

#### 4. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE ELEMENTOS SUJETOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN

Los miembros en tensión se definen como elementos estructurales sometidos a fuerzas axiales de tensión. Un miembro dúctil de acero, sin agujeros y sometido a una carga de tensión, puede resistir, sin fracturarse, una carga mayor que la correspondiente al producto del área de su sección transversal y del esfuerzo de fluencia del acero, gracias al endurecimiento por deformación.

Si tenemos un miembro a tensión con agujeros para tornillos, éste puede fallar por fractura de la sección neta que pasa por los agujeros; esta carga de falla puede ser más pequeña que la carga requerida para plastificar la sección bruta alejada de los agujeros.

El esfuerzo de un miembro axialmente cargado en tensión está dado por:

$$f = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

Donde:

$P$  .- Es la magnitud de la carga.

$A$  .- Es el área de la sección transversal normal a la carga.

Si el área de la sección transversal de un miembro en tensión varía a lo largo de su longitud, el esfuerzo es una función de la sección particular a considerar. La presencia de agujeros en un miembro también influye en el esfuerzo de la sección transversal a considerar.

Las especificaciones LRFD estipulan que la resistencia de diseño de un miembro a tensión,  $\phi_t P_n$ , será la menor de los valores obtenidos usando las dos expresiones expuestas a continuación.

- Si se trata del análisis de miembros a tensión donde la falla se produce por la fluencia de la sección bruta, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$P_n = F_y A_g \quad (4.2)$$

$$P_u = \phi_t F_y A_g \quad \text{con } \phi_t = 0.90 \quad (4.3)$$

- Mientras que si se trata del análisis de miembros a tensión por fractura de la sección neta, conocida como sección neta el área de la sección considerando la resta del espacio comprendido por los agujeros destinados a los tornillos, el análisis se logra usando las siguientes expresiones:

$$P_n = F_u A_e \quad (4.4)$$

$$P_u = \phi_t F_u A_e \quad \text{con } \phi_t = 0.75 \quad (4.5)$$

Donde:

$F_y$ .- Es el esfuerzo de fluencia del acero estructural especificado

$F_u$ .- Es el esfuerzo último de tensión del acero estructural especificado.

$A_e$ .- Es el área neta efectiva que supone la tensión en la sección a través de los agujeros.

El área efectiva  $A_e$  es el área que resiste la tensión en la sección a través de los agujeros.

Generalmente esta área es menor al área neta real  $A_n$ .

Para las conexiones atornilladas el área efectiva es:

$$A_e = UA_n \quad (4.6)$$

Para las conexiones soldadas el área efectiva es:

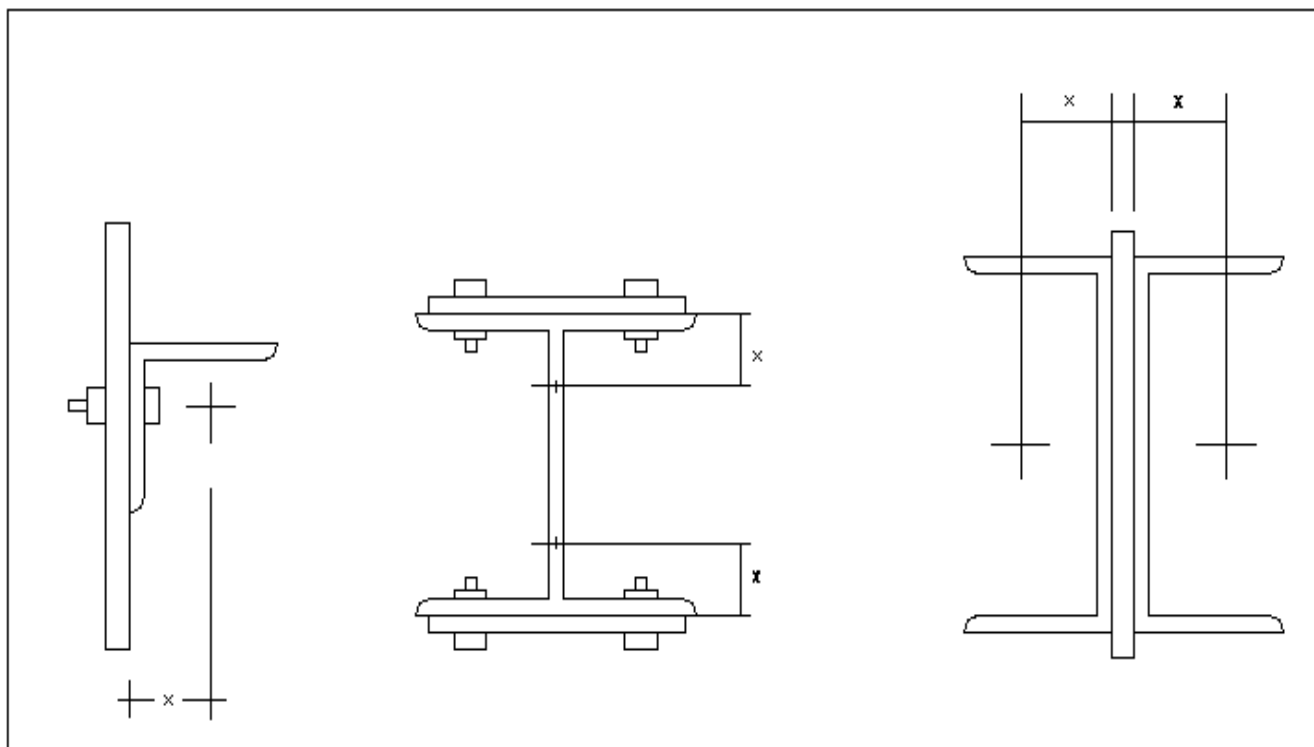
$$A_e = UA_g \quad (4.7)$$

donde el factor de reducción  $U$  se encuentra dado por la ecuación B3-2 del AISC:

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0.9 \quad (4.8)$$

donde  $x$  es la distancia del centroide del área conectada al plano de la conexión y  $L$  es la longitud de la conexión. Si un miembro tiene dos planos simétricamente localizados de

conexión,  $x$  se mide desde el centroide de la mitad del área más cercana. A continuación se muestra en la **Figura 4-1**<sup>1</sup> la distancia  $x$  para algunas secciones transversales.



