de la secció corresponent a l'abatiment dels dos cordons de soldadura sobre el pla de l'ala/ànima del pilar.

$$\sigma_{\perp}^* = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot c \cdot L^2 \right)}$$

La projecció de σ_{\perp}^* sobre el pla del coll de soldadura proporciona els dos components del vector tensió.

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp}^* \cdot \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}^* \cdot \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

Per l'esforç tallant es suposa una distribució uniforme de tensions tangencials de valor:

$$\tau_{\approx} = \frac{V_{\max}}{A_v} = \frac{V_{\max}}{2 \cdot c \cdot L}$$



Així, el criteri d'esgotament queda de la següent manera:

$$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{M_y}{W_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{M_y}{W_y}\right)^2 + \left(\frac{V_{\max}}{2 \cdot c \cdot L}\right)^2\right)} = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{M_y}{W_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{V_{\max}}{2 \cdot c \cdot L}\right)^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{2 \cdot \left(\frac{10 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \text{ mm} \cdot (190 \text{ mm})^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{114,9 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 190 \text{ mm}}\right)^2} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

Primera verificació: $257,3 \text{ N/mm}^2 \leq 360 \text{ N/mm}^2 \rightarrow OK$

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{10 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \text{ mm} \cdot (190 \text{ mm})^2} \geq \frac{360}{1,25}$$

Segona verificació: $117 \text{ N/mm}^2 \leq 288 \text{ N/mm}^2 \rightarrow OK$

Comprovació de la platina a flexió i tallant

S'adopta un model similar a l'anterior on:

$$V_{\max} = 114,9 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = 114,9 \text{ kN} \cdot (77 + 10) \text{ mm} = 10 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{My} = \frac{M_y}{W_{y_PLATINA}} = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{1}{6} \cdot 10 \text{ mm} \cdot (190 \text{ mm})^2} = 166,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{Vz} = \frac{V_z}{A_v} = \frac{114900}{10 \text{ mm} \cdot 190 \text{ mm}} = 60,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Utilitzant el criteri de Von Misses s'obté:

$$\sigma_{equiv} = \sqrt{\sigma_{My}^2 + 3 \cdot \tau_{Vz}^2} = \sqrt{166,2^2 + 3 \cdot 60,4^2} = 196,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$\text{Verificació: } \sigma_{equiv} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \rightarrow 196,4 \leq \frac{235}{1,05} \rightarrow OK$$

Comprovació de l'arrencament en bloc de la platina

La càrrega vertical presenta excentricitat respecte al model de distribució tensional de ruptura en bloc, fet que penalitza amb un factor de 0,5 la resistència corresponent a la tensió normal.

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot Ant}{\gamma_{M2}} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot f_y \cdot Anv}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot \left(87 - \frac{18}{2}\right) \cdot 10}{1,25} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot 235 \cdot (98 + 46 - 1,5 \cdot 18) \cdot 10}{1,05}$$

$$\text{Verificació: } V_{eff,2,Rd} = 263,5kN \geq V_{max} \rightarrow OK$$

Comprovació de l'arrencament en bloc de l'ànima de la biga

S'utilitza la mateixa fórmula que l'apartat anterior. A favor de la seguretat, es desprecia la possible col·laboració de l'ala superior de la biga a la resistència de l'arrencament en bloc.

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot Ant}{\gamma_{M2}} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot f_y \cdot Anv}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot 410 \cdot \left(77 - \frac{18}{2}\right) \cdot 9,8}{1,25} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot 275 \cdot (98 + 46 + 25 - 1,5 \cdot 18) \cdot 9,8}{1,05}$$

$$\text{Verificació: } V_{eff,2,Rd} = 319,7kN \geq V_{max} \rightarrow OK$$

Tot seguit es presenta una taula (Taula D.1) on es presenten els resultats obtinguts en cadascuna de les comprovacions fetes:



