

F_n se determina así:

Para $F_c > \frac{F_y}{2}$:

$$F_n = F_y \left(1 - \frac{F_y}{4F_c} \right) \quad (\text{F.6-121})$$

Para $F_c \leq \frac{F_y}{2}$:

$$F_n = F_c \quad (\text{F.6-122})$$

F_c = es el menor de los esfuerzos elásticos de pandeo, por flexión, torsión y flexotorsión, determinados de acuerdo con F.6.3.4.1 a F.6.3.4.3.

(b) Para perfiles en C y Z, y secciones de ángulo sencillo con aletas no rigidizadas, P_n debe tomarse como el menor valor entre el P_n calculado como se indicó anteriormente y el P_n obtenido de la siguiente manera:

$$P_n = \frac{A\pi^2 E}{25.7(w/t)^2} \quad (\text{F.6-123})$$

en donde:

- A = área de la sección transversal completa no reducida
- w = ancho plano del elemento no rigidizado
- t = espesor del elemento no rigidizado

(c) Las secciones en ángulo deben diseñarse para la resistencia axial requerida, P_n , actuando simultáneamente con un momento igual a $P_n L/1000$ aplicado con respecto al eje principal menor y que causa compresión en las puntas de los lados de los ángulos.

(b) La relación de esbeltez, KL/r , de todos los miembros en compresión, preferiblemente no debe exceder 200, excepto durante la construcción únicamente, cuando preferiblemente KL/r no debe exceder 300.

F.6.3.4.1 - Secciones no sujetas a pandeo por torsión o torsoflexión - Para secciones doblemente simétricas, secciones cerradas y otras secciones para las que se pueda mostrar que no están sujetas a pandeo torsional o por torsoflexión, el esfuerzo de pandeo elástico en flexión, F_c , debe determinarse así:

$$F_c = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (\text{F.6-124})$$

en donde:

- E = módulo de elasticidad
- K = coeficiente de longitud efectiva⁽⁶⁾
- L = longitud no arriostrada del miembro
- r = radio de giro de la sección transversal completa no reducida

F.6.3.4.2 - Secciones de simetría sencilla o doble sujetas a pandeo por torsión o torsoflexión - Para secciones sujetas a pandeo por torsión o torsoflexión, F_c será el menor entre el calculado de acuerdo con F.6.3.4.1 y el F_c calculado de la siguiente manera:

(6) En pórticos donde la estabilidad lateral es suministrada por arriostramiento diagonal, paredes de corte, conexión a una estructura adyacente con estabilidad lateral adecuada, o losas de piso o cubiertas aseguradas horizontalmente por paredes o sistemas de arriostramiento paralelos al plano del pórtico, y en cerchas, el factor de longitud efectiva K, para miembros en compresión que no dependen de su propia rigidez a la flexión para estabilidad lateral del pórtico o cercha, debe tomarse igual a la unidad, a menos que se muestre por análisis que puede usarse un valor menor. En un pórtico que depende de su propia rigidez a la flexión para estabilidad lateral, la longitud efectiva, KL, de los miembros en compresión debe determinarse por un método racional y no debe ser menor que la longitud real no arriostrada.

$$F_c = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t} \right] \quad (F.6-125)$$

Alternativamente puede obtenerse un estimativo conservador para F_c usando la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}} \quad (F.6-126)$$

en donde:

σ_t y σ_{ex} se definen en F.6.3.3.1.2(a)

$$\beta = 1 - \left(\frac{x_o}{r_o} \right)^2 \quad (F.6-127)$$

Para secciones de simetría sencilla se supone que el eje x es el eje de simetría.

F.6.3.4.3 - Secciones no simétricas - Para perfiles cuya sección transversal no tiene ninguna simetría, con respecto a un eje ni a un punto, F_c debe determinarse por análisis racional. Alternativamente, los miembros en compresión compuestos de tales perfiles pueden ensayarse de acuerdo con el capítulo F.6.6.

F.6.3.5 - CARGA AXIAL Y FLEXIÓN COMBINADAS - La resistencia requeridas P_u , M_{ux} y M_{uy} deben cumplir las siguientes ecuaciones de interacción:

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{C_{mx} M_{ux}}{\phi_b M_{nx} \alpha_{nx}} + \frac{C_{my} M_{uy}}{\phi_b M_{ny} \alpha_{ny}} \leq 1.0 \quad (F.6-128)$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_{no}} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1.0 \quad (F.6-129)$$

Cuando $(P_u/\phi_c P_n) \leq 0.15$, puede usarse la siguiente fórmula en lugar de las dos anteriores

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1.0 \quad (F.6-130)$$

en donde

- P_u = resistencia axial requerida
- M_{ux}, M_{uy} = resistencias requeridas a la flexión con respecto a los ejes centroidales de la sección efectiva determinadas para la resistencia axial requerida actuando sola. Para secciones en ángulo, M_{uy} debe tomarse como la resistencia a flexión requerida o como la resistencia a flexión requerida más $P_u L/1000$, el que produzca el menor valor de P_n .
- P_n = resistencia axial nominal determinada de acuerdo con F.6.3.4
- P_{no} = resistencia axial nominal determinada de acuerdo con F.6.3.4, con $F_a = F_y$
- M_{nx}, M_{ny} = resistencias nominales a flexión con respecto a los ejes centroidales determinadas de acuerdo con F.6.3.3
- $1/\alpha_{nx}, 1/\alpha_{ny}$ = coeficientes de mayoración = $1/[1 - (P_u/\phi_c P_n)]$ (F.6-131)
- ϕ_b = 0.95 y 0.90 para resistencia a flexión (véase F.6.3.1.1) o 0.90 para vigas sin arriostramiento lateral (F.6.3.1.2)
- ϕ_c = 0.85
- P_E = $\pi^2 EI_b / (K_b L_b)^2$ (F.6-132)
- I_b = momento de inercia de la sección transversal completa no reducida con respecto al eje de flexión
- L_b = longitud real no arriostrada en el plano de flexión

K_b = coeficiente de longitud efectiva en el plano de flexión
 C_{mx}, C_{my} = coeficientes cuyos valores deben tomarse así.

