

ESPECIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO

EDICIÓN 1996

**Manual para el Diseño de Acero Conformado en Frío -
Parte V**



American Iron and Steel Institute
1101 17th Street, NW
Washington, DC 20036-4700

El material contenido en la presente ha sido desarrollado por el Comité del *American Iron and Steel Institute* sobre Especificaciones para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío. El Comité se ha esforzado para presentar información precisa, confiable y útil relacionada con el diseño de acero conformado en frío. El comité reconoce y agradece las contribuciones de los incontables investigadores, ingenieros y otros profesionales que contribuyeron al cuerpo de conocimientos sobre la materia. En el *Comentario* sobre la *Especificación* se incluyen referencias específicas.

Con los adelantos que se esperan en la comprensión del comportamiento del acero conformado en frío y el continuo desarrollo de nuevas tecnologías, es posible que este material eventualmente quede desactualizado. Se anticipa que AISI publicará actualizaciones de este material tan pronto como haya nueva información disponible, pero esto no lo podemos garantizar.

Los materiales presentados en la presente son exclusivamente a título informativo. No deben reemplazar los consejos de un profesional competente. La aplicación de esta información a un proyecto específicos debe ser revisada por un ingeniero matriculado. De hecho, en la mayoría de las jurisdicciones esta revisión es exigida por ley. Cualquier persona que haga uso de la información contenida en la presente lo hace bajo su propio riesgo y asume cualquier responsabilidad o responsabilidades que surjan de dicho uso.

1ra Impresión - Junio de 1997

Copyright American Iron and Steel Institute 1997

PREFACIO

Esta Edición de la *Especificación AISI para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío* presenta un tratamiento integrado de dos métodos de diseño, el Diseño por Tensiones Admisibles (ASD) y el Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD). Como se discute en la Sección titulada Alcance, ambos métodos son igualmente aceptables. De este modo esta edición de la *Especificación* combina y reemplaza las versiones anteriores que trataban a los dos métodos de diseño de forma independiente. Desde la primera *Especificación* adoptada en 1946, ésta ha evolucionado a través de numerosas ediciones. Por lo tanto, la *Especificación* de 1996 representa cincuenta años de progreso en la aplicación estructural formal del acero conformado en frío.

La *Especificación* presenta procedimientos bien definidos para el cálculo de miembros portantes de acero conformado en frío utilizados para la construcción de edificios, así como para otras aplicaciones siempre que se tomen en cuenta adecuadamente los efectos dinámicos. Los requisitos reflejan los resultados de las continuas investigaciones para desarrollar información nueva y mejorada sobre el comportamiento estructural de los miembros de acero conformado en frío. La amplia aceptación de la *Especificación* es evidencia del éxito de estos esfuerzos.

El Comité AISI sobre Especificaciones para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío ha desarrollado y revisado los requisitos. Este Comité es un grupo de consenso con un equilibrio entre sus miembros, los cuales incluyen representantes de los productores, fabricantes, usuarios, docentes, investigadores y códigos de construcción. Está compuesto por ingenieros con una amplia gama de experiencias y con un alto nivel de reconocimiento profesional, tanto de todos los rincones de los Estados Unidos de América como de otros países. AISI agradece la dedicación de los miembros del Comité y sus Subcomités. A continuación de este Prefacio se listan los miembros actuales.

Los cambios introducidos en esta edición de la *Especificación* incluyen:

- Ancho efectivo (B4.2):
Nueva ecuación para determinar k
- Miembros flexados, resistencia al pandeo lateral (C3.1.2):
 - Las ecuaciones para calcular el momento crítico que anteriormente sólo se aplicaban para perfiles doble T y Z flexados respecto al eje x ahora se aplican a secciones con simetría simple, doble y puntual
 - Nueva ecuación para C_b
- Vigas con un ala sujeta a un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente (C3.1.4):
Nuevo método para determinar la capacidad flexional de un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente
- Miembros flexionados, resistencia a la abolladura del alma (C3.4):
Aumento del 30 por ciento en la capacidad para reacción en los extremos de un perfil Z abulonado al apoyo de extremo y que satisface otros criterios
- Miembros flexionados, combinación de flexión y abolladura del alma (C3.5):
Agregado de requisitos específicos para perfiles Z anidados sobre un apoyo
- Miembros comprimidos cargados de forma concéntrica (C4):
 - Nuevas ecuaciones para las columnas, que también se aplican para los miembros cilíndricos (C6.2)
 - Eliminación de la ecuación adicional para perfiles C y Z y secciones de un solo ángulo con alas no rigidizadas

- Combinación de carga axial y flexión (C5):
Nuevos requisitos para la combinación de tracción axial y flexión
- Arriostramiento lateral, vigas de perfiles C y Z, ninguna de las alas conectadas al revestimiento (D3.2.2):
Eliminación del requisito para arriostramiento en los puntos correspondientes a los cuartos y al centro de la longitud cargada
- Montantes y conjuntos de montantes que integran un tabique (D4):
 - Nuevos requisitos para calcular el área efectiva de los montantes con perforaciones no circulares en el alma
 - Tabla revisada para determinar la rigidez al corte del revestimiento
- Construcción de diafragmas (D5)
Nueva tabla de factores de seguridad (ASD) y factores de resistencia (LRFD) para diafragmas
- Puntos de soldadura por arco traccionadas (E2.2):
Nuevos requisitos para los puntos de soldadura por arco
- Uniones atornilladas (E4):
Nueva sección sobre uniones atornilladas, incluyendo corte y tracción

Se agradece el esfuerzo del personal de Computerized Structural Design, S.C., Milwaukee, Winsconsin, quienes coordinaron y procesaron los cambios introducidos en los requisitos.

El desarrollo y la publicación de la *Especificación* es auspiciado por el Comité AISI sobre el Mercado de la Construcción.

Desde ya agradecemos a los usuarios que nos envíen sus sugerencias y comentarios a fin de poder mejorar.

American Iron and Steel Institute
Junio, 1997

Comité AISI sobre Especificaciones para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío y sus Subcomités

R.L. Brockenbrough, <i>Presidente</i>	J.W. Larson, <i>Vicepresidente</i>	D.F. Boring, <i>Secretario</i>	R.E. Albrecht
S.J. Bianculli	R. Bjorhovde	R.E. Brown	C.R. Clauer
J.K. Crews	D.A. Cuoco	E.R. diGirolamo	D.S. Ellifritt
S.J. Errera	E.R. Estes, Jr.	J.M. Fisher	S.R. Fox
T.V. Galambos	M. Golovin	W.B. Hall	G.J. Hancock
A.J. Harrold	R.B. Haws	N. Iwankiw	D.L. Johnson
T.J. Jones	R.A. LaBoube	R.R. McCluer	W.R. Midgley
J.A. Moses	T.M. Murray	G.G. Nichols	J.N. Nunnery
T.B. Pekoz	C.W. Pinkham	G.S. Ralph	R.M. Schuster
P.A. Seaburg	W.L. Shoemaker	M.A. Thimons	W.W. Yu

Subcomité 3 - Uniones

M. Golovin, <i>Presidente</i>	A.J. Harrold, <i>Co-Presidente</i>	R.E. Albrecht	R. Bjorhovde
E.R. diGirolamo	D.S. Ellifritt	E.R. Estes, Jr.	W.B. Hall
M.A. Huizinga	D.L. Jonson	W.E. Kile	R.A. LaBoube
L.D. Luttrell	J.N. Nunnery	T.B. Pekoz	C.W. Pinkham
V.E. Sagan	W.L. Shoemaker	T. Sputo	S. Walker
W.W. Yu			

Subcomité 4 - Estudio de Montantes; Elementos Perforados

E.R. Estes, <i>Presidente</i>	C.R. Clauer	E.R. diGirolamo	W.T. Guirher
L. Hernandez	M.C. Kerner	J.M. Klaiman	R.A. LaBoube
R.L. Madsen	J.P. Matsen	W.R. Midgley	T.H. Miller
T.B. Pekoz	C.W. Pinkham	G.S. Ralph	V.E. Sagan
R.J. Schrader	R.M. Schuster	T.W. Trestain	S. Walker
R. Zadeh			

Subcomité 6 - Procedimientos de Ensayo

S.R. Fox, <i>Presidente</i>	R.E. Brown	D.S. Ellifritt	S.J. Errera
E.R. Estes, Jr.	M. Golovin	W.B. Hall	M.A. Huizinga
D.L. Jonson	W.E. Kile	R.A. LaBoube	L.D. Luttrell
W.R. Midgley	T.M. Murray	T.B. Pekoz	C.W. Pinkham
R.M. Schuster	T.S. Tarpy	W.W. Yu	

Subcomité 7 - Editorial

C.W. Pinkham, <i>Presidente</i>	C.R. Clauer	D.A. Cuoco	J.M. Fisher
T.B. Pekoz	P.A. Seaburg		

Subcomité 10 - Comportamiento de los Elementos

D.L. Johnson, <i>Presidente</i>	R.E. Albrecht	M. Goiovin	G.J. Hancock
A.J. Harrold	R.E. Kile	M.R. Loseke	W.R. Midgley
T.H. Miller	T.M. Murray	J.N. Nunnery	T.B. Pekoz
C.W. Pinkham	W.L. Shoemaker	T.W. Trestain	

Subcomité 21 - Planeamiento Estratégico e Investigación

J.W. Larson, <i>Presidente</i>	S.J. Bianculli	R.L. Brockenbrough	J.K. Crews
E.R. Estes, Jr.	J.M. Fisher	S.R. Fox	M. Golovin
D.L. Johnson	A. LaBoube	J. Mattingly	J.N. Nunnery
R.M. Schuster	P.. Seaburg	W.L. Shoemaker	M.A. Thimons

Subcomité 22 - Miembros Comprimidos

J.K. Crews, <i>Presidente</i>	R. Bjorhovde	D.S. Ellifritt	S.J. Errera
M. Golovin	G.J. Hancock	A.J. Harrold	N. Iwankiw
D.L. Johnson	M.C. Kerner	M.R. Loseke	T.H. Miller
J.N. Nunnery	T.B. Pekoz	R.M. Schuster	D.R. Sherman
T. Sputo	W. Trestain	W.W. Yu	

Subcomité 24 - Miembros Flexados

J.N. Nunnery, <i>Presidente</i>	R.E. Albrecht	R.E. Brown	C.R. Clauer
D.S. Ellifritt	S.J. Errera	J.M. Fisher	T.V. Galambos
M. Golovin	G.J. Hancock	A.J. Harrold	D.L. Johnson
W.E. Kile	R.. LaBoube	M.R. Loseke	R.L. Madsen
T.H. Miller	T.M. Murray	T.B. Pekoz	R.M. Schuster
P.A. Seaburg	W.L. Shoemaker	T. Sputo	T.W. Trestain
W.W. Yu			

Subcomité 26 - Manual de Diseño

P.A. Seaburg, <i>Presidente</i>	R.E. Brown	C.R. Clauer	J.K. Crews
D.A. Cuoco	E.R. diGirolamo	E.R. Estes, Jr.	J.M. Fisher
R.S. Glauz	M. Golovin	R.B. Haws	R.E. Hodges, Jr.
M.W. Johanningsmeier	D.L. Johnson	R.A. LaBoube	J.W. Larson
M.R. Loseke	W.R. Midgley	T.M. Murray	J.N. Nunnery
R.M. Schuster	W.W. Yu		

Subcomité 30 - Educación

R.A. LaBoube, <i>Presidente</i>	R. Bjorhovde	C.R. Clauer	J.K. Crews
E.R. diGirolamo	S.J. Errera	S.R. Fox	G.J. Hancock
L. Hernandez	A.L. Johnson	M.C. Kerner	J.M. Klaiman
J.W. Larson	J. Mattingly	C.W. Pinkham	G.S. Ralph
R.M. Schuster	W.W. Yu		

Subcomité 31 - Requisitos Generales

J.M. Fisher, <i>Presidente</i>	R. Bjorhovde	J.K. Crews	D.A. Cuoco
E.R. Estes, Jr.	W.B. Hall	D.L. Johnson	M.C. Kerner
J.W. Larson	R.L. Madsen	W.R. Midgley	J.A. Moses
C.W. Pinkham	G.S. Ralph	R.M. Schuster	W.W. Yu
R. Zadeh			

Subcomité 90 - Comité Ejecutivo

R.L. Brockenbrough, <i>Presidente</i>	S.J. Errera	J.M. Fisher	D.L. Johnson
J.W. Larson			

PERSONAL

R.E. Albrecht	Robertson UDI
S.J. Bianculli	US Steel Group. USX Corporation
R. Bjorhovde	University of Pittsburgh
D.F. Boring	American Iron and Steel Institute
R.L. Brockenbrough	R.L. Brockenbrough and Associates. Inc.
R.E. Brown	Wheeling Corrugating Company
C.R. Clauer	Clauer Associates
J.K. Crews	Unarco Material Handling
D.A. Cuoco	LZA Technology
E.R. diGirolamo	The Steel Network
D.S. Ellifritt	University of Florida
S.J. Errera	Consultant
E.R. Estes. Jr.	National Association of Arch. Metal Mfrs.
J.M. Fisher	Computerized Structural Design. Inc.
S.R. Fox	Canadian Sheet Steel Building Institute
T.V. Galambos	University of Minnesota
R.S. Glauz	The Marley Cooling Tower Company
M. Golovin	Ceco Building Systems
W.T. Guiher	William Guiher. P.E.
W.B. Hall	University of Illinois
G.J. Hancock	The University of Sydney
A.J. Harrold	Butler Manufacturing Company
R.B. Haws	American Building Company
L. Hernandez	Western Metal Lath
R.E. Hodges. Jr.	Varco-Pruden Buildings
M.A. Huizinga	FABRAL
N. Iwankiw	American Institute of Steel Construction
M.W. Johanningsmeier	Vulcraft
A.L. Johnson	Niobrara Engineering & Research Company
D.L. Johnson	Consultant
T.J. Jones	Thomas J. Jones. PE
M.C. Kerner	Marino Ware Industries
W.E. Kile	Structuneering Inc.
J.M. Klaiman	Dale Industries. Inc.
R.A. LaBoube	University of Missouri-Rolla
J.W. Larson	Bethlehem Steel Corporation
M.R. Loseke	Loseke Technologies. Inc.
L.D. Luttrell	West Virginia University
R.L. Madsen	Devco Engineering Inc.
J.P. Matsen	Matsen Ford Design Associates. Inc.
J. Mattingly	Nicholas J. Bouras
R.R. McCluer	Building Officials & Code Administrators. International
W.R. Midgley	Midgley. Clauer and Associates
T.H. Miller	Oregon State University
J.A. Moses	Unistrut Corporation
T.M. Murray	Virginia Polytechnic Institute
G.G. Nichols	SBCCI – Public Safety Testing and Evaluation Services. Inc.
J.N. Nunnery	Varco-Pruden Buildings

T. B. Pekoz	Cornell University
C.W. Pinkham	S. B. Barnes Associates
G.S. Ralph	Dietrich Industries. Inc.
V.E. Sagan	Simpson Gumpertz & Heger
R.J. Schrader	Metal Design Services
R M. Schuster	University of Waterloo
P.A. Seaburg	University of Nebraska
D.R. Sherman	University of Wisconsin – Milwaukee
W.L. Shoemaker	Metal Building Manufacturers’ Association
T. Sputo	Sputo Engineering
T.S. Tarpay	S.D. Lindsay and Associates
M.A. Thimons	National Steel Corporation
T.W. Trestain	T.W.J. Trestain Structural Engineering
S. Walker	Steve Walker. P.E.
W.W. Yu	University of Missouri-Rolla
R. Zadeh	Unimast Incorporated

TABLA DE CONTENIDOS

ESPECIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO EDICIÓN 1996

PREFACIO	3
SÍMBOLOS Y DEFINICIONES	13
A. REQUISITOS GENERALES	26
A1 Límites de aplicación y terminología	26
A1.1 Alcance y límites de aplicación	26
A1.2 Terminología	26
A1.3 Unidades de los símbolos y términos	28
A2 Geometrías y formas constructivas no abarcadas por la <i>Especificación</i>	28
A3 Material	28
A3.1 Aceros aplicables	28
A3.2 Otros aceros.....	29
A3.3 Ductilidad.....	29
A3.4 Espesor mínimo entregado	30
A4 Cargas.....	30
A4.1 Cargas nominales	30
A4.2 Estancamiento	31
A5 Diseño por tensiones admisibles	31
A5.1 Fundamentos del diseño.....	31
A5.1.1 Requisitos de resistencia para ASD	31
A5.1.2 Combinaciones de cargas.....	32
A5.1.3 Cargas de viento o cargas sísmicas.....	32
A5.1.4 Otras cargas.....	32
A6 Diseño por factores de carga y resistencia	32
A6.1 Fundamentos del diseño.....	32
A6.1.1 Requisitos de resistencia para LRFD.....	32
A6.1.2 Factores de carga y combinaciones de cargas.....	33
A6.1.3 Otras cargas.....	33
A7 Límite de fluencia e incremento de la resistencia debido a la conformación en frío	34
A7.1 Límite de fluencia	34
A7.2 Incremento de la resistencia debido a la conformación en frío	34
A8 Serviciabilidad	35
A9 Documentos de referencia.....	35
B. ELEMENTOS	38
B1 Limitaciones y consideraciones sobre las dimensiones	38
B1.1 Consideraciones sobre la relación entre el ancho plano de las alas y su espesor.....	38
B1.2 Máxima relación entre la profundidad del alma y su espesor	39
B2 Anchos efectivos de los elementos rigidizados.....	40
B2.1 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos	40
B2.2 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos con perforaciones circulares ...	42
B2.3 Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones.....	42
B3 Anchos efectivos de los elementos no rigidizados.....	44

B3.1 Elementos no rigidizados uniformemente comprimidos	44
B3.2 Elementos no rigidizados y rigidizadores de borde con gradiente de tensiones.....	44
B4 Anchos efectivos de los elementos con un rigidizador intermedio o un rigidizador de borde	44
B4.1 Elementos uniformemente comprimidos con rigidizador intermedio.....	45
B4.2 Elementos uniformemente comprimidos con un rigidizador de borde	46
B5 Anchos efectivos de elementos rigidizados en sus bordes con rigidizadores intermedios o elementos rigidizados con más de un rigidizador intermedio	46
B6 Rigidizadores.....	48
B6.1 Rigidizadores transversales.....	48
B6.2 Rigidizadores de corte.....	49
B6.3 Rigidizadores que no satisfacen los requisitos.....	50
C. MIEMBROS	51
C1 Propiedades de las secciones.....	51
C2 Miembros traccionados	51
C3 Miembros flexionados.....	51
C3.1 Resistencia para la flexión exclusivamente.....	51
C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.....	51
C3.1.2 Resistencia al pandeo lateral	53
C3.1.3 Vigas con un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes	55
C3.1.4 Vigas con un ala sujeta a un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente	56
C3.2 Resistencia para corte exclusivamente	57
C3.3 Resistencia para flexión y corte.....	58
C3.3.1 Método ASD	58
C3.3.2 Método LRFD	58
C3.4 Resistencia a la abolladura del alma	59
C3.5 Resistencia a la combinación de flexión y abolladura del alma	62
C3.5.1 Método ASD	62
C3.5.2 Método LRFD	63
C4 Miembros comprimidos con carga concéntrica	65
C4.1 Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexional	65
C4.2 Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional	66
C4.3 Secciones no simétricas	66
C4.4 Miembros comprimidos que tienen un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes	66
C5 Combinación de carga axial y flexión.....	68
C5.1 Combinación de tracción axial y flexión	68
C5.1.1 Método ASD.....	68
C5.1.2 Método LRFD	69
C5.2 Combinación de compresión axial y flexión	69
C5.2.1 Método ASD.....	69
C5.2.2 Método LRFD	71
C6 Miembros cilíndricos tubulares.....	72
C6.1 Flexión	72
C6.2 Compresión	73
C6.3 Combinación de flexión y compresión	73
D. CONJUNTOS ESTRUCTURALES.....	74
D1 Secciones armadas	74

