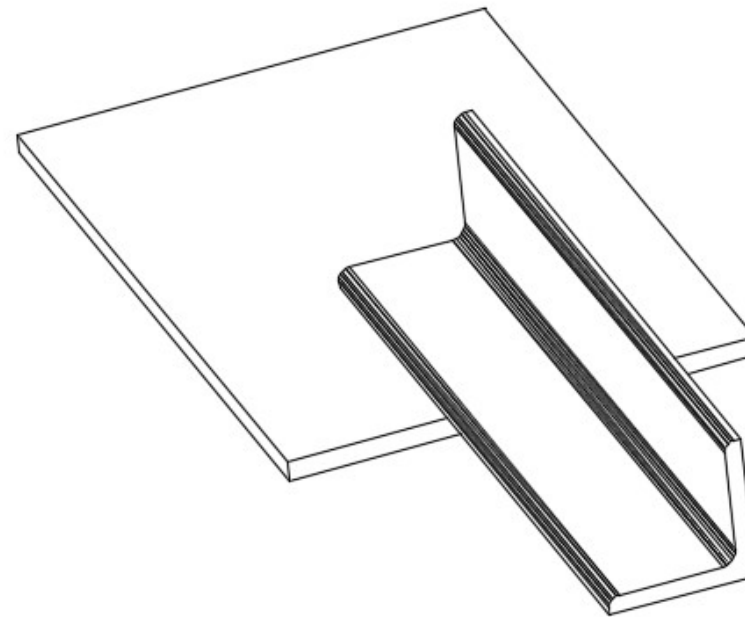


Uniones Abulonadas: Ejemplo de Aplicación

Dimensionar un perfil de sección ángulo simple sometido a tracción y la unión abulonada.
La unión se plantea en una sola hilera de tres bulones para un tensor de 4,00 m de longitud.
La resistencia requerida para el perfil es una fuerza de tracción de 180 kN.
Se emplea acero F-24 y los bulones son tipo ASTM A325.



1. Tensiones de Referencia:

Características Mecánicas del Acero

La norma IRAM – IAS U 500 – 503 especifican para barras de acero laminadas las siguientes características mecánicas:

Designación	Límite de Fluencia mínimo Fy [MPa]			Resistencia a la Tracción mínima Fu [Mpa]
	e ≤ 16	16 < e ≤ 40		
			40 < e ≤ 63	
F-19	190	--		330
F-20	210	200		340
F-24	240	230		370
F-26	260	250		420
		16 < e ≤ 25	25 < e ≤ 40	
F-36	360	350	340	520
F-45	450	430	410	550
F-30	300	290	280	500
F-34	340	330	320	600
F-37	370	360	350	700



Uniones Abulonadas: Ejemplo de Aplicación

Dimensionar un perfil de sección ángulo simple sometido a tracción, la chapa de nudo y la unión abulonada.

La unión se plantea en una sola hilera de tres bulones para un tensor de 4,00 m de longitud.