TIPUS DE COMPROVACIÓ	RESULTAT	VERIFICACIÓ
Cisalladura en cargols	125,6kN	$\geq 114,9\text{kN}$
Aixafament platina	195,8kN	$\geq 114,9\text{kN}$
Aixafament ànima biga	162,6kN	$\geq 114,9\text{kN}$
Resistència soldadura	257,3N/mm ² 117 N/mm ²	$\leq 360\text{N/mm}^2$ $\leq 288\text{ N/mm}^2$
Platina a flexió i tallant	196,4N/mm ²	$\leq 223,8\text{ N/mm}^2$
Arrencament en bloc de la platina	263,5kN	$\geq 114,9\text{kN}$
Arrencament en bloc de l'ànima	319,7kN	$\geq 114,9\text{kN}$

Taula D.1 Resultats de les comprovacions de la unió a tallant

S'observa que les condicions més restrictives corresponen a la cisalladura dels cargols.

Tot seguit es presenten els informes corresponents al programa PowerConnect.

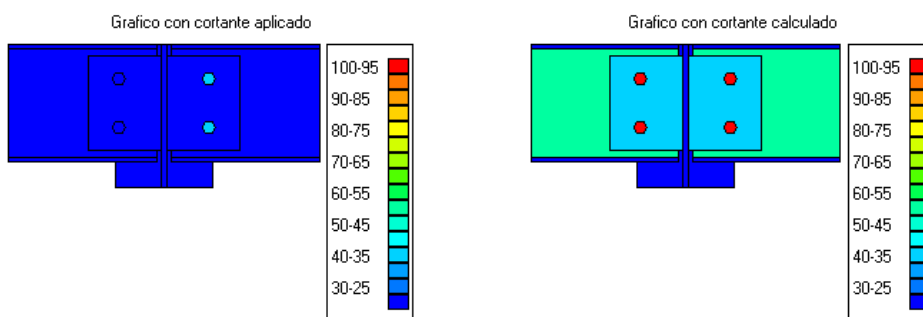
Unió entre la biga i els pilars hastials

Conexión izquierda

Cortante

Cortante máximo (VRd) = 36,8 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 14,2 kN

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Esfuerzo normal

Tracción máxima (TRd) = 74,8 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 27,3 kN

Compresión máxima (CRd) = 74,8 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN



Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	$(VSd/VRd)^2 + (NSd/NRd)^2$	< 1
Combinación 1	-14,20	-36,79	-27,30	-74,75	0,28	V

Conexión derechaCortante

Cortante máximo (VRd) = 36,8 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 14,6 kN

Esfuerzo normal

Tracción máxima (TRd) = 74,8 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 27,3 kN

Compresión máxima (CRd) = 74,8 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

Cortante y esfuerzo normal

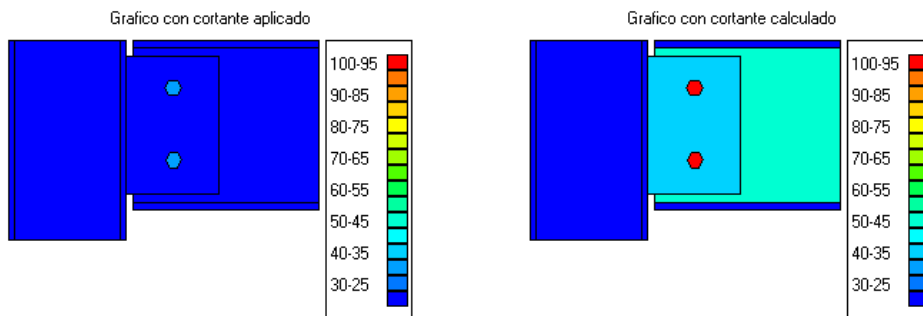
Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	$(VSd/VRd)^2 + (NSd/NRd)^2$	< 1
Combinación 1	14,60	36,79	-27,30	-74,75	0,29	V

