

T.P.N°5: Uniones Abulonadas

1. Dimensionar la unión de tipo aplastamiento con bulones de alta resistencia tipo A325, de un perfil UPN 160 con una cartela de 3/8" de espesor que está sometida a un esfuerzo de tracción de 450kN. Verificar el bloque de corte. El acero utilizado para los perfiles y la cartela es F-24.

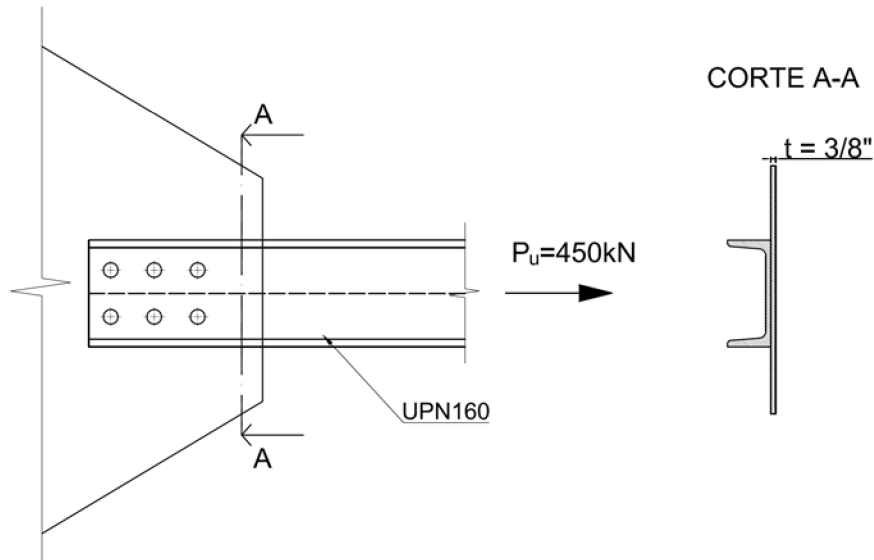


Figura 1: Unión entre un perfil UPN 160 y una cartela de 3/8"

2. Dimensionar la unión de tipo aplastamiento con bulones de alta resistencia de grado 5, entre una viga principal formada por un IPN240 y una viga secundaria formada por IPN200, que transmite un esfuerzo de corte de 100kN indicadas en el dibujo. La pieza de unión es un perfil ángulo de 3"x 3"x 1/4". El material de los perfiles es F-24. Verificar el bloque de corte.

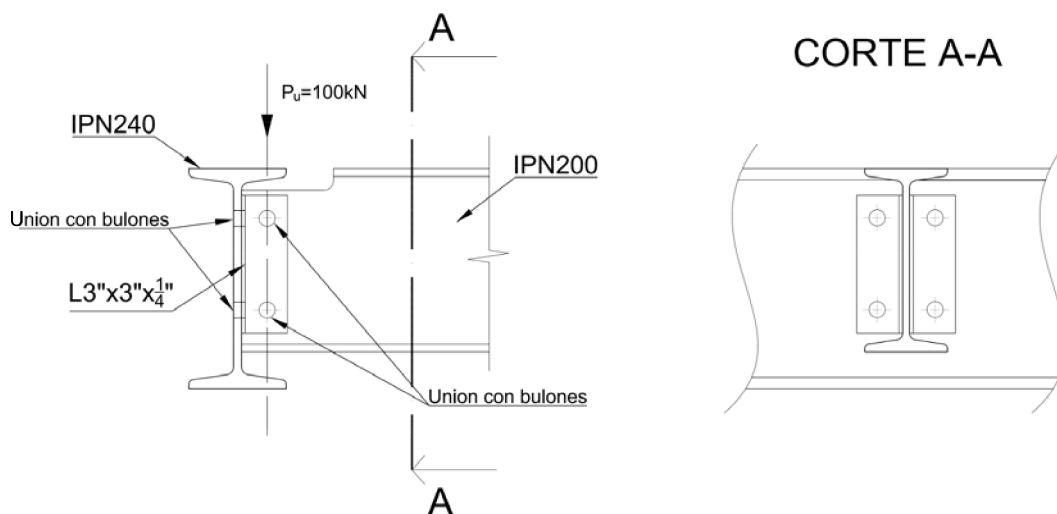


Figura 2: Unión entre una viga principal IPN240 y una viga secundaria IPN200

Solución

- Unión tipo aplastamiento entre un perfil UPN 160 y una cartela de 3/8"

