

## CAPITULO F.2

# ESTRUCTURAS DE ACERO HECHAS CON PERFILES LAMINADOS O MIEMBROS ARMADOS: DISEÑO PARA ESTADOS LIMITES

### F.2.0 - NOMENCLATURA

El numeral entre paréntesis después de la definición de un símbolo, se refiere a la sección donde este se define por primera vez.

- A = área de la sección transversal, mm<sup>2</sup> (F.2.6.1.2)
- A<sub>B</sub> = área de concreto cargada, mm<sup>2</sup> (F.2.9.2.4)
- A<sub>b</sub> = área nominal del cuerpo de un sujetador, mm<sup>2</sup> (F.2.10.3.6)
- A<sub>h</sub> = área de una barra de extremos ensanchados, basada en el diámetro mayor de su rosca (tabla F 2-7)
- A<sub>c</sub> = área de concreto, mm<sup>2</sup> (F.2.9.2.2)
- A<sub>e</sub> = área de la placa de concreto dentro del ancho efectivo (F.2.9.5.2)
- A<sub>e</sub> = área efectiva neta, mm<sup>2</sup> (F 2.2.3)
- A<sub>f</sub> = área de la aleta, mm<sup>2</sup> (F.2.16.3.4)
- A<sub>g</sub> = área bruta, mm<sup>2</sup> (F.2.2.1)
- A<sub>n</sub> = área neta, mm<sup>2</sup> (F.2.2.2)
- A<sub>nv</sub> = área neta solicitada por cortante, mm<sup>2</sup> (F 2.10.4.1)
- A<sub>pb</sub> = área proyectada de aplastamiento, mm<sup>2</sup> (F.2.10.8.1)
- A<sub>r</sub> = área de las barras de refuerzo, mm<sup>2</sup> (F.2.9.2.2)
- A<sub>s</sub> = área de la sección transversal metálica, mm<sup>2</sup> (F.2.9.2.2)
- A<sub>sc</sub> = área de la sección transversal de un conector de cortante tipo espigo, mm<sup>2</sup> (F 2.9.5.3)
- A<sub>sr</sub> = área de cortante en el mecanismo de falla, mm<sup>2</sup> (F.2.4.3)
- A<sub>w</sub> = área del alma, mm<sup>2</sup> (F.2.6.2.1)
- A<sub>1</sub> = área del acero apoyado concéntricamente sobre un soporte de concreto, mm<sup>2</sup> (F.2.10.9)
- A<sub>2</sub> = área total transversal de un soporte de concreto, mm<sup>2</sup> (F.2.10.9)
- B = coeficiente para esfuerzo de flexión en elementos acartelados (F.2.16.3.4)
- B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> = coeficientes usados en la determinación de M<sub>u</sub> para la combinación de fuerzas axiales y de flexión, cuando se emplea un análisis de primer orden (F 2.3.1)
- C<sub>PG</sub> = coeficiente de viga ensamblada de alma llena (F.2.17.2)
- C<sub>b</sub> = coeficiente de flexión que depende del gradiente del momento (F.2.6.1.2)
- C<sub>m</sub> = coeficiente aplicado al término de flexión en la fórmula de interacción para miembros prismáticos y dependiente de la curvatura de columna causada por los momentos aplicados (F.2.3.1)
- C'<sub>m</sub> = coeficiente aplicado al término de flexión en la fórmula de interacción para miembros acartelados y dependiente del esfuerzo axial en el extremo más pequeño del miembro (F.2.16.3.5)
- C<sub>p</sub> = coeficiente de flexibilidad de apozamiento para miembros principales en una cubierta plana (F.2.11.2)
- C<sub>s</sub> = coeficiente de flexibilidad de empozamiento para miembros secundarios en una cubierta plana (F.2.11.2)
- C<sub>v</sub> = relación del esfuerzo crítico en el alma según la teoría de pandeo lineal, al esfuerzo de fluencia cortante del material del alma (F.2.17.3)
- C<sub>w</sub> = constante de alabeo, mm<sup>6</sup> (F 2.6.1.2)
- D = diámetro exterior de sección tubular circular, mm (F.2.14.1.4)
- D = carga muerta debida al peso propio de la estructura y de los elementos permanentes sobre ésta (Título B)
- D = factor que depende del tipo de rigidizadores transversales usados en una viga ensamblada de alma llena (F.2.17.4)
- E = módulo de elasticidad del acero (200000 MPa) (F.2.5.2)
- E = carga por sismo (Título B)
- E<sub>c</sub> = módulo de elasticidad del concreto, MPa (F.2.9.2.2)
- E<sub>m</sub> = módulo de elasticidad modificado, MPa (F.2.9.2.2)
- F<sub>BM</sub> = resistencia nominal del material base a ser soldado, MPa (F.2.10.2.4)
- F<sub>EXX</sub> = clasificación de la resistencia del metal de la soldadura, MPa (F.2.10.2.4)
- F<sub>a</sub> = resistencia axial de diseño, MPa (F.2.1.5.1)