Entre las conexionesPresión diametral y cortante en alma central

VSd1 (-14,2 kN) + VSd2 (14,6 kN) \leq 421,8 kN

Unió entre la biga i els pilars de cantonadaConexión derechaCortante

Cortante máximo (VRd) = 45,6 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 14,4 kN

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones

Esfuerzo normal

Tracci3n m3xima (TRd) = 72,8 kN ≥ Tracci3n aplicada (TSd) = 0 kN

Compresi3n m3xima (CRd) = 72,8 kN ≥ Compresi3n aplicada (CSd) = 17 kN

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinaci3n	VSd	VRd	NSd	NRd	$(VSd/VRd)^2 + (NSd/NRd)^2$	< 1
Combinaci3n 1	14,40	45,63	17,00	72,77	0,15	V

D.4 Uni3n encavallada-pilar

La uni3n entre l'encavallada i el pilar cal que sigui r3gida (o b3 semi-r3gida) ja que ha de ser capaç de suportar moment i a m3s ha de transmetre els esforços horitzontals i verticals.

La uni3n es fa entre el muntant exterior de l'encavallada (perfil tubular) i el pilar (perfil en I). Al ser dos perfils de tipologia diferent, la uni3n es far3 a trav3s de la uni3n de dues plaques. Per tant, els muntants exteriors i els pilars sortiran amb la xapa soldada de taller. D'aquesta manera, a obra nom3s caldr3 unir les dues plaques amb cargols.

Al ser una uni3n poc convencional, es calcular3 amb el programa PowerConnect simulant que es tracta d'una uni3n de continuïtat de barres. Com que el programa no permet posar uni3n d'un perfil tubular i un en I, s'assimilar3 el muntant SHS 200.6 a un perfil HEB 200 que la secci3 t3 les mateixes dimensions d'alçada i amplada que el tub.

Per tant, la soluci3n que s'obté 3s la següent:

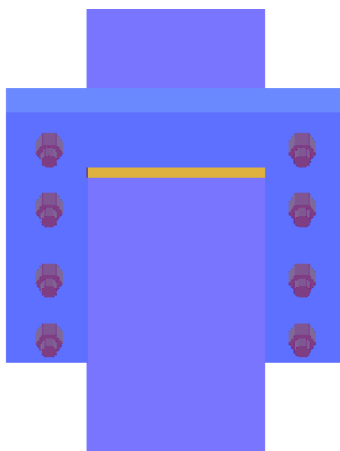


Fig. D.15 Uni3n encavallada pilar



Les dues xapes d'acer S275 de dimensions 420x420x15mm s'uniran mitjançant quatre cargols M20 i qualitat 8.8 a banda i banda de les plaques. D'aquesta manera s'obté una unió capaç de suportar els esforços que es generen.

L'informe del programa PowerFrame es presenta tot seguit. Tal com es pot veure, la combinació crítica és la ELU-3:

$$ELU - 3 = 1,35 \cdot Pes \text{ propi} + 1,35 \cdot Permanents + 1,5 \cdot Vent \text{ _ pressió} + 0,75 \cdot Neu$$

Conexión izquierda

Momento

Máximo momento negativo (MRd) = -78 kNm \leq Momento aplicado (MSd) = -60,9 kNm

La combinació crítica es: - ELU-3 -

Máximo momento negativo permitido por las soldaduras = -102,4 kNm \leq Momento aplicado (MSd) = -60,9 kNm

La combinació crítica es: - ELU-3 -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones

Gráfico de utilización considerando los momentos aplicados

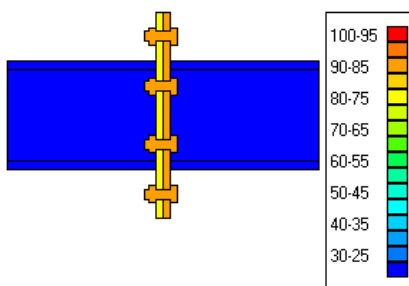
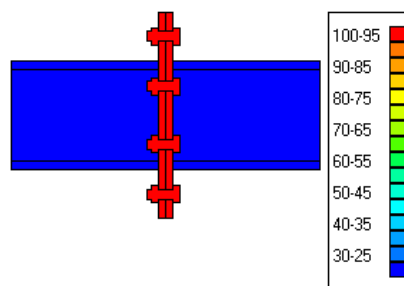