(i) Para miembros en compresión, en pórticos sujetos a desplazamiento lateral

$$C_m = 0.85$$

(ii) Para miembros en compresión restringidos en pórticos arriostrados contra desplazamiento lateral y no sujetos a carga transversal entre sus apoyos en el plano de la flexión

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (\text{F.6-133})$$

en donde:

M_1/M_2 es la relación entre el momento menor y el mayor en los extremos de la porción no arriostrada del miembro en el plano de flexión considerado. M_1/M_2 es positiva cuando el miembro se deforma en doble curvatura y negativa cuando se deforma en curvatura sencilla.

(iii) Para miembros en compresión de pórticos arriostrados contra desplazamiento lateral en el plano de carga y sujetos a carga transversal entre sus apoyos, el valor de C_m puede determinarse por análisis racional. Sin embargo, en lugar de tal análisis se pueden usar los siguientes valores:

(a) Para miembros cuyos extremos están restringidos $C_m=0.85$
 (b) Para miembros cuyos extremos no están restringidos $C_m=1.0$

F.6.3.6 - MIEMBROS TUBULARES CILINDRICOS - Los requisitos de esta sección se aplican a miembros tubulares cilíndricos que tienen una relación entre el diámetro exterior y el espesor de la pared, D/t , no mayor que $0.441E/F_y$.

F.6.3.6.1 - Flexión - Para miembros en flexión la resistencia requerida a flexión sin combinar con carga axial, cortante ni fuerzas concentradas locales o reacciones, no debe exceder $\phi_b M_n$, donde $\phi_b=0.95$ y M_n se calcula así:

$$\text{Para } \frac{D}{t} \leq \frac{0.070E}{F_y}$$

$$M_n = 1.25F_y S_f \quad (\text{F.6-134})$$

$$\text{Para } \frac{0.070E}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{0.319E}{F_y}$$

$$M_n = \left[0.970 + \frac{0.020(E/F_y)}{(D/t)} \right] F_y S_f \quad (\text{F.6-135})$$

$$\text{Para } \frac{0.319E}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{0.441E}{F_y}$$

$$M_n = \left[\frac{0.328E}{(D/t)} \right] S_f \quad (\text{F.6-136})$$

en donde:

S_f = módulo elástico de la sección transversal completa no reducida

F.6.3.6.2 - Compresión - Los requisitos de esta sección se aplican a miembros en los cuales la resultante de todas las cargas y momentos mayorados que actúan sobre el miembro, es equivalente a una fuerza sencilla en dirección del eje del miembro que pasa a través del centroide de la sección.

La resistencia de diseño axial, $\phi_c P_n$, se calculará así:

$$\begin{aligned}\phi_c &= 0.85 \\ P_n &= F_n A_e\end{aligned}\tag{F.6-137}$$

En la ecuación anterior:

Para F_e mayor que $F_y/2$

$$\begin{aligned}F_n &= \text{esfuerzo de pandeo por flexión.} \\ &= F_y \left(1 - \frac{F_y}{4F_e} \right)\end{aligned}\tag{F.6-138}$$

F_e = esfuerzo de pandeo elástico determinado de acuerdo con F.6.3.4.1

$$A_e = \left[1 - (1 - R^2) \left(1 - \frac{A_o}{A} \right) \right] A\tag{F.6-139}$$

$$R = \sqrt{\frac{F_y}{2F_e}}$$

$$A_o = \left[\frac{0.037}{(DF_y/tE)} + 0.667 \right] A \leq A \quad \text{para} \quad \frac{D}{t} \leq \frac{0.441E}{F_y}\tag{F.6-140}$$

A = área de la sección transversal sin reducir

$$\begin{aligned}\text{Para } F_e &\leq \frac{F_y}{2} \\ F_n &= F_c \\ A_e &= A\end{aligned}$$

F.6.3.6.3 - Flexión y compresión combinadas - La flexión y compresión combinadas deben satisfacer los requisitos de F.6.3.5.