■ Datos

Acero F-24

$$F_u = 370 MPa$$

$$F_y = 235 MPa$$

UPN160

$$t_1 = 0,75 cm$$

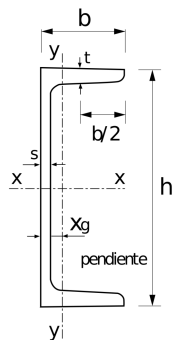
Cartela 3/8

$$t_2 = 0,952 cm$$

Bulón A325

$$F_u = 825 MPa$$

$$F_y = 650 MPa$$



U.P.N.	Dimensiones					Sección S	Peso G	Valores estáticos					
	h	b	s	t	Xg			Jx	Jy	Wx	Wy	ix	iy=ii
160	160	65	7,5	10,5	1,84 cm	24,0 cm ²	18,8	925 cm ⁴	85,3 cm ⁴	116,0 cm ³	18,3 cm ³	6,21	1,89

Figura 3: Perfil UPN160

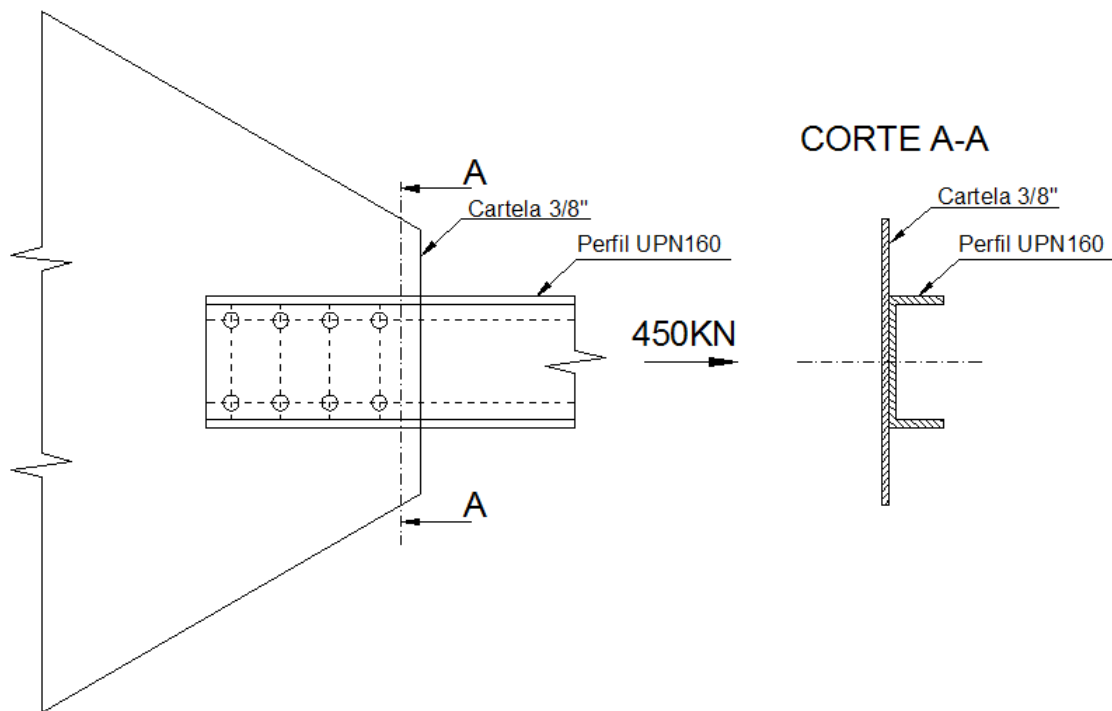


Figura 4: Unión entre un perfil UPN 160 y una cartela de 3/8"

■ Predimensionado del bulón

$$d = \sqrt{5 \cdot t_{min}} - 0,2 = \sqrt{5 \cdot 0,75cm} - 0,2 = 1,73cm$$

Adopto bulón 3/4" $\Rightarrow A_b = 2,83cm^2$ y $d = 1,90cm$ con la rosca fuera del plano de corte.