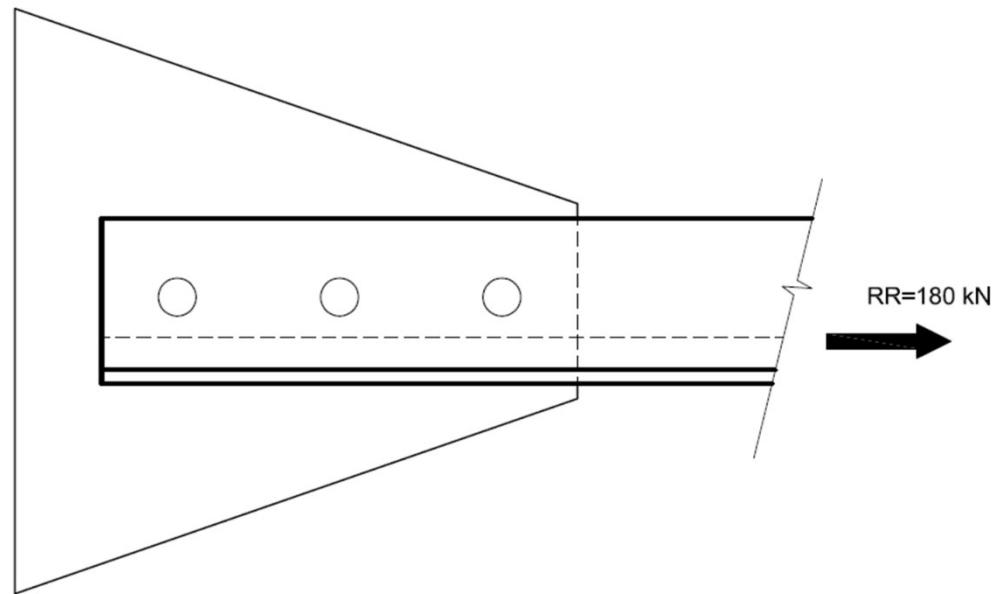
La resistencia requerida para el perfil es una fuerza de tracción de 180 kN.

Se emplea acero F-24 y los bulones son tipo ASTM A325.

1. Tensiones de Referencia:

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 370 \text{ MPa}$$



Dimensionamiento del Perfil

FLUENCIA DE LA SECCIÓN BRUTA:

$$RD1 = \phi \cdot F_y \cdot A_g \cdot 10^{-1} \leq RR$$

$$A_g = \frac{RR \times 10}{\phi \times F_y} = \frac{180 \times 10}{0,9 \times 240} = 8,33 \text{ cm}^2$$

ROTURA DE LA SECCIÓN EFECTIVA:

$$RD2 = \phi \cdot F_u \cdot A_e \cdot 10^{-1} \leq RR$$

$$A_e = \frac{RR \times 10}{\phi \times F_u} = \frac{180 \times 10}{0,75 \times 370} = 6,49 \text{ cm}^2$$

Dimensionamiento del Perfil

ROTURA DE LA SECCIÓN EFECTIVA:

$$A_e = U \times A_n = 6,49 \text{ cm}^2$$

Al ser una sola fila de bulones corresponde considerar sólo el área directamente vinculada

$$A_n = \frac{A_e}{0,5} = \frac{6,49}{0,5} = 12,98 \text{ cm}^2$$

Considerando: $A_n = 0,8 \times A_g = 12,98 \text{ cm}^2$

$$A_g = \frac{A_n}{0,8} = \frac{12,98}{0,85} = 15,27 \text{ cm}^2$$

CONTROL DE ESBELTEZ POR MANIPULACIÓN Y MONTAJE:

$$\frac{k \times L}{r_{\text{mín}}} \leq 300 \text{ con } k = 1 \text{ y } L = 400 \text{ resulta } r_{\text{mín}} = 1,34 \text{ cm}$$

Dimensionamiento del Perfil

REQUERIMIENTOS PARA EL PERFIL:

$$A_g = 8,33 \text{ cm}^2 \text{ Por fluencia del área bruta}$$

$$A_g = 15,27 \text{ cm}^2 \text{ Por rotura de área efectiva}$$

$$r_{\text{mín}} = 1,34 \text{ cm}$$

Se adopta un perfil ángulo 102mm x 7,9mm (4" x 5/16") con:

$$A_g = 15,65 \text{ cm}^2$$

$$t = 7,9 \text{ mm}$$

$$r_{\text{mín}} = 1,94 \text{ cm}$$

Predimensionamiento de la Unión





DIÁMETRO ORIENTATIVO BULÓN:

$$d_n = \sqrt{5 \times t} - 0,2 \quad [cm]$$

$$d_n = \sqrt{5 \times 0,79} - 0,2 = 1,79cm$$

Tabla J.3.3. Dimensión nominal de los agujeros

Se adoptan 3 bulones ASTM
A325 de 3/4" (19,05 mm)
Se adoptan agujeros normales
 $d_{ag} = 13/16" = 20,6 \text{ mm}$
 $d_{cál} = 20,6\text{mm} + 2\text{mm} = 22,6\text{mm}$
Adopt. $d_{cál} = 23\text{mm}$