F.6.4 ENSAMBLAJES ESTRUCTURALES

F.6.4.1 - SECCIONES ARMADAS

F.6.4.1.1 - Secciones en I compuestas por dos canales - El espaciamiento longitudinal máximo permisible de soldaduras u otros conectores $s_{m\acute{a}x}$, para unir dos canales que conforman una sección I debe ser:

(a) Para miembros en compresión:

$$s_{m\acute{a}x} = \frac{Lr_{cy}}{2r_1}\tag{F.6-141}$$

en donde:

- L = longitud no arriostrada del miembro en compresión
- r_i = radio de giro de la sección I con respecto al eje perpendicular a la dirección en la cual ocurriría el pandeo para las condiciones dadas de soporte en los extremos y de arriostramiento intermedio
- r_{cy} = radio de giro de una canal respecto a su eje centroidal paralelo al alma

(b) Para miembros en flexión:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{L}{6} \quad (\text{F.6-142})$$

En ningún caso el espaciamiento debe exceder el valor

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{2gT_s}{mq} \quad (\text{F.6-143})$$

en donde:

- L = luz de la viga
- T_s = resistencia de diseño de la conexión en tensión
- g = distancia vertical entre las dos filas de conexiones más cercanas a las aletas superior e inferior
- q = intensidad de la carga que actúa sobre la viga (véanse más adelante los métodos para determinarla)
- m = distancia del centro de cortante de una canal al plano medio de su alma. Para canales sencillas sin pestañas rigidizadoras en los bordes extremos:

$$m = \frac{w_f^2}{2w_f + (d/3)} \quad (\text{F.6-144})$$

Para canales con pestañas rigidizadoras en los bordes extremos:

$$m = \left(\frac{w_f dt}{4I_x} \right) \left[w_f d + 2D \left(\frac{d - 4D^2}{3d} \right) \right] \quad (\text{F.6-145})$$

en donde:

- w_f = proyección de las aletas con respecto a la cara interior del alma. (Para canales con aletas de diferente ancho w_f debe tomarse como el ancho de la aleta más ancha)
- d = altura de la canal o viga
- D = altura total de la pestaña
- I_x = momento de inercia de una canal con respecto a su eje centroidal normal al alma

La intensidad de la carga, q, se obtiene dividiendo la magnitud de las cargas concentradas o reacciones mayoradas por la longitud de apoyo. Para vigas diseñadas para una carga uniformemente distribuida, q debe tomarse igual a tres veces la intensidad de la carga mayorada uniformemente distribuida. Si la longitud de apoyo de una carga concentrada o reacción es menor que el espaciamiento entre soldaduras, s, la resistencia requerida de las soldaduras o conexiones más cercanas a la carga o reacción es:

$$T_s = \frac{P_s m}{2g} \quad (\text{F.6-146})$$

donde P_s es una carga concentrada o reacción, basadas en cargas mayoradas

El espaciamiento requerido máximo de las conexiones, $s_{m\acute{a}x}$, depende de la intensidad de la carga mayorada aplicada directamente en la conexión. Por tanto, si se usa un espaciamiento uniforme de las conexiones en toda la longitud de la viga, éste debe determinarse en el punto de intensidad de carga máxima local. En aquellos casos donde este procedimiento resulte en un espaciamiento muy pequeño y por tanto antieconómico, puede adoptarse cualquiera de los siguientes métodos:

- (a) El espaciamiento de la conexión se puede variar a lo largo de la viga de acuerdo con la variación de la intensidad de la carga
- (b) Se pueden soldar cubreplatinas de refuerzo a las aletas en los puntos donde están localizadas las cargas concentradas

La resistencia de diseño a cortante de la conexión entre estas platinas y las aletas, debe entonces usarse como T_v , y debe tomarse la altura de la viga como g .

F.6.4.1.2 - Espaciamiento de conexiones en elementos a compresión - El espaciamiento, s , en la línea de esfuerzo, de soldaduras, remaches o pernos que conectan una lámina, cubreplaca, o un rigidizador no integral en compresión a otro elemento, no debe exceder:

- (a) El espaciamiento requerido para transmitir el cortante entre las partes conectadas considerando la resistencia de diseño por conexión especificada en otra parte de esta norma
- (b) $1.16t\sqrt{E/f_c}$ donde t es el espesor de la cubreplaca o lámina, y f_c es el esfuerzo a la carga de diseño en la cubreplaca o lámina
- (c) Tres veces el ancho plano, w , del elemento en compresión no rigidizado más angosto participante en la conexión, sin que sea menor que $1.11t\sqrt{E/F_y}$ si $w/t < 0.50\sqrt{E/F_y}$, $1.33t\sqrt{E/F_y}$ si $w/t \geq 0.50\sqrt{E/F_y}$, a menos que se requiera un menor espaciamiento de acuerdo con el literal (a) o (b) de esta sección

En el caso de soldaduras intermitentes de filete paralelas a la dirección del esfuerzo, se debe tomar el espaciamiento como la distancia libre entre soldaduras más 13 mm. En todos los otros casos el espaciamiento debe tomarse como la distancia centro a centro entre conexiones

Excepción: Los requisitos de esta sección no son aplicables a cubreláminas que actúan únicamente como material de fachada y no se consideran como elementos portantes.

F.6.4.2 - SISTEMAS MIXTOS - El diseño de miembros en sistemas mixtos que usan componentes de acero formados en frío en combinación con otros materiales debe cumplir los requisitos de esta especificación y la especificación aplicable del otro material

F.6.4.3 - ARRIOSTRAMIENTO LATERAL - Las riostras deben diseñarse para restringir la flexión lateral o el momento torsor de la viga o la columna cargada, y para evitar el arrugamiento local en los puntos de conexión

F.6.4.3.1 - Vigas y columnas simétricas - Las riostras y sistemas de arriostramiento, incluyendo conexiones, deben diseñarse considerando los requisitos de resistencia y rigidez.

F.6.4.3.2 - Vigas de sección en canal y en Z - Para riostras que restringen el momento torsor de canales y secciones en Z usadas como vigas cargadas en el plano del alma, se aplican los siguientes requisitos únicamente cuando.

