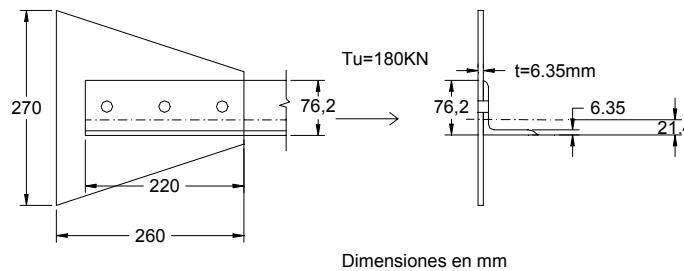


**EJEMPLO N°1**

Barra sometida a tracción. Unión abulonada a chapa de nudo.  
Aplicación Capítulos B, D y J.

**Enunciado:**

Dimensionar: un perfil de sección ángulo simple sometido a tracción, la chapa de nudo y la unión abulonada. La unión se plantea con una sola hilera de tres bulones. La longitud del tensor es de 4,00 m. La fuerza de tracción requerida es  $T_u=180$  kN. El acero del perfil y la chapa de nudo tiene  $F_y=235$  MPa.  $F_u=370$  MPa. Los bulones son tipo ASTM A325.

**Figura Ej. 1-1****1) Dimensionamiento del perfil**

- Para el estado límite de fluencia en la sección bruta (Sección D.1.(a)), la mínima área bruta  $A_g$  es la que satisface:

$$\begin{aligned} \text{Con} \quad T_u &= \phi_t \cdot P_n \\ P_n &= F_y \cdot A_g \cdot (10^{-1}) \end{aligned} \quad (D.1-1)$$

despejando  $A_g$  necesaria

$$A_g = \frac{T_u \cdot 10}{\phi_t \cdot F_y} \quad (Ej.1-1)$$

- Para el estado límite de rotura en la sección neta (Sección D.1.(b)), la mínima área neta efectiva  $A_e$  necesaria resulta con igual razonamiento anterior desde la Ec.(D.1-2)

$$\begin{aligned} A_e &= \frac{T_u \cdot 10}{\phi_t \cdot F_u} \\ A_e &= \frac{180 \cdot 10}{0,75 \cdot 370} = 6,49 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad (Ej.1-2)$$

Se adopta como criterio de proyecto (sección B.3)

$$U = 1 - \frac{X}{L} = 0,85$$

El área neta  $A_n$  mínima necesaria según Sección B.3 (2)(a) (la fuerza de tracción se transmite sólo por un ala del ángulo y sólo por bulones)

$$A_n = \frac{A_e}{U} \quad \text{de Ec. (B.3-1)}$$

de ecuación (Ej.1-2) y con el valor adoptado para U

$$A_n = \frac{6,49}{0,85} = 7,64 \text{ cm}^2 \quad (\text{Ej.1-3})$$

De acuerdo a Sección B.7, la esbeltez máxima de un elemento traccionado es 300. Luego el radio de giro mínimo del perfil será:

$$\frac{k \cdot L}{r_{\min}} = 300 \quad k=1 \quad L=400 \text{ cm}$$

$$r_{\min} = \frac{400}{300} = 1,34 \text{ cm}$$

Se adopta un perfil ángulo de 76.2x6.35 mm (3"x1/4") con

$A_g = 9,27 \text{ cm}^2$	Area del perfil → mayor $A_g = 8,51 \text{ cm}^2$ de (Ej.1-1) ==> <b>(VERIFICA)</b>
$r_{\min} = 1,50 \text{ cm}$	radio de giro mínimo > $r_{\min} = 1,34 \text{ cm}$ ==> <b>(VERIFICA)</b>
$t_f = 6,35 \text{ mm}$	espesor del ala del ángulo
$\bar{x} = 2,14 \text{ cm}$	distancia del centro de gravedad a la cara externa del ala

Se predimensiona la unión abulonada con una fila de 3 bulones A325 de diámetro 5/8" (15,87 mm).

Se adoptan agujeros normales. De tabla J.3-3 la dimensión nominal del agujero  $d_{\text{nom}}$  11/16" (17,5 mm).