D1.1 Secciones compuestas por dos perfiles C	74
D1.2 Separación de las conexiones en elementos comprimidos	75
D2 Sistemas mixtos.....	75
D3 Arriostramiento lateral	76
D3.1 Vigas y columnas simétricas.....	76
D3.2 Perfiles C y Z utilizados como vigas	76
D3.2.1 Anclaje del arriostramiento para cubiertas sometidas a cargas gravitatorias que poseen el ala superior conectada al revestimiento	76
D3.2.2 Ninguna de las alas conectadas al revestimiento	78
D3.3 Vigas tipo cajón sin arriostramiento lateral	79
D4 Montantes y conjuntos de montantes que integran un tabique	79
D4.1 Montantes de tabiques comprimidos	80
D4.2 Montantes de tabiques flexados.....	83
D4.3 Montantes de tabiques sometidos a carga axial y flexión.....	83
D5 Construcción de diafragmas de acero para losas, cubiertas o tabiques	83
E. UNIONES Y CONEXIONES	85
E1 Requisitos generales.....	85
E2 Uniones soldadas.....	85
E2.1 Soldaduras de ranura en uniones a tope.....	85
E2.2 Puntos de soldadura por arco.....	86
E2.2.1 Corte	87
E2.2.2 Tracción.....	90
E2.3 Cordones de soldadura por arco	90
E2.4 Soldaduras de filete	92
E2.5 Soldaduras de ranura biselada	93
E2.6 Soldaduras de resistencia.....	95
E3 Uniones abulonadas	96
E3.1 Corte, separación y distancia a los bordes.....	97
E3.2 Tracción en cada una de las partes conectadas.....	98
E3.3 Apoyos.....	99
E3.4 Corte y tracción en los bulones.....	100
E4 Uniones atornilladas.....	103
E4.1 Separación mínima	104
E4.2 Distancias mínimas a los bordes y a los extremos.....	104
E4.3 Corte	104
E4.3.1 Conexiones sometidas a corte	104
E4.3.2 Tornillos sometidos a cortes.....	104
E4.4 Tracción	105
E4.4.1 Arrancamiento	105
E4.4.2 Aplastamiento.....	105
E4.4.3 Tornillos traccionados.....	105
E5 Falla por corte	105
E6 Conexiones a otros materiales	106
E6.1 Apoyos.....	106
E6.2 Tracción	106
E6.3 Corte	106
F. ENSAYOS PARA CASOS ESPECIALES	107
F1 Ensayos para determinar el comportamiento estructural	107
F1.1 Diseño por factores de carga y resistencia.....	107
F1.2 Diseño por tensiones admisibles.....	110
F2 Ensayos para confirmar el comportamiento estructural.....	111

F3	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas.....	111
F3.1	Sección completa	111
F3.2	Elementos planos de secciones formadas	112
F3.3	Acero virgen.....	112

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
A	Superficie total no reducida de la sección transversal del miembro	C3.1.2, C4.4, C6.2, D4.1
A_b	$b_1t + A_s$, para rigidizadores transversales en apoyos interiores y bajo cargas concentradas, y $b_2t + A_s$, para rigidizadores transversales en apoyos extremos	B6.1
A_b	Superficie total de la sección transversal de un bulón	E3.4
A_c	$18t^2 + A_s$, para rigidizadores transversales en apoyos interiores y bajo cargas concentradas, y $10t^2 + A_s$, para rigidizadores transversales en apoyos extremos	B6.1
A_o	Superficie reducida debido al pandeo local	C6.2
A_e	Superficie efectiva a la tensión F_n	B6.1, C4, C6.2, D4.1, D4
A_{ef}	Superficie efectiva de un rigidizador	B5
A_n	Superficie neta de la sección transversal	C2, E3.2
A_s	Superficie reducida de la sección transversal de un rigidizador de borde o intermedio	B4, B4.1, B4.2
A_s	Superficie de la sección transversal de un rigidizador transversal	B6.1
A'_s	Superficie efectiva de un rigidizador	B4, B4.1, B4.2
A_{st}	Superficie de la sección transversal de un rigidizador de borde o intermedio	B5
A_{st}	Superficie total de un rigidizador de corte	B6.2
A_{wn}	Superficie neta del alma	E5
A_1	Superficie de apoyo	E6.1
A_2	Superficie total de la sección transversal de un apoyo de hormigón	E6.1
a	Longitud del panel de corte del elemento de alma no reforzada. Para un elemento de alma reforzada, distancia entre rigidizadores transversales	B6.2, C3.2
a	Distancia del sujetador desde el borde externo del alma	C4.4
a	Longitud del intervalo de arriostramiento	D3.2.2
B_c	Término para determinar el límite de fluencia a tracción de las esquinas	A7.2
b	Ancho de cálculo efectivo de un elemento comprimido	B2.1, B2.2, B2.3, B3.1, B3.2, B4.1 B4.2, B5
b	Ancho de ala	C4.4, D3.2.1
b_d	Ancho efectivo para el cálculo de las deflexiones	B2.1, B2.2
b_e	Ancho de cálculo efectivo de un elemento o subelemento	B2.3, B5
b_o	Ver figura B4-1	B4, B4.1, B5

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
b_1, b_2	Anchos efectivos definidos en la Figura B2.3-1	B2.3
b_1, b_2	Anchos efectivos de los rigidizadores transversales	B6.1
C	Para miembros flexados, relación entre la superficie total de la sección transversal en las esquinas del ala determinante y la superficie total de la sección transversal completa del ala determinante	A7.2
C_b	Coefficiente de flexión que depende del gradiente de momento	C3.1.2
C_m	Coefficiente de momento de extremo en la fórmula de interacción	C5.2.1, C5.2.2
C_{ms}	Coefficiente para arriostramiento lateral de un perfil Z	D3.2.1
C_{mx}	Coefficiente de momento de extremo en la fórmula de interacción	C5.2.1, C5.2.2
C_{my}	Coefficiente de momento de extremo en la fórmula de interacción	C5.2.1, C5.2.2
C_o	Imperfección inicial de una columna	D4.1
C_p	Factor de corrección	F1.1
C_s	Coefficiente para pandeo lateral torsional	C3.1.2
C_{TF}	Coefficiente de momento de extremo en la fórmula de interacción	C3.1.2
C_{th}	Coefficiente para arriostramiento lateral de los perfiles Z	D3.2.1
C_{tr}	Coefficiente para arriostramiento lateral de los perfiles Z	D3.2.1
C_v	Coefficiente de los rigidizadores de corte	B6.2
C_w	Constante de alabeo torsional de la sección transversal	C3.1.2
C_y	Factor de deformación por compresión	C3.1.1
C_1	Término utilizado para calcular la deformación por corte en el revestimiento de los tabiques	D4.1
C_1, C_2	Coefficientes de acuerdo con lo definido en la Figura B4-2	B4, B4.2
C_0, C_1	Coefficientes de abolladura del alma	C3.4
C_2, C_3		
C_4, C_5		
C_6, C_7		
C_8, C_9		
C_1, C_2	Coefficientes de pandeo axial	C4.4
C_3		
c_f	Cantidad de desplazamiento vertical de las alas (longitud)	B1.1
D	Diámetro exterior de un tubo cilíndrico	C6, C6.1, C6.2
D	Profundidad total de un labio rigidizador	B1.1, B4, B4.2, D1.1
D	Coefficiente de rigidizador de corte	B6.2

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
D	Carga permanente nominal	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
D _o	Imperfección inicial de una columna	D4.1
d	Profundidad de una sección	B1.1, B4, C3.1.2, C3.1.3, C4.4, D1.1, D3.2.1, D3.2.2, D4, D4.1
d	Diámetro nominal de un tornillo	E4, E4.1, E4.2, E4.3, E4.3.1, E4.4.1
d	Ancho de un cordón de soldadura por arco	E2.3
d	Diámetro visible de la superficie exterior de un punto de soldadura por arco	E2.2.1, E2.2.2
d	Diámetro de un bulón	E3, E3.1, E3.2, E3.3, E3.4
d _a	Diámetro promedio de un punto de soldadura por arco a la mitad del espesor de t	E2.2.1, E3.2.2
d _a	Ancho promedio de un cordón de soldadura por arco	E2.3
d _e	Diámetro efectivo de la superficie fundida	E2.2, E2.2.1, E2.2.2
d _e	Ancho efectivo de un cordón de soldadura por arco en las superficies fundidas	E2.3
d _h	Diámetro de un orificio estándar	B2.2, E3, E3.1, E5
d _s	Ancho efectivo reducido de un rigidizador	B4, B4.2
d' _s	Ancho efectivo real de un rigidizador	B4, B4.2
d _{wc}	Profundidad de un alma rebajada	E5
d _{wx}	Diámetro de la cabeza de un tornillo o arandela	E4.4
d _w	Valor mayor entre el diámetro de la cabeza del tornillo o el diámetro de la arandela	E4.4.2
E	Módulo de elasticidad longitudinal del acero, 29.500 ksi (203.000 MPa)	B1.1, B2.1, B4, B5, B6.1, B6.2, C3.1.1, C3.1.2, C3.2, C3.4, C3.5.1, C3.5.2, C4.1, C4.4, C5.2.1, C5.2.2, C6, C6.1, C6.2, D1.2, D3.3, D4.1, E2.2.1, E2.2.2
E	Carga sísmica nominal	A4.1, A5.1.2, A5.1.3, A6.1.2
E _o	Imperfección inicial de una columna, medida de la torsión inicial del remache con respecto a la ubicación inicial, ideal, no pandeada	D4.1
E ₁	Término utilizado para calcular la deformación por corte en el revestimiento de los tabiques	D4.1
E'	Módulo de elasticidad inelástico	D4.1

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
e	Distancia, medida en la dirección del esfuerzo, desde el centro de un orificio estándar hasta el borde más cercano de un orificio adyacente o hasta el extremo de la parte conectada hacia la cual se dirige la fuerza	E3.1
e_{min}	Mínima distancia admisible, medida en la dirección del esfuerzo, desde el eje de una soldadura hasta el borde más cercano de una soldadura adyacente o hasta el extremo de la parte conectada hacia la cual se dirige la fuerza	E2.2.1, E2.2.2
e_y	Alargamiento de rotura = F_y/E	C3.1.1
F	Carga nominal debida a fluidos	A4.1, A5.1.4, A6.1.3
F	Factor de fabricación	F1.1
F_e	Tensión de pandeo elástico	C4, C4.1, C4.2, C4.3, C6.2, D4.1
F	Resistencia nominal a la tracción o al corte	E3.4
F_m	Valor promedio del factor de fabricación	F1.1
F_n	Tensión nominal de pandeo	B2.1, C4, C5.2.1, C5.2.2, C6.2, D4, D4.1
F_{nt}	Resistencia a nominal la tracción de los bulon	E3.4
F_{nv}	Resistencia nominal al corte de los bulones	E3.4
F'_{nt}	Resistencia nominal a la tracción para bulones sometidos a una combinación de corte y tracción	E3.4
F_{sy}	Límite de fluencia de acuerdo con lo especificado en las Secciones A3.1 o A3.3.2	A1.2, A3.3.2, E2.2.1, E3.1
F_u	Resistencia a la tracción de acuerdo con lo especificado en las Secciones A3.1 o A3.2	E3.3, A3.3.2, E2.2.1, E2.3, E2.4, E2.5, E3.1, E3.2, E3.3, E5
F_{uv}	Resistencia a la tracción del acero virgen especificada por la Sección A3 o establecida de acuerdo con la Sección F3.3	A7.2
F_{wy}	Límite de fluencia para el diseño de rigidizadores transversales	B6.1
F_{xx}	Denominación del nivel de resistencia en la clasificación de electrodos AWS	E2.1, E2.2.1, E2.2.2, E2.3, E2.4, E2.5
F_{u1}	Resistencia a la tracción del miembro en contacto con la cabeza del tornillo	E4, E4.3.1, E4.4.2
F_{u2}	Resistencia a la tracción de un miembro que no está en contacto con la cabeza del tornillo	E4, E4.3.1, E4.4.1

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
F_y	Límite de fluencia utilizado para el diseño, no debe ser mayor que el límite de fluencia especificado o establecido de acuerdo con la Sección F3, ni mayor que el valor incrementado por la conformación en frío de la Sección A7.2, ni mayor que el valor reducido para los aceros de baja ductilidad de la Sección A3.3.2	A1.2, A3.3.2, A7.1, A7.2, B2.1, B5, B6.1, B6.2, C2, C3.1.1, C3.1.2, C3.1.3, C3.2, C3.4, C3.5.1, C3.5.2, C4, C5.1.2, C5.2.2, C6, C6, C6.2, D1.2, D3.3, D4, 1, E2.1, E3.2
F_{ya}	Límite de fluencia promedio de la sección	A7.2
F_{yc}	Límite de fluencia a tracción de las esquinas	A7.2
F_{yf}	Límite de fluencia promedio ponderado a tracción de las porciones planas	A7.2, F3.2
F_{ys}	Límite de fluencia del acero de los rigidizadores	B6.1
F_{yv}	Límite de fluencia a tracción del acero virgen especificado por la Sección A3 o establecido de acuerdo con la Sección F3.3	A7.2
f	Tensión en el elemento comprimido calculada en base al ancho de cálculo efectivo	B2.1, B2.2, B2.3, B3.1, B3.2, B4.1, B4.2
f_{av}	Tensión media calculada en el ancho total, no reducido, del ala	B1.1
f_c	Tensión correspondiente a carga de servicio en la platabanda	D1.2
f_c	Resistencia a la compresión especificada del hormigón	E6.1
f_d	Tensión de compresión calculada en el elemento analizado. Los cálculos se basan en la sección efectiva a la carga para la cual se determinan las deflexiones	B2.1, B2.2, B3.1, B4.1, B4.2
f_{d1}, f_{d2}	Tensiones f_1 y f_2 calculadas como se ilustra en la Figura B2.3-1. Los cálculos se basan en la sección efectiva a la carga para la cual se determinan las deflexiones	B2.3
f_{d3}	Tensión f_3 calculada en el rigidizador de borde, como se ilustra en la Figura B4-2. Los cálculos se basan en la sección efectiva a la carga para la cual se determinan las deflexiones	B3.2
f_v	Tensión de corte calculada en un bulón	E3.4
f_1, f_2	Tensiones en las alas definidas en la Figura B2.3-1	B2.3
f_3	Tensión en el rigidizador de borde definido por la Figura B4-2	B3.2
G	Módulo de elasticidad transversal del acero, 11.300 ksi (78.000 MPa)	C3.1.2, D4.1
G'	Módulo de elasticidad transversal inelástico	D4.1
g	Distancia vertical entre dos filas de conexiones más próximas a las alas superior e inferior	D1.1

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
H	Carga nominal debida al peso y presión lateral del suelo y el agua presente en el suelo	A4.1, A5.1.4, A6.1.3
h	Profundidad de una porción plana del alma medida a lo largo del plano del alma	B1.2, B6.2, C3.1.1, C3.2, C3.4, C3.5.1, C3.5.2
I_a	Momento de inercia adecuado de un rigidizador, de manera que cada elemento componente se comporte como un elemento rigidizado	B1.1, B4, B4.1, B4.2
I_s	Momento de inercia real de todo el rigidizador respecto a su propio eje baricéntrico paralelo al elemento a rigidizar	B1.1, B4, B4.1, B4.2, B5, B6.2
I_{sf}	Momento de inercia de la totalidad de la superficie del elemento con rigidización múltiple, incluyendo los rigidizadores intermedios, respecto a su propio eje baricéntrico paralelo al elemento a rigidizar	B5
I_x, I_y	Momento de inercia de la totalidad de la sección respecto al eje principal	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2, D1.1, D3.3.2
I_{xy}	Producto de inercia de la totalidad de la sección respecto a los ejes baricéntricos mayor y menor	D3.2.2, D4.1
I_{yc}	Momento de inercia de la porción comprimida de una sección respecto al eje baricéntrico de la totalidad de la sección paralelo al alma, utilizando la sección total no reducida	C3.1.2
J	Constante de torsión de St. Venant	C3.1.2
j	Propiedad de la sección para pandeo flexional-torsional	C3.1.2
K	Factor de longitud efectiva	C4, C4.1, D4.1
K'	Constante	D3.2.2
K_t	Factor de longitud efectiva para torsión	C3.1.2
K_x	Factor de longitud efectiva para pandeo alrededor del eje x	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
K_y	Factor de longitud efectiva para pandeo alrededor del eje y	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
k	Coeficiente de pandeo de placas	B2.1, B2.3, B3.1, B3.2, B4, B4.1, B4.2
k	$894F_y/E$	C3.4
k_a	Coeficiente de pandeo de placas	B4.2
k_u	Coeficiente de pandeo de placas	B4.2
k_v	Coeficiente de pandeo por corte	B6.2, C3.2
L	Longitud total de las vigas simples, distancia entre puntos de inflexión de las vigas continuas, el doble de la longitud de las vigas en voladizo	B1.1, D1.1, C3.2.1
L	Longitud de soldadura	E2.1, E2.5

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
L	Longitud de un cordón de soldadura, excluyendo los extremos redondeados	E2.3
L	Longitud de una soldadura de filete	E2.4
L	Longitud no arriostrada de un miembro	C3.1.2, C4, C4.1, C5.2.1, C5.2.2, D1.1, D4.1
L	Longitud total	D4, D4.1
L	Sobrecarga nominal	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
L_r	Sobrecarga nominal de cubierta	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
L_{st}	Longitud de un rigidizador transversal	B6.1
L_t	Longitud no arriostrada de un miembro comprimido para torsión	C3.1.2
L_x	Longitud no arriostrada de un miembro comprimido para flexión alrededor del eje x	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
L_y	Longitud no arriostrada de un miembro comprimido para flexión alrededor del eje y	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
M_{max} , M_A , M_B M_C	Valor absoluto de los momentos en un segmento no arriostrado, utilizados para determinar C_b	C3.1.2
M_c	Momento crítico	B2.1, C3.1.2
M_e	Momento crítico elástico	C3.1.2
M_m	Valor promedio del factor de material	F1.1
M_n	Resistencia nominal a la flexión	B2.1, C3.1, C3.1.1, C3.1.2, C3.1.3, C3.3.2, C6.1
M	Resistencia a la flexión requerida, ASD	C3.3.1, C3.5.1
M_{nx} , M_{ny}	Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3	C5.1.1, C5.1.2, C5.2.1, C5.2.2
M_{nxo} , M_{nyo}	Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3.1 excluyendo los requisitos de la Sección C3.1.2	C3.3.2, C3.5.2, D4.2, D4.3
M_{no}	Momento nominal de fluencia para perfiles Z anidados	C3.5.1, C3.5.2
M_{nxt} , M_{nyt}	Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas utilizando las propiedades de la sección transversal total, no reducida	C5.1.1, C5.1.2
M_x , M_y	Resistencia a la flexión requerida respecto a los ejes baricéntricos, para ASD	C4, C5.1.1, C5.2.1
M_u	Resistencia a la flexión requerida, para LRFD	C3.3.2, C3.5.2