- (a) La aleta superior está conectada al sistema de tablero o de tabique, en forma tal que restringe efectivamente la deflexión lateral de la aleta conectada⁽⁷⁾.
- (b) Cuando ninguna de las aletas está así conectada.

Cuando ambas aletas están conectadas al tablero o tabique, no se requiere arriostramiento adicional

F.6.4.3.2.1 - Anclaje del arriostramiento para sistemas de cubierta bajo cargas de gravedad con la aleta superior conectada al panel de cubierta - Para canales y secciones Z diseñadas de acuerdo con F 6 3 3 1 1, y que tienen tableros o tabiques sujetos directamente a las aletas superiores de tal manera que

(7) Cuando la especificación no suministra un método explícito para el diseño, se debe obtener mayor información en el Comentario

inhiben efectivamente los movimientos relativos entre el panel y la aleta de la correa, se deben tomar las precauciones necesarias para restringir las aletas de manera que el máximo desplazamiento lateral de la aleta superior con respecto a los puntos de apoyo de la correa no exceda la luz dividida por 360. Si las aletas superiores de todas las correas están orientadas en la misma dirección, el anclaje del sistema de restricción debe ser capaz de satisfacer los requisitos de F.6.4.3.2.1(a) y F.6.4.3.2.1(b). Si las aletas superiores de líneas adyacentes de correas están orientadas en direcciones opuestas, no se aplican los requisitos de F.6.4.3.2.1(a) y F.6.4.3.2.1(b).

Las riostras pueden conectarse únicamente a una línea de correas en cada vano de correas en cada agua de la cubierta, si se toman las medidas necesarias para transmitir las fuerzas provenientes de las otras líneas de correas, a través del sistema de cubierta y su sistema de sujeción. Las riostras deben estar tan cerca como sea posible de la aleta que está conectada al tablero o tabique. Todos los vanos de correas deben estar provistos de riostras.

Para disposiciones de riostras diferentes a las contempladas en F.6.4.3.2.1(a) y F.6.4.3.2.1(b), se deben llevar a cabo ensayos de acuerdo con el capítulo F.6.6, de manera que el tipo y espaciamiento de las riostras seleccionadas sean tales que la resistencia del ensayo del ensamblaje con secciones Z sea igual o mayor que su resistencia nominal de diseño a la flexión, en lugar de la requerida en el capítulo F.6.6.

- (a) **Secciones C** - Para sistemas de cubierta que usen canales como correas, colocados en tal forma que las aletas en compresión están orientadas en la misma dirección, se debe suministrar un sistema de restricción, capaz de resistir $0.05W$, adicional a cualquier otra carga, donde W es la carga mayorada soportada por todas las líneas de correas que están siendo restringidas. Donde se use más de una riostra en una línea de correas, la fuerza de restricción $0.05W$ debe dividirse igualmente entre todas las riostras.
- (b) **Secciones Z** - Para sistemas de cubierta que tengan una rigidez de diafragma de por lo menos 36 kgf/mm, y entre cuatro y veinte líneas de correas cuyas aletas superiores están orientadas hacia la parte más alta de la cubierta y con riostras en los puntos de apoyo de las correas, en la mitad de la luz o en los puntos tercios, cada riostra debe diseñarse para resistir una fuerza determinada así.

(1) Sistema de luz sencilla con restricciones en los apoyos:

$$P_L = 0.5 \left[\frac{0.220 b^{1.50}}{n_p^{0.72} d^{0.90} t^{0.60}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-147})$$

(2) Sistema de luz sencilla con restricciones en los tercios de la luz.

$$P_L = 0.5 \left[\frac{0.474 b^{1.22}}{n_p^{0.57} d^{0.89} t^{0.33}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-148})$$

(3) Sistema de luz sencilla con restricción en la mitad de la luz

$$P_L = \left[\frac{0.224 b^{1.32}}{n_p^{0.65} d^{0.83} t^{0.50}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-149})$$

(4) Sistema de varias luces con restricciones en los apoyos:

$$P_L = C_{tr} \left[\frac{0.053 b^{1.88} L^{0.13}}{n_p^{0.95} d^{1.07} t^{0.94}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-150})$$

con:

- $C_{tr} = 0.63$ para riostras en los apoyos extremos de sistemas de varias luces
 $C_{tr} = 0.87$ para riostras en los primeros apoyos interiores
 $C_{tr} = 0.81$ para las demás riostras

(5) Sistemas de varias luces con restricciones en los tercios de las luces:

$$P_L = C_{th} \left[\frac{0.181 b^{1.15} L^{0.25}}{n_p^{0.54} d^{1.11} t^{0.29}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-151})$$

con:

$C_{th} = 0.57$ para riostras externas en luces exteriores

$C_{th} = 0.48$ para las demás riostras

(6) Sistema de varias luces con restricciones en la mitad de las luces

$$P_L = C_{ms} \left[\frac{0.116 b^{1.32} L^{0.18}}{n_p^{0.70} d^{1.00} t^{0.50}} - \text{Sen } \theta \right] W \quad (\text{F.6-152})$$

con:

$C_{ms} = 1.05$ para riostras en luces exteriores

$C_{ms} = 0.90$ para las demás riostras

en donde

b = ancho de la aleta, mm

d = altura de la sección mm

t = espesor, mm

L = luz, mm

θ = ángulo entre la vertical y el plano del alma de la sección Z, en grados

n_p = número de líneas paralelas de correas

W = carga mayorada total soportada por las líneas de correas entre apoyos adyacentes, en kilogramos

La fuerza P_L es positiva cuando se requiere una restricción para impedir el movimiento de las aletas de la correa hacia la parte superior de la cubierta.