■ Resistencia de diseño al corte

$$R_d = \phi \cdot F_n \cdot A_b \cdot (10^{-1})$$

$$F_n = F_v = 415MPa \text{ de tabla J.3.2}$$

$$R_d = 0,75 \cdot 415MPa \cdot 2,83cm^2 \cdot (10^{-1}) = 88,08KN$$

La cantidad necesaria de bulones es:

$$n = \frac{T_u}{R_d} = \frac{450KN}{88,08KN} = 5,10$$

Adopto 8 bulones de 3/4" tipo A325.

■ Distancias y separaciones

- Distancias mínimas al borde:
Según la tabla J.3.4 para bulones de 3/4 y bordes laminados $d_{borde} = 26mm$
- Separación mínima entre bulones:
 $s_{min} = 3 \cdot d = 3 \cdot 1,90cm = 5,70cm$
- Separación máxima entre bulones:
Para barras no pintadas de acero resistente a la corrosión atmosférica se debe cumplir:

$$s_{max} \leq 14 \cdot t_{min}$$

$$s_{max} \leq 14 \cdot 0,75cm = 10,5cm$$

$$s_{max} \leq 180mm$$

■ Verificación al aplastamiento

La resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa en los agujeros será:

$$R_d = \phi \cdot R_n \Rightarrow \text{con } \phi = 0,75$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot [2 \cdot (3cm - \frac{1,90cm}{2}) + 6 \cdot (6cm - 1,90cm)] \cdot 0,75cm \cdot 370MPa \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = \boxed{955,71KN}$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot 1,90cm \cdot 0,75cm \cdot 370MPa \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = \boxed{126,54KN} \text{ por bulón}$$

$$R_{n1} \leq n^\circ \text{ de bulones} \cdot R_{n2}$$

$$955,71KN \leq 8 \cdot 126,54KN$$

$$955,71KN \leq 1012,32KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

$$\Rightarrow R_d = \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 955,71KN = \boxed{716,78KN}$$

$$R_d > T_u$$

$$716,78KN > 450KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

■ Verificación del bloque de corte

$$A_{gv} = 2 \cdot 0,75cm \cdot (6cm + 6cm + 6cm + 3cm) = \boxed{31,50cm^2}$$

$$A_{nv} = 2 \cdot 0,75cm \cdot [3 \cdot (6cm - 1,90cm) + (3cm - \frac{1,90cm}{2})] = \boxed{21,53cm^2}$$

$$A_{gt} = 0,75cm \cdot 10cm = \boxed{7,5cm^2}$$

$$A_{nt} = 0,75cm \cdot (10cm - 1,90cm) = \boxed{6,07cm^2}$$

Se debe cumplir la condición:

$$\begin{aligned}F_u \cdot A_{nt} \cdot (10^{-1}) &< 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot (10^{-1}) \\370MPa \cdot 6,07cm^2 \cdot (10^{-1}) &< 0,6 \cdot 370MPa \cdot 21,53cm^2 \cdot (10^{-1}) \\224,59KN &< 477,96KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}\end{aligned}$$

Entonces la resistencia del bloque de corte viene dada por:

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot [0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}] \cdot (10^{-1}) \\ \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot [0,6 \cdot 370MPa \cdot 21,53cm^2 + 235MPa \cdot 7,5cm^2] \cdot (10^{-1}) \\ \phi \cdot R_n &= \boxed{490,66KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}\end{aligned}$$