Gráfico de utilización para el máximo momento resistente [elemento más débil]



Esfuerzo normal

Máxima tracción en la viga (TRd) = 586,7 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0 kN

Máxima compresión en la viga (CRd) = 1732,3 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 77,4 kN

La combinació crítica es: - ELU-3 -

Momento con esfuerzo normal

Nombre de la combinación	MSd	MRd	NSd	NRd	MSd/MRd + NSd/NRd	< 1
ELU-3	-60,90	78,00	77,40	1732,31	0,83	V

Cortante

Cortante máximo (VRd) = 315,9 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 46,1 kN

La combinació crítica es: - ELU-3 -



RigidizadaPara momento negativo

$S_{jini} = 51713 \text{ kNm/Rad}$

$S_j = 17238 \text{ kNm/Rad}$

La unión es Semi-rígida.

La combinación crítica es: - ELU-3 -

Conexión derechaMomento

Máximo momento positivo ($MRd+$) = 78 kNm \geq Momento aplicado (MSd) = 68,2 kNm

La combinación crítica es: - ELU-3 -

Máximo momento positivo permitido por las soldaduras = 102,4 kNm \geq Momento aplicado (MSd) = 68,2 kNm

La combinación crítica es: - ELU-3 -

Esfuerzo normal

Máxima tracción en la viga (TRd) = 586,7 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0 kN

Máxima compresión en la viga (CRd) = 1732,3 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 82,2 kN

La combinación crítica es: - ELU-3 -

Momento con esfuerzo normal

Nombre de la combinación	MSd	MRd	NSd	NRd	MSd/MRd + NSd/NRd	< 1
ELU-3	68,20	78,00	82,20	1732,31	0,92	V

Cortante

Cortante máximo (VRd) = 315,9 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 14,4 kN

La combinación crítica es: - ELU-3 -

RigidizadaPara momento positivo

$S_{jini} = 51713 \text{ kNm/Rad}$

$S_j = 17238 \text{ kNm/Rad}$

La unión es Semi-rígida.

La combinación crítica es: - ELU-3 -



D.5 Unions a la zona d'oficines

D.5.1 Unions pilar-jàssera

Tot seguit es presenten els informes dels diferents tipus d'unions de la zona d'oficines. A l'apartat 12.5 de la memòria hi ha vistes en perspectiva de cadascuna d'elles.

Unió HEB160-IPE270

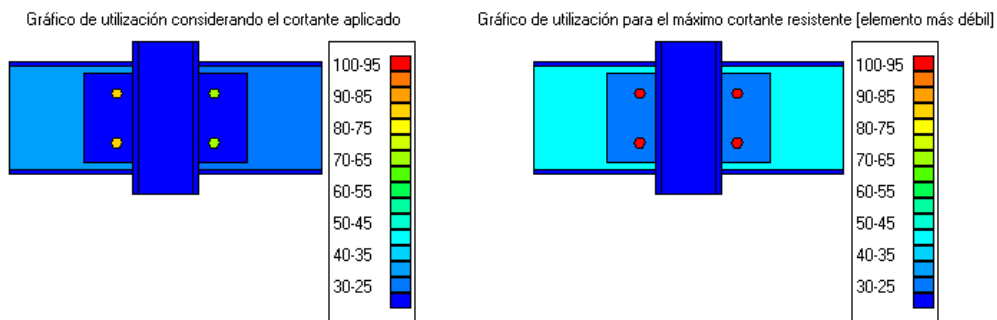
Conexión izquierda

Cortante

Cortante màxim (VRd) = 62,7 kN \geq Cortante aplicat (VSd) = 51,4 kN

La combinació crítica es: - ELU CF 1 (32, 33, 48,49) -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Esfuerzo normal