Para sistemas que tienen menos de cuatro líneas de correas, la fuerza de la riostra puede determinarse como 1.1 veces la fuerza encontrada por medio de las ecuaciones F.6-147 a F.6-152 con $n_p=4$. Para sistemas que tienen más de veinte líneas de correas, la fuerza de la riostra puede determinarse por medio de las ecuaciones F.6-147 a F.6-152, con $n_p=20$.

F.6.4.3.2.2 - Ninguna de las aletas está conectada al panel - Cada riostra intermedia, en la aleta superior e inferior, debe diseñarse para resistir una fuerza lateral, P_L , determinada así:

(a) Para cargas uniformes, $P_L=1.5K'$ veces la carga mayorada localizada en una distancia igual a $0.5a$ a cada lado de la riostra

(b) Para cargas concentradas, $P_L=1.0K'$ veces cada carga mayorada concentrada localizada en una distancia igual a $0.3a$ a cada lado de la riostra, más $1.4K'[1-(x/a)]$ veces cada carga mayorada concentrada localizada mas allá de la distancia $0.3a$ pero no más allá de $1.0a$ medida desde la riostra

En las fórmulas anteriores:

Para canales y secciones Z

x = distancia entre la carga concentrada y la riostra

a = distancia entre las líneas centrales de las riostras

Para canales:

$$K' = \frac{m}{d} \quad (\text{F.6-153})$$

en donde:

m = distancia del centro de cortante al plano medio del alma, de acuerdo con lo especificado en F.6.4.1.1
 d = altura de la canal

Para secciones Z

$$K' = \frac{I_{xy}}{I_x} \quad (\text{F.6-154})$$

en donde

I_{xy} = producto de inercia de la sección completa con respecto a los ejes centroidales paralelo y perpendicular al alma
 I_x = momento de inercia de la sección completa respecto al eje centroidal perpendicular al alma

Las riostras deben diseñarse en forma tal que eviten el arrugamiento local en los puntos de conexión al miembro. Las riostras deben estar conectadas tanto a la aleta superior como a la aleta inferior de la sección, en los extremos y a intervalos no mayores a un cuarto de la luz, de tal manera que impidan el cabeceo en los extremos y la deflexión lateral de cualquiera de las aletas en cualquier dirección en los puntos de arriostramiento intermedio. Si un tercio o más de la carga total en la viga se concentra en una longitud de un doceavo o menos de la luz de la viga, se debe colocar una riostra adicional en o cerca del centro de esta longitud cargada

Excepción: cuando todas las cargas y reacciones en una viga se transmiten a través de miembros conectados a la sección de tal forma que restrinjan efectivamente la sección contra la rotación y el desplazamiento lateral, no se requieren otras riostras

F.6.4.3.3 - Vigas cajón no arriostradas lateralmente - Para secciones cerradas tipo cajón, usadas como vigas sujetas a flexión alrededor del eje mayor, la relación entre la longitud sin soporte lateral y la distancia entre las almas de la sección no debe exceder $0.086E/F_y$.

F.6.4.4 - PARALES Y ENSAMBLAJES DE PARED - La resistencia de diseño de un paral puede calcularse basándose en la sección C (despreciando el tabique de recubrimiento y haciendo uso del acero solamente) o considerando que el tabique (conectado a uno o ambos lados del paral) suministra un soporte lateral y rotacional adecuado al paral en el plano de la pared, siempre y cuando el paral, el tabique y las conexiones cumplan con los siguientes requisitos.

Ambos extremos del paral deben estar arriostrados para restringir la rotación respecto a su eje longitudinal y el desplazamiento horizontal perpendicular al eje del paral; sin embargo, los extremos pueden o no estar libres para rotar alrededor de ambos ejes perpendiculares al eje del paral. El tabique debe estar conectado a los miembros superior e inferior del ensamblaje de la pared para aumentar la restricción al paral y estabilizar todo el conjunto.

Cuando se utiliza el tabique para estabilizar los paraleles de la pared, éste debe conservar una adecuada resistencia y rigidez durante toda la vida útil esperada de la pared, y se le debe brindar el arriostramiento adicional que requiera para una adecuada integridad estructural, durante la construcción y en la estructura terminada

Las ecuaciones dadas se basan en paraleles de acero con almas sólidas y son aplicables dentro de las siguientes limitaciones

Punto de fluencia, $F_y \leq 35.2 \text{ kgf/mm}^2$ (50 ksi)

Altura de la sección, $d \leq 152 \text{ mm}$ (6 pulgadas)

Espesor $t \leq 1.9 \text{ mm}$ (0.075 pulgadas)

Longitud del conjunto $L \leq 4.9$ m (16 pies)

Espaciamiento entre parales, B , no menor que 305 mm ni mayor que 610 mm

Los parales con perforaciones deben diseñarse usando los resultados de un ensayo de una columna corta o análisis racional, o ambos

F.6.4.4.1 - Parales en compresión - Para parales que tengan tabiques idénticos conectados a ambas aletas, e ignorando cualquier restricción rotacional suministrada por ellos⁽⁸⁾, la resistencia de diseño axial, $\phi_c P_n$, se calculará así:

$$\phi_c = 0.85$$

$$P_n = A_e F_n \quad (\text{F.6-155})$$

en donde

ϕ_c = coeficiente de resistencia para compresión axial

A_e = área efectiva determinada con el esfuerzo F_n

F_n = el menor valor determinado por las siguientes tres condiciones.