■ Disposición final de la unión

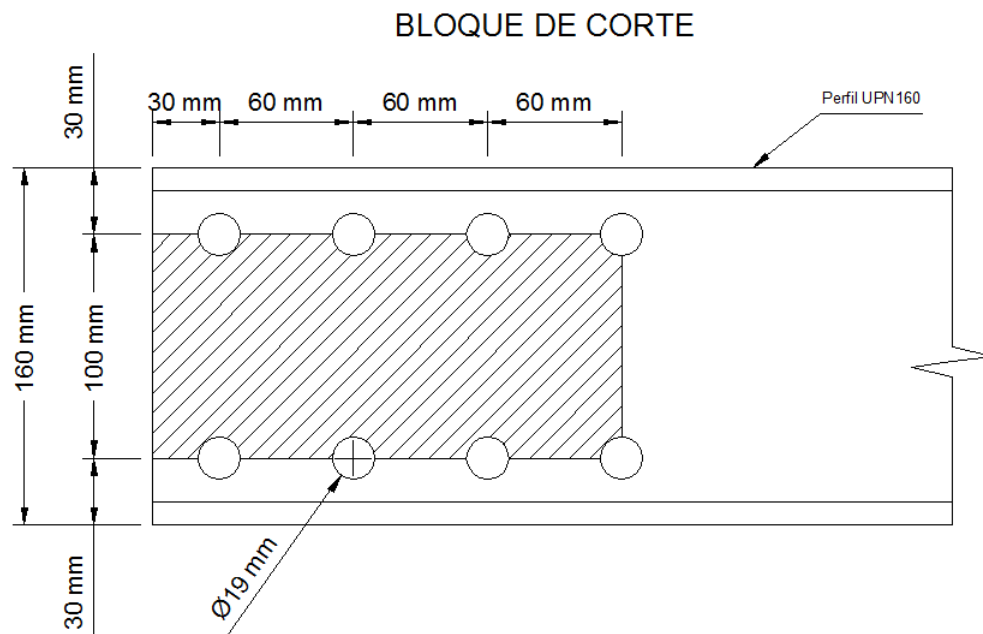


Figura 5: Bloque de Corte

2. Unión tipo aplastamiento entre una viga principal IPN240 y una viga secundaria IPN200

■ Datos

Acero F-24

$$F_u = 370 MPa$$

$$F_y = 235 MPa$$

IPN200

$$s_1 = 0,75 cm$$

IPN240

$$s_2 = 0,87 cm$$

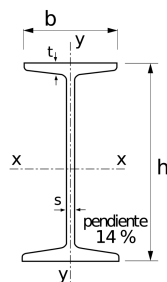
Perfil L 3x1/4

$$e_3 = 0,64 cm$$

Bulón Grado 5

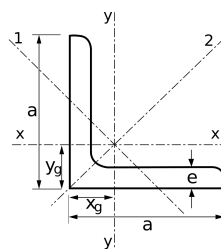
$$F_u = 840 MPa$$

$$F_y = 670 MPa$$



I.P.N.	Dimensiones				Section S	Peso G	Valores estáticos					
	h	b	s	t			J _x	J _y	W _x	W _y	i _x	i _y = i _l
200	200	90	7,5	11,3	33,5	26,2	2140	117	214	26,0	8,00	1,87
240	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	4250	221	354	41,7	9,59	2,20

Figura 6: Perfiles IPN200 e IPN240



Ángulo	Dimensiones			Section S	Peso G	Valores estáticos		
	a	e	X _g = Y _g			J _x = J _y	J ₁	J ₂
3" x 1/4"	76,2	6,4	2,09	9,43	kg/m 7,40	50,39	19,47	81,30

Figura 7: Perfil L 3"x1/4"