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

$F_{br}$	=	esfuerzo de flexión para miembros acartelados (F.2.16.3.4)
$F_{cr}$	=	esfuerzo crítico, MPa (F.2.5.2)
$F_c$	=	esfuerzo de pandeo elástico, MPa (F.2.15.1)
$F_{cx}$	=	esfuerzo de pandeo elástico con respecto al eje mayor, MPa (F.2.15.1)
$F_{cy}$	=	esfuerzo de pandeo elástico con respecto al eje menor, MPa (F.2.15.1)
$F_{ct}$	=	esfuerzo de pandeo torsional elástico, MPa (F.2.15.1)
$F_{my}$	=	esfuerzo de fluencia modificado para columnas compuestas, MPa (F.2.9.2.2)
$F_n$	=	resistencia cortante nominal de rotura, MPa (F.2.10.4)
$F_r$	=	esfuerzo residual de compresión en la aleta, MPa (F.2.6.1.2)
$F_{rt}$	=	esfuerzo para miembros acartelados (F.2.16.3.4)
$F_u$	=	resistencia a tensión mínima especificada del tipo de acero utilizado, MPa (F.2.4.1)
$F_w$	=	resistencia nominal del material del electrodo, MPa (F.2.10.2.4)
$F_{wt}$	=	esfuerzo para miembros acartelados (F.2.16.3.4)
$F_y$	=	esfuerzo de fluencia mínimo especificado del tipo de acero usado, MPa. En estas especificaciones, "Esfuerzo de Fluencia" denota bien sea el mínimo punto de fluencia especificado para aquellos aceros que tienen un punto de fluencia o la resistencia mínima de fluencia especificada para los aceros que no lo tienen, (F.2.9.2.2)
$F_{yf}$	=	esfuerzo de fluencia mínimo especificado de la aleta, MPa (F.2.6.2.1)
$F_{ym}$	=	esfuerzo de fluencia obtenido de informes de ensayos de aceria o de ensayos físicos, MPa
$F_{yr}$	=	esfuerzo de fluencia mínimo especificado de varillas de refuerzo, MPa (F.2.9.2.2)
$F_{ys}$	=	esfuerzo de fluencia estático, MPa
$F_{yst}$	=	esfuerzo de fluencia especificado del material del rigidizador, MPa (F.2.17.4)
$F_{yw}$	=	esfuerzo de fluencia especificado del alma, MPa (F.2.6.1.2)
$G$	=	módulo cortante, MPa ( $G=77000$ ) (F.2.6.1.2)
$H$	=	fuerza horizontal, N (F.2.3.1)
$H_s$	=	longitud del conector de cortante tipo espigo después de soldado, mm (F.2.9.3.5)
$I$	=	momento de inercia, mm <sup>4</sup>
$I_d$	=	momento de inercia del tablero metálico apoyado en los miembros secundarios, mm <sup>4</sup> (F.2.11.2)
$I_p$	=	momento de inercia de los miembros principales, mm <sup>4</sup> (F.2.11.2)
$I_s$	=	momento de inercia de los miembros secundarios, mm <sup>4</sup> (F.2.11.2)
$I_{st}$	=	momento de inercia de un atiesador transversal, mm <sup>4</sup> (F.2.17.4)
$J$	=	constante torsional para una sección, mm <sup>4</sup> (F.2.6.1.2)
$K$	=	coeficiente de longitud efectiva para un miembro prismático (F.2.3.2.2)
$K_s$	=	coeficiente de deslizamiento (F.2.10.3)
$K_z$	=	coeficiente de longitud efectiva para pandeo torsional (F.2.15.1)
$K_r$	=	coeficiente de longitud efectiva para un miembro acartelado (F.2.16.3.3)
$l$	=	longitud no arriostrada de un miembro, medida entre centros de los miembros de arriostramiento, mm (F.2.5.2)
$L_c$	=	distancia en la línea de la fuerza medida desde el centro de una perforación normal o agrandada o desde el centro del borde de una perforación alargada al borde de una parte conectada, mm (F.2.10.3.10)
$L$	=	carga viva debida a la ocupación (título B)
$L_b$	=	longitud no arriostrada lateralmente; longitud entre puntos que estén arriostrados contra el desplazamiento lateral de la aleta a compresión o contra el giro de la sección transversal, mm (F.2.6.1.2)
$L_c$	=	longitud de conector de cortante tipo canal, mm (F.2.9.5.4)
$L_p$	=	límite de la longitud no arriostrada lateralmente para la total capacidad de giro de la articulación plástica, caso de momento uniforme ( $C_b=1.0$ ), mm (F.2.6.1.2)
$L_p$	=	espaciamiento de columnas en dirección de las vigas principales, m (F.2.11.2)
$L_{pd}$	=	límite de la longitud no arriostrada lateralmente, para análisis plástico, mm (F.2.6.1.1)
$L_r$	=	límite de la longitud no arriostrada lateralmente, para pandeo lateral-torsional inelástico, mm (F.2.6.1.2)
$L_r$	=	carga viva de cubierta (título B)
$L_s$	=	espaciamiento de las columnas perpendicular a la dirección de las vigas principales, m (F.2.11.2)
$M_1$	=	momento más pequeño en el extremo de la longitud no arriostrada de una viga o viga columna, N-mm (F.2.6.1.2)
$M_2$	=	momento más grande en el extremo de la longitud no arriostrada de una viga o viga columna, N-mm (F.2.6.1.2)

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

$M_{cr}$	= momento de pandeo elástico, N-mm (F.2.6 1.2)
$M_{lh}$	= resistencia requerida a la flexión de un elemento, debida al desplazamiento lateral del pórtico, N-mm (F.2.3.1)
$M_n$	= resistencia nominal a la flexión, N-mm (F 2 6.1)
$M'_{nx}$	= resistencia a la flexión para uso en ecuaciones alternas de interacción para fuerzas combinadas de flexión y carga axial, N-mm (F.2.18 1)
$M'_{ny}$	= resistencia a la flexión para uso en ecuaciones alternas de interacción para fuerzas combinadas de flexión y carga axial, N-mm (F.2.18.1)
$M_{nt}$	= resistencia requerida a la flexión de un miembro suponiendo que no hay desplazamiento lateral del pórtico, N-mm (F.2.3.1)
$M_p$	= momento plástico flector, N-mm (F.2.6.1.1)
$M'_p$	= momento para uso en ecuaciones alternas de interacción para esfuerzos combinados de flexión y carga axial, N-mm (F.2.18.1)
$M_r$	= momento límite de pandeo, $M_{cr}$ , cuando $\lambda=\lambda_r$ y $C_b=1.0$ , N-mm (F.2.6 1 2)
$M_u$	= resistencia requerida a la flexión, N-mm (F.2.8.1.1)
$N$	= longitud de apoyo, mm (F 2 11.1.3)
$N_r$	= número de conectores de cortante tipo espigo en una nervadura en una intersección de viga (F.2.9.3.5)
$P_e$	= resistencia al pandeo de Euler, N (F.2.3.1)
$P_e'$	= carga de pandeo elástico, N (F 2 9 4)
$P_n$	= resistencia axial nominal (tensión o compresión), N (F 2.4.1)
$P_p$	= carga de apoyo sobre el concreto, N (F 2 10 9)
$P_u$	= resistencia axial requerida (tensión o compresión), N (F.2.8.1.1)
$P_y$	= resistencia a la fluencia, N (F.2.2.5.1)
$Q$	= coeficiente de reducción total para elementos esbeltos solicitados por compresión (F.2.14.1.4)
$Q_n$	= coeficiente de reducción para elementos esbeltos rigidizados solicitados por compresión (F.2.14.1.4)
$Q_n'$	= resistencia nominal de un conector de cortante tipo espigo, N (F 2 9.5.2)
$Q_r$	= coeficiente de reducción para elementos esbeltos no rigidizados solicitados por compresión (F.2.14.1.3)
$R$	= carga nominal debida a hielo o aguas lluvias iniciales, exclusivamente de la contribución del empozamiento (título B)
$R_{PG}$	= coeficiente de reducción para la resistencia a la flexión de vigas armadas de alma llena (F.2.17.2)
$R_c$	= coeficiente de viga híbrida (F.2.16.1.1)
$R_n$	= resistencia nominal (F 2.1.5.3)
$R_v$	= resistencia a corte del alma, N (F 2 11.1.7)
$S$	= módulo elástico de la sección, mm <sup>3</sup>
$S$	= espaciamiento de miembros secundarios, mm (F.2.11.2)
$S$	= carga de granizo (título B)
$S_x$	= módulo elástico de la sección con respecto a su eje mayor, mm <sup>3</sup> (F.2.6.1.2)
$S'_x$	= módulo elástico de la sección del extremo más alto para miembros acartelados, con respecto a su eje mayor, mm <sup>3</sup> (F 2 16.2 4)
$(S_x)_{ef}$	= módulo efectivo de la sección con respecto a su eje mayor, mm <sup>3</sup> (F.2.16.1.1)
$S_{xt}$	= módulo elástico de la sección referido a las aletas en tensión, mm <sup>3</sup> (F.2.17.2)
$S_{xc}$	= módulo elástico de la sección referido a las aletas en compresión, mm <sup>3</sup> (F.2.17.2)
$T$	= fuerza de tensión requerida, N (F.2.10.3.5)
$T_b$	= carga de pretensionamiento especificada en perno de alta resistencia, N (F 2 10.3.5)
$U$	= coeficiente de reducción, usado en el cálculo del área neta efectiva (F.2.2 3)
$U_p$	= índice de esfuerzo por empozamiento para miembros primarios (F.2.19.1)
$U_s$	= índice de esfuerzo por empozamiento para miembros secundarios (F.2.19.1)
$V$	= fuerza cortante, N (F.2 10.10 2)
$V_n$	= resistencia cortante nominal, N (F 2 6 2 2)
$V_u$	= resistencia cortante requerida, N (F.2.17.4)
$W$	= carga de viento (título B)
$X_1$	= coeficiente de pandeo de viga (F.2.6.1.3)
$X_2$	= coeficiente de pandeo de viga (F.2.6.1.3)
$Z$	= módulo plástico de la sección, mm <sup>3</sup>