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
M_{ux} , M_{uy}	Resistencia a la flexión requerida respecto a los ejes baricéntricos, para LRFD	C4, C5.1.2, C5.2.2
M_y	Momento que provoca una deformación máxima e_y	B2.1, C3.1.2
M_1	Menor momento de extremo	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
M_2	Mayor momento de extremo	C3.1.2, C5.2.1, C5.2.2
m	Grados de libertad	F1.1
m	Término para determinar el límite de fluencia a tracción de las esquinas	A7.2
m	Parámetro de la abolladura del alma	C3.4
m	Distancia entre el centro de corte de un perfil C y el plano medio de su alma	D1.1, D3.2.2
N	Longitud de apoyo real	C3.4, C3.5.1, C3.5.2
n	Número de perforaciones	E5
n	Número de ensayos	F1.1
n_p	Número de líneas de correas paralelas	D3.2.1
P	Cargas, fuerzas y efectos nominales debidos al estancamiento	A4.1, A5.1.4, A6.1.3
P	Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector, para ASD	C3.5.1
P	Resistencia requerida (fuerza nominal) transmitida por una soldadura, para ASD	E2.21
P	Resistencia a la compresión axial requerida, para ASD	A3.3.1, C5.2.1
P	Factor profesional	F1.1
P_{Ex} , P_{Ey}	Resistencias al pandeo elástico	C5.2.1, C5.2.2
P_L	Fuerza que debe resistir una riostra de una viga intermedia	D3.2.1, D3.2.2
P_m	Valor promedio de las relaciones entre cargas ensayadas y cargas pronosticadas	F1.1
P_n	Resistencia nominal a la abolladura del alma de un miembro	C3.4, C3.5.1, C3.5.2
P_n	Resistencia axial nominal de un miembro	A3.3.1, B6.1, C4, C4.4, C5.2.1, C5.2.2, C6.2, D4.1, D4.3
P_n	Resistencia nominal de un componente de una conexión	E2.1, E2.2.1, E2.2.2, E2.3, E2.4, E2.5, E2.6, E3.1, E3.2, E3.4
P_n	Resistencia nominal de apoyo	E3.3
P_{no}	Resistencia axial nominal de un miembro determinada de acuerdo con la Sección C4 con $F_n = F_y$	C5.2.1, C5.2.2
P_{not}	Resistencia nominal al arrancamiento de cada tornillo	E4, E4.4.1, E4.4.3

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
P_{nov}	Resistencia nominal al aplastamiento de cada tornillo	E4, E4.4.1, E4.4.3
P_{ns}	Resistencia nominal al corte de cada tornillo	E4, E4.3.1, E4.3.2
P_{nt}	Resistencia nominal a la tracción de cada tornillo	E4, E4.4.3
P_p	Capacidad portante nominal sobre hormigón	E6.1
P_s	Carga concentrada o reacción	D1.1
P_u	Resistencia requerida a la compresión axial, para LRFD	A3.3.1, C5.2.2
P_u	Resistencia requerida (fuerza factoreada) transmitida por una soldadura, para LRFD	E2.2.1
P_u	Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector, para LRFD	C3.5.2
$\bar{Q}$	Rigidez al corte de cálculo para revestimiento a ambos lados del tabique	D4.1
$\bar{Q}_a$	$\bar{Q}/A$	D4.1
$\bar{Q}_t$	$(\bar{Q}d^2)/(4Ar_o^2)$	D4.1
$\bar{Q}_o$	Parámetro del revestimiento	D4.1
Q_i	Efecto de las cargas	F1.1
q	Carga de diseño en el plano del alma	D1.1
R	Resistencia requerida, para ASD	A5.1.1
R	Factor de reducción	C3.1.3
R	Coefficiente	C6.2
R	Radio interno de plegado	A7.2, C3.4, C3.5.1, C3.5.2
R_a	Resistencia de cálculo admisible	F1.2
R_n	Resistencia nominal	A1.2, A5.1.1, A6.1.1, F2
R_n	Valor promedio de todos los resultados de ensayo	F1.1, F1.2
R_r	Carga nominal de lluvia sobre la cubierta	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
R_u	Resistencia requerida, para LRFD	A6.1.1
r	Radio de giro de la sección transversal total, no reducida	C4, C4.1
r	Fuerza transmitida por el bulón o por los bulones en la sección considerada, dividida por la fuerza de tracción en el miembro en dicha sección	E3.2
r_{cy}	Radio de giro de un perfil C respecto a su eje baricéntrico paralelo al alma	D1.1
r_l	Radio de giro de un perfil doble T respecto al eje perpendicular a la dirección en la cual se produciría pandeo para las condiciones dadas de apoyo en los extremos y arriostramiento intermedio	D1.1
r_o	Radio de giro polar de la totalidad de la sección transversal respecto al centro de corte	C3.1.2, C4.2, D4.1
r_x, r_y	Radio de giro de la totalidad de la sección transversal respecto al eje baricéntrico principal	C3.1.2, D4.1

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
S	$1,28\sqrt{E/f}$	B4, B4.1, B4.2
S	Carga de nieve nominal	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
S_c	Módulo resistente elástico de la sección efectiva calculado a una tensión M_c/S_f en la fibra extrema comprimida	B2.1, C3.1.2
S_e	Módulo resistente elástico de la sección efectiva calculado con la fibra extrema comprimida o traccionada a F_y	C3.1.1, C3.1.3
S_f	Módulo resistente elástico de la sección total, no reducida, para la fibra extrema comprimida	B2.1, C3.1.2, C6.1
S_{ft}	Módulo resistente de la sección total para la fibra extrema traccionada	C5.1.1, C5.1.2
S_n	Resistencia nominal al corte en el plano de un diafragma	D5
s	Separación de los sujetadores	D1.2, D4.1
s	Separación en la línea de fuerza de las soldaduras, remaches o bulones que conectan una platabanda comprimida con un rigidizador no integral u otro elemento	E3.2
s	Separación de las soldaduras	D1.1
s'	Separación de los sujetadores para la cual $\overline{Q_o}$ está tabulado	D4.1
S_{max}	Máxima separación longitudinal admisible para soldaduras u otros conectores que unen dos perfiles C para formar una sección doble T	D1.1
T	Fuerzas y efectos autodeformantes	A4.1, A5.1.4, A6.1.3
T	Resistencia a la tracción axial requerida, para ASD	C5.1.1
T_n	Resistencia nominal a la tracción	C2, C5.1.1, C5.1.2
T_s	Resistencia de cálculo de una conexión traccionada	D1.1
T_u	Resistencia a la tracción axial requerida, para LRFD	C5.1.2
t	Espesor del acero base de cualquier elemento o sección	A1.2, A3.4, A7.2, B1.1, B1.2, B2.1, B2.2, B4, B4.1, B4.2, B5, B6.1, B6.2, C3.1.1, C3.2, C3.4, C3.5.1, C3.5.2, C4.4, C6, C6.1, C6.2, D1.1, D1.2, D4
t	Espesor de un alma rebajada	E5
t	Espesor total de las dos planchas soldadas	E2.2.1, E2.2.2
t	Espesor de la pieza más delgada conectada	E2.3, E2.4, E2.5, E3.1, E3.2, E3.3
t_1	Espesor del miembro en contacto con la cabeza del tornillo	E4, E4.3.1, E4.4.2

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
t_2	Espesor de un miembro que no está en contacto con la cabeza del tornillo	E4, E4.3.1, E4.4.1
t_c	Valor menor entre la profundidad de penetración y t_2	E4.4.1
t_e	Dimensión efectiva de la garganta de una soldadura de ranura	E2.1
t_s	Espesor equivalente de un elemento con rigidización múltiple	B5, B6.1
t_w	Garganta efectiva de una soldadura	E2.4, E2.5
V	Resistencia al corte requerida, para ASD	C3.3.1
V_F	Coefficiente de variación del factor de fabricación	F1.1
V_M	Coefficiente de variación del factor de material	F1.1
V_n	Resistencia al corte nominal	B6.2, C3.2, C3.3.2, E5
V_P	Coefficiente de variación de las relaciones entre cargas ensayadas y cargas pronosticadas	F1.1
V_Q	Coefficiente de variación del efecto de las cargas	F1.1
V_u	Resistencia al corte requerida, para LRFD	C3.3.2
W	Carga de diseño soportada por todas las líneas de correas que están siendo restringidas	D3.2.1
W	Carga de viento nominal	A4.1, A5.1.2, A6.1.2
w	Ancho plano de un elemento excluyendo los radios	B1.1, B2.1, B2.2, B3.1, B4, B4.1, B4.2, B5, C3.1.1, D1.2
w	Ancho plano del ala de la viga que está en contacto con la placa de apoyo	C3.5.1, C3.5.2
w_f	Ancho de la proyección del ala más allá del alma, o la mitad de la distancia entre las almas en el caso de vigas cajón o secciones en U	B1.1
w_f	Proyección de las alas a partir de la cara interna del alma	B1.1, D1.1
w_1	Canto de la soldadura	E2.4
w_2	Canto de la soldadura	E2.4
x	Distancia entre una carga concentrada y una riostra	D3.2.2
x	Posición adimensional de los sujetadores	C4.4
x_o	Distancia entre el centro de corte y el baricentro medida sobre el eje principal x	C3.1.2, C4.2, D4.1
Y	Límite de fluencia del acero del alma dividido por el límite de fluencia del acero del rigidizador	B6.2
α	Parámetro para determinar la superficie efectiva de un rigidizador	B5

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
$1/\alpha_x$ $1/\alpha_y$	Factores de amplificación	C5.2.1, C5.2.2
β	Coeficiente	C4.2, D4.1
β_o	Índice de confiabilidad meta	F1.1
γ	Deformación por corte real en el revestimiento	D4.1
$\bar{\gamma}$	Deformación por corte admisible del revestimiento	D4.1
γ_i	Factor de carga	F1.1
θ	Ángulo que forma el alma con la superficie de apoyo $> 45^\circ$ pero no superior a 90°	C3.4
θ	Ángulo que forma la vertical con el plano del alma de un perfil Z, grados	D3.2.1
θ	Ángulo que forma un elemento con su rigidizador de borde	B4, B4.2
λ, λ_c	Factores de esbeltez	B2.1, B2.2, C3.5.1, C3.5.2, C4, C6.2
λ_1, λ_2	Parámetros utilizados para determinar el factor de deformación por compresión	C3.1.1
μ	Coeficiente de Poisson del acero = 0,30	C3.2
ρ	Factor de reducción	A7.2, B2.1, F3.1
σ_{CR}	Tensión teórica de pandeo elástico	D4.1
σ_{ex}	$(\pi^2 E)/(K_x L_x / r_x)^2$ $(\pi^2 E)/(L / r_x)^2$	C3.1.2, C4.2 D4.1
σ_{exy}	$(\pi^2 E I_{xy})/(A L^2)$	D4.1
σ_{ey}	$(\pi^2 E)/(K_y L_y / r_y)^2$ $(\pi^2 E)/(L / r_y)^2$	C3.1.2 D4.1
σ_{tQ}	$\sigma_t + \bar{Q}_t$	D4.1
σ_t	Tensión de pandeo torsional	C3.1.2, C4.2, D4.1
ϕ	Factor de resistencia	A1.2, A6.1.1, C3.5.2, C4.4, E2.1, E2.2.1, E2.2.2, E2.3, E2.4, E2.5, E2.6, E3.1, E3.2, E3.3, E3.4, E4, E4.3.2, E4.4, E4.4.3, E5, F1.1, F1.2
ϕ_b	Factor de resistencia para resistencia a la flexión	C3.1.1, C3.1.2, C3.1.3, C3.3.2, C3.5.2, C5.1.2, C5.2.2, C6.1, D4.2
ϕ_c	Factor de resistencia para miembros con carga de compresión concéntrica	A3.3.1, B6.1, C4, C5.2.2, C6.2, D4.1

SÍMBOLOS Y DEFINICIONES

Símbolo	Definición	Sección
ϕ_c	Factor de resistencia para resistencia en apoyo	E6.1
ϕ_d	Factor de resistencia para diafragmas	D5
ϕ_t	Factor de resistencia para miembros traccionados	C2, C5.1.2
ϕ_v	Factor de resistencia para resistencia al corte	C3.2, C3.3.2
ϕ_w	Factor de resistencia para resistencia a la abolladura del alma	C3.4, C3.5.2
ψ	f_2/f_1	B2.3
Ω	Factor de seguridad	A1.2, A5.1.1, C4.4, E2.1, E2.2.1, E2.2.2, E2.3, E2.4, E2.5, E2.6, E3.1, E3.2, E3.3, E3.4, E4, E4.3.2, E4.4, E4.4.3, E5, F1.2
Ω_b	Factor de seguridad para la resistencia a flexión	C3.1.1, C3.1.2, C3.1.3, C5.1.1, C5.2.1, C6.1, D4.2
Ω_c	Factor de seguridad para miembros con carga de compresión concéntrica	C4, C5.2.1, C6.2, D4.1
Ω_c	Factor de seguridad para resistencia de apoyo	B6.1, E6.1
Ω_d	Factor de seguridad para diafragmas	D5
Ω_t	Factor de seguridad para miembros traccionados	C2, C5.1.1
Ω_v	Factor de seguridad para resistencia al corte	C3.2
Ω_w	Factor de seguridad para resistencia a la abolladura del alma	C3.4

ESPECIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO

A. REQUISITOS GENERALES

A1 Límites de aplicación y terminología

A1.1 Alcance y límites de aplicación

Esta *Especificación* se aplica al diseño de miembros estructurales conformados en frío a partir de láminas, planchas, planchuelas, o barras de acero al carbono o de baja aleación de no más de una pulgada (25,4 mm) de espesor y utilizadas para soportar cargas en un edificio. Está permitido utilizarla para estructuras que no sean edificios siempre que los efectos dinámicos se consideren adecuadamente.

El diseño se debe efectuar de acuerdo con los requisitos para el Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), o de acuerdo con los requisitos para el Diseño por Tensiones Admisibles (ASD). Ambos métodos son igualmente aceptables, aunque es posible que no produzcan idénticos resultados. Sin embargo, al diseñar los diferentes componentes de acero conformado en frío de una estructura no se deben mezclar estos dos métodos.

A1.2 Terminología

En esta *Especificación* los siguientes términos tienen los significados indicados a continuación:

- (a) *ASD (Diseño por Tensiones Admisibles)*. Método para dimensionar componentes estructurales (miembros, conectores, elementos de conexión y conjuntos ensamblados) de manera tal que la resistencia requerida del componente determinada por los efectos de todas las combinaciones de cargas nominales que corresponda no supere la tensión admisible, la fuerza admisible o el momento admisible
- (b) *Miembros estructurales de acero conformado en frío*. Los miembros estructurales de acero conformado en frío son perfiles que se fabrican plegando chapas metálicas, longitudes cortadas de bobinas o planchas, o laminando bobinas o planchas laminadas en frío o laminadas en caliente; siendo ambas operaciones realizadas a temperatura ambiente, es decir, sin agregar calor del modo que sería necesario para un conformado en caliente.
- (c) *Ensayo de confirmación*. Un ensayo de confirmación es un ensayo que se efectúa, si se desea, sobre miembros, conexiones y conjuntos diseñados de acuerdo con los requisitos de los Capítulos A a E de esta Especificación o sus referencias específicas, a fin de comparar el comportamiento real con el comportamiento calculado.
- (d) *Resistencia de cálculo*. Resistencia factoreada, ϕR_n o resistencia admisible, R_n/Ω (fuerza, momento, según corresponda), proporcionada por el componente estructural
- (e) *Ancho efectivo de cálculo*. Cuando por motivos de cálculo se reduce el ancho plano de un elemento, el ancho de cálculo reducido se denomina ancho efectivo o ancho de cálculo efectivo.

- (f) *Relación entre el ancho plano de un miembro y su espesor.* Ancho plano de un elemento medido sobre su plano, dividido por su espesor.
- (g) *Pandeo local.* Pandeo de elementos sólo dentro de una sección, en el cual las líneas de unión entre los elementos permanecen rectas y los ángulos entre los elementos no varían.
- (h) *LRFD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia).* Método para dimensionar componentes estructurales (miembros, conectores, elementos de conexión y conjuntos ensamblados) de manera tal que cuando la estructura es sometida a todas las combinaciones de cargas que corresponda no se supera ninguno de los estados límites aplicables.
- (i) *Elementos con rigidización múltiple.* Un elemento con rigidización múltiple es un elemento que está rigidizado entre sus almas, o entre un alma y un borde rigidizado, por medio de rigidizadores intermedios que son paralelos a la dirección del esfuerzo. Un *subelemento* es la porción comprendida entre rigidizadores adyacentes o entre el alma y un rigidizador intermedio o entre un rigidizador de borde y un rigidizador intermedio.
- (j) *Cargas nominales.* Magnitudes de las cargas especificadas en el código aplicable excluyendo los factores de carga.
- (k) *Resistencia nominal.* Capacidad de una estructura o componente de resistir los efectos de las cargas. Se calcula utilizando las resistencias y dimensiones especificadas de los materiales y ecuaciones derivadas a partir de principios aceptados de la mecánica estructural, o bien mediante ensayos en obra o ensayos efectuados en laboratorio sobre modelos a escala, considerando los efectos del modelado, y las diferencias entre las condiciones en obra y las condiciones de laboratorio.
- (l) *Ensayo de comportamiento.* Un ensayo de comportamiento es un ensayo efectuado sobre miembros, conexiones y conjuntos estructurales cuyos comportamientos no se pueden determinar aplicando los requisitos de los Capítulos A a E de esta *Especificación* o sus referencias específicas.
- (m) *Sección con simetría puntual.* Una sección con simetría puntual es una sección simétrica con respecto a un punto (baricentro), como por ejemplo un perfil Z de alas iguales.
- (n) *Resistencia requerida.* Efecto de las cargas (fuerza, momento, según corresponda) que actúa sobre un componente estructural. Se determina mediante un análisis estructural a partir de las cargas factoreadas en el caso de LRFD o a partir de las cargas nominales en el caso de ASD (utilizando las combinaciones de cargas críticas más adecuadas).
- (o) *Factor de resistencia.* Factor que toma en cuenta las inevitables diferencias que existen entre la resistencia real y su valor nominal y los modos de falla y sus consecuencias.
- (p) *Límite de fluencia mínimo especificado.* El límite de fluencia mínimo especificado es el límite inferior del límite de fluencia que debe ser igualado o superado en un ensayo normalizado para determinar que un lote de acero es adecuada para fabricar miembros estructurales de acero conformado en frío diseñados para dicho límite de fluencia.
- (q) *Elementos comprimidos rigidizados o parcialmente rigidizados.* Un elemento comprimido rigidizado o parcialmente rigidizado es un elemento comprimido plano (es decir, una ala plana comprimida de un miembro flexionado o un alma o ala plana de un miembro comprimido) en el cual ambos bordes paralelos a la dirección del esfuerzo están rigidizados ya sea por un alma, un ala, un labio rigidizador, un rigidizador intermedio u otro elemento similar.