(a) Para impedir el pandeo de columna entre sujetadores en el plano de la pared, F_n debe calcularse de acuerdo con F.6.3.4 con KL igual a dos veces la distancia entre sujetadores.

(b) Para impedir el pandeo global de la columna por flexión o torsión, o ambas, F_n debe calcularse de acuerdo con F.6.3.4 con F_c tomado como el menor valor de los dos valores σ_{CR} especificados para los siguientes tipos de sección, donde σ_{CR} es el esfuerzo elástico teórico de pandeo bajo carga concentrada.

(1) Canales de simetría sencilla y secciones en C.

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ey} + \bar{Q}_a \quad (\text{F.6-156})$$

$$\sigma_{CR} = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_{tQ}) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_{tQ})^2 - (4\beta \sigma_{ex} \sigma_{tQ})} \right] \quad (\text{F.6-157})$$

(2) Secciones en Z:

$$\sigma_{CR} = \sigma_t + \bar{Q}_t \quad (\text{F.6-158})$$

$$\sigma_{CR} = \frac{1}{2} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_{ey} + \sigma_{Qa}) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_{ey} + \sigma_{Qa})^2 - 4(\sigma_{ex} \sigma_{ey} + \sigma_{ex} Q_a - \sigma_{exy}^2)} \right] \quad (\text{F.6-159})$$

(3) Secciones en I (doblemente simétricas)

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ey} + \bar{Q}_a \quad (\text{F.6-160})$$

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ex} \quad (\text{F.6-161})$$

En las fórmulas anteriores

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(L/r_x)^2} \quad (\text{F.6-162})$$

⁽⁸⁾ Los parales con fachada en una aleta únicamente, o con diferentes fachadas en ambas aletas, o que tengan restricción rotacional apreciable, o que tengan cualquier combinación de las anteriores, deben diseñarse de acuerdo con los mismos principios básicos de análisis usados en el desarrollo de los requisitos de esta sección.

$$\sigma_{exy} = \frac{\pi^2 EI_{xy}}{AL^2} \quad (\text{F.6-163})$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(L/r_y)^2} \quad (\text{F.6-164})$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_o^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{L^2} \right] \quad (\text{F.6-165})$$

$$\sigma_{tQ} = \sigma_t + \bar{Q}_t \quad (\text{F.6-166})$$

\bar{Q} = $\bar{q}B$ = rigidez de cortante de diseño cuando se tengan tabiques en ambos lados de la pared
 \bar{q} = rigidez de cortante de diseño del tabique por milímetro de espaciamiento entre los parales (véase la tabla F.6-3)
 B = espaciamiento de los parales en milímetros

$$\bar{Q}_a = \frac{\bar{Q}}{A} \quad (\text{F.6-167})$$

A = área de la sección transversal completa no reducida
 L = longitud del paral

$$\bar{Q}_t = \frac{\bar{Q} d^2}{4A r_o^2} \quad (\text{F.6-168})$$

d = altura de la sección
 I_{xy} = producto de inercia

(c) Para impedir la falla por cortante del tabique, se debe usar un valor de F_n en las siguientes ecuaciones de tal manera que la deformación unitaria por cortante del mismo, γ , no exceda la deformación unitaria admisible por cortante, $\bar{\gamma}$. La deformación unitaria por cortante, γ , debe determinarse así:

$$\gamma = \frac{\pi}{L} \left[C_1 + \left(E_1 \frac{d}{2} \right) \right] \quad (\text{F.6-169})$$

en donde:

C_1, E_1 = son los valores absolutos de C_1 y E_1 , especificados a continuación para cada tipo de sección:

(1) Canales con simetría sencilla y secciones C

$$C_1 = \frac{F_n C_o}{\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a} \quad (\text{F.6-170})$$

$$E_1 = \frac{F_n \left[(\sigma_{ex} - F_n) (r_o^2 E_o - x_o D_o) - F_n x_o (D_o - x_o E_o) \right]}{(\sigma_{ex} - F_n) r_o^2 (\sigma_{tQ} - F_n) - (F_n x_o)^2} \quad (\text{F.6-171})$$

(2) Secciones en Z

$$C_1 = \frac{F_n [C_o (\sigma_{ex} - F_n) - D_o \sigma_{exy}]}{(\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a)(\sigma_{ex} - F_n) - \sigma_{exy}^2} \quad (F.6-172)$$

$$E_1 = \frac{F_n E_o}{\sigma_{tQ} - F_n} \quad (F.6-173)$$

(3) Secciones en I

$$C_1 = \frac{F_n C_o}{\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a} \quad (F.6-174)$$

$$E_1 = 0$$

en donde:

X_o = distancia del centro de cortante al centroide a lo largo del eje principal X, en milímetros (valor absoluto)

C_o, E_o, D_o son imperfecciones iniciales de columna, las cuales deben suponerse por lo menos como;

C_o = $L/350$ en una dirección paralela a la pared (F.6-175)

D_o = $L/700$ en una dirección perpendicular a la pared (F.6-176)

E_o = $L/(d \times 10000)$, rad, una medida del momento torsor inicial del paral con respecto a la posición ideal inicial no pandeada (F.6-177)

Cuando $F_n > 0.5F_y$, en las definiciones de σ_{ey} , σ_{ex} , σ_{exy} y σ_{tQ} , los parámetros E y G deben reemplazarse por E' y G', respectivamente, así:

$$E' = \frac{4E F_n (F_y - F_n)}{F_y^2} \quad (F.6-178)$$

$$G' = G \frac{E'}{E} \quad (F.6-179)$$

Los parámetros de tabique \bar{q}_o y $\bar{\gamma}$ pueden determinarse a partir de ensayos representativos a escala natural, ejecutados y evaluados según lo descrito por métodos publicados debidamente documentados (véase el Comentario), o a partir de los valores de ensayos a escala reducida dados en la tabla F.6-3.