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

a	= distancia libre entre atiesadores transversales, mm (F.2.6.2.2)
a	= distancia entre conectores en un miembro ensamblado, mm (F.2.6.4)
a	= distancia más corta medida desde el borde de una perforación para pasador al borde del miembro, paralela a la dirección de la fuerza, mm (F.2.4.3)
a <sub>r</sub>	= cociente entre el área del alma y el área de la aleta a compresión (F.2.17.2)
b	= ancho de elemento solicitado por compresión (tabla F.2-1)
b <sub>e</sub>	= ancho efectivo reducido para elementos esbeltos solicitados por compresión, mm (F.2.14.1.1.2)
b <sub>ef</sub>	= distancia efectiva al borde, mm (F.2.4.3)
b <sub>r</sub>	= ancho de la aleta mm (F.2.11.1.5)
c <sub>1</sub>	= coeficiente numérico (F.2.9.2.2)
c <sub>2</sub>	= coeficiente numérico (F.2.9.2.2)
c <sub>3</sub>	= coeficiente numérico (F.2.9.2.2)
d	= diámetro nominal del sujetador, mm (F.2.10.3.6)
d	= altura total del elemento, mm (F.2.6.2.1)
d	= diámetro del pasador, mm (F.2.4.3)
d	= diámetro del rodillo, mm (F.2.10.8.2)
d <sub>L</sub>	= altura en el extremo mayor de un segmento acartelado no arriostrado, mm (F.2.16.2.1)
d <sub>b</sub>	= altura de una viga, mm
d <sub>c</sub>	= altura de una columna, mm (F.2.11.1.5)
d <sub>h</sub>	= diámetro de una perforación tamaño normal, mm (F.2.10.3.9)
d <sub>o</sub>	= altura en el extremo menor de un segmento acartelado no arriostrado, mm (F.2.16.2.1)
e	= base de los logaritmos naturales = 2.71828
f	= esfuerzo calculado de compresión en el elemento rigidizado, MPa (F.2.14.1.4)
f <sub>1</sub>	= esfuerzo calculado axial en una columna, MPa (F.2.1.5.1)
f <sub>b1</sub>	= esfuerzo más pequeño de flexión calculado en uno de los extremos de un segmento acartelado, MPa (F.2.16.2.4)
f <sub>b2</sub>	= esfuerzo más alto de flexión calculado en uno de los extremos de un segmento acartelado, MPa (F.2.16.2.4)
f <sub>c</sub>	= resistencia especificada a la compresión del concreto, MPa (F.2.9.2.2)
f <sub>o</sub>	= esfuerzo debido a 1.2D+1.2R, MPa (F.2.19.1)
f <sub>on</sub>	= esfuerzo normal requerido, MPa (F.2.8.2)
f <sub>ov</sub>	= esfuerzo cortante requerido, MPa (F.2.8.2)
f <sub>v</sub>	= esfuerzo cortante calculado en pernos o remaches MPa (F.2.10.3.4)
g	= espaciamiento transversal centro a centro (gramil) entre líneas de gramiles de sujetadores, mm (F.2.2.2)
h	= distancia libre entre las aletas menos filetes o radios de las esquinas en perfiles laminados y, para secciones ensambladas, distancia entre líneas adyacentes de sujetadores o distancia libre entre aletas cuando se usen soldaduras, mm (F.2.2.5.1)
h <sub>c</sub>	= altura del alma supuesta para estabilidad, mm (F.2.2.5.1)
h <sub>r</sub>	= altura nominal de la nervadura, mm (F.2.9.3.5)
h <sub>s</sub>	= coeficiente usado para miembros acartelados (F.2.16.2.4)
h <sub>w</sub>	= coeficiente usado para miembros acartelados (F.2.16.2.4)
j	= coeficiente definido para el mínimo momento de inercia de un atiesador transversal (F.2.6.3)
k	= distancia desde la cara exterior de la aleta hasta el pie en el alma del filete de transición, mm (F.2.11.1.3)
k <sub>v</sub>	= coeficiente de pandeo de la platina del alma (F.2.6.2.2)
l	= mayor distancia no arriostrada a lo largo de cualquier aleta en el punto de aplicación de la carga, mm (F.2.11.1.5)
l	= longitud de apoyo, mm (F.2.10.8.2)
m	= cociente entre los esfuerzos de fluencia o los esfuerzos críticos del alma a la aleta, en vigas híbridas (F.2.17.2)
r	= radio de giro que gobierna, mm (F.2.5.2)
r <sub>i</sub>	= mínimo radio de giro de un componente individual de un miembro ensamblado, mm (F.2.5.4)
r <sub>T</sub>	= radio de giro de la aleta a compresión más un tercio de la parte a compresión del alma, tomado con respecto a un eje en el plano del alma, mm (F.2.17.2)
r <sub>To</sub>	= radio de giro, r <sub>T</sub> , para el extremo más pequeño en un miembro acartelado, mm (F.2.16.2.4)

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

- $r_m$  = radio de giro del perfil de acero, tubo circular o tubo rectangular en columnas compuestas. Para perfiles metálicos no debe ser menor que 0.3 veces el espesor total de la sección compuesta, mm (F.2.9.2)
- $\bar{r}_o$  = radio polar de giro con respecto al centro de corte, mm (F.2.15.1)
- $r_{ox}$  = radio de giro con respecto al eje x en el extremo pequeño de un miembro acartelado, mm (F.2.16.2.3)
- $r_{oy}$  = radio de giro con respecto al eje y en el extremo pequeño de un miembro acartelado, mm (F.2.16.2.3)
- $r_x$  = radio de giro con respecto al eje x, mm (F.2.5.2)
- $r_y$  = radio de giro con respecto al eje y, mm (F.2.5.2)
- $s$  = Paso: distancia longitudinal centro a centro de dos huecos consecutivos, mm (F.2.2.2)
- $t$  = espesor de la parte conectada, mm (F.2.10.3.6)
- $t$  = espesor de la parte crítica, mm (F.2.10.3.9)
- $t_f$  = espesor de la aleta, mm (F.2.2.5.1)
- $t_f$  = espesor de la aleta de un perfil C utilizado como conector de cortante, mm (F.2.9.5.4)
- $t_w$  = espesor del alma de un perfil C utilizado como conector de cortante, mm (F.2.9.5.4)
- $t_w$  = espesor del alma, mm (F.2.6.2.1)
- $w$  = ancho de una placa; distancia entre soldaduras, mm (F.2.2.3)
- $w_c$  = peso unitario del concreto, kg/m<sup>3</sup> (F.2.9.2.2)
- $w_r$  = ancho promedio de la nervadura de concreto (F.2.9.3.5)
- $x$  = subíndice que relaciona un símbolo con la flexión con respecto al eje mayor
- $x_o$  = coordenada del centro de corte con respecto al centroide, mm (F.2.15.1)
- $y_o$  = coordenada del centro de corte con respecto al centroide, mm (F.2.15.1)
- $y$  = subíndice que relaciona un símbolo con la flexión con respecto al eje menor
- $z$  = distancia al extremo mas pequeño de un miembro acartelado, mm (F.2.16.2.1)
- $\Delta_{oh}$  = desplazamiento lateral del piso en consideración, mm (F.2.8.1.1)
- $\gamma$  = relación de alturas en miembros acartelados (F.2.16.2.1)
- $\gamma$  = subíndice que hace referencia a un miembro acartelado (F.2.16.2.3)
- $\zeta$  = exponente en la ecuación alterna de interacción para columnas-vigas (F.2.18.1)
- $\eta$  = exponente en la ecuación alterna de interacción para columnas-vigas (F.2.18.1)
- $\lambda_c$  = parámetro de esbeltez de una columna (F.2.5.2)
- $\lambda_e$  = parámetro de esbeltez equivalente (F.2.15.1)
- $\lambda_{er}$  = relación de esbeltez efectiva (F.2.16.2.3)
- $\lambda_p$  = parámetro de esbeltez límite para que un elemento sea considerado compacto (F.2.2.5.1)
- $\lambda_r$  = parámetro de esbeltez límite para que un elemento sea considerado no compacto (F.2.2.5.1)
- $\mu$  = coeficiente de fricción (F.2.10.10.2)
- $\phi$  = coeficiente de resistencia (F.2.1.5.3)
- $\phi_b$  = coeficiente de resistencia para flexión (F.2.6.1.2)
- $\phi_c$  = coeficiente de resistencia para compresión (F.2.5.2)
- $\phi_c$  = coeficiente de resistencia para columnas compuestas cargadas axialmente (F.2.9.2.2)
- $\phi_{sf}$  = coeficiente de resistencia para el corte en la trayectoria de falla (F.2.4.3)
- $\phi_t$  = coeficiente de resistencia para tensión (F.2.4.1)
- $\phi_v$  = coeficiente de resistencia para corte (F.2.6.2.2)