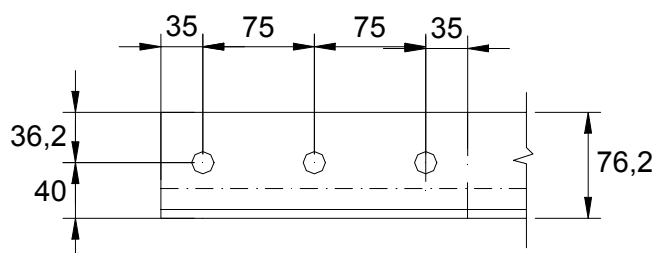


Figura Ej. 1-2

Según Sección B2, el diámetro de cálculo ( $d_{\text{cal}}$ ) es 2mm más que el diámetro nominal ( $d_{\text{nom}}$ ) del agujero, por lo tanto:

$$d_{\text{nom}} = 17,5 \text{ mm} \quad d_{\text{cal}} = 17,5 + 2 = 19,5 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm.}$$

El área neta del perfil  $A_n = A_g - d_{\text{cal}} \cdot t_f = 9,27 - 2 \cdot 0,635 = 8 \text{ cm}^2 > (A_n = 7,64 \text{ cm}^2)$  de (Ej.1-3)  
**(VERIFICA)** Rotura de sección neta.

A partir del valor de U adoptado se determina la distancia mínima entre centros de bulones extremos L.

$$U = 1 - \frac{2,14}{L} = 0,85$$

de donde

$$L_{\min} = \frac{2,14}{(1 - 0,85)} = 14,27 \text{ cm}$$

Se adopta  $L = 150 \text{ mm}$ ,  $d_b = 35 \text{ mm}$ ,  $s = 75 \text{ mm}$

Se verifican separación y distancias mínimas y máximas (Secciones J.3.3., J.3.4 y J.3.5)

$$s_{\min} = 3 \cdot d = 3 \cdot 1,6 = 4,8 \text{ cm} < 7,5 \text{ cm} \quad \text{(VERIFICA)}$$

$$s_{\max} = 24 \cdot 0,635 = 15,24 \text{ cm } \text{ ó } 30 \text{ cm } > 7,5 \text{ cm} \quad \text{(VERIFICA)}$$

$$d_{\text{bmin}} = 1,75 \cdot d = 1,75 \cdot 1,6 = 2,8 \text{ cm } < 3,5 \text{ cm} \quad \text{(VERIFICA)}$$

$$d_{\text{bmax}} = 12 \cdot 0,635 = 7,62 \text{ cm } \text{ ó } 150 \text{ mm}; 7,62 \text{ cm } > 3,5 \text{ cm} \quad \text{(VERIFICA)}$$

- Se verifica el perfil dimensionado para el estado límite de rotura de bloque de corte (Sección J.4.3.)

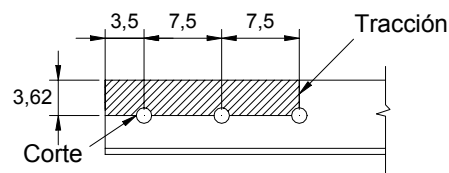
Las áreas netas y brutas de corte y tracción son (Figura Ej.1-3)

$$A_{\text{nv}} = (3,5+7,5+7,5-2 \cdot 2,5) \cdot 0,635 = 8,57 \text{ cm}^2 \quad \text{área neta de corte}$$

$$A_{\text{gv}} = (3,5+7,5+7,5) \cdot 0,635 = 11,75 \text{ cm}^2 \quad \text{área bruta de corte}$$

$$A_{\text{nt}} = (3,62 - 2 \cdot 0,5) \cdot 0,635 = 1,66 \text{ cm}^2 \quad \text{área neta a tracción}$$

$$A_{\text{gt}} = 3,62 \cdot 0,635 = 2,30 \text{ cm}^2 \quad \text{área bruta a tracción}$$



Dimensiones en cm

Figura Ej. 1-3

$$F_u \cdot A_{\text{nt}} \cdot (10^{-1}) = 370 \cdot 1,66 \cdot 0,1 = 61,42 \text{ kN}$$

$$0,6 \cdot F_u \cdot A_{\text{nv}} \cdot (10^{-1}) = 0,6 \cdot 370 \cdot 8,57 \cdot 0,1 = 190,25 \text{ kN} > 61,42 \text{ kN} \rightarrow \text{Corresponde caso b) Sección J.4.3.}$$

La resistencia de diseño a la rotura de bloque de corte se determina de acuerdo a la siguiente ecuación

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot [0,6 \cdot F_u \cdot A_{\text{nv}} + F_y \cdot A_{\text{gt}}] \cdot (10^{-1}) \quad \text{(J.4-3b)}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot [0,6 \cdot 370 \cdot 8,57 + 235 \cdot 2,3] \cdot 0,1 = 183,2 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 183,2 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \implies \text{VERIFICA} \quad \text{Rotura de bloque de corte}$$

## 2) Verificación de los medios de unión

Se verificarán los bulones predimensionados como unión tipo APLASTAMIENTO. Se propuso 3 bulones de diámetro 5/8" (15,87 mm), tipo A325. Se determinará su largo de manera que la rosca quede excluida del plano de corte (ver Sección J.3.).