Diámetro de los bulones. (pulg)	Dimensiones de los agujeros (mm)			
	Normales (diámetro)	Holgados (diámetro)	Ovalado cortos (ancho x largo)	Ovalados largos (ancho x largo)
				
1/4	5/16	3/8	-	-
5/16	3/8	7/16	-	-
3/8	7/16	1/2	-	-
7/16	1/2	9/16	-	-
1/2	9/16	5/8	9/16 x 11/16	9/16 x 1 1/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 1/2

$$A_n = 15,65 \text{ cm}^2 - 2,3 \text{ cm} \times 0,79 \text{ cm} = 13,83 \text{ cm}^2 > 12,98 \text{ cm}^2 \text{ Satisface}$$

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA UNIÓN:

$$RD_1 = \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot m \cdot n \cdot F_v \cdot A_b \cdot 10^{-1}$$

Tabla J.3.2. Resistencia de Diseño de Bulones

Descripción de los bulones	Resistencia a la tracción		Resistencia al corte en uniones del tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, F_t (MPa)	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, F_v (MPa)
Bulones comunes Tipos A307, ISO 4.6	0,75	260 (a)	0,75	140 (b,e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		620 (d)		330 (e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 con la rosca excluida de los planos de corte		620 (d)		415 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		778 (d)		414 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 con la rosca excluida de los planos de corte		778 (d)		517 (e)
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos de la Sección A.3, y la rosca no está excluida de los planos de corte		$0,75 F_u$ (a,c)		$0,40 F_u$
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos de la Sección A.3, y la rosca está excluida de los planos de corte		$0,75 F_u$ (a,c)		$0,50 F_u$ (a,c)

Donde:

F_v se obtiene de la Tabla J.3-2) en [Mpa]

A_b es el área del bulón = $\pi \cdot d^2 / 4$ en [cm^2]

m es el número de planos de corte

n es el número de bulones

10^{-1} es un factor para compatibilizar unidades

Para los bulones tipo ASTM A325, asumiendo que la rosca está excluida de los planos de corte, $F_v = 415 \text{ Mpa}$.