## F.2.1 - GENERALIDADES

**F.2.1.1 - ESTADOS LIMITES** - Para el diseño de estructuras de acero con perfiles laminados se estudiarán como mínimo los estados límites último y de servicio.

Para evaluar las cargas últimas se utilizarán las combinaciones y coeficientes de mayoración estipuladas en B.2.5.

Para evaluar deflexiones en el estado límite de servicio se utilizarán las cargas y combinaciones prescritas en B.2.3.

**F.2.1.2 - TIPOS DE CONSTRUCCION** - Bajo las condiciones establecidas aquí, se permiten dos tipos básicos de construcción y condiciones asociadas de diseño, cada una de las cuales determina en una forma específica el tamaño de los miembros y el tipo y resistencia de sus conexiones. Ambos tipos deben cumplir con los requisitos de estabilidad de F.2.2.4.

El tipo **TR** (totalmente restringido), llamado comúnmente "pórtico rígido" o "pórtico continuo" en el cual se supone que las conexiones entre vigas y columnas tienen suficiente rigidez para mantener inalterables los ángulos originales entre los miembros que se intersectan.

El tipo **PR** (parcialmente restringido), en el cual las conexiones entre vigas principales y secundarias poseen una rigidez insuficiente para mantener inalterables los ángulos originales entre los miembros que se intersectan.

El diseño de todas las conexiones debe ser consistente con el tipo de construcción señalado en los planos de diseño.

En el método de diseño para estados límites se permite incondicionalmente la construcción tipo **TR**.

La construcción tipo **PR** se puede utilizar dependiendo de la garantía del grado de restricción previsto para las conexiones. Cuando se ignora la restricción de las conexiones, debe suponerse que bajo las cargas de gravedad o "entramado simple" los extremos de las vigas y viguetas se comportan como uniones a corte solamente y pueden rotar libremente. En construcciones con entramado simple se aplican los siguientes requisitos:

- (a) Las conexiones y los miembros conectados deberán ser adecuados para resistir como vigas simplemente apoyadas las cargas mayoradas de gravedad.
- (b) Las conexiones y los miembros conectados deberán ser adecuados para resistir las cargas mayoradas laterales.
- (c) Las conexiones deberán tener suficiente capacidad de rotación inelástica para evitar sobre esfuerzos en los sujetadores o soldaduras bajo la acción combinada de cargas mayoradas de gravedad y laterales.

Cuando se utiliza en el diseño de conexiones restricción rotacional para obtener estabilidad de la estructura en conjunto, la capacidad de la conexión se determinará por medios analíticos o empíricos.

En las construcciones tipo **PR** se permiten algunas deformaciones inelásticas de una parte de la estructura, siempre que sean autolimitantes.

### **F.2.1.3 - MATERIALES**

**F.2.1.3.1 - Acero estructural** - En estas especificaciones se acepta el uso de los materiales que cumplen con las siguientes normas:

**NTC 248.** Barras corrugadas laminadas en caliente (ASTM A615)

**NTC 1920.** Acero estructural. (ASTM A36).

**NTC 3470.** Tubería de acero soldada o sin costura, negra y recubierta de zinc por inmersión en caliente (ASTM A53 Grado B).

**NTC 1950** Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación (ASTM A242).

**NTC 1986.** Tubería estructural de acero al carbono, formada en frío, soldada o sin costura, de cualquier configuración (ASTM A500).

**NTC 2374.** Tubería estructural de acero al carbono, formada en caliente, soldada o sin costura (ASTM A501)

**NTC 3347.** Láminas y platinas de acero al carbono laminadas en caliente, de calidad estructural (ASTM A570 Grados 40, 45 y 50).

**NTC 1985.** Acero de alta resistencia, de baja aleación colombio-vanadio de calidad estructural (ASTM A572)

**NTC 2012.** Acero estructural de alta resistencia de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa, hasta 100 mm de espesor (ASTM A588).

**NTC 4001.** Tubería estructural de alta resistencia y baja aleación, formada en caliente con o sin costura (ASTM A618).

**NTC 4005.** Acero estructural para puentes (ASTM A709).

**NTC 4007** Especificaciones para el acero al carbono-manganeso de alta resistencia y calidad estructural (ASTM A529).

**NTC 4009.** Láminas y flejes de acero, laminados en frío y en caliente, de alta resistencia y baja aleación, con resistencia mejorada a la corrosión (ASTM A606).

**NTC 4012.** Plancha de acero estructural de baja aleación, templada y revenida con límite de fluencia mínimo de 485 MPa (70ksi) y espesores hasta de 100 mm (4 pulgadas) (ASTM A852).

**NTC 4014.** Planchas de acero aleado, templadas y revenidas, de alta resistencia a la fluencia y aptas para ser soldadas (ASTM A514)

**NTC 4016.** Láminas y flejes de acero de alta resistencia y baja aleación, al colombio o vanadio, o ambos, laminados en caliente y en frío (ASTM A607).

Se puede considerar como prueba suficiente del cumplimiento de las anteriores normas, el informe certificado que en tal sentido extienda la acería, de acuerdo con sus ensayos, o de los ensayos que realice el fabricante o un laboratorio reconocido, de acuerdo con los requisitos de las normas ASTM A6 o NTC 7 (ASTM A568), según sea aplicable. Si se le solicita, el fabricante deberá proporcionar una certificación en que conste que el acero estructural del suministro cumple los requisitos del grado especificado.

Puede utilizarse acero sin identificar, si su aspecto superficial es aceptable según los criterios de la norma ASTM A6, en la fabricación de partes o detalles de menor importancia, siempre y cuando que las propiedades físicas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

En caso de utilizar el acero conocido como de "calidad comercial", la resistencia, en términos del límite de fluencia no debe suponerse mayor de 225 MPa, y a su vez la resistencia última no mayor de 360 MPa, a menos que mediante ensayos se pueda demostrar una resistencia mayor

**F.2.1.3.2 - Perfiles pesados** - No se requiere especificar la tenacidad del material en empalmes empernados de perfiles laminados ASTM A6, grupos 4 y 5 cuando estos miembros se utilizan para resistir esfuerzos principales de tensión debidos a tensión o flexión.