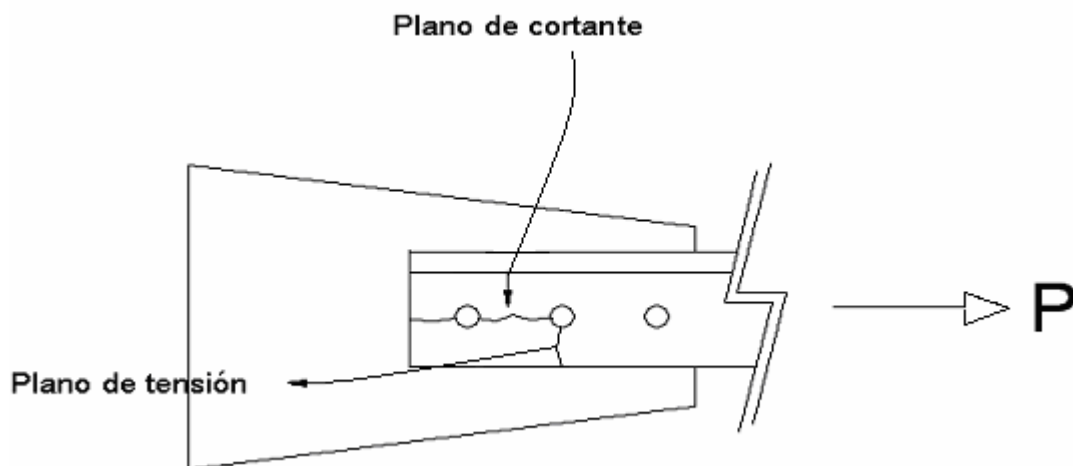
**Figura 4-1** Distancia  $x$  para algunas secciones comunes

También se pueden utilizar los llamados valores promedio de  $U$  para conexiones atornilladas; éstas se basan en 2 amplias categorías de conexiones: aquellas con dos sujetadores por línea en la dirección de la carga aplicada y aquellas con tres o más por línea. Se dan sólo tres valores diferentes para las condiciones siguientes.

<sup>1</sup> Figura propia basada en figura 3.6 de Segui, William T. Diseño de Estructuras de Acero con LRFD.

- Para perfiles W, M y S que tienen una razón ancho a peralte de por lo menos 2/3 y están recortados a través de los patines con por lo menos tres sujetadores por línea en la dirección de la carga aplicada.  $U = 0.90$
- Para todos los otros perfiles, incluyendo perfiles compuestos con por lo menos tres sujetadores por línea.  $U = 0.85$
- Para todos los miembros con solo dos sujetadores por línea.  $U = 0.85$ .

Al diseñar elementos a tensión se debe considerar también el fenómeno conocido como bloque de cortante. Esto quiere decir que la falla de un miembro a tensión puede ocurrir a lo largo de una trayectoria que implique tensión en un plano y cortante en otro plano perpendicular. A continuación se muestra el ejemplo de una falla posible debida a bloque de cortante. (Figura 4-2)<sup>2</sup>. En estas situaciones es posible que un bloque de acero se desgarre.



**Figura 4-2** Bloque de Cortante

<sup>2</sup> Falla por bloque de cortante. Figura propia.

Respecto a lo estipulado en la especificación LRFD J4.3, se establece que la resistencia de diseño debida a bloque de cortante se determina considerando el valor mayor de:

- El resultado del cálculo de la resistencia por fractura a tensión de la sección neta en una dirección y sumando a ese valor la resistencia de fluencia por cortante en el área total del segmento perpendicular.
- El resultado del cálculo de la resistencia a la fractura por cortante en el área total sujeta a tensión y sumando a este valor la resistencia a la fluencia por tensión en el área neta del segmento perpendicular sujeto a cortante.

Para fluencia por cortante y fractura en tensión, la resistencia de diseño es:

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6F_y \cdot A_{gv} + F_u \cdot A_{nt}) \quad (4.9)$$

Para fractura por cortante y fluencia en tensión, la resistencia de diseño es:

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}) \quad (4.10)$$

donde:

$A_{gv}$  .- Área gruesa a cortante del bloque estudiado.

$A_{nt}$  .- Área neta a tensión del bloque estudiado.

$A_{nv}$  .- Área neta a cortante del bloque estudiado.

$A_{gt}$  .- Área gruesa a tensión del bloque estudiado.

En las dos ecuaciones mencionadas anteriormente,  $\phi = 0.75$ . Como estado límite de fractura, la ecuación gobernante será la que contenga el mayor término de fractura.

Para llevar a cabo el diseño de miembros en tensión es necesario considerar una limitante en la relación de esbeltez; esta será satisfecha si:

$$r \geq \frac{L}{300} \quad (4.12)$$

donde  $r$  corresponde al radio de giro mínimo de la sección transversal y  $L$  corresponde a la longitud del miembro a diseñar.