Tracció màxima (TRd) = 75,4 kN \geq Tracció aplicada (TSd) = 0 kN

La combinació crítica es: - M- -

Compresió màxima (CRd) = 75,4 kN \geq Compresió aplicada (CSd) = 1,4 kN

La combinació crítica es: - ELU CF 1 (32, 33, 48,49) -

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (32,33,48,49)	51,44	62,68	1,40	75,36	0,84	V
ELU CF 2 (32,33,48,49)	35,76	62,68	1,07	75,36	0,58	V
ELU CF 3 (32,33,48,49)	51,10	62,68	1,37	75,36	0,83	V
ELU CF 4 (32,33,48,49)	35,43	62,68	1,05	75,36	0,58	V



ELU CF 5 (32,33,48,49)	37,20	62,68	0,99	75,36	0,61	V
ELU CF 6 (32,33,48,49)	21,53	62,68	0,67	75,36	0,35	V
ELU CF 7 (32,33,48,49)	36,87	62,68	0,96	75,36	0,60	V
ELU CF 8 (32,33,48,49)	21,19	62,68	0,64	75,36	0,35	V
M+	0,00	62,68	0,00	75,36	0,00	V
M-	-0,01	62,68	-0,01	75,36	0,00	V

Conexión derecha

Cortante

Cortante máximo (VRd) = 62,7 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 42,3 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (32, 33, 48,49) -

Esfuerzo normal

Tracción máxima (TRd) = 75,4 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0,9 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (32,33,48,49) -

Compresión máxima (CRd) = 75,4 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - -

Cortante y esfuerzo normal

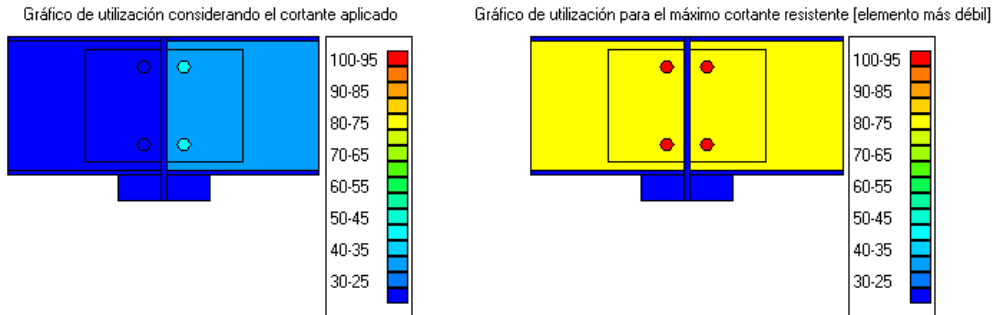
Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (32,33,48,49)	42,25	62,67	-0,87	75,36	0,69	V
ELU CF 2 (32,33,48,49)	26,58	62,67	-0,60	75,36	0,43	V
ELU CF 3 (32,33,48,49)	41,92	62,67	-0,85	75,36	0,68	V
ELU CF 4 (32,33,48,49)	26,24	62,67	-0,59	75,36	0,43	V
ELU CF 5 (32,33,48,49)	31,76	62,67	-0,64	75,36	0,52	V
ELU CF 6 (32,33,48,49)	16,08	62,67	-0,37	75,36	0,26	V
ELU CF 7 (32,33,48,49)	31,42	62,67	-0,63	75,36	0,51	V
ELU CF 8 (32,33,48,49)	15,75	62,67	-0,36	75,36	0,26	V
M+	0,00	62,67	0,00	75,36	0,00	V
M-	-0,01	62,67	-0,01	75,36	0,00	V



Unió HEB180-IPE270**Conexión izquierda****Cortante**

Cortante máximo (VRd) = 109,2 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 0,7 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 5 (9,27,31) -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones**Esfuerzo normal**