- (r) *Tensión*. De acuerdo con el uso que se le da en esta *Especificación*, el término tensión significa fuerza por unidad de superficie.
- (s) *Espesor*. El espesor, t , de cualquier elemento o sección es el espesor del acero base, excluyendo cualquier revestimiento.
- (t) *Pandeo flexional torsional*. El pandeo flexional torsional es un modo de pandeo en el cual los miembros comprimidos se pueden flexionar y torsionar simultáneamente sin que se modifique la forma de su sección transversal.
- (u) *Elementos comprimidos no rigidizados*. Un elemento comprimido no rigidizado es un elemento comprimido plano que sólo está rigidizado en uno de los bordes paralelos a la dirección del esfuerzo.
- (v) *Acero virgen*. Acero virgen se refiere al acero tal como se recibe del fabricante o proveedor, antes de ser trabajado en frío en una operación de fabricación.
- (w) *Propiedades del acero virgen*. Propiedades del acero virgen se refiere a las propiedades mecánicas del acero virgen, tales como el límite de fluencia, la resistencia a la tracción y el alargamiento.
- (x) *Límite de fluencia*. De acuerdo con el uso que se le da en esta *Especificación*, el término límite de fluencia, F_y o F_{sy} significa límite de fluencia o resistencia de fluencia.

A1.3 Unidades de los símbolos y términos

La *Especificación* ha sido preparada de manera que es posible utilizar cualquier sistema de unidades compatibles, excepto en aquellos casos en los cuales el texto de estos requisitos explícitamente establece lo contrario.

A2 Geometrías y formas constructivas no abarcadas por la *Especificación*

No es la intención de los requisitos de la *Especificación* impedir el uso de geometrías o formas constructivas alternativas que no estén expresamente prohibidas en la presente. Estas alternativas deberán cumplir con los requisitos del Capítulo F de la *Especificación* y deberán ser aprobadas por la autoridad competente.

A3 Material

A3.1 Aceros aplicables

Esta *Especificación* requiere el empleo de acero de calidad estructural de acuerdo con lo definido en general por los requisitos de las siguientes especificaciones de la ASTM (*American Society for Testing and Materials*):

ASTM A36/A36M, Carbon Structural Steel

ASTM A242/A242M, High-Strength Low-Alloy Structural Steel

ASTM A283/A283M, Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates

ASTM A500, Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes

ASTM A529/A529M, High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality

ASTM A570/A570M, Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality

ASTM A572/A572M, High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

ASTM A588/A588M, High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi (345 MPa) Minimum Yield Point to 4 in. (100 mm) Thick
ASTM A606, Steel, Sheet and Strip, High Strength, Low Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance
ASTM A607, Steel, Sheet and Strip, High Strength, Low Alloy, Columbium or Vanadium, or both, Hot-Rolled and Cold-Rolled
ASTM A611 (Grades A, B, C, and D), Steel, Sheet, Carbon, Cold-Rolled, Structural Quality
ASTM A653/A653M (SQ Grades 33, 37, 40, and 50 Class 1 and Class 3; HSLA Types I and II, Grades 50, 60, 70 and 80), Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvanealed) by the Hot-Dip Process
ASTM A715 (Grades 50, 60, 70 and 80), Steel Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, and Steel Sheet, Cold Rolled, High-Strength, Low-Alloy UIT Improved Formability
ASTM A792/A792M (Grades 33, 37, 40, and 50A), Steel Sheet, 55% Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process

A3.2 Otros aceros

El listado de la Sección A3.1 no excluye el empleo de aceros de hasta una pulgada (25,4 mm) de espesor inclusive ordenados o producidos conforme a otras especificaciones diferentes a las listadas, siempre y cuando dichos aceros cumplan con los requisitos químicos y mecánicos de una de las especificaciones listadas u otra especificación publicada que establezca sus propiedades y aplicaciones, y siempre que ya sea el fabricante o el comprador efectúen análisis, ensayos y otros controles similares en cuanto a su alcance y forma a los prescritos por una de las especificaciones listadas en la Sección A3.3.

A3.3 Ductilidad

Los aceros no listados en la Sección A3.1 y utilizados para miembros y conexiones estructurales de acuerdo con la Sección A3.2 deberán cumplir con uno de los siguientes requisitos de ductilidad:

A3.3.1 La relación entre la resistencia a la tracción y el límite de fluencia no debe ser menor que 1,08; y el alargamiento total no debe ser menor que el 10 por ciento de una muestra normalizada de dos pulgadas (51 mm) de longitud ó 7 por ciento de una muestra normalizada de ocho pulgadas (203 mm) de longitud ensayadas de acuerdo con la norma ASTM A370. Si estos requisitos no se pueden cumplir, se deben satisfacer los siguientes criterios: (1) el alargamiento localizado en una longitud de ½ pulgada (12,7 mm) a lo largo de la fractura no debe ser menor que 20%, (2) el alargamiento uniforme fuera de la fractura no debe ser menor que 3%*. Cuando la ductilidad del material se determina en base a los criterios de alargamiento localizado y alargamiento uniforme, el uso de dicho material se debe limitar al diseño de correas y cintas** de acuerdo con las Secciones C3.1.1(a), C3.1.2, C3.1.3 y

* En la publicación "Métodos Normalizados para Determinar la Ductilidad Uniforme y Localizada", Manual para el Diseño de Acero Conformado en Frio, Parte VIII, se puede obtener más información sobre los procedimientos de ensayo.

** Miembros estructurales horizontales que soportan un tablero de cubierta o un panel de revestimiento y las cargas aplicadas fundamentalmente por flexión.

C3.1.4. En el caso de correas y cintas sometidas a una combinación de carga axial y momento flector (Sección C5), si el diseño se efectúa por tensiones admisibles, $\frac{\Omega_c P}{P_n}$ no debe ser mayor que 0,15; mientras que si el diseño se efectúa aplicando LRFD, $\frac{P_c}{\phi_c P_n}$ no debe ser mayor que 0,15.

A3.3.2 Está permitido utilizar los aceros que cumplen con las normas ASTM A653 (Acero estructural de Grado 80) y A611 (Grado E) y otros aceros que no satisfacen los requisitos de la Sección A3.3.1 para determinadas configuraciones de múltiples almas, tales como tableros para cubiertas, tableros laterales o tableros para losas, siempre que (1) la resistencia a la fluencia, F_y , utilizada para determinar la resistencia nominal en los Capítulos B, C y D se tome como el 75 por ciento del límite de fluencia mínimo especificado ó 60 ksi (414 MPa), cualquiera sea el menor y (2) la resistencia a la tracción, F_u , utilizada para determinar la resistencia nominal en el Capítulo E se tome como el 75 por ciento de la resistencia a la tracción mínima especificada ó 62 ksi (428 MPa), cualquiera sea el menor. Otra alternativa permitida consiste en demostrar que estos aceros son adecuados para cualquier configuración dada efectuando ensayos de carga de acuerdo con los requisitos de la Sección F1. Las resistencias de cálculo basadas en estos ensayos no deben ser mayores que las resistencias calculadas de acuerdo con los Capítulos B a E, utilizando el límite de fluencia mínimo especificado, F_{sy} , para F_y y la resistencia a la tracción mínima especificada, F_u .

A3.4 Espesor mínimo entregado

En cualquier punto del producto conformado en frío tal como es entregado en obra el espesor mínimo del acero no revestido debe ser mayor o igual que el 95 por ciento del espesor, t , utilizado para su diseño. Sin embargo, estarán permitidos espesores menores en los pliegues, tales como las esquinas, debido a los efectos de la conformación en frío.

A4 Cargas

A4.1 Cargas nominales

Las cargas nominales deben ser las estipuladas en el código o especificación aplicable conforme a la cual se ha de calcular la estructura, o bien según lo dicten las condiciones involucradas. En ausencia de un código o especificación, las cargas nominales serán las establecidas en la norma ASCE 7, Cargas de Diseño Mínimas para Edificios y Otras Estructuras. Los siguientes símbolos y definiciones describen las cargas a las cuales se hace referencia en esta *Especificación*:

D = Carga permanente, compuesta por:

- (a) peso propio del miembro;
- (b) peso de todos los materiales de construcción incorporados al edificio que son soportados por el miembro, incluyendo los tabiques incorporados; y

- (c) peso de los equipos permanentes.
- E = Carga sísmica
- F = Cargas debidas a fluidos con presiones y alturas máximas bien definidas
- L = Sobrecargas debidas al uso y ocupación esperados, incluyendo las cargas debidas a objetos móviles y tabiques móviles y las cargas que la estructura soporta transitoriamente durante su mantenimiento. L incluye cualquier reducción permitida. Si en el diseño se toma en cuenta la resistencia a las cargas de impacto, estos efectos se deben incluir junto con la sobrecarga.
- L_r = Sobrecarga sobre la cubierta
- S = Carga de nieve
- R_r = Carga de lluvia, exceptuando el estancamiento
- H = Cargas debidas al peso y presión lateral del suelo y del agua presente en el suelo
- P = Cargas, fuerzas y efectos de las cargas debidas al estancamiento
- T = Fuerzas y efectos autodeformantes que surgen de la contracción o expansión provocada por los cambios de temperatura, retracción, cambios de humedad, fluencia lenta de los materiales componentes, movimientos provocado por asentamientos diferenciales, o combinaciones de los mismos
- W = Carga de viento

A4.2 Estancamiento

A menos que la superficie de una cubierta tenga una pendiente hacia puntos de libre drenaje o hacia desagües individuales suficiente para impedir la acumulación del agua de lluvia, se debe efectuar un análisis racional del sistema de cubierta para garantizar su estabilidad bajo condiciones de estancamiento.

A5 Diseño por tensiones admisibles

A5.1 Fundamentos del diseño

El diseño conforme a esta Sección de la *Especificación* se debe efectuar en base a los principios del Diseño por Tensiones Admisibles (ASD). Se deben aplicar todos los requisitos de esta *Especificación*, excepto los contenidos en la Sección A6.

A5.1.1 Requisitos de resistencia para ASD

Un diseño satisface los requisitos de esta *Especificación* cuando la resistencia de cálculo admisible de cada uno de los componentes estructurales es mayor o igual que la resistencia requerida, determinada en base a las cargas nominales, para todas las combinaciones de cargas aplicables.

El diseño se debe efectuar de acuerdo con la Ecuación (A5.1.1-1):

$$R \leq R_n / \Omega \quad (\text{Ec. A5.1.1-1})$$

donde

R = Resistencia requerida

- R_n = Resistencia nominal especificada en los Capítulos B a E
 Ω = Factores de seguridad especificados en los Capítulos B a E
 R_n/Ω = Resistencia de cálculo admisible

A5.1.2 Combinaciones de cargas*

En ausencia de un código o especificación aplicable, o si el código o especificación aplicable no incluye combinaciones de cargas para ASD, la estructura y sus componentes se deben diseñar de manera que las resistencias de cálculo admisibles sean mayores o iguales que los efectos de las cargas nominales para cada una de las siguientes combinaciones de cargas:

1. D
2. D + L + (L_r o S o R_r)
3. D + (W o E)
4. D + L + (L_r o S o R_r) + (W o E)

A5.1.3 Cargas de viento o cargas sísmicas

Cuando las combinaciones de cargas especificadas en el código o especificación aplicable o en la Sección A5.1.2 incluyen cargas de viento o cargas sísmicas, estará permitido multiplicar las fuerzas resultantes por 0,75. Además, cuando el modelo de cargas sísmicas especificado en el código o especificación aplicable es en base a estados límites, estará permitido multiplicar la carga sísmica resultante (E) por 0,67.

Excepción:

No se permite ninguna reducción de las fuerzas cuando se evalúan diafragmas aplicando los requisitos de la Sección D5.

A5.1.4 Otras cargas

Cuando sean significativos se deberán considerar los efectos estructurales de F, H, P y T.

A6 Diseño por factores de carga y resistencia

A6.1 Fundamentos del diseño

Los diseños conformes a esta Sección de la *Especificación* se deben efectuar en base a los principios del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD). Se deben aplicar todos los requisitos de esta *Especificación*, excepto los contenidos en la Sección A5.

A6.1.1 Requisitos de resistencia para LRFD

* Para la construcción de losas y cubiertas, en la Sección A5.1.2 del Comentario se incluyen referencias a combinaciones de cargas recomendadas para cargas permanentes, peso del hormigón y cargas de construcción incluyendo equipos, obreros y encofrados.

Un diseño satisface los requisitos de esta *Especificación* cuando la resistencia de cálculo de cada uno de los componentes estructurales es mayor o igual que la resistencia requerida determinada en base a las cargas nominales, multiplicadas por los factores de carga correspondientes, para todas las combinaciones de cargas aplicables.

El diseño se debe efectuar de acuerdo con la Ecuación (A6.1.1-1):

$$R_u \leq \phi R_n \quad (\text{Ec. A6.1.1-1})$$

donde

R_u = Resistencia requerida

R_n = Resistencia nominal especificada en los Capítulos B a E

ϕ = Factor de resistencia especificado en los Capítulos B a E

ϕR_n = Resistencia de cálculo

A6.1.2 Factores de carga y combinaciones de cargas*

En ausencia de un código o especificación aplicable, o si el código o especificación aplicable no incluye combinaciones de cargas y factores de carga para LRFD, la estructura y sus componentes se deben diseñar de manera que las resistencias de cálculo sean mayores o iguales que los efectos de las cargas nominales factoreadas para cada una de las siguientes combinaciones de cargas:

1. $1,4 D + L$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (0,5 L \text{ ó } 0,8 W)$
4. $1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
5. $1,2 D + 1,5 E + 0,5 L + 0,2 S$
6. $0,9 D - (1,3 W \text{ ó } 1,5 E)$

Excepciones:

1. En las combinaciones (5) y (6) el factor de carga correspondiente a E es igual a 1,0 cuando el modelo de cargas sísmicas especificado por el código o especificación aplicable se basa en estados límites.
2. En las combinaciones (3), (4) y (5) el factor de carga correspondiente a L es igual a 1,0 en el caso de cocheras para estacionamiento de vehículos, áreas ocupadas como lugares de asamblea pública y todas las áreas en las cuales la sobrecarga es superior a 100 psf.
3. Para el caso de viento sobre correas, cintas, paneles de tabiques y tableros de cubiertas, multiplicar el factor de carga correspondiente a W por 0,9.
4. En la combinación (3) el factor de carga correspondiente a L_r es igual a 1,4 en vez de 1,6 cuando la sobrecarga de cubierta se debe a la presencia de trabajadores y materiales durante las tareas de reparación.

A6.1.3 Otras cargas

Cuando sean significativos, los efectos estructurales de F, H, P o T se deberán considerar en el diseño utilizando las siguientes cargas factoreadas: $1,3F$; $1,6H$; $1,2P$ y $1,2T$.

* Para la construcción losas y cubiertas, en la Sección A5.1.2 del Comentario se incluyen referencias a combinaciones de cargas recomendadas para cargas permanentes, peso del hormigón y cargas de construcción incluyendo equipos, obreros y encofrados.

A7 Límite de fluencia e incremento de la resistencia debido a la conformación en frío

A7.1 Límite de fluencia

El límite de fluencia utilizado para en el diseño, F_y , no debe ser mayor que el límite de fluencia mínimo especificado de los aceros según lo listado en las Secciones A3.1 ó A3.3.2, según lo establecido de acuerdo con el Capítulo F, o según el incremento debido a la conformación en frío descrito en la Sección A7.2.

A7.2 Incremento de la resistencia debido a la conformación en frío

Estará permitido incrementar la resistencia debido a la conformación en frío substituyendo F_{ya} por F_y , siendo F_{ya} el límite de fluencia promedio de la sección completa. Este incremento se debe limitar a las Secciones C2, C3.1 (excluyendo la Sección C3.1.1(b)), C5, C5, C6 y D4. Las limitaciones y métodos para determinar F_{ya} son los siguientes:

(a) Para los miembros solicitados a compresión axial y miembros solicitados a flexión cuyas dimensiones son tales que la magnitud p para capacidad de carga es igual a la unidad según lo determinado de acuerdo con la Sección B2 para cada uno de los elementos componentes de la sección, la tensión de fluencia de cálculo, F_{ya} , del acero se debe determinar en base a uno de los métodos siguientes:

- (1) ensayos de tracción de sección completa [ver párrafo (a) de la Sección F3.1]
- (2) ensayos de columnas cortas [ver párrafo (b) de la Sección F3.1]
- (3) cálculo de la siguiente manera:

$$F_{ya} = CF_{yc} + (1 - C)F_{yf} \quad (\text{Ec. A7.2-1})$$

donde

F_{ya} = Límite de fluencia promedio del acero en la sección completa de los miembros comprimidos o secciones completas de las alas de los miembros flexados

C = Para los miembros comprimidos, relación entre la superficie total de la sección transversal en las esquinas y la superficie total de la sección transversal completa; para miembros flexados, relación entre la superficie total de la sección transversal en las esquinas del ala determinantes y la superficie total de la sección transversal completa del ala determinante.

F_{yf} = Promedio ponderado del límite de fluencia a tracción de las porciones planas establecido de acuerdo con la Sección F3.2 o límite de fluencia del acero virgen si no se efectúan ensayos

$F_{yc} = B_c F_{yv} / (R/t)^m$, límite de fluencia a tracción de las esquinas. Esta ecuación es aplicable sólo cuando $F_{uv}/F_{yv} \geq 1.2$, $R/t \leq 7$, y el ángulo comprendido es $\leq 120^\circ$ (Ec. A7.2-2)

$$B_c = 3,69 \left(F_{uv} / F_{yv} \right) - 0,819 \left(F_{uv} / F_{yv} \right)^2 - 1,79 \quad (\text{Ec. A7.2-3})$$

$$m = 0,192 \left(F_{uv} / F_{yv} \right) - 0,068 \quad (\text{Ec. A7.2-4})$$

R = Radio interno de plegado

F_{yv} = Límite de fluencia a tracción del acero virgen* especificado por la Sección A3 o establecido de acuerdo con la Sección F3.3.

F_{uv} = Resistencia última a la tracción del acero virgen* especificada por la Sección A3 o establecida de acuerdo con la Sección F3.3.

- (b) Para miembros sometidos a carga de tracción axial el límite de fluencia del acero se debe determinar ya sea por el método (1) o por el método (3) prescriptos en el párrafo (a) de esta Sección.
- (c) El efecto que provocan las soldaduras sobre las propiedades mecánicas de un miembro se debe determinar en base a ensayos de probetas de sección completa que posean soldaduras como las que utilizará el fabricante. Si estos miembros se utilizarán estructuralmente se deberá tomar en cuenta cualquier corrección que fuera necesaria.

A8 Serviciabilidad

Las estructuras se deben diseñar de manera que satisfagan las funciones requeridas durante su vida útil esperada. Los límites de serviciabilidad se deben seleccionar en base a la función que cumplirá la estructura, y se deben evaluar utilizando cargas y combinaciones de cargas realistas.

A9 Documentos de referencia

En esta *Especificación* se hace referencia a los siguientes documentos:

1. American Society of Civil Engineers, ASCE 7-95, "Minimum Design Loads in Buildings and Other Structures," American Society of Civil Engineers (ASCE), 1801 Alexander Bell Drive, Reston VA, 20191
2. American Institute of Steel Construction, "Specification for Structural Steel Buildings, Allowable Stress Design and Plastic Design," American Institute of Steel Construction (AISC), One East Wacker Drive, Suite 3100, Chicago, Illinois 60601-2001, Junio 1, 1989
3. American Institute of Steel Construction, "Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings", American Institute of Steel Construction (AISC), One East Wacker Drive, Suite 3100, Chicago, Illinois 60601-2001, Diciembre 1, 1993
4. American Welding Society, AWS D1.3-89, "Structural Welding Code – Sheet Steel," American Welding Society (AWS), 550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida 33135
5. American Welding Society, AWS C1.1-66, "Recommended Practices for Resistance Welding," American Welding Society (AWS), 550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida 33135
6. American Welding Society, AWS C1.3-70 (Reaffirmed 1987), "Recommended Practices for Resistance Welding Coated Low Carbon Steels," American Welding Society (AWS), 550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida 33135

* Acero virgen se refiere a la condición del acero (es decir, en bobinas o recto) antes de la operación de conformado en frío.