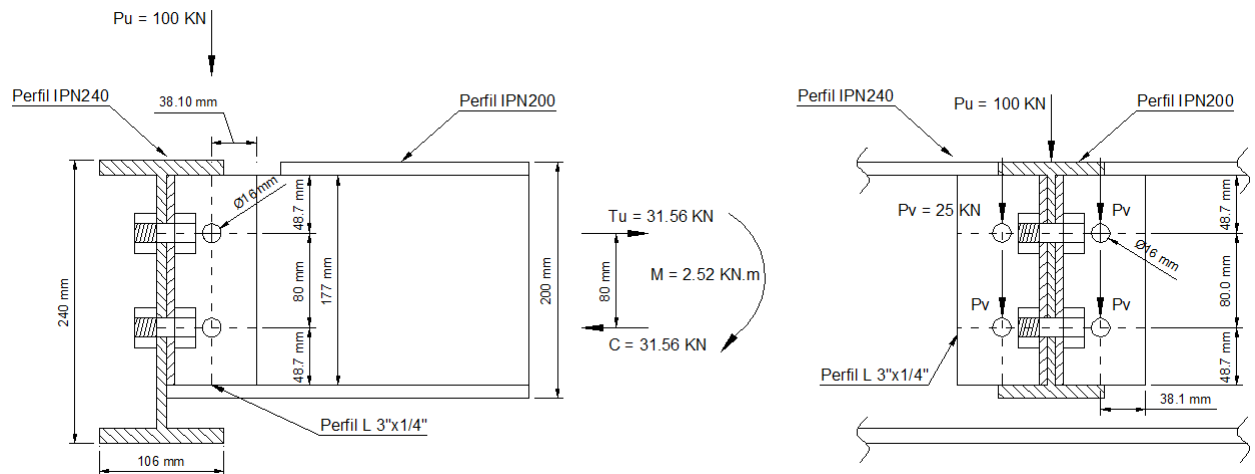


Figura 8: Unión entre una viga principal IPN240 y una viga secundaria IPN200

UNION CON LA VIGA SECUNDARIA VERIFICACIÓN AL CORTE

- Predimensionado del bulón

$$d = \sqrt{5 \cdot t_{min}} - 0,2 = \sqrt{5 \cdot 0,64cm} - 0,2 = 1,58cm$$

Adopto bulón 5/8" $\Rightarrow A_b = 1,98cm^2$ y $d = 1,587cm$ con la rosca fuera del plano de corte.

- Resistencia de diseño al corte

$$R_d = \phi \cdot F_n \cdot A_b \cdot (10^{-1})$$

$$F_n = F_v = 415MPa \text{ de tabla J.3.2}$$

$$R_d = 0,75 \cdot 415MPa \cdot 1,98cm^2 \cdot (10^{-1}) = \boxed{61,62KN}$$

La cantidad necesaria de bulones es:

$$n = \frac{P_u}{R_d} = \frac{100KN}{61,62KN} = 1,62$$

Adopto 2 bulones de 5/8" tipo SAE Grado 5.

- Distancias y separaciones

- Distancias mínimas al borde:

Según la tabla J.3.4 para bulones de 5/8 y bordes laminados $d_{borde} = 22mm$

- Separación mínima entre bulones:

$$s_{min} = 3 \cdot d = 3 \cdot 1,587cm = 4,76cm$$

- Separación máxima entre bulones:

Para barras no pintadas de acero resistente a la corrosión atmosférica se debe cumplir:

$$s_{max} \leq 14 \cdot t_{min}$$

$$s_{max} \leq 14 \cdot 0,64cm = 8,96cm$$

$$s_{max} \leq 180mm$$

■ Verificación al aplastamiento

La resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa en los agujeros será:

$$R_d = \phi \cdot R_n \Rightarrow \text{con } \phi = 0,75$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot \left[(4,87\text{cm} - \frac{1,587\text{cm}}{2}) + (8\text{cm} - 1,587\text{cm}) \right] \cdot 0,64\text{cm} \cdot 370\text{MPa} \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = \frac{298,07\text{KN}}{2 \cdot \text{perfiles}} = \boxed{149,03\text{KN}}$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot 1,587\text{cm} \cdot 0,64\text{cm} \cdot 370\text{MPa} \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = \boxed{90,19\text{KN}} \text{ por bulón}$$

$$R_{n1} \leq n^\circ \text{ de bulones} \cdot R_{n2}$$

$$149,03\text{KN} \leq 2 \cdot 90,19\text{KN}$$

$$149,03\text{KN} \leq 180,38\text{KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

$$\Rightarrow R_d = \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 149,03\text{KN} = \boxed{111,77\text{KN}}$$

$$R_d > \frac{P_u}{2}$$

$$111,77\text{KN} > 50\text{KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