Para un bulón de $d=1,91 \text{ cm}$ es $A_b = 2,86 \text{ cm}^2$

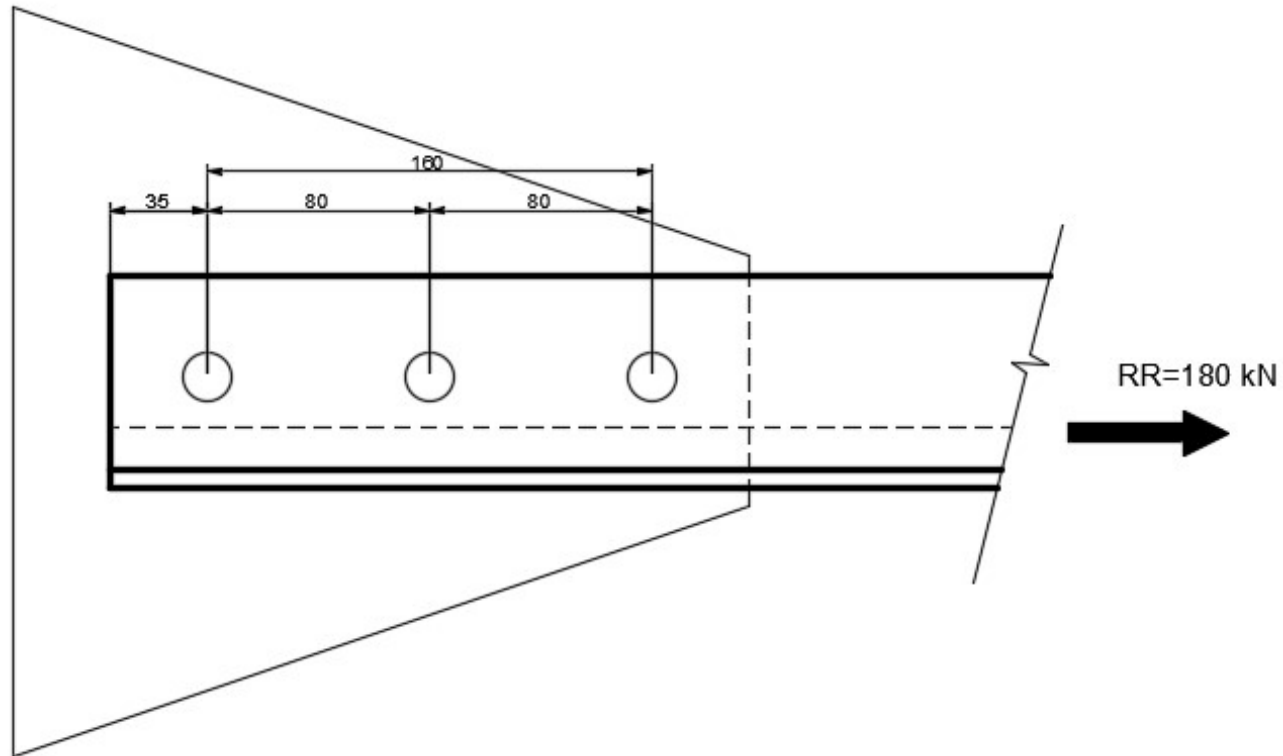
$m = 1$ y $n = 3$

Resulta :

$$RD = 0,75 \times 1 \times 3 \times 330 \text{ MPa} \times 2,86 \text{ cm}^2 \times 10^{-1}$$

$$RD = 212 \text{ kN} > RR = 180 \text{ kN} \text{ Satisface}$$

DISTRIBUCIÓN DE LOS BULONES EN LA UNIÓN:



Separación mínima = $3d = 3 \times 1,91\text{cm} = 5,73\text{cm} < 8\text{cm}$ Satisface

Separación máxima = $14 \times t = 14 \times 0,79 = 11,06\text{cm} > 8\text{cm}$ Satisface

Distancia máxima al borde = $12 \times t = 12 \times 0,79\text{cm} = 9,48\text{cm} > 3,5\text{cm}$ Satisface

Distancia mínima al borde = $3,4\text{cm}$ (tabla J.3.4) $< 3,5\text{cm}$ Satisface

VERIFICACIÓN AL APLASTAMIENTO DE LA UNIÓN:

$$RD_2 = \phi \cdot Rn \quad \phi = 0.75$$

Considerando que la deformación alrededor de los agujeros no es una consideración de proyecto:

$$Rn = 1,5 \cdot Lc \cdot t \cdot Fu \cdot 10^{-1} \leq 3 \cdot d \cdot t \cdot Fu \cdot 10^{-1}$$

Para $d_{ag} = 2,06\text{cm}$ es $Lc = 8\text{cm} - 2,06\text{cm} = 5,94\text{cm}$ para 2 bulones