7. American Society for Testing and Materials (ASTM), 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959: ASTM A36/A36M – 94, Carbon Structural Steel

ASTM A36/A36M-94, Carbon Structural Steel

ASTM A194/A194M-95, Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High-Pressure and High Temperature Service

ASTM A242/A242M-93a, High-Strength Low-Alloy Structural Steel

ASTM A283/A283M-93a, Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates

ASTM A307-94a, Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength

ASTM A325-94, Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength

ASTM A325M-93, High Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]

ASTM A354-95, Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners

ASTM A370-95, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

ASTM A449-93, Quenched and Tempered Steel Bolts and Studs

ASTM A490-93, Heat-Treated Steel Structural Bolts, 150ksi Minimum Tensile Strength

ASTM A490M-93, High Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints [Metric]

ASTM A500-93, Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes

ASTM A529/A529M-94, High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality

ASTM A563-94, Carbon and Alloy Steel Nuts

ASTM A563M-94, Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]

ASTM A570/A570M-95, Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality

ASTM A572/A572M-94c, High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

ASTM A588/A588M-94, High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi (345MPa) Minimum Yield Point to 4 in. (100 mm) Thick

ASTM A606-91a, Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance

ASTM A607-92a, Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Columbium or Vanadium, or Both, Hot-Rolled and Cold-Rolled

ASTM A611-94, Steel, Sheet, Carbon, Cold-Rolled, Structural Quality

ASTM A653/A653M-95, Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvanealed) by the Hot-Dip Process

ASTM A715-92a, Steel Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, and Steel Sheet, Cold-Rolled, High-Strength, Low-Alloy, with Improved Formability

ASTM A792/A792M-95, Steel Sheet, 55% Aluminum- Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process

ASTM F436-93, Hardened Steel Washers

ASTM F436M-93, Hardened Steel Washers [Metric]

ASTM F844-90, Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use

ASTM F959-95, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use
with Structural Fasteners

ASTM F959M-95, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use
with Structural Fasteners [Metric]

B. ELEMENTOS

B1 Limitaciones y consideraciones sobre las dimensiones

B1.1 Consideraciones sobre la relación entre el ancho plano de las alas y su espesor

(a) *Máximas relaciones entre el ancho plano y el espesor*

Las máximas relaciones entre el ancho plano y el espesor, w/t , despreciando los rigidizadores intermedios y considerando t como el espesor real del elemento, deben ser las siguientes:

- (1) Elemento comprimido rigidizado que posee *un* borde longitudinal conectado a un alma o ala, el otro rigidizado por:

Labio rigidizador simple	60
--------------------------	----

Cualquier otro tipo de rigidizador en el cual $I_s \geq I_a$ y $D/w \leq 0,8$ de acuerdo con la Sección B4.2	90
--	----

- (2) Elemento comprimido rigidizado con *ambos* bordes longitudinales conectados a otros elementos rigidizados
- 500

- (3) Elemento comprimido no rigidizado y elementos con un rigidizador de borde en el cual $I_s < I_a$ y $D/w \leq 0,8$ de acuerdo con la Sección B4.2
- 60

Nota: Es probable que los elementos comprimidos no rigidizados que poseen relaciones w/t superiores a aproximadamente 30 y los elementos comprimidos rigidizados que poseen relaciones w/t superiores a aproximadamente 250 desarrollen una deformación considerable en la resistencia de cálculo total, sin que esto afecte la capacidad del miembro de desarrollar la resistencia requerida.

Los elementos rigidizados que poseen relaciones w/t mayores que 500 se pueden utilizar para soportar las cargas requeridas con una resistencia de cálculo adecuada. Sin embargo, las importantes deformaciones de estos elementos generalmente invalidan las ecuaciones de cálculo de esta Especificación.

(b) *Desplazamiento vertical de las alas*

Cuando el ala de un miembro flexado es inusualmente ancha y se desea limitar la máxima cantidad de desplazamiento vertical o movimiento del ala hacia el eje neutro, se aplica la siguiente ecuación para alas comprimidas y traccionadas, ya sea rigidizadas o no rigidizadas:

$$w_f = \sqrt{0,061tdE/f_{av}} \sqrt[4]{(100c_f/d)} \quad (Ec. B1.1-1)$$

donde

- w_f = Ancho del ala que se proyecta más allá del alma;
o la mitad de la distancia entre las almas de vigas cajón o secciones en U
- t = Espesor del ala
- d = Profundidad de la viga
- c_f = Cantidad de desplazamiento vertical*
- f_{av} = Tensión media calculada en el ancho total, no reducido, del ala (Cuando los miembros se diseñan utilizando el procedimiento del ancho efectivo de cálculo, la tensión media es igual a la tensión máxima multiplicada por la relación entre el ancho efectivo de cálculo y el ancho real.)

(c) *Tramos cortos que soportan cargas concentradas*

Cuando la viga tiene una longitud de menos de $30w_f$ (donde w_f corresponde a lo definido a continuación) y soporta una carga concentrada, o varias cargas separadas más de $2w_f$, el ancho efectivo de cálculo de cualquier ala, ya sea traccionada o comprimida, se debe limitar a los siguientes valores:

TABLA B.1.1(c)
ALAS CORTAS Y ANCHAS
MÁXIMA RELACIÓN ADMISIBLE ENTRE ANCHO EFECTIVO DE CÁLCULO Y ANCHO REAL

L/w_f	Relación	L/w_f	Relación
30	1,00	14	0,82
25	0,96	12	0,78
20	0,91	10	0,73
18	0,89	8	0,67
16	0,86	6	0,55

donde

- L = Longitud total para las vigas simples; o distancia entre puntos de inflexión para las vigas continuas; o el doble de la longitud para las vigas en voladizo.
- w_f = Ancho de la proyección del ala más allá del alma para las vigas doble T y secciones similares; o la mitad de la distancia entre las almas en el caso de vigas cajón o secciones en U.

Para las alas de vigas doble T y secciones similares rigidizadas en sus bordes exteriores mediante labios rigidizadores, w_f se debe tomar como la suma de la proyección del ala más allá del alma más la profundidad del labio.

B1.2 Máxima relación entre la profundidad del alma y su espesor

La relación h/t de las almas de los miembros flexados no debe ser mayor que los siguientes límites:

* La cantidad de desplazamiento vertical de las alas que se puede tolerar varía para los diferentes tipos de sección y este valor debe ser establecido por el diseñador.

- (a) Para almas no reforzadas: $(h/t)_{\max} = 200$
- (b) Para almas con rigidizadores transversales que satisfacen los requisitos de la Sección B6.1:
 - (1) Cuando sólo se utilizan rigidizadores de apoyo, $(h/t)_{\max} = 260$
 - (2) Cuando se utilizan rigidizadores de apoyo y rigidizadores intermedios, $(h/t)_{\max} = 300$

siendo

h = Profundidad de la porción plana del alma medida sobre el plano del alma
t = Espesor del alma

Si un alma está compuesta por dos o más planchas, la relación h/t se debe calcular para las planchas individuales.

B2 Anchos efectivos de los elementos rigidizados

B2.1 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos

(a) Determinación de la capacidad de carga

El ancho efectivo, b, se debe determinar utilizando las siguientes ecuaciones:

$$b = w \quad \text{cuando } \lambda \leq 0,673 \quad (\text{Ec. B2.1-1})$$

$$b = \rho w \quad \text{cuando } \lambda > 0,673 \quad (\text{Ec. B2.1-2})$$

donde

w = Ancho plano como se ilustra en la Figura B2.1-1

$$\rho = (1 - 0,22/\lambda)/\lambda \quad (\text{Ec. B2.1-3})$$

λ es un factor de esbeltez que se determina de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{f}{E}} \quad (\text{Ec. B2.1-4})$$

donde

t = Espesor de los elementos rigidizados uniformemente comprimidos

f es de la siguiente manera:

Para los miembros flexados:

- (1) Si se utiliza el Procedimiento I de la Sección C3.1.1:

Cuando en el elemento considerado la fluencia inicial es en compresión, $f = F_y$.

Cuando la fluencia inicial es en tracción, la tensión de compresión, f, en el elemento considerado se debe determinar en base a la sección efectiva en M_y (momento que provoca la fluencia inicial)

- (2) Si se utiliza el procedimiento II de la Sección C3.1.1, f es la tensión en el elemento considerado en M_n determinada en base a la sección efectiva.
- (3) Si se utiliza la Sección C3.1.2, f es la tensión M_c/S_f de acuerdo con lo descrito en dicha Sección al determinar S_c

En el caso de los miembros comprimidos, f se toma igual a F_n de acuerdo con lo determinado en las Secciones C4 o D4.1 según sea aplicable.

E = Módulo de elasticidad longitudinal

k = Coeficiente de pandeo de placas
 = 4 para elementos rigidizados apoyados sobre un alma en cada borde longitudinal.
 En las secciones aplicables se dan valores para diferentes tipos de elementos.

(b) *Determinación de la deflexión*

El ancho efectivo, b_d , utilizado para calcular la deflexión se debe determinar utilizando las siguientes ecuaciones:

$$b_d = w \quad \text{cuando } \lambda \leq 0,673 \quad (\text{Ec. B2.1-5})$$

$$b_d = \rho w \quad \text{cuando } \lambda > 0,673 \quad (\text{Ec. B2.1-6})$$

donde

w = Ancho plano

ρ = Factor de reducción determinado por uno de los dos procedimientos siguientes:

(1) Procedimiento I.

Se puede obtener una estimación baja del ancho efectivo utilizando las Ecuaciones B2.1-3 y B2.1-4 excepto que f_d se sustituye por f , siendo f_d la tensión de compresión calculada en el elemento considerado.

(2) Procedimiento II.

Para los elementos rigidizados soportados por un alma en cada borde longitudinal, se puede obtener una mejor estimación del ancho efectivo calculando ρ de la siguiente manera:

$$\rho = 1 \quad \text{cuando } \lambda \leq 0,673 \quad (\text{Ec. B2.1-7})$$

$$\rho = (1,358 - 0,461/\lambda)/\lambda \quad \text{cuando } 0,673 < \lambda < \lambda_c \quad (\text{Ec. B2.1-8})$$

$$\rho = (0,41 - 0,59\sqrt{F_y/f_d} - 0,22/\lambda)/\lambda \quad \text{cuando } \lambda \geq \lambda_c \quad (\text{Ec. B2.1-9})$$

en ningún caso ρ debe ser mayor que 1,0.

donde

$$\lambda_c = 0,256 + 0,328(w/t)\sqrt{F_y/E} \quad (\text{Ec. B2.1-10})$$

y λ corresponde a lo definido por la Ec. B2.1-4, excepto que f_d se sustituye por f .

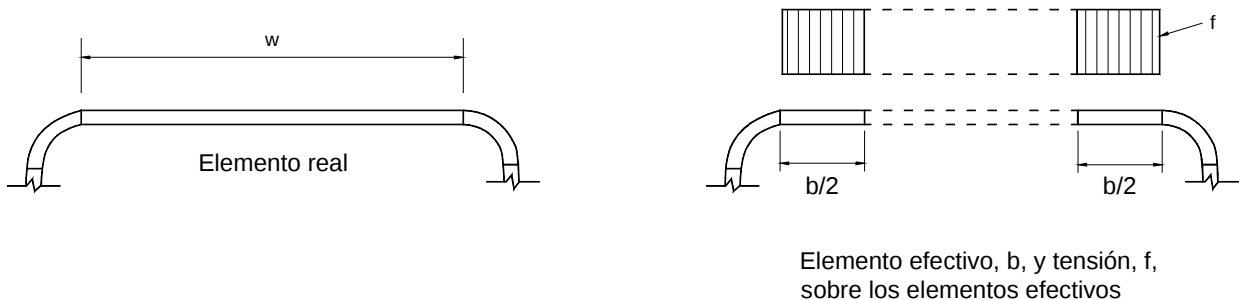


Figura B2.1 Elementos rigidizados

B2.2 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos con perforaciones circulares

(a) Determinación de la capacidad de carga

El ancho efectivo, b , se debe determinar de la siguiente manera:

para $0,50 \geq \frac{d_h}{w} \geq 0$, y $\frac{w}{t} \leq 70$ y

la distancia entre los centros de las perforaciones $\geq 0,50w$ y $\geq 3d_h$,

$$b = w - d_h \quad \text{cuando } \lambda \leq 0,673 \quad (\text{Ec. B2.2-1})$$

$$b = \frac{w \left[1 - \frac{(0,22)}{\lambda} - \frac{(0,8d_h)}{w} \right]}{\lambda} \quad \text{cuando } \lambda > 0,673 \quad (\text{Ec. B2.2-2})$$

b no debe ser mayor que $w - d_h$

donde

w = Ancho plano

d_h = Diámetro de las perforaciones

λ corresponde a lo definido en la Sección B2.1.

(b) Determinación de la deflexión

El ancho efectivo, b_d , utilizado para calcular la deflexión debe ser igual a b determinado de acuerdo con el Procedimiento I de la Sección B2.1b, excepto que f_d se sustituye por f , siendo f_d la tensión de compresión calculada en el elemento considerado.

B2.3 Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones

(a) Determinación de la capacidad de carga

Los anchos efectivos, b_1 y b_2 , como se ilustra en la Figura B2.3-1, se deben determinar utilizando las siguientes ecuaciones:

$$b_1 = b_e / (3 - \psi) \quad (\text{Ec. B2.3-1})$$

$$\text{Para } \psi \leq -0,236 \quad (\text{Ec. B2.3-2})$$

$$b_2 = b_e / 2$$

$b_1 + b_2$ no debe ser mayor que la porción comprimida del alma calculada en base a la sección efectiva

$$\text{Para } \psi > -0,236$$

$$b_2 = b_e - b_1 \quad (\text{Ec. B2.3-3})$$

donde

b_e = Ancho efectivo b determinado de acuerdo con la Sección B2.1 sustituyendo f_1 por f y determinando k de la siguiente manera:

$$k = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi) \quad (\text{Ec. B2.3-4})$$

$$\psi = f_2 / f_1 \quad (\text{Ec. B2.3-5})$$

f_1, f_2 = Tensiones ilustradas en la Figura B2.3-1 calculadas en base a la sección efectiva.

f_1 es compresión (+) y f_2 puede ser tracción (-) o compresión (+). En caso que tanto f_1 como f_2 sean compresión, $f_1 \geq f_2$.

(b) *Determinación de la deflexión*

Los anchos efectivos utilizados para calcular las deflexiones se deben determinar de acuerdo con la Sección B2.3a, excepto que f_{d1} y f_{d2} se sustituyen por f_1 y f_2 , siendo f_{d1} y f_{d2} las tensiones calculadas f_1 y f_2 como se muestra en la Figura B2.3-1 basadas en la sección efectiva a la carga para la cual se determinan las deflexiones.

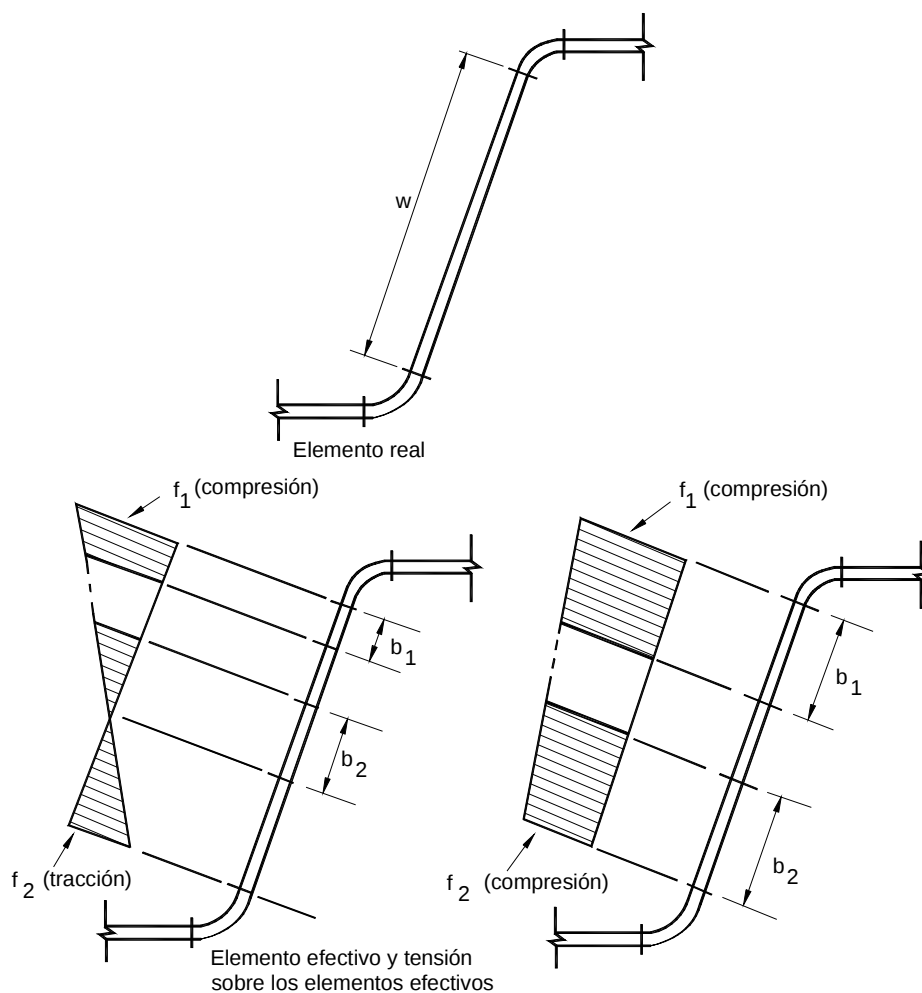


Figura B2.3-1 Elementos rigidizados con gradiente de tensiones

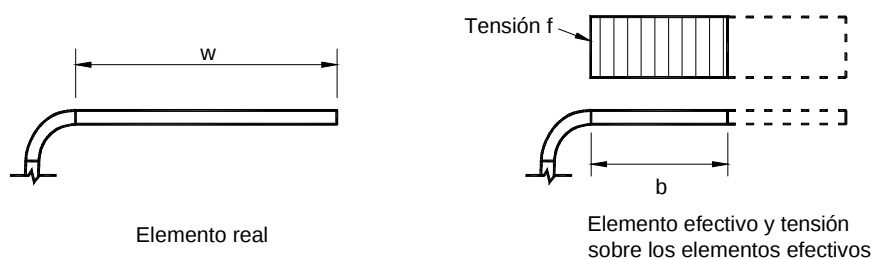


Figura B3.1-1 Elemento no rigidizado con compresión uniforme

B3 Anchos efectivos de los elementos no rigidizados

B3.1 Elementos no rigidizados uniformemente comprimidos

(a) *Determinación de la capacidad de carga*

El ancho efectivo, b , se debe determinar de acuerdo con la Sección B2.1a, excepto que k se debe tomar igual a 0,43 y w como se define en la Figura B3.1-1.

(b) *Determinación de la deflexión*

El ancho efectivo, b_d , utilizado para calcular la deflexión se debe determinar de acuerdo con el Procedimiento I de la Sección B2.1b, excepto que f_d se sustituye por f y $k = 0,43$.

B3.2 Elementos no rigidizados y rigidizadores de borde con gradiente de tensiones

(a) *Determinación de la capacidad de carga*

El ancho efectivo, b , se debe determinar de acuerdo con la Sección B2.1a con $f = f_3$ como en la Figura B4-2 en el elemento y $k = 0,43$.