F.6.4.4.2 - Parales de pared en flexión - Las resistencias de diseño a flexión para parales que tienen tabiques idénticos conectados a ambas aletas, ignorando cualquier restricción a la rotación proveniente de ellos⁽⁹⁾, son $\phi_b M_{nxo}$ y $\phi_b M_{nyo}$ calculadas así:

ϕ_b = 0.95 para secciones con aletas a compresión parcial o totalmente rigidizadas

ϕ_b = 0.90 para secciones con aletas a compresión sin rigidizar

M_{nxo}, M_{nyo} resistencias nominales a flexión con respecto a los ejes centroidales determinados de acuerdo con F.6.3.3.1, excluyendo los requisitos de F.6.3.3.1.2. (pandeo lateral).

F.6.4.4.3 - Parales de pared con carga axial y flexión combinadas - Las resistencias requeridas axialmente y a flexión deben satisfacer las ecuaciones de interacción de F.6.3.5, con los siguientes términos redefinidos:

P_n = resistencia nominal axial determinada de acuerdo con F.6.4.4.1.

M_{nx}, M_{ny} en las ecuaciones F.6-128 y F.6-130 deben reemplazarse por las resistencias nominales a flexión, M_{nxo} y M_{nyo} , respectivamente.

(9) Los parales que sólo tienen tabique a un lado, o con tabiques idénticos en ambos lados, o con resistencia rotacional que no se desprecia, o cualquier combinación de estos casos, se diseñaran de acuerdo con los mismos principios básicos de análisis utilizados al deducir los requisitos de esta sección.

Tabla F.6-3
Parámetros de tabique ⁽¹⁾

Tabique ⁽²⁾	\bar{q}_0 ⁽³⁾ (kgf/mm)	$\bar{\gamma}$ (mm/mm)
Tablero de yeso de espesor 9.5 mm a 16 mm	36	0.008
Tableros de lignocelulosa	18	0.009
Tableros de fibra (regular o impregnada)	11	0.007
Tablero de fibra (fuertemente impregnada)	21	0.010

Notas:

(1) Los valores dados están sujetos a las siguientes limitaciones:

Todos los valores consideran que hay tabique en ambos lados de la pared.

Todos los sujetadores son tornillos autorroscantes No 6, tipo S12, con cabeza avellanada curva o semiesférica, o equivalente, espaciados entre 150 y 300 milímetros.

(2) Todos los tabiques tienen espesor de 12.7 mm, excepto en donde se indique lo contrario.

$$(3) \bar{q} = \bar{q}_0 \left[2 - (s/305) \right] \quad (\text{F.6-180})$$

en donde:

s = espaciamiento entre sujetadores, mm

Para otros tipos de tabique, \bar{q}_0 y $\bar{\gamma}$ pueden determinarse conservadoramente a partir de ensayos sobre probetas pequeñas representativas prescritos en métodos documentados y publicados (véase el Comentario).

F.6.5 CONEXIONES Y UNIONES

F.6.5.1 - REQUISITOS GENERALES - Las conexiones deben diseñarse para transmitir las máximas fuerzas que resulten de las cargas mayoradas actuando en el miembro conectado. La excentricidad debe tenerse en cuenta en forma apropiada.

F.6.5.2 - CONEXIONES SOLDADAS - Los siguientes criterios de diseño para estados límites rigen para las conexiones soldadas usadas en miembros estructurales de acero formados en frío, en los cuales el espesor de la parte conectada más delgada es de 4.6 mm o menor. Para conexiones soldadas en que el espesor de la parte conectada más delgada es mayor que 4.6 mm, acuda al Capítulo F.2.

Con excepción de las modificaciones aquí incluidas, las soldaduras de arco en aceros donde por lo menos una de las partes conectadas tenga un espesor de 4.6 mm o menor, deben hacerse de acuerdo con la norma AWS D1.3 (Referencia 2 de la Sección F.6.1.6) y su comentario.

Los soldadores y los procedimientos de soldadura deben calificarse de acuerdo con lo estipulado en la norma AWS D1.3. Estas especificaciones están encaminadas a cubrir las posiciones de soldadura mostradas en la tabla F.6-4.

Las soldaduras de resistencia deben hacerse de acuerdo con los procedimientos dados en la norma AWS C1.1, "Prácticas recomendadas para soldaduras de resistencia" o AWS C1.3, "Práctica recomendada para soldadura de resistencia en aceros recubiertos, con bajo contenido de carbón".