$Lc = 3,5\text{cm} - 2,06\text{cm}/2 = 2,47\text{cm}$ para 1 bulón

$$t = 0,79\text{cm}$$

$$d = 1,905\text{cm}$$

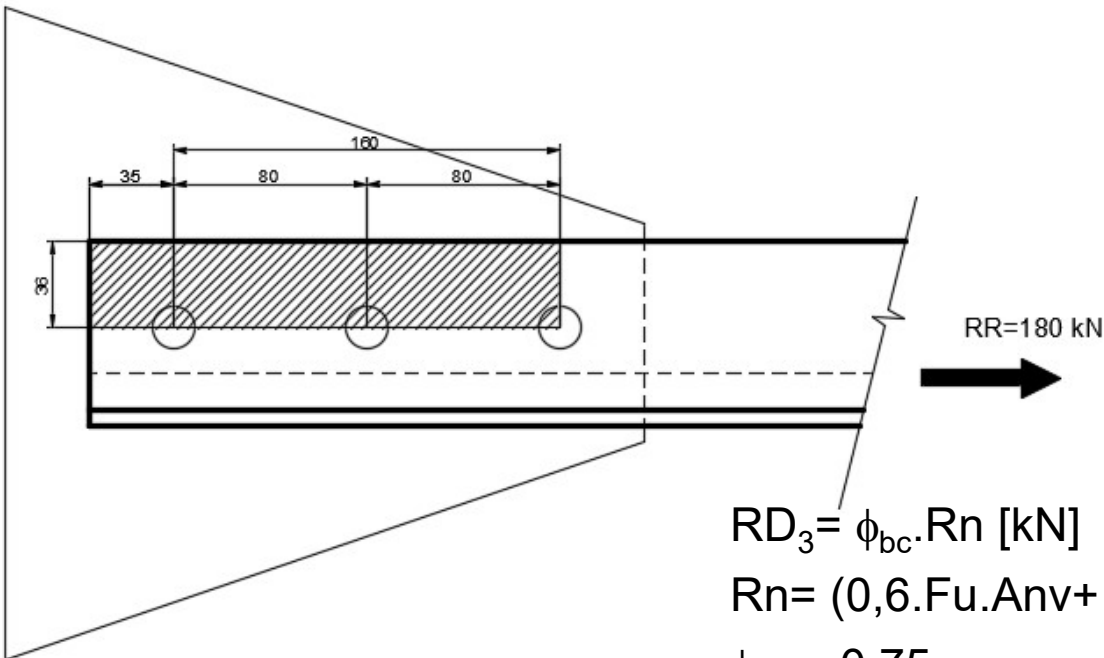
$$Fu = 370 \text{ MPa}$$

Resulta :

$$RD = 0,75 \times 1,5 \times (5,94 \times 2 + 2,47)\text{cm} \times 370\text{MPa} \times 10^{-1} \leq 3 \times (3 \times 1,905 \times 0,79 \times 370\text{MPa} \times 10^{-1})$$

$$RD = 597\text{kN} \leq 501\text{kN} \rightarrow RD = 501\text{kN} > RR = 180 \text{ kN} \text{ Satisface}$$

VERIFICACIÓN BLOQUE DE CORTE:



Ant: área neta en tracción

Agv: área bruta en corte

Anv: área neta en corte

$$\text{Ant: } (3,5\text{cm} - 2,3\text{cm}/2) \times 0,79\text{cm} = 1,86\text{cm}^2$$

$$\text{Agv: } 19,5\text{cm} \times 0,79\text{cm} = 15,41\text{cm}^2$$

$$\text{Anv: } (19,5\text{cm} - 2,3\text{cm} \times 2,5) \times 0,79\text{cm} = 10,86\text{cm}^2$$

$$RD_3 = \phi_{bc} \cdot Rn \text{ [kN]}$$

$$Rn = (0,6 \cdot Fu \cdot Anv + U_{bs} \cdot Fu \cdot Ant) \cdot 10^{-1} \leq (0,6 \cdot Fy \cdot Agv + U_{bs} \cdot Fu \cdot Ant) \cdot 10^{-1}$$

$$\phi_{bc} = 0,75$$

$U_{bs} = 1,0$ si la tensión de tracción es uniforme

$U_{bs} = 0,5$ si la tensión de tracción no es uniforme

$$RD = 0,75 \times (0,6 \times 370\text{MPa} \times 10,86\text{cm}^2 + 370\text{MPa} \times 1,86\text{cm}^2) \times 10^{-1} = 232\text{kN}$$

$$RD = 0,75 \times (0,6 \times 240\text{MPa} \times 15,41\text{cm}^2 + 370\text{MPa} \times 1,86\text{cm}^2) \times 10^{-1} = 218\text{kN} > RR = 180 \text{ kN} \text{ Satisface}$$