(b) *Determinación de la deflexión*

El ancho efectivo, b_d , usada para calcular la deflexión se debe determinar de acuerdo con el Procedimiento I de la Sección B2.1b, excepto que f_{d3} se sustituye por f y $k = 0,43$, siendo f_{d3} la tensión calculada f_3 como se muestra en la Figura B4-2. Los cálculos se basan en la sección efectiva a la carga para la cual se determinan las deflexiones.

B4 Anchos efectivos de los elementos con un rigidizador intermedio o un rigidizador de borde

En esta sección se utiliza la siguiente notación

S	$= 1,28\sqrt{E/f}$	(Ec. B4-1)
k	$=$ Coeficiente de pandeo	
b_o	$=$ Dimensión definida en la Figura B4-1	
d, w, D	$=$ Dimensiones definidas en la Figura B4-2	
d_s	$=$ Ancho efectivo reducido del rigidizador de acuerdo con lo especificado en esta sección. d_s , calculado de acuerdo con la Sección B4.2, se debe utilizar para calcular las propiedades de la sección efectiva total (ver Figura B4-2)	
d'_s	$=$ Ancho efectivo del rigidizador calculado de acuerdo con la Sección B3.1 (ver Figura B4-2)	
C_1, C_2	$=$ Coeficientes definidos en la Figura B4-2	
A_s	$=$ Superficie reducida del rigidizador de acuerdo con lo especificado en esta sección. A_s se debe utilizar para calcular las propiedades de la sección efectiva total. Se debe considerar que el baricentro del rigidizador está ubicado en el baricentro de la superficie total del rigidizador.	
I_a	$=$ Momento de inercia adecuado del rigidizador, de manera que cada elemento componente se comporte como un elemento rigidizado.	
I_s, A'_s	$=$ Momento de inercia de la sección total del rigidizador respecto a su propio eje baricéntrico paralelo al elemento a rigidizar, y superficie efectiva del rigidizador, respectivamente. Para los rigidizadores de borde, la esquina redondeada entre el rigidizador y el elemento a rigidizar no se debe	

considerar parte del rigidizador.

Para el rigidizador ilustrado en la Figura B4-2:

$$I_s = (d^3 t \sin^2 \theta) / 12 \quad (\text{Ec. B4-2})$$

$$A'_s = d'_s t \quad (\text{Ec. B4-3})$$

B4.1 Elementos uniformemente comprimidos con un rigidizador intermedio

(a) Determinación de la resistencia

Caso I: Para $b_o/t \leq S$

$I_a = 0$ (no es necesario ningún rigidizador intermedio)

$b = w$

(Ec. B4.1-1)

$A_s = A'_s$

(Ec. B4.1-2)

Caso II: Para $S < b_o/t < 3S$

$$I_a / t^4 = [50(b_o/t)/S] - 50$$

(Ec. B4.1-3)

b y A_s se calculan de acuerdo con la Sección B2.1a donde

$$k = 3(I_s / I_a)^{1/2} + 1 \leq 4$$

(Ec. B4.1-4)

$$A_s = A'_s (I_s / I_a) \leq A'_s$$

(Ec. B4.1-5)

Caso III: Para $b_o/t \geq 3S$

$$I_a / t^4 = [128(b_o/t)/S] - 285$$

(Ec. B4.1-6)

b y A_s se calculan de acuerdo con la Sección B2.1a donde

$$k = 3(I_s / I_a)^{1/3} + 1 \leq 4$$

(Ec. B4.1-7)

$$A_s = A'_s (I_s / I_a) \leq A'_s$$

(Ec. B4.1-8)

(b) Determinación de la deflexión

El ancho efectivo, b_d , utilizado para calcular la deflexión se debe determinar como en la Sección B4.1a, excepto que f_d se sustituye por f .

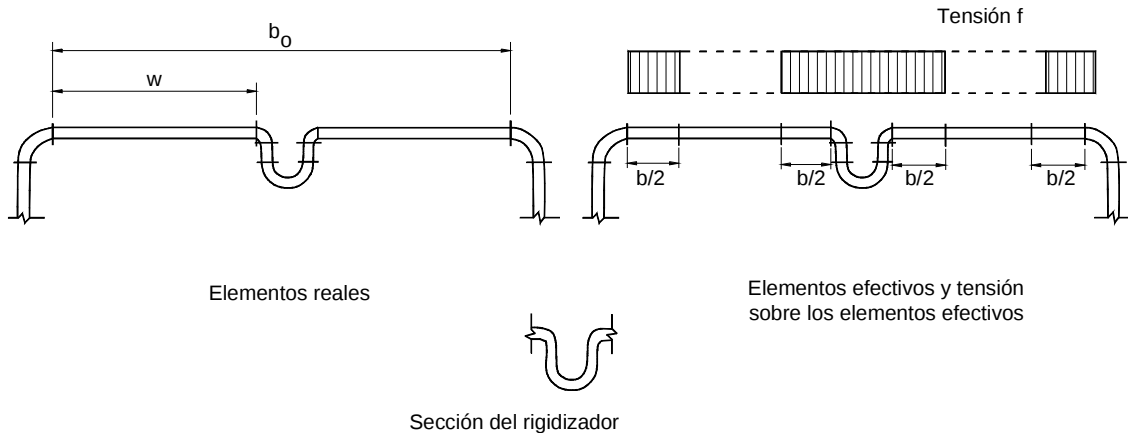


Figura B4-1 Elementos con rigidizador intermedio

B4.2 Elementos uniformemente comprimidos con un rigidizador de borde

(a) Determinación de la resistencia

Caso I: Para $w/t \leq S/3$

$$I_a = 0 \quad (\text{no se requiere rigidizador de borde})$$

$$b = w$$

(Ec. B4.2-1)

$$d_s = d'_s \text{ para labio rigidizador simple}$$

(Ec. B4.2-2)

$$A_s = A'_s \text{ para rigidizadores de otras formas}$$

(Ec. B4.2-3)

Caso II: Para $S/3 < w/t < S$

$$I_a / t^4 = 399 \left\{ \left[(w/t)/S \right] - \sqrt{k_u/4} \right\}^3$$

(Ec. B4.2-4)

$$n = 1/2$$

$$C_2 = I_s / I_a \leq 1$$

(Ec. B4.2-5)

$$C_1 = 2 - C_2$$

(Ec. B4.2-6)

b se debe calcular de acuerdo con la Sección B2.1 donde

$$k = C_2^n (k_a - k_u) + k_u$$

(Ec. B4.2-7)

$$k_u = 0,43$$

Para labio rigidizador simple con $140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$

y $D/w \leq 0,8$ siendo θ como se muestra en la Fig. B-4.2:

$$k_a = 5,25 - 5(D/w) \leq 4,0$$

(Ec. B4.2-8)

$$d_s = C_2 d'_s$$

(Ec. B4.2-9)

Para rigidizadores de otras formas:

$$k_a = 4,0$$

$$A_s = C_2 A'_s$$

(Ec. B4.2-10)

Caso III: Para $w/t \geq S$

$$I_a / t^4 = \left[115(w/t)/S \right] + 5$$

(Ec. B4.2-11)

C_1, C_2, b, k, d_s, A_s se calculan de acuerdo con el Caso II con $n = 1/3$.

(b) Determinación de la deflexión

El ancho efectivo, b_d , utilizado para calcular la deflexión se debe determinar como en la Sección B4.2a, excepto que f_d se sustituye por f .

B5 Anchos efectivos de elementos rigidizados en sus bordes con rigidizadores intermedios o elementos rigidizados con más de un rigidizador intermedio

Para determinar el ancho efectivo se debe despreciar el rigidizador intermedio de un elemento rigidizado en sus bordes o los rigidizadores de un elemento rigidizado con más de un rigidizador, a menos que cada rigidizador intermedio tenga el I_s mínimo siguiente:

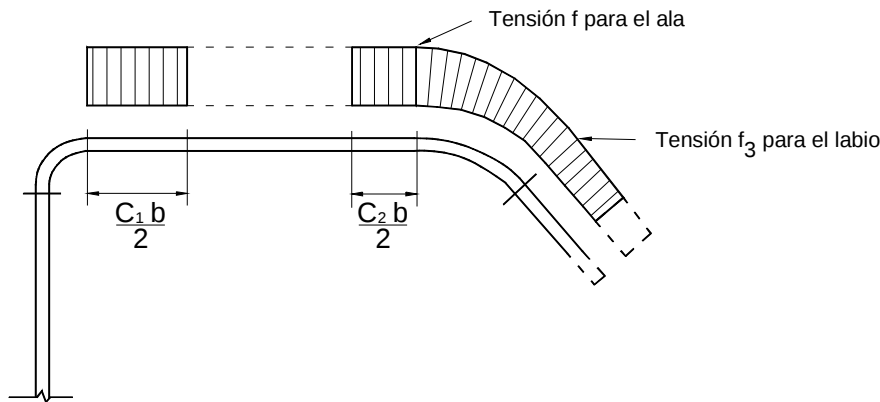
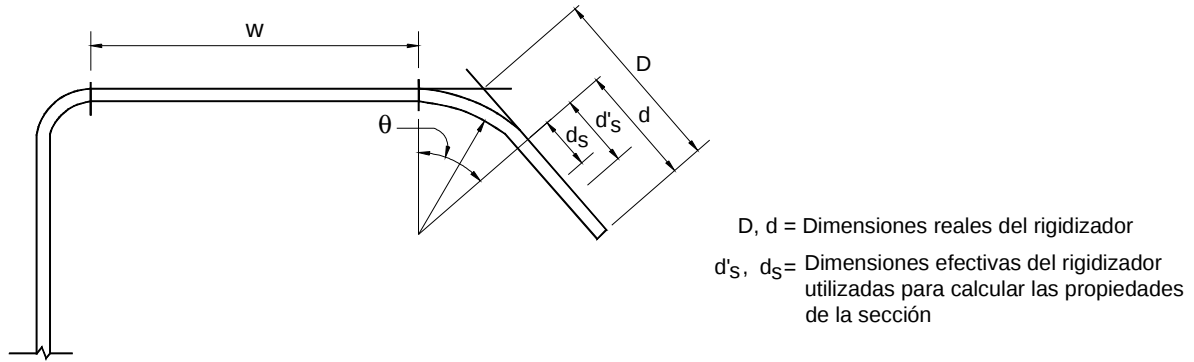
$$I_{\min} / t^4 = 3,66 \sqrt{(w/t)^2 - (0,136E)/F_y} \geq 18,4$$

(Ec. B5-1)

donde

w/t = Relación ancho-espesor del subelemento rigidizado de mayor tamaño

I_s = Momento de inercia de todo el rigidizador respecto a su propio eje baricéntrico paralelo al elemento a rigidizar



Elemento efectivo y tensión sobre el elemento efectivo y rigidizador

Figura B4-2 Elementos con rigidizador de borde

- Si la separación de los rigidizadores intermedios entre dos almas es tal que para el subelemento entre rigidizadores $b < w$ según se determina en la Sección B2.1, sólo dos rigidizadores intermedios se considerarán efectivos (aquellos más próximos a cada una de las almas).
- Si la separación de los rigidizadores intermedios entre un alma y un rigidizador de borde es tal que para el subelemento entre rigidizadores $b < w$ como se determina en la Sección B2.1, sólo un rigidizador intermedio se considerará efectivo (el más próximo al alma).
- Si los rigidizadores intermedios están tan próximos uno de otro que para los elementos entre rigidizadores $b = w$ según se determina en la Sección B2.1, todos los rigidizadores se pueden considerar efectivos. Al calcular la relación entre el ancho plano y el espesor de todo el elemento con rigidización múltiple, dicho elemento se debe considerar reemplazado por un "elemento equivalente" sin rigidizadores intermedios cuyo ancho, b_o , es el ancho total entre las almas o entre el alma y el rigidizador de borde, y cuyo espesor equivalente, t_s , se determina de la siguiente manera:

$$t_s = \sqrt[3]{12I_{sf} / b_o} \quad (Ec. B5-2)$$

donde

I_{sf} = Momento de inercia de la totalidad de la superficie del elemento con rigidización múltiple, incluyendo los rigidizadores intermedios, respecto a su

propio eje baricéntrico. El momento de inercia de la totalidad de la sección se debe calcular suponiendo que el "elemento equivalente" está ubicado en el eje baricéntrico del elemento con rigidización múltiple, incluyendo el rigidizador intermedio. Para calcular el módulo resistente de la sección se debe utilizar la distancia real a la fibra extrema.

- (d) Si $w/t > 60$, el ancho efectivo, b_e , del subelemento o elemento se debe determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{b_e}{t} = \frac{b}{t} - 0,10 \left[\frac{w}{t} - 60 \right] \quad (\text{Ec. B5-3})$$

donde

w/t = relación entre el ancho plano y el espesor del subelemento o elemento

b = ancho efectivo de cálculo determinado de acuerdo con los requisitos de la Sección B2.1

b_e = ancho efectivo de cálculo del subelemento o elemento a utilizar en los cálculos

Para calcular las propiedades estructurales efectivas de un miembro con subelementos o elementos comprimidos o elementos sujetos a la anterior reducción del ancho efectivo, la sección de los rigidizadores (rigidizador de borde o rigidizadores intermedios) se debe considerar reducida a una superficie efectiva de la siguiente manera:

Para $60 < w/t < 90$:

$$A_{ef} = \alpha A_{st} \quad (\text{Ec. B5-4})$$

donde

$$\alpha = \left(3 - 2b_e / w \right) - \frac{1}{30} \left[1 - \frac{b_e}{w} \right] \left[\frac{w}{t} \right] \quad (\text{Ec. B5-5})$$

Para $w/t \geq 90$:

$$A_{ef} = (b_e / w) A_{st} \quad (\text{Ec. B5-6})$$

En las expresiones anteriores, A_{ef} y A_{st} se refieren solamente a la sección del rigidizador, excluyendo cualquier porción de los elementos adyacentes.

El baricentro del rigidizador se debe considerar ubicado en el baricentro de la totalidad de la superficie del rigidizador, y el momento de inercia del rigidizador respecto a su propio eje baricéntrico será el correspondiente a la sección total del rigidizador.

B6 Rigidizadores

B6.1 Rigidizadores transversales

Los rigidizadores transversales unidos a las almas de las vigas en los puntos de aplicación de cargas concentradas o reacciones se deben diseñar como miembros comprimidos. Las cargas concentradas o reacciones se deben aplicar directamente sobre los rigidizadores, o bien cada rigidizador se deberá ajustar con precisión a la porción plana del ala para proporcionar un apoyo directo hacia el extremo del rigidizador. Se deben proveer medios para transferir el corte entre el rigidizador y el alma de acuerdo con el Capítulo E. Para las cargas concentradas o reacciones la resistencia nominal es igual a P_n , siendo P_n el valor menor obtenido de (a) y (b):

$$(a) \quad P_n = F_{wy} A_c \quad (Ec. B6.1-1)$$

(b) P_n = Resistencia axial nominal evaluada de acuerdo con la Sección C4(a), reemplazando A_e por A_b

$$\Omega_c = 2,00 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_c = 0,85 \text{ (LRFD)}$$

donde

$$A_c = 18t^2 + A_s, \text{ para rigidizadores transversales en apoyos interiores y bajo cargas concentradas} \quad (Ec. B6.1-2)$$

$$A_c = 10t^2 + A_s, \text{ para rigidizadores transversales en apoyos extremos} \quad (Ec. B6.1-3)$$

F_{wy} = Menor valor de F_y para el alma de la viga, o F_{ys} para la sección del rigidizador

$$A_b = b_1 t + A_s, \text{ para rigidizadores transversales en apoyos interiores y bajo cargas concentradas} \quad (Ec. B6.1-4)$$

$$A_b = A_b = b_2 t + A_s, \text{ para rigidizadores transversales en apoyos extremos} \quad (Ec. B6.1-5)$$

A_s = Sección transversal de los rigidizadores transversales

$$b_1 = 25t \left[0,0024 (L_{st} / t) + 0,72 \right] \leq 25t \quad (Ec. B6.1-6)$$

$$b_2 = 12t \left[0,0044 (L_{st} / t) + 0,83 \right] \leq 12t \quad (Ec. B6.1-7)$$

L_{st} = Longitud del rigidizador transversal

t = Espesor base del alma de la viga

La relación w/t_s de los elementos rigidizados y no rigidizados de los rigidizadores transversales de acero conformado en frío no debe ser mayor que $1,28\sqrt{E/F_{ys}}$ y $0,37\sqrt{E/F_{ys}}$, respectivamente, siendo F_{ys} la tensión de fluencia y t_s el espesor del acero del rigidizador.

B6.2 Rigidizadores de corte

Cuando se requieran rigidizadores de corte, su separación se debe basar en la resistencia nominal al corte, V_n , permitida por la Sección C3.2, y la relación a/h no debe ser mayor que $[260/(h/t)]^2$ ó 3,0.

El momento de inercia real, I_s , de un par de rigidizadores de corte unidos, o de un único rigidizador de corte, con respecto a un eje en el plano del alma, debe tener un valor mínimo igual a

$$I_{smin} = 5ht^3 \left[h/a - 0,7(a/h) \right] \geq (h/50)^4 \quad (Ec. B6.2-1)$$

La superficie bruta de los rigidizadores de corte no debe ser menor que

$$A_{st} = \frac{1-C_v}{2} \left[\frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{(a/h) + \sqrt{1+(a/h)^2}} \right] YDht \quad (Ec. B6.2-2)$$

donde

$$C_v = \frac{1,53Ek_v}{F_y (h/t)^2} \quad \text{cuando } C_v \leq 0,8 \quad (\text{Ec. B6.2-3})$$

$$C_v = \frac{1,11}{h/t} \sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}} \quad \text{cuando } C_v > 0,8 \quad (\text{Ec. B6.2-4})$$

$$k_v = 4,00 + \frac{5,34}{(a/h)^2} \quad \text{cuando } a/h \leq 1,0 \quad (\text{Ec. B6.2-5})$$

$$k_v = 5,34 + \frac{4,00}{(a/h)^2} \quad \text{cuando } a/h > 1,0 \quad (\text{Ec. B6.2-6})$$

a = Distancia entre rigidizadores transversales

$$Y = \frac{\text{Límite de fluencia del acero del alma}}{\text{Límite de fluencia del acero del rigidizador}}$$

$D = 1,0$ para rigidizadores provistos de a pares

$D = 1,8$ para rigidizadores de un solo ángulo

$D = 2,4$ para rigidizadores de una sola placa

t y h son como se define en la Sección B1.2

B6.3 Rigidizadores que no satisfacen los requisitos

La resistencia de cálculo de los miembros con rigidizadores transversales que no satisfacen los requisitos de las Secciones B6.1 o B6.2, tales como los rigidizadores transversales de acero estampado o laminado, se debe determinar mediante ensayos de acuerdo con el Capítulo F de esta *Especificación*.

C. MIEMBROS

C1. Propiedades de las secciones

Las propiedades de las secciones (superficie de la sección transversal, momento de inercia, módulo resistente, radio de giro, etc.) se deben determinar de acuerdo con los métodos convencionales del cálculo estructural. Las propiedades se deben basar en la totalidad de la sección transversal de los miembros (o en las secciones netas cuando esto sea aplicable) excepto cuando se requiera el empleo de una sección transversal reducida o un ancho efectivo de cálculo.