- La resistencia de diseño a corte es (Sección J.3.6.)

$$R_d = \phi \cdot F_n \cdot A_b \cdot 0,1$$

De tabla J.3.2:  $\phi = 0,75$  y  $F_n = F_v = 415 \text{ MPa}$   
El área del bulón es  $A_b = 1,98 \text{ cm}^2$

$$R_d = 0,75 \cdot 415 \cdot 1,98 \cdot 0,1 = 61,62 \text{ kN por bulón}$$

$$\text{La resistencia de diseño al corte total } R_d = 3 \cdot 61,62 = 184,88 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \implies \text{VERIFICA}$$

- La resistencia de diseño al aplastamiento de los agujeros (ver Sección J.3.10.) es:

Por ser los agujeros normales y al considerar en el proyecto la deformación alrededor del agujero para cargas de servicio, se adopta la siguiente ecuación (Sección J.3.10(a))

$$R_n = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \cdot 0,1 \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u \cdot 0,1 \quad \text{por cada bulón} \quad (\text{J.3-2a})$$

Para la unión la resistencia al aplastamiento de la chapa es la suma de las resistencias al aplastamiento de la chapa en todos los agujeros de la unión. (Sección J.3.10).

$$R_{n1} = 1,2 \cdot (1 \cdot (3,5 - 1,8 \cdot 0,5) + 2 \cdot (7,5 - 1,8)) \cdot 0,1 \cdot 370 \cdot 0,635 = 394,7 \text{ kN}$$

$$R_d = \phi \cdot R_{n1} = 0,75 \cdot 394,7 = 296 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \quad \text{=====} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot 1,587 \cdot 0,635 \cdot 370 \cdot 0,1 = 89,5 \text{ kN} \quad \text{para un bulón}$$

$$R_d = \phi \cdot R_{n2} \cdot n = 0,75 \cdot 89,5 \cdot 3 = 201,4 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \quad \text{=====} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

### 3) Dimensionamiento de la chapa de nudo

Se propone para la chapa de nudo las dimensiones indicadas en la Figura Ej.1-1.

El ancho de cálculo  $b_c$  de la chapa en la sección crítica (fuerza de distribución a  $30^\circ$ ) es

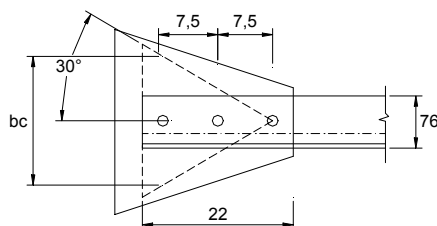


Figura Ej.1-4

$$b_c = 7,5 \cdot 2 \cdot \text{tg}.30^\circ \cdot 2 + 1,6 = 19 \text{ cm}$$

$$A_g = 19 \cdot 0,635 = 12,06 \text{ cm}^2$$

$$A_n = (19 - 2) \cdot 0,635 = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_n}{A_g} = \frac{10,8}{12,06} = 0,9 > 0,85$$

$$\text{se debe adoptar } A_n = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 12,06 = 10,25 \text{ cm}^2$$

Sección J.5.2.(b)

Las resistencias de diseño son (ver Sección J.5.2)

a) Fluencia sección bruta

$$R_d = \phi \cdot R_n = \phi \cdot A_g \cdot F_y \cdot 0,1 \quad (\text{J.5.1})$$

$$R_d = \phi \cdot R_n = 0,9 \cdot 12,06 \cdot 235 \cdot 0,1 = 255,1 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \quad \text{=====} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

b) Rotura en sección neta

$$\phi R_n = \phi \cdot A_n \cdot F_u \cdot 0,1 \quad (\text{J.5-2})$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 10,25 \cdot 370 \cdot 0,1 = 284,4 \text{ kN} > T_u = 180 \text{ kN} \quad \text{=====} \rightarrow \text{VERIFICA}$$