Tracción máxima (TRd) = 99,1 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0,1 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 5 (9,27,31) -

Compresión máxima (CRd) = 120,6 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 4 (9,27,31) -

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (9,27,31)	0,68	109,21	-0,06	99,07	0,01	V
ELU CF 2 (9,27,31)	0,68	109,21	0,03	120,58	0,01	V
ELU CF 3 (9,27,31)	0,40	109,21	-0,06	99,07	0,00	V
ELU CF 4 (9,27,31)	0,40	109,21	0,03	120,58	0,00	V
ELU CF 5 (9,27,31)	0,68	109,21	-0,08	99,07	0,01	V
ELU CF 6 (9,27,31)	0,68	109,21	0,02	120,58	0,01	V
ELU CF 7 (9,27,31)	0,40	109,21	-0,08	99,07	0,00	V
ELU CF 8 (9,27,31)	0,40	109,21	0,02	120,58	0,00	V
M+	0,00	109,21	0,00	99,07	0,00	V
M-	-0,01	109,21	-0,01	99,07	0,00	V



Conexión derechaCortante

Cortante máximo (VRd) = 109,2 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 45,1 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (9,27,31) -

Esfuerzo normal

Tracción máxima (TRd) = 99,1 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 5 (9,27,31) -

Compresión máxima (CRd) = 120,6 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 4 (9,27,31) -

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (9,27,31)	45,13	109,21	0,00	99,07	0,41	V
ELU CF 2 (9,27,31)	30,45	109,21	0,04	120,58	0,28	V
ELU CF 3 (9,27,31)	44,79	109,21	0,00	99,07	0,41	V
ELU CF 4 (9,27,31)	30,11	109,21	0,04	120,58	0,28	V
ELU CF 5 (9,27,31)	33,06	109,21	-0,02	99,07	0,30	V
ELU CF 6 (9,27,31)	18,38	109,21	0,02	120,58	0,17	V
ELU CF 7 (9,27,31)	32,72	109,21	-0,02	99,07	0,30	V
ELU CF 8 (9,27,31)	18,04	109,21	0,02	120,58	0,17	V
M+	0,00	109,21	0,00	99,07	0,00	V
M-	-0,01	109,21	-0,01	99,07	0,00	V

Entre las conexionesaplastamiento y cortante en alma central

VSd1 (0,7 kN) + VSd2 (45,1 kN) \leq 538,8 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (9,27,31) -

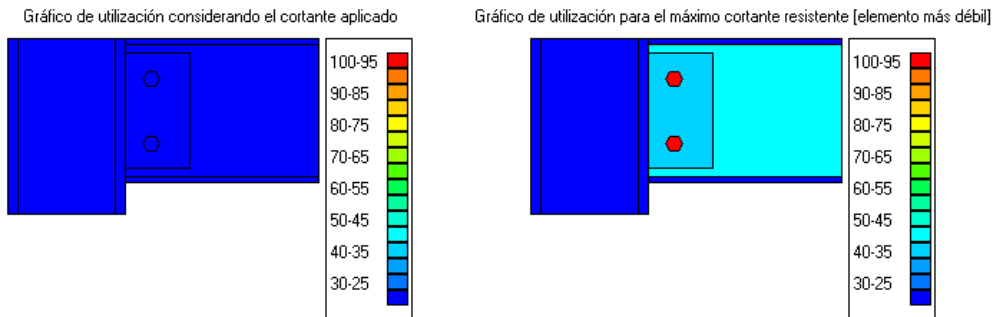
La unión entre los pilares HEB160 y las jàsseres IPE220 también se hará de la misma manera.