Si tales miembros se conectan utilizando soldaduras de penetración total, los documentos contractuales deben especificar que el acero sea suministrado con la prueba Charpy con ranura en V de acuerdo con la norma ASTM A6, Requisito Suplementario S5. Esta prueba de impacto debe satisfacer un valor promedio mínimo de 27 N-m de energía absorbida a +20°C y debe conducirse de acuerdo con la norma NTC 4008 (ASTM A673) con las siguientes excepciones:

- (a) El eje central longitudinal de las muestras debe localizarse dentro de lo posible equidistante entre la superficie interior de la aleta y el centro del espesor de ésta en la intersección con el grosor del alma
- (b) El productor debe conducir las pruebas en material seleccionado de un sitio representativo de la parte superior de cada lingote o en parte de un lingote utilizado para producir los perfiles representados por estas pruebas.

No se requiere especificar la tenacidad del material en platinas con espesores superiores a 50 mm que hacen parte de miembros fabricados con empalmes empernados y sometidos a esfuerzos principales de tensión

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

---

debidos a tracción o flexión. Si tales miembros están unidos por medio de soldaduras de penetración total, los documentos contractuales deben especificar el suministro del acero con pruebas Charpy con ranura en V de acuerdo con la norma ASTM A6, Requisito Suplementario S5.

La prueba de impacto será conducida por el productor de acuerdo con la norma NTC 4008 (ASTM A673), Frecuencia P, y debe satisfacer un valor promedio mínimo de 27 N-m de energía absorbida a +20°C.

Estos requisitos suplementarios de tenacidad también deben considerarse en uniones soldadas de penetración total, de perfiles de acero ASTM A6, grupos 4 y 5, laminados o fabricados, con espesores superiores a 50 mm, utilizadas en conexiones sometidas a esfuerzos principales de tensión, bien sea por tensión directa o por flexión de dichos miembros. No es necesario aplicar tales requisitos a los perfiles mencionados cuando a ellos se conectan miembros diferentes a los acá señalados, por medio de soldaduras aplicadas a la cara del material más pesado que penetran todo el espesor del material más delgado.

En F.3.16.1.7, F.3.16.1.8, F.3.16.2.6, F.3.16.2.7 y F.3.18.2.2 se dan requisitos adicionales para uniones en miembros de perfiles laminados pesados y fabricados.

**F.2.1.3.3 - Fundiciones y piezas forjadas de acero** - El acero fundido deberá cumplir con una de las siguientes especificaciones o normas:

**NTC 4003.** Fundiciones de acero al carbono para aplicaciones en general (ASTM A27 Grado 65-35).

**NTC 1137.** Fundiciones de acero de alta resistencia para usos estructurales (ASTM A148 Grado 80-50)

Las piezas forjadas deberán ajustarse a la norma.

**NTC 4038.** Fundiciones ferrosas. Piezas forjadas de acero al carbono aleado, para usos industriales en general (ASTM A668)

Se aceptarán los informes certificados de ensayo como prueba del cumplimiento de la norma.

**F.2.1.3.4 - Pernos, arandelas y tuercas** - Los pernos de acero deberán cumplir con una de las siguientes normas:

**NTC 858.** Tornillos, pernos y partes similares roscadas. Requisitos generales (ASTM A449)

**NTC 4028.** Pernos de acero de alta resistencia, clase 10.9 y 10.9.3 para juntas de acero estructural (ASTM A490).

**NTC 4034.** Elementos de fijación. Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono con 410 MPa (60000 psi) de resistencia a la tensión (ASTM A307).

**ASTM A194.** Tuercas de acero al carbono y aleado para pernos que trabajen en condiciones de servicio con alta presión y alta temperatura.

**ASTM A325.** Pernos estructurales de acero, tratados térmicamente, con resistencia mínima a la tensión de 825 o 725 MPa.

**ASTM A563.** Tuercas de acero al carbono y de aleación.

**ASTM F436.** Arandelas de acero templado

Se usarán pernos NTC 858 (ASTM A449) solamente en conexiones que requieran pernos de diámetros superiores a 38 mm, no deberán usarse en conexiones de deslizamiento crítico.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con estas normas.

**F.2.1.3.5 - Pernos de anclaje y varillas roscadas** - Los pernos de anclaje y las varillas roscadas deberán cumplir con una de las siguientes normas:

**NTC 1920.** Acero estructural (ASTM A36).

**NCT 1985.** Aceros de calidad estructural y alta resistencia con baja aleación de colombio y vanadio. (ASTM A572).

**NTC 2012.** Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa hasta 100 mm de espesor. (ASTM A588).

**ASTM A193.** Materiales de acero aleado y de acero inoxidable para pernos en condiciones de servicio de alta temperatura.

**ASTM A354.** Pernos, espigos y otros sujetadores roscados externamente, de acero aleado, templado y revenido.

**ASTM A687.** Pernos y espigos, sin cabeza, de acero de alta resistencia

Las roscas de los pernos y varillas deberán cumplir con las especificaciones detalladas en las "Series Estándares Unificadas" de la última edición de la norma ANSI B18.1. Las tolerancias serán de clase 2A.

Pueden utilizarse como pernos de anclaje los pernos de acero que cumplen con otras disposiciones de F.2.1.3. El material NTC 858 (ASTM A449) es aceptable para pernos de anclaje y varillas roscadas de alta resistencia de cualquier diámetro.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas.

**F.2.1.3.6 - Metal de aporte y fundente para soldadura** - Los electrodos y fundentes para soldadura deberán cumplir con una de las siguientes normas del Código correspondiente de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society).

**NTC 2191.** Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco metálico protegido (AWS A5.1).

**NTC 2253.** Especificaciones para electrodos de acero al carbono de baja aleación para soldadura de arco (AWS A5.5).

**NTC 3570.** Especificaciones para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.28).

**NTC 3623.** Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación y fundentes para soldadura de arco sumergido. (AWS A5.23).

**NTC 2632.** Especificaciones para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.18).

**NTC 2677.** Especificaciones para electrodos de acero al carbono y fundentes para soldadura de arco sumergido (AWS A5.17).

**AWS A5.20.** Especificaciones para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco con fundente en el núcleo.

**AWS A5.29.** Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con fundente en el núcleo

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

---

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados deben ser los apropiados para la aplicación prevista. La tenacidad del material de soldadura por lo general no es crítica en la construcción de edificios.

**F.2.1.3.7 - Conectores de corte tipo espigo** - Los conectores de espigo de acero para transmitir esfuerzos de corte deberán cumplir con los requisitos de la norma AWS D1.1 de la Sociedad Americana de Soldadura.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con el Código.

**F.2.1.3.8 - Remaches** - Los remaches de acero deben cumplir con la norma:

**NTC 4033.** Remaches de acero estructural (ASTM A502)

Se acepta el certificado del productor como evidencia suficiente de cumplimiento con la norma

#### **F.2.1.4 - CARGAS**

**F.2.1.4.1** - Las estructuras hechas con perfiles laminados de acero se diseñarán para las cargas estipuladas en el Título B de estas normas

#### **F.2.1.5 - BASES DE DISEÑO**

**F.2.1.5.1 - Resistencia requerida a cargas mayoradas** - La resistencia requerida en el diseño de miembros estructurales y sus conexiones se determinará mediante análisis estructural para las combinaciones apropiadas de cargas mayoradas estipuladas en B.2.5.