La resistencia requerida en cada soldadura no debe exceder la resistencia de diseño, ϕP_n :

en donde:

ϕ = coeficiente de resistencia para conexiones con soldadura de arco, definido en F.6.5.2.1 a F.6.5.2.5

P_n = resistencia nominal de las soldaduras determinada de acuerdo con F.6.5.2.1 a F.6.5.2.5

Tabla F.6-4

Conexión	Posición para soldar					
	Soldadura acanalada al tope	Punto de soldadura de arco	Cordón de soldadura de arco	Soldadura de filete traslapo o T	Soldadura acanalada abocinada	Soldadura acanalada abocinada V
Lámina a Lámina	P	-	P	P	P	P
	H	-	H	H	H	H
	V	-	-	V	V	V
	S	-	-	S	S	S
Lámina a miembro de apoyo	-	P	P	P	P	-
	-	-	-	H	S	-
	-	-	-	V	V	-
	-	-	-	S	S	-

(P = plano, H = horizontal, V = vertical, S = sobrecabeza)

F.6.5.2.1 - Soldaduras acanaladas en juntas a tope - La resistencia de diseño, ϕP_n , de una soldadura acanalada en juntas a tope, aplicada por uno o por ambos lados, debe determinarse como sigue:

(a) tensión o compresión normal al área efectiva o paralela al eje de la soldadura

$$\phi = 0.90$$

$$P_n = L t_e F_y \quad (F.6-181)$$

(b) cortante en el área efectiva

$$\phi = 0.80$$

$$P_n = L t_e (0.60 F_{xx}) ; y \quad (F.6-182)$$

$$\phi = 0.90$$

$$P_n = L t_e \left(\frac{F_y}{\sqrt{3}} \right) \quad (F.6-183)$$

en donde:

- ϕ = coeficiente de resistencia para conexiones soldadas
- P_n = resistencia nominal de una soldadura acanalada
- F_{xx} = designación del nivel de resistencia en la clasificación de electrodos de la AWS
- F_y = esfuerzo mínimo de fluencia especificado del acero de material de base menos resistente
- L = longitud de la soldadura
- t_e = dimensión de la garganta efectiva de la soldadura acanalada

F.6.5.2.2 - Soldaduras de punto con arco - Los puntos de soldadura de arco permitidos por esta especificación son para soldar lámina de acero a los miembros de apoyo más gruesos en posición plana. Los puntos de soldadura de arco no deben hacerse en aceros donde la parte conectada más delgada tenga un espesor mayor de 3.8 mm, ni a través de una combinación de láminas de acero cuyo espesor total sea superior a 3.8 mm.

Se deben usar arandelas para soldadura, figuras F.6-6 y F.6-7, cuando el espesor de la lámina es menor de 0.71 mm. Las arandelas para soldadura deben tener un espesor entre 1.27 y 2.03 mm, con un hueco preperforado con diámetro de 9.5 mm, como mínimo.

Los puntos de soldadura de arco deben especificarse por el mínimo diámetro efectivo de área fundida, d_e . El mínimo diámetro efectivo admisible es 9.5 mm.

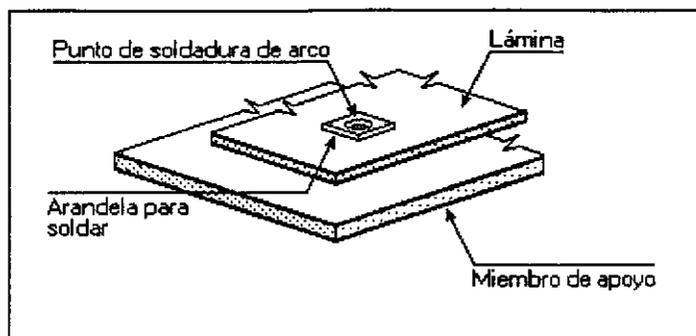


Figura F.6-6
Arandela típica para soldar

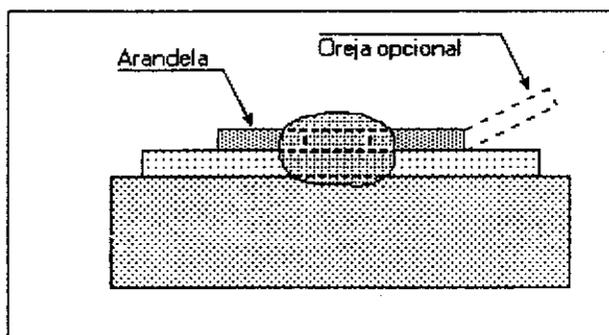


Figura F.6-7
Soldadura de punto con arco, utilizando arandela

La resistencia de diseño al corte, nominal, ϕP_n , de cada punto de soldadura de arco entre la lámina o láminas y el miembro de apoyo se debe determinar usando el menor de los siguientes valores:

(a)

$$\phi = 0.60$$

$$P_n = 0.589 d_e^2 F_{xx}; \text{ o} \tag{F.6-184}$$

(b)

$$\text{Para } \left(\frac{d_a}{t} \right) \leq 0.815 \sqrt{\frac{E}{F_u}}$$

$$\phi = 0.60$$

$$P_n = 2.20 t d_a F_u \tag{F.6-185}$$

$$\text{Para } 0.815 \sqrt{\frac{E}{F_u}} < \frac{d_a}{t} < 1.397 \sqrt{\frac{E}{F_u}}$$

$$\phi = 0.50$$

$$P_n = 0.280 \left[1 + 5.59 \frac{\sqrt{E/F_u}}{d_a/t} \right] t d_a F_u \tag{F.6-186}$$

$$\text{Para } \frac{d_a}{t} \geq 1.397 \sqrt{\frac{E}{F_u}}$$

$$\phi = 0.50$$

$$P_n = 1.40 t d_a F_u \tag{F.6-187}$$