■ Verificación del bloque de corte

$$A_{gv} = 0,64\text{cm} \cdot (8\text{cm} + 4,87\text{cm}) = \boxed{8,24\text{cm}^2}$$

$$A_{nv} = 0,64\text{cm} \cdot \left[(8\text{cm} - 1,587\text{cm}) + (4,87\text{cm} - \frac{1,587\text{cm}}{2}) \right] = \boxed{6,71\text{cm}^2}$$

$$A_{gt} = 0,64\text{cm} \cdot 3,81\text{cm} = \boxed{2,43\text{cm}^2}$$

$$A_{nt} = 0,64\text{cm} \cdot \left(3,81\text{cm} - \frac{1,587\text{cm}}{2} \right) = \boxed{1,93\text{cm}^2}$$

Se debe cumplir la condición:

$$F_u \cdot A_{nt} \cdot (10^{-1}) < 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot (10^{-1})$$

$$370\text{MPa} \cdot 1,93\text{cm}^2 \cdot (10^{-1}) < 0,6 \cdot 370\text{MPa} \cdot 6,71\text{cm}^2 \cdot (10^{-1})$$

$$71,41\text{KN} < 148,96\text{KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

Entonces la resistencia del bloque de corte viene dada por:

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot [0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}] \cdot (10^{-1})$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot [0,6 \cdot 370\text{MPa} \cdot 6,71\text{cm}^2 + 235\text{MPa} \cdot 2,43\text{cm}^2] \cdot (10^{-1})$$

$$\phi \cdot R_n = \boxed{154,55\text{KN}} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

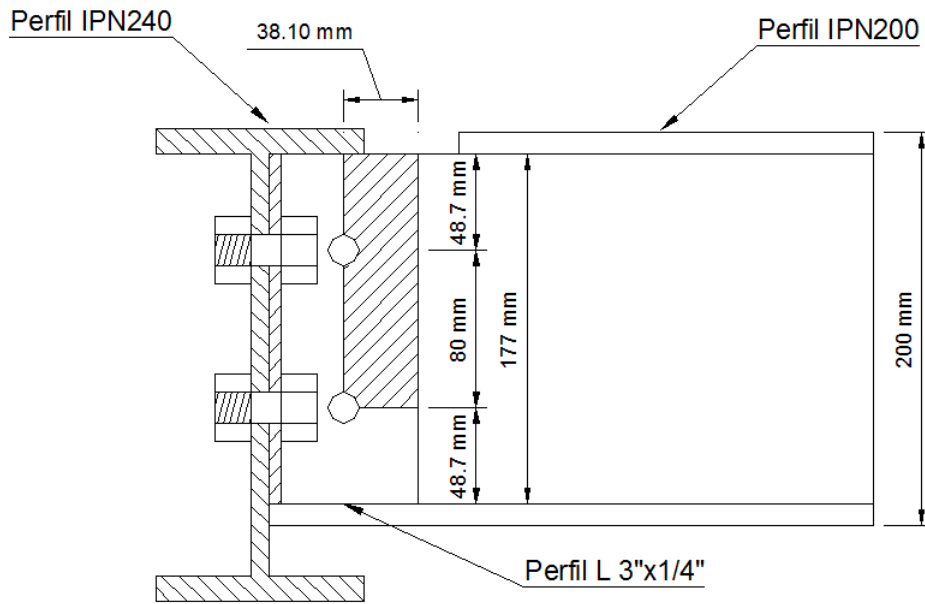


Figura 9: Bloque de Corte

- Verificación del bloque de corte del alma de la viga secundaria IPN200

$$A_{gv} = 0,75cm \cdot (8cm + 4,87cm) = \boxed{9,65cm^2}$$

$$A_{nv} = 0,75cm \cdot \left[(8cm - 1,587cm) + \left(4,87cm - \frac{1,587cm}{2} \right) \right] = \boxed{7,87cm^2}$$

$$A_{gt} = 0,75cm \cdot 3,81cm = \boxed{2,86cm^2}$$

$$A_{nt} = 0,75cm \cdot \left(3,81cm - \frac{1,587cm}{2} \right) = \boxed{2,26cm^2}$$