Unió HEB200-IPE220**Conexión derecha****Cortante**

Cortante máximo (VRd) = 54,9 kN \geq Cortante aplicado (VSd) = 11,2 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (9,19) -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones**Esfuerzo normal**

Tracción máxima (TRd) = 70,3 kN \geq Tracción aplicada (TSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - M- -

Compresión máxima (CRd) = 70,3 kN \geq Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (9,19) -

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (9,19)	11,21	54,95	0,03	70,34	0,20	V
ELU CF 2 (9,19)	8,31	54,95	0,02	70,34	0,15	V
ELU CF 3 (9,19)	10,58	54,95	0,03	70,34	0,19	V
ELU CF 4 (9,19)	7,69	54,95	0,02	70,34	0,14	V
ELU CF 5 (9,19)	8,44	54,95	0,02	70,34	0,15	V
ELU CF 6 (9,19)	5,54	54,95	0,01	70,34	0,10	V
ELU CF 7 (9,19)	7,82	54,95	0,02	70,34	0,14	V
ELU CF 8 (9,19)	4,92	54,95	0,01	70,34	0,09	V
M+	0,00	54,95	0,00	70,34	0,00	V
M-	-0,01	54,95	-0,01	70,34	0,00	V

La unió entre els pilars HEB180 i les jàsseres IPE220 o bé les jàsseres IPE160 també es farà de la mateixa manera. La unió entre HEB200 i les jàsseres IPE160 també es resoldran igual.



D.5.2 Unions jàssera-jàssera

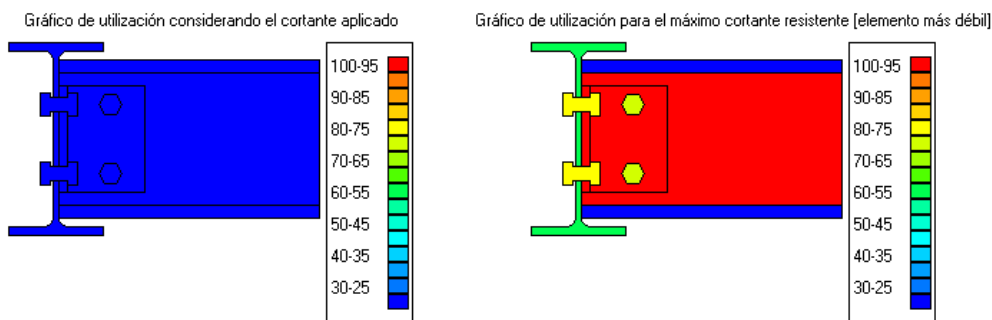
Conexión derecha

Cortante

Cortante máximo (VRd) = 96,3 kN ≥ Cortante aplicado (VSd) = 21,1 kN

La combinación crítica es: - ELU CF 1 (20,24,29) -

Gráfico con el ratio de utilización para todas las combinaciones



Esfuerzo normal

Tracción máxima (TRd) = 45,4 kN ≥ Tracción aplicada (TSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - M- -

Compresión máxima (CRd) = 65,9 kN ≥ Compresión aplicada (CSd) = 0 kN

La combinación crítica es: - -

Cortante y esfuerzo normal

Nombre de la combinación	VSd	VRd	NSd	NRd	VSd/VRd + NSd/NRd	< 1
ELU CF 1 (20,24,29)	21,14	96,32	0,00	45,44	0,22	V
ELU CF 2 (20,24,29)	15,10	96,32	0,00	45,44	0,16	V
ELU CF 3 (20,24,29)	20,74	96,32	0,00	45,44	0,22	V
ELU CF 4 (20,24,29)	14,70	96,32	0,00	45,44	0,15	V
ELU CF 5 (20,24,29)	15,38	96,32	0,00	45,44	0,16	V
ELU CF 6 (20,24,29)	9,34	96,32	0,00	45,44	0,10	V
ELU CF 7 (20,24,29)	14,99	96,32	0,00	45,44	0,16	V
ELU CF 8 (20,24,29)	8,95	96,32	0,00	45,44	0,09	V
M+	0,00	96,32	0,00	45,44	0,00	V
M-	-0,01	96,32	-0,01	45,44	0,00	V