C2 Miembros traccionados

Para los miembros cargados con tracción axial, la resistencia nominal a la tracción, T_n , se debe determinar de la siguiente manera:

$$T_n = A_n F_y \quad (\text{Ec. C2-1})$$

$$\Omega_t = 1,67 (\text{ASD})$$

$$\phi_t = 0,95 (\text{LRFD})$$

donde

T_n = Resistencia nominal del miembro cuando está traccionado

A_n = Superficie neta de la sección transversal

F_y = Tensión de fluencia de cálculo de acuerdo con lo determinado en la Sección A7.1

Para los miembros traccionados con conexiones abulonadas, la resistencia nominal a la tracción también estará limitada por la Sección E3.2.

C3 Miembros flexionados

C3.1 Resistencia para flexión exclusivamente

La resistencia nominal a la flexión, M_n , debe ser el menor de los valores calculados de acuerdo con las Secciones C3.1.1 y C3.1.2, C3.1.3 ó C3.1.4 cuando corresponda.

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección

La resistencia nominal a la flexión, M_n , se debe calcular ya sea en base a la iniciación de la fluencia en la sección efectiva (Procedimiento I) o en base a la capacidad de reserva inelástica (Procedimiento II) según corresponda.

Para secciones con alas comprimidas rigidizadas o parcialmente rigidizadas:

$$\Omega_b = 1,67 (\text{ASD})$$

$$\phi_b = 0,95 (\text{LRFD})$$

Para secciones con alas comprimidas no rigidizadas:

$$\Omega_b = 1,67(\text{ASD})$$

$$\phi_b = 0,90(\text{LRFD})$$

- (a) Procedimiento I - En base a la iniciación de la fluencia

El momento de fluencia efectivo en base a la resistencia de la sección, M_n , se debe determinar de la siguiente manera:

$$M_n = S_e F_y \quad (\text{Ec. C3.1.1-1})$$

donde

F_y = Tensión de fluencia de cálculo de acuerdo con lo determinado en la Sección A7.1

S_e = Módulo elástico de la sección efectiva calculado con la fibra extrema comprimida o traccionada a F_y

- (b) Procedimiento II - En base a la capacidad de reserva inelástica

La capacidad de reserva flexional inelástica se puede utilizar cuando se satisfacen las siguientes condiciones:

- (1) El miembro no está sujeto a torsión ni a pandeo lateral, torsional o torsional-flexional.
- (2) El efecto de la conformación en frío no se incluye al determinar el límite de fluencia F_y .
- (3) La relación entre la profundidad de la porción comprimida del alma y su espesor no es mayor que λ_1 .
- (4) El esfuerzo de corte no es mayor que $0,35F_y$ por la superficie del alma, h_t .
- (5) El ángulo entre cualquier alma y la vertical no es mayor que 30 grados.

La resistencia nominal a la flexión, M_n , no debe ser mayor que $1,25 S_e F_y$ determinada de acuerdo con el Procedimiento I ni que aquella que provoca una máxima deformación por compresión de $C_y e_y$ (no se limita la máxima deformación por tracción).

donde

e_y = Deformación de fluencia = F_y/E

E = Módulo de elasticidad longitudinal

C_y = Factor de deformación por compresión determinado de la siguiente manera:

- (a) Elementos comprimidos rigidizados sin rigidizadores intermedios

$$C_y = 3 \text{ para } w/t \leq \lambda_1$$

$$C_y = 3 - 2 \left(\frac{w/t - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \right) \text{ para } \lambda_1 < \frac{w}{t} < \lambda_2$$

$$C_y = 1 \text{ para } w/t \geq \lambda_2$$

donde

$$\lambda_1 = \frac{1,11}{\sqrt{F_y/E}} \quad (\text{Ec. C3.1.1-2})$$

$$\lambda_2 = \frac{1,28}{\sqrt{F_y / E}} \quad (\text{Ec. C3.1.1-3})$$

(b) Elementos comprimidos no rigidizados

$$C_y = 1$$

(c) Elementos comprimidos con rigidización múltiple y elementos comprimidos con rigidizadores de borde

$$C_y = 1$$

Cuando sea aplicable, para calcular las propiedades de la sección se deben utilizar los anchos efectivos de cálculo. M_n se debe calcular considerando el equilibrio de tensiones, suponiendo una curva tensión-deformación idealmente elastoplástica igual para compresión y tracción, suponiendo pequeñas deformaciones y suponiendo que las secciones planas permanecen planas durante la flexión. La combinación de flexión y abolladura del alma se debe verificar de acuerdo con los requisitos de la Sección C3.5.

C3.1.2 Resistencia al pandeo lateral

La resistencia nominal de los segmentos sin arriostramiento lateral de las secciones con simetría simple, simetría doble y simetría puntual* sujetas a pandeo lateral, M_n , se debe calcular de la siguiente manera:

$$M_n = S_c \frac{M_c}{S_f} \quad (\text{Ec. C3.1.2-1})$$

$$\Omega_b = 1,67 (\text{ASD})$$

$$\phi_b = 0,90 (\text{LRFD})$$

donde

S_f = Módulo elástico de la sección total, no reducida, calculado para la fibra extrema comprimida

S_c = Módulo elástico de la sección efectiva calculado para una tensión M_c/S_f en la fibra extrema comprimida

M_c = Momento crítico calculado de la siguiente manera:

Para $M_e \geq 2,78M_y$

$$M_c = M_y \quad (\text{Ec. C3.1.2-2})$$

Para $2,78M_y > M_e > 0,56M_y$

$$M_c = \frac{10}{9} M_y \left(1 - \frac{10M_y}{36M_e} \right) \quad (\text{Ec. C3.1.2-3})$$

Para $M_e \leq 0,56M_y$

$$M_c = M_e \quad (\text{Ec. C3.1.2-4})$$

donde

M_y = Momento que provoca la fluencia inicial en la fibra comprimida extrema de la totalidad de la sección

* Los requisitos de esta Sección se aplican para miembros de sección doble T, Z, C y otros miembros flexados con simetría simple (excluyendo tableros con múltiples almas, miembros de sección U, miembros tipo cajón se sección cerrada y arcos o miembros curvos). Los requisitos de esta Sección no se aplican a las alas comprimidas sin arriostramiento lateral de secciones que por lo demás son lateralmente estables. Para las correas de sección C y Z en las cuales el ala traccionada está unida al revestimiento, ver C3.1.3.

$$= S_r F_y \quad (\text{Ec. C3.1.2-5})$$

M_e = Momento elástico crítico calculado de acuerdo con (a) o (b):

(a) Para secciones con simetría simple, doble y puntual:

$$M_e = C_b r_o A \sqrt{\sigma_{ey} \sigma_t} \text{ para flexión alrededor del eje de simetría.} \quad (\text{Ec. C3.1.2-6})$$

Para secciones con simetría simple, el eje x es el eje de simetría orientado de manera tal que el centro de corte tiene una coordenada x negativa.

Para secciones con simetría puntual utilizar $0,5M_e$.

Alternativamente, M_e se puede calcular utilizando la ecuación para secciones doble T con simetría doble o secciones con simetría puntual dadas en (b)

$$M_e = C_s A \sigma_{ex} \left[j + C_s \sqrt{j^2 + r_o^2 (\sigma_t / \sigma_{ex})} \right] / C_{TF} \text{ para flexión alrededor del} \quad (\text{Ec. C3.1.2-7})$$

eje baricéntrico perpendicular al eje de simetría sólo para secciones con simetría simple

$C_s = +1$ para momento que provoca compresión del lado del baricentro donde se encuentra el centro de corte

$C_s = -1$ para momento que provoca tracción del lado del baricentro donde se encuentra el centro de corte

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2} \quad (\text{Ec. C3.1.2-8})$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y L_y / r_y)^2} \quad (\text{Ec. C3.1.2-9})$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_o^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right] \quad (\text{Ec. C3.1.2-10})$$

A = Superficie total de la sección transversal

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (\text{Ec. C3.1.2-11})$$

donde:

$M_{\max}$ = valor absoluto del momento máximo en el segmento no arriostrado

M_A = valor absoluto de momento correspondiente al punto ubicado a un cuarto del segmento no arriostrado

M_B = valor absoluto del momento en el eje del segmento no arriostrado

M_C = valor absoluto del momento correspondiente al punto ubicado a tres cuartos del segmento no arriostrado

En todos los casos está permitido tomar C_b igual a la unidad (valor conservador).

Para los voladizos en los cuales el extremo libre no está arriostrado, C_b se debe tomar igual a la unidad. Para los miembros sometidos a carga axial combinada con momento flector (Sección C5), C_b se debe tomar igual a la unidad

E = Módulo de elasticidad longitudinal

$$C_{TF} = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) \quad (\text{Ec. C3.1.2-12})$$

donde

M_1 es el menor y M_2 es el mayor momento flector en los extremos

de la longitud no arriostrada en el plano de flexión, y M_1/M_2 , relación entre los momentos de los extremos, es positiva cuando M_1 y M_2 tienen el mismo signo (flexión con curvatura inversa) y negativa cuando son de signos contrarios (flexión con curvatura simple). Cuando el momento flector en cualquier punto de una longitud no arriostrada es mayor que en los dos extremos de dicha longitud, y para miembros sometidos a carga axial y momento flector (Sección C5), C_{TF} se debe tomar igual a la unidad.

r_o = Radio de giro polar de la totalidad de la sección transversal respecto al centro de corte

$$= \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} \quad (\text{Ec. C3.1.2-13})$$

r_x, r_y = Radios de giro de la totalidad de la sección transversal respecto a los ejes principales baricéntricos

G = Módulo de elasticidad transversal

K_x, K_y, K_t = Factores de longitud efectiva para flexión alrededor de los ejes x e y , y para torsión

L_x, L_y, L_t = Longitud no arriostrada del miembro comprimido para flexión alrededor de los ejes x e y , y para torsión

x_o = Distancia entre el centro de corte y el baricentro a lo largo del eje principal x , considerada negativa

J = Constante de torsión de St. Venant de la sección transversal

C_w = Constante de alabeo torsional de la sección transversal

$$j = \frac{1}{2I_y} \left[\int_A x^3 dA + \int_A xy^2 dA \right] - x_o \quad (\text{Ec. C3.1.2-14})$$

(b) Para secciones doble T o Z flexionadas alrededor del eje baricéntrico perpendicular al alma (eje x):

En vez de (a), para evaluar M_e se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$M_e = \frac{\pi^2 E C_b d I_{yc}}{L^2} \quad \text{para secciones doble T con simetría doble} \quad (\text{Ec. C3.1.2-15})$$

$$= \frac{\pi^2 E C_b d I_{yc}}{2L^2} \quad \text{para secciones Z con simetría puntual} \quad (\text{Ec. C3.1.2-16})$$

d = Profundidad de la sección

L = Longitud no arriostrada del miembro

I_{yc} = Momento de inercia de la porción comprimida de una sección respecto al eje baricéntrico de la totalidad de la sección paralelo al alma, utilizando la sección total, no reducida

Los demás términos fueron definidos en (a).

C3.1.3 Vigas con un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes

Esta sección no se aplica a las vigas continuas para la región entre puntos de inflexión adyacentes a un apoyo, ni a las vigas en voladizo.

La resistencia nominal a la flexión, M_n , de un perfil C o Z cargado en un plano paralelo al alma, con el ala traccionada unida al tablero o revestimiento y

con el ala comprimida sin arriostramiento lateral se debe calcular de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} M_n &= R S_e F_y \\ \Omega_b &= 1,67 \text{ (ASD)} \\ \phi_b &= 0,90 \text{ (LRFD)} \end{aligned} \quad (\text{Ec. C3.1.3-1})$$

donde

$$\begin{aligned} R &= 0,40 \text{ para perfiles C de un solo tramo} \\ &= 0,50 \text{ para perfiles Z de un solo tramo} \\ &= 0,60 \text{ para perfiles C continuos} \\ &= 0,70 \text{ para perfiles Z continuos} \end{aligned}$$

S_e y F_y se definieron en la Sección C3.1.1

El factor de reducción, R , se debe limitar a los sistemas de losa y cubierta que satisfagan las siguientes condiciones:

- (1) Profundidad del miembro menor que 11,5 pulgadas (292 mm)
- (2) Las alas son elementos comprimidos rigidizados en los bordes
- (3) $60 \leq \text{profundidad} / \text{espesor} \leq 170$
- (4) $2,8 \leq \text{profundidad} / \text{ancho del ala} \leq 4,5$
- (5) $16 \leq \text{ancho plano} / \text{espesor del ala} \leq 43$
- (6) Para sistemas continuos, la longitud de superposición en cada apoyo interior y en cada dirección (distancia entre el centro del apoyo y el final de la superposición) no debe ser menor que $1,5d$.
- (7) Longitud del tramo de miembro no mayor que 33 pies (10 m)
- (8) Para sistemas continuos, la longitud del tramo más largo no debe ser más de 20% mayor que la longitud del tramo más corto
- (9) El desplazamiento lateral de ambas alas está impedido en los apoyos
- (10) Los paneles de losa o cubierta deben ser planchas de acero, con un recubrimiento mínimo de 0,019 in. (0,48 mm) de espesor, una profundidad mínima de los nervios de 1 in. (25,4 mm), separados un máximo de 12 in. (305 mm) entre sus centros y unidos de manera de impedir eficazmente el movimiento relativo entre el panel y el ala de la correa
- (11) La aislación debe ser una capa de fibra de vidrio de entre 0 y 6 pulgadas (152 mm) de espesor comprimida entre el miembro y el panel de una manera compatible con los sujetadores utilizados
- (12) Tipo de sujetadores: tornillos autoperforantes o autorroscantes No. 12 para planchas de metal ó remaches de 3/16 in. (4,76 mm), arandelas de 1/2 in. (12,7 mm) de diámetro
- (13) Los sujetadores no deben ser tornillos tipo distanciador
- (14) La separación entre los centros de los sujetadores no debe ser mayor que 12 in. (305 mm) y deben estar colocados cerca del centro del ala de la viga

Si alguna de las variables no está comprendida dentro de los límites indicados en el párrafo precedente, el usuario debe llevar a cabo ensayos a escala real de acuerdo con la Sección F1 de la *Especificación*, o bien aplicar un procedimiento de análisis racional. En todos los casos, como alternativa al procedimiento descrito en esta sección, está permitido que el usuario lleve a cabo ensayos de acuerdo con la Sección F1.

C3.1.4 Vigas con un ala sujeta a un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente

La resistencia nominal a la flexión, M_n , de un perfil C o Z sometido cargas gravitatorias, cargado en un plano paralelo al alma, con el ala superior soportando un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente se debe determinar utilizando arriostramiento en puntos discretos y los requisitos de la Sección C3.1.2, o bien se deben calcular de la siguiente manera:

$$M_n = R S_e F_y \quad (\text{Ec. C3.1.4-1})$$

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

donde

R = factor de reducción determinado mediante el "Método de Ensayo Básico para Correas que Soportan un Sistema de Cubierta con Juntas de Plegado Saliente" de la Parte VIII del Manual de Diseño para Acero Conformado en Frío de la AISI.

S_e y F_y se definen en la Sección C3.1.1

C3.2 Resistencia para corte exclusivamente

La resistencia nominal al corte, V_n , en cualquier sección se debe calcular de la siguiente manera:

$$(a) \text{ Para } h/t \leq 0,96\sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = 0,60 F_y h t \quad (\text{Ec. C3.2-1})$$

$$\Omega_v = 1,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_v = 1,0 \text{ (LRFD)}$$

$$(b) \text{ Para } 0,96\sqrt{E k_v / F_y} < h/t \leq 1,415\sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = 0,64 t^2 \sqrt{k_v F_y E} \quad (\text{Ec. C3.2-2})$$

$$\Omega_v = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_v = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

$$(c) \text{ Para } h/t > 1,415\sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = \frac{\pi^2 E k_v t^3}{12(1 - \mu^2) h} = 0,905 E k_v t^3 / h \quad (\text{Ec. C3.2-3})$$

$$\Omega_v = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_v = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

donde

V_n = Resistencia nominal al corte de la viga

t = Espesor del alma

h = Profundidad de la porción plana del alma medida a lo largo del plano del alma

k_v = Coeficiente de pandeo por corte determinado de la siguiente manera:

1. Para almas no reforzadas, $k_v = 5,34$

2. Para almas de vigas con rigidizadores transversales que satisfacen los requisitos de la Sección B6

Cuando $a/h \leq 1,0$

$$k_v = 4,00 + \frac{5,34}{(a/h)^2} \quad (\text{Ec. C3.2-4})$$

Cuando $a/h > 1,0$

$$k_v = 5,34 + \frac{4,00}{(a/h)^2} \quad (\text{Ec. C3.2-5})$$

donde

a = longitud del panel de corte en el caso de elementos de almas no reforzadas

= distancia libre entre rigidizadores transversales en el caso de elementos con almas reforzadas

Para un alma compuesta por dos o más planchas, cada plancha se debe considerar como un elemento independiente que soporta su parte del esfuerzo de corte.

C3.3 Resistencia para flexión y corte

C3.3.1 Método ASD

Para vigas con almas no reforzadas, la resistencia flexional requerida, M , y la resistencia al corte requerida, V , deben satisfacer la siguiente ecuación de interacción:

$$\left(\frac{\Omega_b M}{M_{nxo}} \right)^2 + \left(\frac{\Omega_v V}{V_n} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C3.3.1-1})$$

Para vigas con rigidizadores transversales en las almas, la resistencia flexional requerida, M , y la resistencia al corte requerida, V , no deben ser mayores que M_n/Ω_b y V_n/Ω_v , respectivamente. Si $\Omega_b M/M_{nxo} > 0,5$ y $\Omega_v V/V_n > 0,7$: M y V deben satisfacer la siguiente ecuación de interacción:

$$0,6 \left(\frac{\Omega_b M}{M_{nxo}} \right) + \left(\frac{\Omega_v V}{V_n} \right) \leq 1,3 \quad (\text{Ec. C3.3.1-2})$$

donde:

Ω_b = Factor de seguridad para flexión (Ver Sección C3.1.1)

Ω_v = Factor de seguridad para corte (Ver Sección C3.2)

M_n = Resistencia nominal a la flexión cuando sólo existe flexión

M_{nxo} = Resistencia nominal a la flexión respecto al eje x baricéntrico, determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1

V_n = Esfuerzo de corte nominal cuando sólo existe corte

C3.3.2 Método LRFD

Para vigas con almas no reforzadas, la resistencia flexional requerida, M_u , y la resistencia al corte requerida, V_u , deben satisfacer la siguiente ecuación de interacción:

$$\left(\frac{M_u}{\phi_b M_{nxo}} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{\phi_v V_n} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C3.3.2-1})$$

Para vigas con rigidizadores transversales en las almas, la resistencia flexional requerida, M_u , y la resistencia al corte requerida, V_u , no deben ser mayores que $\phi_b M_n$ y $\phi_v V_n$, respectivamente. Si $M_u/(\phi_b M_{nxo}) > 0,5$ y $V_u/(\phi_v V_n)$: M_u y V_u deben satisfacer la siguiente ecuación de interacción:

$$0,6 \left(\frac{M_u}{\phi_b M_{nxo}} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v V_n} \right) \leq 1,3 \quad (\text{Ec. C3.3.2-2})$$

donde

- ϕ_b = Factor de resistencia para flexión (Ver Sección C3.1.1)
- ϕ_v = Factor de resistencia para corte (Ver Sección C3.2)
- M_n = Resistencia nominal a la flexión cuando sólo existe flexión
- M_{nxo} = Resistencia nominal a la flexión respecto al eje x baricéntrico, determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1
- V_n = Resistencia nominal al corte cuando sólo existe corte

C3.4 Resistencia a la abolladura del alma

Estos requisitos se aplican para las almas de miembros flexados que soportan cargas concentradas o reacciones, o a las componentes de las mismas, que actúan de manera perpendicular al eje longitudinal del miembro, y en el plano del alma considerada, y que provocan tensiones de compresión en el alma.