Se debe cumplir la condición:

$$\begin{aligned} F_u \cdot A_{nt} \cdot (10^{-1}) &< 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot (10^{-1}) \\ 370MPa \cdot 2,26cm^2 \cdot (10^{-1}) &< 0,6 \cdot 370MPa \cdot 7,87cm^2 \cdot (10^{-1}) \\ 83,71KN &< 174,65KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica} \end{aligned}$$

Entonces la resistencia del bloque de corte viene dada por:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \cdot [0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}] \cdot (10^{-1}) \\ \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot [0,6 \cdot 370MPa \cdot 7,87cm^2 + 235MPa \cdot 2,86cm^2] \cdot (10^{-1}) \\ \phi \cdot R_n &= \boxed{181,35KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica} \end{aligned}$$

BLOQUE DE CORTE - ALMA DEL PERFIL IPN200

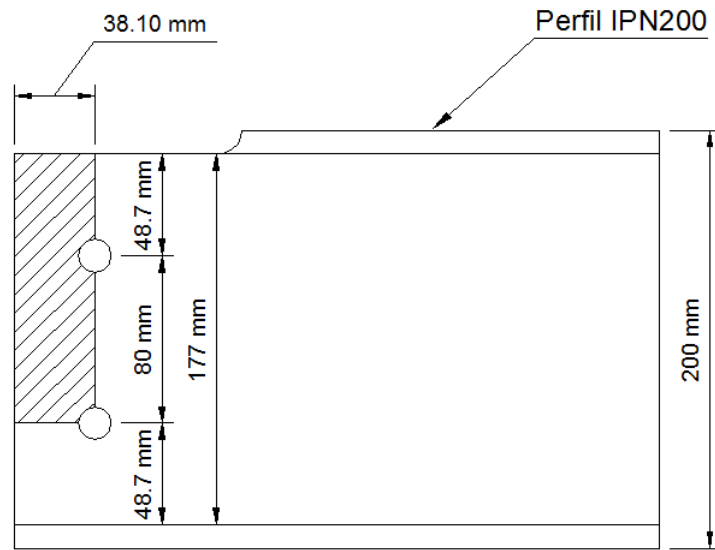


Figura 10: Bloque de Corte

UNION CON LA VIGA PRINCIPAL
VERIFICACIÓN A TRACCIÓN Y CORTE COMBINADOS

■ Predimensionado del bulón

$$d = \sqrt{5 \cdot t_{min}} - 0,2 = \sqrt{5 \cdot 0,64cm} - 0,2 = 1,58cm$$

Adopto bulón 5/8" $\Rightarrow A_b = 1,98cm^2$ y $\boxed{d = 1,587cm}$ con la rosca fuera del plano de corte.

■ Distancias y separaciones

- Distancias mínimas al borde:
Según la tabla J.3.4 para bulones de 5/8 y bordes laminados $d_{borde} = 22mm$
- Separación mínima entre bulones:
 $s_{min} = 3 \cdot d = 3 \cdot 1,587cm = 4,76cm$
- Separación máxima entre bulones:
Para barras no pintadas de acero resistente a la corrosión atmosférica se debe cumplir:

$$s_{max} \leq 14 \cdot t_{min}$$

$$s_{max} \leq 14 \cdot 0,64cm = 8,96cm$$

$$s_{max} \leq 180mm$$

■ Estado de cargas

$$M = P_u \cdot (X_g + \frac{s_2}{2})$$

$$M = 100KN \cdot (2,09cm + \frac{0,87cm}{2}) \cdot \frac{1m}{100cm} = \boxed{2,52KN \cdot m}$$

$$T_u = \frac{M}{z} = \frac{2,52KN \cdot m}{0,08m} = \boxed{31,56KN} \quad \text{Tomado con dos bulones}$$

$$P_v = \frac{P_u}{4} = \frac{100KN}{4} = \boxed{25KN} \quad \text{Tomado con cuatro bulones}$$