En el diseño se permite tanto el análisis elástico como el análisis plástico, pero este último solamente para aceros con esfuerzos de fluencia inferiores a 450 MPa y sujeto a los requisitos de F 2 2 5.2, F 2 3 2, F 2 5 1 2, F.2.6.1.2, F.2.8.1 y F.2.9.1.

Con excepción de las vigas híbridas y los elementos de acero NTC 4014 (ASTM A514), las vigas principales y secundarias compuestas por secciones compactas (incluyendo los miembros diseñados como sección compuesta), que cumplan con los requisitos anteriores, que sean continuas sobre los apoyos o que están rigidamente conectadas a las columnas por medio de remaches, pernos de alta resistencia o soldadura, pueden diseñarse para 9/10 de los máximos momentos negativos producidos por las cargas de gravedad en los puntos de apoyo, siempre y cuando que el máximo momento positivo se incremente en 1/10 del promedio de los momentos negativos. Esta reducción no se aplica a los momentos producidos por cargas en elementos en voladizo.

Si el momento negativo es resistido por una columna rigidamente conectada a la viga, la reducción del 1/10 puede utilizarse en el diseño de la columna para una carga combinada axial y de flexión, siempre y cuando que el esfuerzo,  $f_x$ , producido por cualquier carga axial inducida en el miembro, no exceda de  $\phi_c$  multiplicado por  $0.15A_g F_y$ , en donde

$A_g$  = área total, mm<sup>2</sup>

$F_y$  = esfuerzo de fluencia mínimo especificado, MPa

$\phi_c$  = coeficiente de resistencia para compresión

**F.2.1.5.2 - Estados límites** - El diseño para estados límites es un método para diseñar las estructuras de tal forma que no se exceda ningún estado límite aplicable cuando la estructura esta sujeta a todas las combinaciones apropiadas de cargas mayoradas.

Los estados límites de resistencia última se relacionan con la seguridad y se ocupan de la capacidad para soportar las cargas máximas.

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

---

Los estados límites de servicio se relacionan con el funcionamiento bajo condiciones normales de servicio. El término "resistencia" incluye los dos estados: de resistencia última y de servicio.

**F.2.1.5.3 - Diseño por resistencia última** - La resistencia de diseño de cada componente estructural debe igualar o exceder la resistencia requerida basada en cargas mayoradas nominales. La resistencia de diseño " $\phi R_n$ " se calcula para cada estado límite aplicable multiplicando la resistencia nominal " $R_n$ " por un coeficiente de resistencia " $\phi$ ". La resistencia requerida se determina para cada combinación de carga aplicable como se estipula en F.2.1.4.

La resistencia nominal " $R_n$ " y los coeficientes de resistencia " $\phi$ " se encuentran en las secciones pertinentes. En F.2.11 se dan otras consideraciones adicionales de resistencia.

**F.2.1.5.4 - Diseño para condiciones de servicio y otras consideraciones** - Toda la estructura y los elementos individuales, las conexiones y los conectores deben ser comprobados para las condiciones de servicio. Las disposiciones correspondientes se presentan en F.2.12.

### F.2.1.6. - REFERENCIAS

**F.2.1.6.1 - Normas y códigos de referencia** - En la presente norma se hace referencia a las siguientes normas:

Normas NTC promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC:

NTC 174 (ASTM C33)	NTC 858 (ASTM A449)	NTC 1137 (ASTM A148)
NTC 1920 (ASTM A36)	NTC 1950 (ASTM A242)	NTC 1985 (ASTM A572)
NTC 1986 (ASTM A500)	NTC 2012 (ASTM A588)	NTC 2191 (AWS A5.1)
NTC 2253 (AWS A5.5)	NTC 2374 (ASTM A501)	NTC 2632 (AWS A5.18)
NTC 2677 (AWS A5.17)	NTC 3347 (ASTM A570)	NTC 3470 (ASTM A53)
NTC 3570 (AWS A5.28)	NTC 3623 (AWS A5.23)	NTC 4001 (ASTM A618)
NTC 4003 (ASTM A27)	NTC 4005 (ASTM A709)	NTC 4007 (ASTM A529)
NTC 4009 (ASTM A606)	NTC 4012 (ASTM A852)	NTC 4014 (ASTM A514)
NTC 4016 (ASTM A607)	NTC 4028 (ASTM A490)	NTC 4033 (ASTM A502)
NTC 4034 (ASTM A307)	NTC 4038 (ASTM A668)	NTC 4045 (ASTM C330)

American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas) ANSI B18.1-72

American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles), ASCE 7-95

American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales):

ASTM A6	ASTM A27 (NTC 4003)	ASTM A36 (NTC 1920)
ASTM A53 (NTC 3470)	ASTM A148 (NTC 1137)	ASTM A193
ASTM A194	ASTM A242 (NTC 1950)	ASTM A307 (NTC 4034)
ASTM A325	ASTM A354	ASTM A449 (NTC 858)
ASTM A490 (NTC 4028)	ASTM A500 (NTC 1986)	ASTM A501 (NTC 2374)
ASTM A502 (NTC 4033)	ASTM A514 (NTC 4014)	ASTM A529 (NTC 4007)
ASTM A563	ASTM A570 (NTC 3347)	ASTM A572 (NTC 1985)
ASTM A588 (NTC 2012)	ASTM A606 (NTC 4009)	ASTM A607 (NTC 4016)
ASTM A618 (NTC 4001)	ASTM A668 (NTC 4038)	ASTM A687
ASTM A709 (NTC 4005)	ASTM A852 (NTC 4012)	ASTM C33 (NTC 174)
ASTM C330 (NTC 4045)	ASTM F436	

American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura):

AWS D1.1	AWS A5.1 (NTC 2191)	AWS A5.5 (NTC 2253)
AWS A5.17 (NTC 2677)	AWS A5.18 (NTC 2632)	AWS A5.20
AWS A5.23 (NTC 3623)	AWS A5.28 (NTC 3570)	AWS A5.29

Research Council on Structural Connections (Consejo de investigación de conexiones estructurales) "Especificaciones para uniones estructurales mediante el uso de pernos ASTM A325 o NTC 4028 (ASTM A490), 1988".

American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero) "Especificaciones para el diseño por coeficiente de carga y de resistencia, de miembros de acero formados en frío", 1991.

American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero):

"Código de práctica estándar para puentes y edificios de acero", 1992.

"Provisiones sísmicas para edificios de acero estructural", 1992.

"Especificación para el diseño por coeficientes de carga y de resistencia de miembros de un solo ángulo", 1993.

### **F.2.1.7 - DOCUMENTOS DE DISEÑO**

**F.2.1.7.1 - Planos** - En los planos de diseño se mostrarán los detalles completos con sus dimensiones, cortes y localización relativa de los distintos miembros. Se acotarán los niveles de los pisos, los ejes de las columnas y los desplazamientos de sus ejes. Los planos se dibujarán a una escala que permita apreciar claramente la información.

Los documentos de diseño deberán indicar el tipo o tipos de construcción descritos en F.2.1.2 e incluirán las cargas nominales y las resistencias de diseño si se requieren en la preparación de los planos de taller.

Cuando se utilicen en las uniones pernos de alta resistencia, los planos de diseño deberán indicar el tipo de conexión, aplastamiento con apriete normal (aplastamiento con tensionamiento total, tensión directa o deslizamiento crítico).

