

## 8. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CONEXIONES

### 8.1 Conexiones atornilladas

Durante muchos años el método aceptado para conectar los miembros de una estructura de acero fue el remachado. Sin embargo, en años recientes, el uso de remaches ha declinado rápidamente debido al tremendo auge experimentado por la soldadura, y más recientemente, por el uso de tornillos de alta resistencia.

El montaje de estructuras de acero por medio de tornillos es un proceso que, además de ser muy rápido, requiere mano de obra menos especializada que cuando se trabaja con remaches o con soldadura. Estos factores dan a las juntas atornilladas una ventaja económica en comparación con los otros tipos de conexión. Aunque el costo de adquisición de un tornillo es mayor que el de un remache, el costo total de la construcción atornillada es menor que el de la construcción remachada debido a los menores costos por mano de obra y equipo, y al menor número de tornillos requeridos para resistir las mismas cargas.

Una conexión atornillada que falla por cortante puede fallar por los siguientes modos de falla:

- Cortante simple.- Donde el esfuerzo cortante promedio será  $f_v$ , siendo:

$$f_v = \frac{P}{A} \quad (8.1)$$

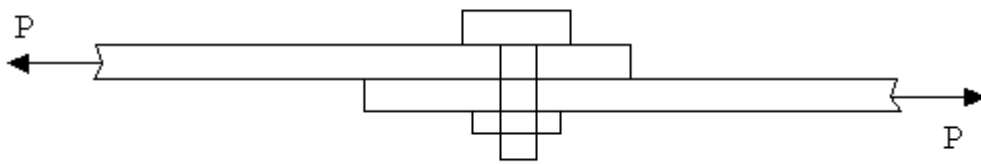
donde:

$P$  .- Es la carga que actúa sobre un sujetador individual

A.- El área de la sección transversal del sujetador. Por lo tanto, la carga se puede escribir como:

$$P = f_v \cdot A \quad (8.2)$$

A continuación se ilustra este caso:

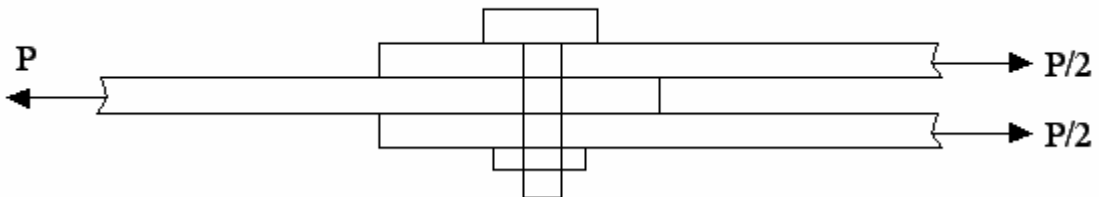


**Figura 8-1** Conexión sujeta a cortante simple

- Cortante doble.- Donde la carga que afecta a la sección transversal del sujetador, se puede escribir como:

$$P = 2 \cdot f_v \cdot A \quad (8.3)$$

A continuación se ilustra este caso:



**Figura 8-2** Conexión sujeta a cortante doble

Otros modos de falla en las conexiones de cortante implican la falla de las partes conectadas y se dividen generalmente en dos categorías.

- Falla que resulta de la tensión, cortante o flexión excesivas en las partes conectadas. En este caso se deben revisar las tensiones en el área total y en el área neta efectiva, así como el ya mencionado bloque de cortante.
- Falla de la parte conectada debido al aplastamiento ejercido por los sujetadores. En este caso la carga por aplastamiento es calculado por:

$$P = f_p \cdot d \cdot t \quad (8.4)$$

donde:

$P$  .- Fuerza aplicada al sujetador.

$d$  .- Diámetro del sujetador.

$t$  .- Espesor de la parte sometida al aplastamiento.

$f_p$  .- Esfuerzo por aplastamiento.

Además existen ciertos requisitos que se deben considerar para lograr la separación y distancias de bordes adecuados en conexiones atornilladas. La sección J3.3 del AISC exige que la separación centro a centro de los sujetadores en cualquier dirección no sea menor que  $2 \frac{2}{3} d$ , donde  $d$  es el diámetro del sujetador. Las distancias mínimas a bordes en

cualquier dirección, medidas de igual manera desde el centro del agujero, se encuentran en la tabla J3.4 del AISC. Éstas son función del tamaño del tornillo y del tipo de borde.

La resistencia por aplastamiento en agujeros estandar se calcula mediante la utilización de la ecuación LRFD 4.3 del RCSC:

- Si  $L_c \leq 2 \cdot d$  entonces:

$$\phi R_n = 0.75 \cdot (1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \quad (8.5)$$

- Si  $L_c > 2 \cdot d$  entonces:

$$\phi R_n = 0.75 \cdot (2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (8.6)$$

donde:

$\phi R_n$ .- Resistencia total del tornillo.

$L_c$ .- Distancia libre en dirección paralela de la carga aplicada

Existen diferentes tipos de tornillos: los comunes, también conocidos como tornillos no acabados, son designados como ASTM A307. Su resistencia se encuentra dada por  $\phi R_n$ .

Para este caso, el factor  $\phi$  es de 0.75 y su resistencia nominal a cortante equivale a:

$$R_n = F_v \cdot A_b \quad (8.7)$$

donde:

$F_v$ .- Esfuerzo Cortante ultimo.