■ Resistencia a Tracción y Corte combinados

$$F_v = \frac{P_v}{A_b \cdot 10^{-1}} = \frac{25KN}{1,98cm^2 \cdot 10^{-1}} = \boxed{126,26MPa}$$

$$F_t = 808 - 2 \cdot F_v = 808 - 2 \cdot 126,26MPa = \boxed{555,48MPa}$$

$$F_t \leq 620MPa$$

$$555,48MPa \leq 620MPa \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

$$R_d = 0,75 \cdot F_t \cdot A_b \cdot 10^{-1} = 0,75 \cdot 555,48MPa \cdot 1,98cm^2 \cdot 10^{-1} = \boxed{82,48KN}$$

$$R_d \geq \frac{T_u}{2}$$

$$82,48KN \geq \frac{31,56KN}{2}$$

$$82,48KN \geq 15,78KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

■ Verificación al aplastamiento

La resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa en los agujeros será:

$$R_d = \phi \cdot R_n \Rightarrow \text{con } \phi = 0,75$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot (4,87cm - \frac{1,587cm}{2}) \cdot 0,64cm \cdot 370MPa \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n1} = \boxed{115,83KN}$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot 1,587cm \cdot 0,64cm \cdot 370MPa \cdot (10^{-1})$$

$$R_{n2} = \boxed{90,19KN} \text{ por bulón}$$

$$R_{n1} \leq n^\circ \text{ de bulones} \cdot R_{n2}$$

$$115,83KN \leq 2 \cdot 90,19KN$$

$$115,83KN \leq 180,38KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

$$\Rightarrow R_d = \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 115,83KN = \boxed{86,87KN}$$

$$R_d > P_v$$

$$86,87KN > 25KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

■ Verificación del bloque de corte

$$A_{gv} = 0,64cm \cdot (8cm + 4,87cm) = \boxed{8,24cm^2}$$

$$A_{nv} = 0,64cm \cdot [(8cm - 1,587cm) + (4,87cm - \frac{1,587cm}{2})] = \boxed{6,71cm^2}$$

$$A_{gt} = 0,64cm \cdot 3,81cm = \boxed{2,43cm^2}$$

$$A_{nt} = 0,64cm \cdot (3,81cm - \frac{1,587cm}{2}) = \boxed{1,93cm^2}$$

Se debe cumplir la condición:

$$F_u \cdot A_{nt} \cdot (10^{-1}) < 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot (10^{-1})$$

$$370MPa \cdot 1,93cm^2 \cdot (10^{-1}) < 0,6 \cdot 370MPa \cdot 6,71cm^2 \cdot (10^{-1})$$

$$71,41KN < 148,96KN \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

Entonces la resistencia del bloque de corte viene dada por:

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot [0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}] \cdot (10^{-1})$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot [0,6 \cdot 370MPa \cdot 6,71cm^2 + 235MPa \cdot 2,43cm^2] \cdot (10^{-1})$$

$$\phi \cdot R_n = \boxed{154,55KN} \quad \checkmark \quad \text{Verifica}$$

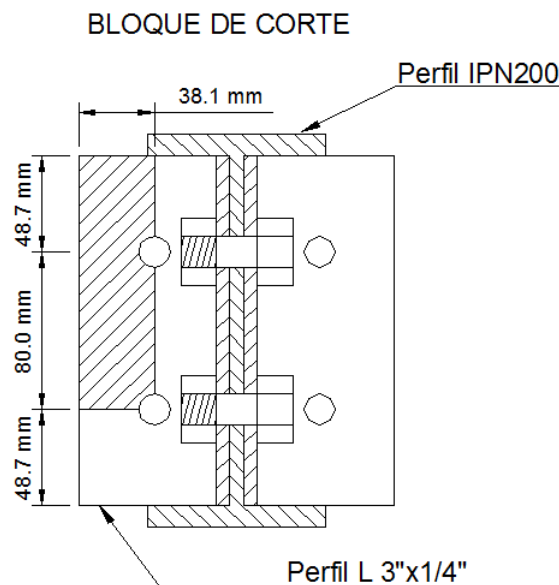


Figura 11: Bloque de Corte