Si se requiere dar contraflecha en cerchas, vigas o viguetas, deberá consignarse el detalle correspondiente en los planos de diseño. Además deberán indicarse en los planos los requisitos para el uso de atiesadores y riostras.

**F.2.1.7.2 - Símbolos y nomenclatura estándares** - Los símbolos de soldadura utilizados en los planos de diseño y los planos de taller deben ser preferiblemente los símbolos incluidos en el Código de Soldadura para Estructuras Metálicas de Fedestructuras. Podrán, sin embargo, utilizarse otros símbolos adecuados de soldadura siempre y cuando que se incluya en los planos una explicación completa de su uso.

**F.2.1.7.3 - Indicaciones para soldadura** - En los planos de diseño y de taller deben indicarse por medio de notas aquellas uniones o grupos de uniones en las cuales debe seguirse una secuencia y una técnica determinada de soldadura para minimizar las distorsiones.

Las longitudes de soldadura señaladas en los planos de diseño y en los planos de taller serán longitudes netas efectivas.

### **F.2.2 - REQUISITOS DE DISEÑO**

Este numeral contiene las disposiciones que son comunes a este capítulo en general.

**F.2.2.1 - AREA TOTAL** - El área total o área bruta " $A_g$ " de un miembro en cualquier punto es la suma de los productos de los espesores por el ancho total de cada elemento medida perpendicularmente al eje del miembro.

En el caso de ángulos, el ancho total es la suma de los lados del ángulo menos el espesor.

**F.2.2.2 - AREA NETA** - El área neta " $A_n$ " de un miembro es la suma de los productos de los espesores por el ancho neto de cada elemento, calculada como sigue.

Al calcular el área neta de los elementos solicitados por tensión y corte, el ancho de una perforación para pernos se tomará 2 mm más grande que el tamaño nominal de la perforación.

Para cadenas de huecos que se extiendan a través de un elemento en sentido diagonal o en zigzag, el ancho neto se obtendrá deduciendo del ancho total la suma de los diámetros de todas las perforaciones circulares o alargadas, según se estipula en F.2.10.3.2, en la cadena y sumando por cada gramil la cantidad  $s^2/4g$ .

En donde:

$s$  = paso. Distancia longitudinal centro a centro de dos huecos consecutivos, mm.

$g$  = gramil. Distancia transversal centro a centro entre las hileras de sujetadores, mm.

Para ángulos, la separación de los huecos en las alas opuestas será la suma de las distancias medidas desde la arista menos el espesor.

El área crítica neta " $A_n$ " del elemento se obtiene de la cadena que presenta el menor ancho neto.

Al determinar el área neta a través de soldaduras de tapón o de ranura, el metal de aporte de la soldadura no se considera parte del área neta

**F.2.2.3 - AREA NETA EFECTIVA PARA MIEMBROS EN TENSION** - El área neta efectiva para miembros en tensión se determinará así:

1. Cuando la carga se transmite directamente a todos y cada uno de los elementos transversales por medio de sujetadores o soldaduras, el área neta efectiva,  $A_e$ , es igual al área neta,  $A_n$ .
2. Cuando la carga se transmite por medio de pernos o remaches a través de algunos, pero no de todos los elementos de la sección transversal del perfil, el área neta efectiva,  $A_e$ , se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_e = UA_n \quad (\text{F.2-1})$$

3. Cuando la carga se transmite por medio de soldaduras a través de algunos, pero no de todos los elementos de la sección transversal del perfil, el área neta,  $A_e$ , se calcula con:

$$A_e = AU \quad (\text{F.2-2})$$

En donde:

$A$  = área según se define más adelante

$A_n$  = área neta del perfil,  $\text{mm}^2$

$U$  = coeficiente de reducción

$$= 1 - (\bar{x}/L) \leq 0.9 \text{ o como se define en los literales (b) o (c) de este numeral.} \quad (\text{F.2-3})$$

$\bar{x}$  = excentricidad de la conexión, mm

$L$  = longitud de la conexión en la dirección de la carga, mm

Se pueden utilizar valores mayores de  $U$  siempre y cuando estén justificados por ensayos u otros criterios razonables.

- a) Cuando la carga a tensión se transmite únicamente mediante soldaduras longitudinales a cualquier miembro que no sea una platina o mediante la combinación de soldaduras longitudinales y transversales.

$A = A_g$ , área total del miembro,  $\text{mm}^2$

- b) Cuando la carga a tensión se transmite únicamente mediante soldaduras transversales

A = área de los elementos conectados directamente, mm<sup>2</sup>  
U = 1.0

c) Cuando la carga a tensión se transmite a una platina por medio de soldaduras longitudinales a lo largo de ambos bordes en los extremos de la misma, la longitud de la soldadura no debe ser inferior al ancho de la platina y:

A = área de la platina, mm<sup>2</sup>

cuando  $l \geq 2w$  ..... U = 1.0  
cuando  $2w > l \geq 1.5w$  ..... U = 0.87  
cuando  $1.5w > l \geq w$  ..... U = 0.75

en donde:

$l$  = longitud de la soldadura, mm  
 $w$  = ancho de la platina (distancia entre soldaduras), mm

El área efectiva de los elementos de conexión se estipula en F.2.10.5.2.

**F.2.2.4 - ESTABILIDAD** - Se debe proporcionar estabilidad general a la estructura en conjunto así como a cada elemento solicitado por compresión.

Se deben considerar en el diseño los efectos significativos de carga que resulten por la deformación de la estructura o de los elementos individuales.

#### **F.2.2.5 - PANDEO LOCAL**

**F.2.2.5.1 - Clasificación de los perfiles de acero** - Los perfiles de acero se clasifican como perfiles compactos, perfiles no compactos y perfiles con elementos esbeltos. Para que un perfil se considere compacto, las aletas deben estar conectadas continuamente al alma y la relación ancho-espesor de los elementos a compresión no debe exceder los valores límite " $\lambda_p$ " de la tabla F.2-1. Si la relación ancho-espesor de uno o más elementos a compresión excede el valor " $\lambda_p$ " pero no el valor " $\lambda_r$ ", el perfil es no compacto, y si la relación ancho-espesor excede el valor " $\lambda_r$ " de la tabla, el elemento se clasifica como elemento a compresión esbelto.

Para elementos no atiesados soportados solamente en un borde, paralelo a la dirección del esfuerzo de compresión, el ancho se tomará así:

- (a) Para aletas de perfiles doble T, y tes, el ancho "b" será igual a la mitad del ancho nominal.
- (b) Para alas de ángulos y aletas de canales y perfiles Z, el ancho "b" es igual al ancho nominal.
- (c) Para platinas, el ancho "b" es igual a la distancia del extremo libre a la primera hilera de sujetadores o línea de soldadura.
- (d) Para almas de tes, "d" se tomará como la altura nominal.

Para elementos atiesados, o sea aquellos soportados a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se tomará así:

- (a) Para almas de secciones laminadas y secciones formadas, "h" es la distancia libre entre aletas menos la transición o radio de la esquina en cada aleta; " $h_c$ " es dos veces la distancia entre el eje centroidal y la cara interior de la aleta en compresión menos la transición o radio esquinero.
- (b) Para almas de secciones ensambladas "h" es la distancia entre hileras adyacentes de sujetadores o la distancia libre entre aletas cuando se utilizan soldaduras, y " $h_c$ " es dos veces la distancia entre el eje neutro y la hilera más próxima de sujetadores de la aleta en compresión o dos veces la distancia entre el eje neutro y la cara interior de la aleta en compresión si se utilizan soldaduras.