$A_b$ .- Área nominal del tornillo (área transversal de la parte no roscada)

En el libro electrónico, donde se localiza el índice de problemas que estudian conexiones atornilladas, se presenta una liga a un resumen introductorio sobre este tipo de conexiones. Los tipos de tornillos utilizados en la resolución de problemas de conexiones atornilladas se ilustran a continuación en la **Tabla 8-1**<sup>1</sup> junto con su valor de esfuerzo cortante último  $F_v$  :

**Tabla 8-1**

Sujetador	$F_v$ (ksi)	Descripción
A307	24	Tornillos comunes
A325-N	48	Tornillos de alta resistencia donde sus roscas se encuentran en el plano de corte
A325-X	60	Tornillos de alta resistencia donde sus roscas no se encuentran en el plano de corte
A490-N	60	Tornillos de alta resistencia donde sus roscas se encuentran en el plano de corte
A490-X	75	Tornillos de alta resistencia donde sus roscas no se encuentran en el plano de corte

Tipos de tornillos utilizados en los problemas resueltos

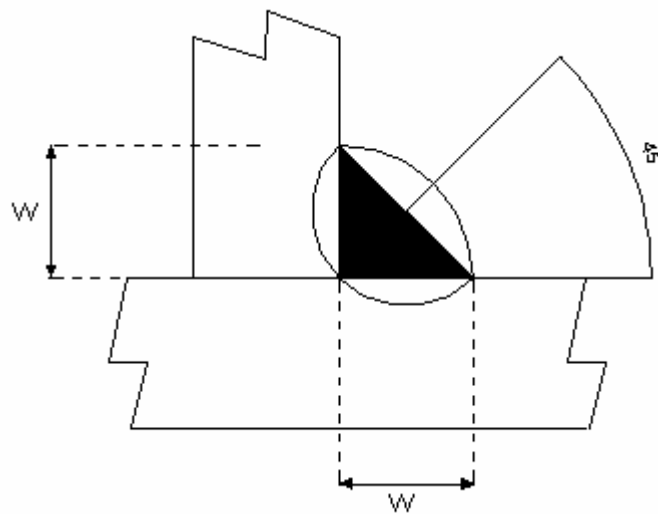
## 8.2 Conexiones soldadas

Existe otro tipo de conexiones que difieren de las conexiones atornilladas. Éstas se realizan mediante la aplicación de un proceso por el cuál las partes a conectar son fundidas agregando un metal de aportación a la junta a utilizarse; este agregado es conocido como soldadura y, por lo mismo, el tipo de conexiones es llamado conexiones soldadas.

Son dos los tipos de soldaduras utilizados con más frecuencia; estos son la soldadura tipo filete y la soldadura tipo ranura. La primera se localiza en la esquina conformada por las partes en contacto, mientras que la segunda es depositada en una abertura entre las partes conectadas.

<sup>1</sup> Tabla propia basada en tabla 7.1 Segui “Diseño de Estructuras de Acero con LRFD” y tabla 12.6 de McCormac “Diseño de Estructuras de Acero”

La soldadura tipo filete es la más utilizada de ambas y es el tipo de soldadura que se utilizará en la resolución de problemas que involucran conexiones soldadas. Su análisis se basa en la suposición teórica de que la sección transversal de la soldadura conforma un triángulo rectángulo a  $45^\circ$ . No se considerará para el cálculo cualquier refuerzo adicional de soldadura fuera de la hipotenusa que conforma el triángulo conformado con dicho ángulo como se ilustra en la **Figura 8-3**<sup>2</sup>.



**Figura 8-3** Idealización de filete de soldadura

donde:

w.- Longitud de los lados iguales del triángulo (idealizado). Esta medida hace referencia al tamaño de filete de soldadura. Los lados varían en incrementos de  $1/16$  “.

La capacidad de carga nominal para soldaduras se puede escribir como:

---

<sup>2</sup> Figura propia

$$R_n = 0.707 \cdot w \cdot L \cdot \phi \cdot F_w \quad (8.8)$$

donde:

$F_w$ .- Esfuerzo cortante ultimo de la soldadura

$L$ .- Longitud de los miembros a soldar

Esta ecuación es válida para el caso de que el procedimiento de fabricación de la soldadura se haya llevado a cabo en campo por medio del proceso conocido como arco metálico protegido (SAMP). Existe otro proceso muy común de fabricación de soldadura llamado arco sumergido (SAS). Este último es realizado en un taller y cuenta con una mayor penetración del metal de aportación y por lo mismo una resistencia mayor. Para obtener la resistencia nominal por SAS se utiliza la ecuación (8.8) simplemente que, para este caso, no se multiplicará el ancho de soldadura ( $w$ ) por 0.707. En el índice general de problemas de conexiones se incluye una introducción que explica con mayor detalle estos dos procesos diferentes de fabricación de soldadura.

Es importante mencionar que la resistencia de un filete de soldadura depende de la resistencia del metal de aportación usado, especificado por el tipo de electrodo. Los grados de acero más utilizados son dos:

- Electrodo E70XX.- Para aceros con un esfuerzo de fluencia igual a 70 ksi.
- Electrodo E60XX.- Para aceros con esfuerzos de fluencia igual a 60 ksi.

El esfuerzo cortante último de un filete de soldadura ( $F_w$ ) es 0.60 veces la resistencia a tensión del metal aportado. Como requisito adicional se requiere que el cortante por carga factorizada sobre el metal base no debe de tener un esfuerzo mayor a  $\phi \cdot F_{BM}$ .

donde:

$F_{BM}$  .- Resistencia nominal por cortante del material conectado.

$\phi$  .- Factor de reducción que para estos dos tipos de electrodos corresponde a 0.75.

Esta resistencia también se puede expresar como:

$$\phi \cdot F_{BM} = 0.54 \cdot F_y \quad (8.9)$$