**Tabla F.2-1  
Valores límites de la relación ancho-espesor para elementos a compresión**

Descripción del elemento	Relación ancho-espesor	Valores límites		
		$\lambda_p$ (Compacto)	$\lambda_r$ (No compacto)	
ELEMENTOS N O R I G I D I Z A D O S	Aletas de vigas laminadas en forma de I y canales solicitadas por flexión	$b/t$	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$ (c)	$\frac{370}{\sqrt{F_y - 70}}$
	Aletas de vigas híbridas en forma de I o vigas soldadas solicitadas por flexión	$b/t$	$\frac{170}{\sqrt{F_{yf}}}$	$\frac{425}{\sqrt{(F_{yf} - 115)/k_c}}$ (f)
	Aletas salientes de miembros fabricados solicitados a compresión	$b/t$	NA	$\frac{285}{\sqrt{F_y/k_c}}$ (f)
	Aletas salientes de pares de ángulos en contacto continuo, aletas de canales solicitadas por compresión axial; ángulos y platinas salientes de vigas o miembros a compresión	$b/t$	NA	$\frac{250}{\sqrt{F_y}}$
	Aletas de ángulos sencillos a compresión; aletas de ángulos dobles a compresión con separadores; elementos no rigidizados, esto es con soporte lateral a lo largo de un borde.	$b/t$	NA	$\frac{200}{\sqrt{F_y}}$
	Almas de tees	$d/t$	NA	$\frac{335}{\sqrt{F_y}}$
ELEMENTOS R I G I D I Z A D O S	Aletas de secciones tipo cajón cuadradas o rectangulares y secciones estructurales huecas de espesor uniforme solicitadas por flexión o compresión; platabandas de aleta y platinas de diafragma entre líneas de sujetadores o soldaduras	$b/t$	$\frac{500}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{625}{\sqrt{F_y}}$
	Anchos no arriostrados de platabandas perforadas con una sucesión de huecos de acceso (b)	$b/t$	NA	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$
	Almas solicitadas a compresión por flexión (a)	$h/t_w$	$\frac{1700}{\sqrt{F_y}}$ (c)	$\frac{2550}{\sqrt{F_y}}$ (g)
	Almas solicitadas por compresión axial y flexión	$h/t_w$	Para $P_u/\phi_b P_y \leq 0.125$ (c) $\frac{1680}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - \frac{2.75 P_u}{\phi_b P_y} \right]$ Para $P_u/\phi_b P_y > 0.125$ (c) $\frac{500}{\sqrt{F_y}} \left[ 2.33 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right] \geq \frac{665}{\sqrt{F_y}}$	(g) $\frac{2550}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - 0.74 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right]$
Todos los demás elementos rigidizados solicitados por compresión uniforme, esto es con soporte lateral a lo largo de ambos bordes	$b/t$ $h/t_w$	NA	$\frac{665}{\sqrt{F_y}}$	

**NSR-98 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero hechas con perfiles laminados o miembros armados: diseño para estados límites**

Secciones circulares huecas solicitadas por compresión axial	D/t	(d) NA	22000/F <sub>y</sub>
Por flexión		$\frac{14000}{F_y}$	62000/F <sub>y</sub>

**Notas:**

- (a) Para vigas híbridas se utilizará la resistencia a la fluencia de la aleta, F<sub>y</sub>, en lugar de F<sub>x</sub>.
- (b) Se supone que el área neta de la platabanda está en la perforación más grande.
- (c) Se supone una capacidad de rotación inelástica de 3. Para estructuras en zonas de alto riesgo sísmico, se puede requerir una mayor capacidad de rotación.
- (d) Para diseño plástico utilizar 8960/F<sub>y</sub>.
- (e) F<sub>r</sub> = esfuerzo residual de compresión en las aletas.  
= 70 MPa para perfiles laminados  
= 115 MPa para perfiles soldados
- (f)  $k_c = \left( \frac{1}{\sqrt{h/t_w}} \right)$  pero sin salirse de los siguientes límites:  $0.35 \leq k_c \leq 0.763$
- (g) Para miembros con aletas desiguales, véase F.2.14.1. F<sub>y</sub> es el esfuerzo de fluencia mínimo especificado para el tipo de acero utilizado.

- (c) Para platabandas o platinas de diafragma en secciones ensambladas, el ancho "b" es la distancia entre líneas adyacentes de sujetadores o entre líneas de soldaduras.
- (d) Para aletas de secciones estructurales huecas rectangulares, el ancho "b" es la distancia libre entre almas menos el radio interior de la esquina en cada lado. Si este radio no se conoce, el ancho puede tomarse como el ancho total de la sección menos tres veces el espesor.

Para aletas acarteladas de secciones laminadas, el espesor es el valor nominal equidistante entre el borde libre y la cara correspondiente del alma.

**F.2.2.5.2 - Diseño con análisis plástico** - Se permite el análisis plástico siempre y cuando las aletas solicitadas por compresión que involucren rotación de articulaciones y todas las almas tengan una relación ancho- espesor menor o igual al valor límite " $\lambda_p$ " de la tabla F.2-1. Para secciones circulares huecas véase la nota "d" de la tabla mencionada.

El análisis plástico está sujeto a las limitaciones prescritas en F.2.1.5.1.

**F.2.2.5.3 - Elementos esbeltos a compresión** - Para el diseño a flexión de perfiles en I, canales y secciones rectangulares o circulares con elementos esbeltos solicitados por compresión, véase F.2.16.1. Para otros perfiles solicitados por flexión o miembros solicitados por compresión axial que tengan elementos esbeltos a compresión véase F.2.14.1.1. Para vigas ensambladas con elementos esbeltos en el alma, véase F.2.17.

**F.2.2.6 - ARRIOSTRAMIENTO EN LOS APOYOS** - En los puntos de apoyo de vigas secundarias, vigas principales y de cerchas se debe proporcionar un sistema de fijación para restringir la rotación con respecto a su eje longitudinal a menos que la restricción a la rotación se provea de otra manera.

**F.2.2.7 - LIMITES MAXIMOS DE LA RELACION DE ESBELTEZ** - Para los miembros cuyo diseño se basa en esfuerzos de compresión, la relación de esbeltez, KL/r, preferiblemente no debe exceder de 200. La relación de esbeltez, KL/r de los miembros solicitados por tensión, exceptuando las varillas, no debe exceder de 300. Los miembros cuyo diseño está gobernado por tensión, pero que pueden estar solicitados a compresión con otras condiciones de carga no requieren satisfacer el límite de esbeltez de compresión.

**F.2.2.8 - LUCES SIMPLES** - Las vigas principales y secundarias y las cerchas diseñadas como luces simples tendrán una longitud efectiva igual a la distancia existente entre los centroides de los miembros en que se apoyan.

**F.2.2.9 - RESTRICCION EN LOS EXTREMOS** - Cuando las vigas y cerchas se diseñan suponiendo restricción parcial o total en los extremos, por estar en voladizo o formar parte de un sistema continuo o semicontinuo, tanto ellas como los miembros a donde se conectan deben poder resistir las fuerzas y momentos mayorados, debidos a dicha acción, y las demás fuerzas mayoradas a que se vean sometidas, sin exceder las resistencias de diseño prescritas en F.2.4 a F.2.11, excepto que se permite algo de deformación inelástica, pero autolimitante, de una parte de la conexión.