La resistencia nominal a la abolladura del alma, P_n , se debe determinar utilizando la Tabla C3.4-1.

Para almas simples no reforzadas:

$$\Omega_w = 1,85 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_w = 0,75 \text{ (LRFD)}$$

Para secciones doble T:

$$\Omega_w = 2,0 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_w = 0,80 \text{ (LRFD)}$$

Para dos perfiles Z anidados cuando se evalúa la resistencia a la abolladura del alma para la carga interior de un ala (Ec. C3.4-4):

$$\Omega_w = 1,80 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_w = 0,85 \text{ (LRFD)}$$

Las almas de los miembros flexados donde h/t es mayor que 200 deben estar provistas de medios adecuados para transmitir las cargas concentradas y/o reacciones directamente a las almas.

Las ecuaciones de la Tabla C3.4-1 se aplican para las vigas cuando $R/t \leq 6$ y para los tableros cuando $R/t \leq 7$; $N/t \leq 210$ y $N/h \leq 3,5$. Para un perfil Z con su ala abulonada al miembro de apoyo extremo de la sección, la Ecuación C3.4-1 se puede multiplicar por 1,3. Esto es válido para las secciones que satisfacen las siguientes limitaciones:

- (1) $h/t \leq 150$
- (2) $R/t \leq 4$
- (3) Espesor del metal base de la sección transversal $\geq 0,060$ in. (1,52 mm)
- (4) Espesor del miembro de apoyo $\geq 3/16$ in. (4,76 mm)

P_n representa la resistencia nominal para carga concentrada o reacción para el caso de un alma maciza que conecta las alas superior e inferior. En el caso de dos o más almas, P_n se debe calcular individualmente para cada alma y luego se deben sumar los resultados para obtener la carga nominal o reacción para el alma múltiple.

Para secciones doble T armadas, o para secciones similares, la distancia entre el conector del alma y el ala de la viga se debe mantener tan pequeña como sea posible.

TABLA C3.4-1
Números de las Ecuaciones para determinar la resistencia nominal de las almas, P_n , kips (N)
para una carga o concentrada reacción

		Geometrías que poseen una sola alma		Secciones doble T o secciones similares ⁽¹⁾
		Alas rigidizadas o parcialmente rigidizadas	Alas no rigidizadas	Alas rigidizadas, parcialmente rigidizadas y no rigidizadas
Cargas opuestas Separación $> 1,5h$ ⁽²⁾	Reacción de extremo ⁽³⁾	Ec. C3.4-1	Ec. C3.4-2	Ec. C3.4-3
	Reacción interior ⁽⁴⁾	Ec. C3.4-4	Ec. C3.4-4	Ec. C3.4-5
Cargas opuestas Separación $\leq 1,5h$ ⁽⁵⁾	Reacción de extremo ⁽³⁾	Ec. C3.4-6	Ec. C3.4-6	Ec. C3.4-7
	Reacción interior ⁽⁴⁾	Ec. C3.4-8	Ec. C3.4-8	Ec. C3.4-9

Notas y Referencias para la Tabla C3.4-1:

- (1) Secciones doble T compuestas por dos perfiles C conectados espalda contra espalda o secciones similares que proporcionan un elevado grado de restricción contra la rotación del alma (tales como las secciones doble T fabricadas soldando dos ángulos a un perfil C).
- (2) En los puntos de aplicación de una carga concentrada o reacción que actúa ya sea sobre el ala superior o el ala inferior, cuando la distancia libre entre los bordes portantes de la misma y las cargas concentradas o reacciones opuestas adyacentes es mayor que $1,5h$.
- (3) Para reacciones en los extremos de vigas o cargas concentradas en el extremo de voladizos cuando la distancia entre el borde del apoyo y el extremo de la viga es menor que $1,5h$.
- (4) Para reacciones y cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo y el extremo de la viga es mayor o igual que $1,5h$.
- (5) En los puntos de aplicación de dos cargas concentradas opuestas o de una carga concentrada y una reacción opuesta actuando simultáneamente sobre las alas superior e inferior, cuando la distancia libre entre sus bordes de apoyo adyacentes es menor o igual que $1,5h$.

Ecuaciones para la Tabla C3.4-1:

$$t^2 k C_3 C_4 C_9 C_\theta \left[331 - 0,61(h/t) \right] \left[1 + 0,01(N/t) \right]^* \quad (\text{Ec. C3.4-1})$$

$$t^2 k C_3 C_4 C_9 C_\theta \left[217 - 0,28(h/t) \right] \left[1 + 0,01(N/t) \right]^* \quad (\text{Ec. C3.4-2})$$

Cuando $N/t > 60$, el factor $[1 + 0,01(N/t)]$ se puede incrementar a $[0,71 + 0,015(N/t)]$

$$t^2 F_y C_6 (10,0 + 1,25\sqrt{N/t}) \quad (\text{Ec. C3.4-3})$$

$$t^2 k C_1 C_2 C_9 C_\theta \left[538 - 0,74(h/t) \right] \left[1 + 0,007(N/t) \right] \quad (\text{Ec. C3.4-4})$$

Cuando $N/t > 60$, el factor $[1 + 0,007(N/t)]$ se puede incrementar a $[0,75 + 0,011(N/t)]$

$$t^2 F_y C_5 (0,88 + 0,12m) (15,0 + 3,25\sqrt{N/t}) \quad (\text{Ec. C3.4-5})$$

$$t^2 k C_3 C_4 C_9 C_\theta \left[244 - 0,57(h/t) \right] \left[1 + 0,01(N/t) \right]^* \quad (\text{Ec. C3.4-6})$$

$$t^2 F_y C_8 (0,64 + 0,31m) (10,0 + 1,25\sqrt{N/t}) \quad (\text{Ec. C3.4-7})$$

$$t^2 k C_1 C_2 C_9 C_\theta \left[771 - 2,26(h/t) \right] \left[1 + 0,0013(N/t) \right] \quad (\text{Ec. C3.4-8})$$

$$t^2 F_y C_7 (0,82 + 0,15m) (15,0 + 3,25\sqrt{N/t}) \quad (\text{Ec. C3.4-9})$$

En las ecuaciones anteriores:

P_n = Resistencia nominal para carga concentrada o reacción por alma, kips (N)

$$C_1 = 1,22 - 0,22k \quad (\text{Ec. C3.4-10})$$

$$C_2 = 1,06 - 0,06R/t \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C3.4-11})$$

$$C_3 = 1,33 - 0,33k \quad (\text{Ec. C3.4-12})$$

$$C_4 = 1,15 - 0,15R/t \leq 1,0 \text{ pero no menos de } 0,50 \quad (\text{Ec. C3.4-13})$$

$$C_5 = 1,49 - 0,53k \geq 0,6 \quad (\text{Ec. C3.4-14})$$

$$C_6 = 1 + \left(\frac{h/t}{750} \right) \text{ cuando } h/t \leq 150 \quad (\text{Ec. C3.4-15})$$

$$= 1,20 \text{ cuando } h/t > 150 \quad (\text{Ec. C3.4-16})$$

$$C_7 = 1/k \text{ cuando } h/t \leq 66,5 \quad (\text{Ec. C3.4-17})$$

$$= \left[1,10 - \left(\frac{h/t}{655} \right) \right] \frac{1}{k} \text{ cuando } h/t > 66,5 \quad (\text{Ec. C3.4-18})$$

$$C_8 = \left[0,98 - \left(\frac{h/t}{865} \right) \right] \frac{1}{k} \quad (\text{Ec. C3.4-19})$$

C_9 = 1,0 para unidades norteamericanas, kips y pulgadas

= 6,9 para unidades métricas, N y mm

$$C_\theta = 0,7 + 0,3(\theta/90)^2 \quad (\text{Ec. C3.4-20})$$

F_y = Tensión de fluencia de cálculo del alma, ver Sección A7.1, ksi (MPa)

h = Profundidad de la porción plana del alma medida a lo largo del plano de la misma, in. (mm)

$$k = 894 F_y / E \quad (\text{Ec. C3.4-21})$$

$$m = t/0,075 \text{ cuando } t \text{ se expresa en pulgadas} \quad (\text{Ec. C3.4-22})$$

$$m = t/1,91 \text{ cuando } t \text{ se expresa en milímetros} \quad (\text{Ec. C3.4-23})$$

t = Espesor del ala, in. (mm)

* Cuando $F_y \geq 66,5$ ksi (459 MPa), el valor de kC_3 se debe tomar como 1,34

- N = Longitud de apoyo real, in. (mm). Para el caso de dos cargas concentradas iguales y opuestas distribuidas sobre longitudes de apoyo diferentes, se debe tomar el menor valor de N
- R = Radio interno de plegado
- θ = Ángulo entre el plano del alma y el plano de la superficie de apoyo $\geq 45^\circ$, pero no más de 90°

C3.5 Resistencia a la combinación de flexión y abolladura del alma

C3.5.1 Método ASD

Las almas planas no reforzadas de perfiles sometidos a una combinación de flexión y carga concentrada o reacción se deben diseñar de manera que cumplan con los siguientes requisitos:

- (a) Para perfiles que poseen almas simples no reforzadas:

$$1,2 \left(\frac{\Omega_w P}{P_n} \right) + \left(\frac{\Omega_b M}{M_{nxo}} \right) \leq 1,5 \quad (\text{Ec. C3.5.1-1})$$

Excepción: En los apoyos interiores de tramos continuos, esta ecuación no es aplicable para tableros o vigas con dos o más almas simples, siempre que los bordes comprimidos de almas adyacentes estén apoyados lateralmente en la región de momento negativo mediante elementos de las alas conectados de forma continua o intermitente, revestimientos rígidos o arriostramiento lateral, y la separación entre almas adyacentes no sea mayor que 10 pulgadas (254 mm).

- (b) Para perfiles que poseen múltiples almas no reforzadas, como los perfiles doble T compuestos por dos perfiles C conectados espalda contra espalda, o perfiles similares que proporcionan un elevado grado de restricción contra la rotación del alma (tales como los perfiles doble T fabricados soldando dos ángulos a un perfil C):

$$1,1 \left(\frac{\Omega_w P}{P_n} \right) + \left(\frac{\Omega_b M}{M_{nxo}} \right) \leq 1,5 \quad (\text{Ec. C3.5.1-2})$$

Excepción: En vez de la ecuación C3.5.1-2, cuando $h/t \leq 2,33/\sqrt{F_y/E}$ y $\lambda \leq 0,673$ estará permitido determinar la carga concentrada o reacción admisible utilizando $\frac{P_n}{\Omega_w}$ de la Sección C3.4.

En las ecuaciones anteriores:

- P = Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector
- P_n = Resistencia nominal para carga concentrada o reacción en ausencia de momento flector de terminada de acuerdo con la Sección C3.4
- M = Resistencia flexional requerida en el punto de aplicación de la carga concentrada o reacción, P, o inmediatamente adyacente al mismo
- M_{nxo} = Resistencia nominal a la flexión respecto al eje x baricéntrico determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1
- w = Ancho plano del ala de la viga que está en contacto con la placa de apoyo
- t = Espesor del alma o del ala
- λ = Factor de esbeltez dado en la Sección B2.1

(c) Para el punto de apoyo de dos perfiles Z anidados:

$$\frac{M}{M_{no}} + \frac{P}{P_n} \leq \frac{1,67}{\Omega} \quad (Ec. C3.5.1-3)$$

donde

M = Resistencia flexional requerida en la sección considerada

M_{no} = Resistencia nominal a la flexión para los perfiles Z anidados, es decir, la sumatoria de las dos secciones evaluadas individualmente, determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1

P = Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector

P_n = Resistencia nominal a la abolladura del alma suponiendo alma simple y carga sobre un ala interior para los perfiles Z, es decir, la sumatoria de las dos almas evaluadas individualmente

Ω = Factor de seguridad para la combinación de flexión y abolladura del alma = 1,67

La ecuación anterior es válida para perfiles que satisfacen los siguientes límites:

$$h/t \leq 150$$

$$N/t \leq 140$$

$$F_y \leq 70 \text{ ksi (483 MPa)}$$

$$R/t \leq 5,5$$

Se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- (1) Los extremos de cada sección deben estar conectados a la otra sección por medio de un mínimo de dos bulones A307 de ½ in. (12,7 mm) de diámetro que atraviesen el del alma.
- (2) La sección combinada debe estar conectada al apoyo por medio de un mínimo de dos bulones A307 de 1/2 in. (12,7 mm) de diámetro que atraviesen de las alas.
- (3) Las almas de las dos secciones deben estar en contacto.
- (4) La relación entre la parte más gruesa y la parte más delgada no debe ser mayor que 1,3.

C3.5.2 Método LRFD

Las almas planas no reforzadas de perfiles sometidos a una combinación de flexión y carga concentrada o reacción se deben diseñar de manera que cumplan con los siguientes requisitos:

(a) Para perfiles que poseen almas simples no reforzadas:

$$1,07 \left(\frac{P_u}{\phi_w P_n} \right) + \left(\frac{M_u}{\phi_b M_{nxxo}} \right) \leq 1,42 \quad (Ec. C3.5.2-1)$$

Excepción: En los apoyos interiores de tramos continuos, la ecuación anterior no es aplicable para tableros o vigas con dos o más almas simples, siempre que los bordes comprimidos de almas adyacentes estén apoyados lateralmente en la región de momento negativo mediante elementos de las alas conectados de forma continua o intermitente, revestimientos rígidos o arriostramiento lateral, y la separación entre almas adyacentes no sea mayor que 10 pulgadas (254 mm).

(b) Para perfiles que poseen múltiples almas no reforzadas, como los perfiles doble T compuestos por dos perfiles C conectados espalda contra espalda, o perfiles

similares que proporcionan un elevado grado de restricción contra la rotación del alma (tales como las secciones doble T fabricadas soldando dos ángulos a un perfil C):

$$0,82 \left(\frac{P_u}{\phi_w P_n} \right) + \left(\frac{M_u}{\phi_b M_{nxo}} \right) \leq 1,32 \quad (\text{Ec. C3.5.2-2})$$

Excepción: En vez de la ecuación C3.5.2-2, cuando $h/t \leq 2,33/\sqrt{F_y/E}$ y $\lambda \leq 0,673$ estará permitido determinar la resistencia de cálculo para una carga concentrada o reacción utilizando $\phi_w P_n$ de la Sección C3.4.

En las ecuaciones anteriores:

ϕ_b = Factor de resistencia para flexión (Ver Sección 3.1.1)

ϕ_w = Factor de resistencia para abolladura del alma (Ver Sección C3.4)

P_u = Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector

P_n = Resistencia nominal para carga concentrada o reacción en ausencia de momento flector de terminada de acuerdo con la Sección C3.4

M_u = Resistencia flexional requerida en el punto de aplicación de la carga concentrada o reacción, P_u , o inmediatamente adyacente al mismo

M_{nxo} = Resistencia nominal a la flexión respecto al eje x baricéntrico determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1

w = Ancho plano del ala de la viga que está en contacto con la placa de apoyo

t = Espesor del alma o del ala

λ = Factor de esbeltez dado en la Sección B2.1

(c) Para dos perfiles Z anidados:

$$\frac{M_u}{M_{no}} + \frac{P_u}{P_n} \leq 1,68\phi \quad (\text{Ec. C3.5.2-3})$$

donde

M_u = Resistencia flexional requerida en la sección considerada

M_{no} = Resistencia nominal a la flexión para los dos perfiles Z anidados, es decir, la sumatoria de los dos perfiles evaluados individualmente, determinada de acuerdo con la Sección C3.1.1

P_u = Resistencia requerida para la carga concentrada o reacción en presencia de momento flector

P_n = Resistencia nominal a la abolladura del alma suponiendo alma simple y carga sobre un ala interior para los perfiles Z, es decir, la sumatoria de las dos almas evaluadas individualmente

$\phi = 0,9$

La ecuación anterior es válida para perfiles que satisfacen los siguientes límites:

$h/t \leq 150$

$N/t \leq 140$

$F_y \leq 70 \text{ ksi (483 MPa)}$

$R/t \leq 5,5$

Se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- (1) Los extremos de cada perfil deben estar conectados al otro perfil por un mínimo de dos bulones A307 de ½ in. (12,7 mm) de diámetro que atraviesen el alma.

- (2) La sección combinada debe estar conectada al apoyo por un mínimo de dos bulones A307 de 1/ in. (12,7 mm) de diámetro que atraviesen las alas.
- (3) Las almas de los dos perfiles deben estar en contacto.
- (4) La relación entre la parte más gruesa y la parte más delgada no debe ser mayor que 1,3.

C4 Miembros comprimidos con carga concéntrica

Esta sección se aplica a miembros en los cuales la resultante de todas las cargas que actúan sobre el miembro es una carga axial que pasa a través del baricentro de la sección efectiva calculada a la tensión, F_n , definida en esta sección.

- (a) La resistencia axial nominal, P_n , se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_n = A_e F_n \quad (Ec. C4-1)$$

$$\Omega_c = 1,80 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_c = 0,85 \text{ (LRFD)}$$

donde

A_e = Superficie efectiva a la tensión F_n . En el caso de secciones con perforaciones circulares, A_e se debe determinar de acuerdo con la Sección B2.2a, con sujeción a las limitaciones de dicha sección. Si el número de perforaciones en la región de la longitud efectiva multiplicado por el diámetro de la perforación dividido por la longitud efectiva no es mayor que 0,015; A_e se puede determinar ignorando las perforaciones

F_n se determina de la siguiente manera:

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1,5 \quad F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (Ec. C4-2)$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1,5 \quad F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y \quad (Ec. C4-3)$$

donde

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (Ec. C4-4)$$

F_e = la menor de las tensiones de pandeo elástico flexional, torsional y torsional flexional determinadas de acuerdo con las Secciones C4.1 a C4.3.

- (b) Las secciones cargadas de forma concéntrica se deben diseñar para un momento flector adicional según lo especificado en las definiciones de M_x , M_y (ASD) o M_{ux} , M_{uy} (LRFD), Sección C5.2
- (c) Preferentemente la relación de esbeltez, KL/r , de todos los miembros comprimidos no debe ser mayor que 200, excepto que, exclusivamente durante la construcción, KL/r preferentemente no debe ser mayor que 300.

C4.1 Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional

En el caso de secciones con simetría doble, secciones cerradas y cualquier otra sección que se pueda demostrar que no está sujeta a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional, la tensión de pandeo flexional elástico, F_e , se debe determinar de la siguiente manera:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (Ec. C4.1-1)$$

donde

E = Módulo de elasticidad longitudinal

K = Factor de longitud efectiva*

L = Longitud no arriostrada del miembro

r = Radio de giro de la sección transversal total no reducida

C4.2 Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional

Para las secciones con simetría simple sometidas a pandeo torsional flexional, F_e se debe tomar como el menor valor entre F_e calculada de acuerdo con la Sección C4.1 y F_e calculada de la siguiente manera:

$$F_e = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t} \right] \quad (Ec. C4.2-1)$$

Alternativamente, se puede obtener una estimación conservadora de F_e utilizando la siguiente ecuación:

$$F_e = \frac{\sigma_t \sigma_{ex}}{\sigma_t + \sigma_{ex}} \quad (Ec. C4.2-2)$$

donde σ_t y σ_{ex} corresponden a lo definido en la Sección C3.1.2:

$$\beta = 1 - (x_o/r_o)^2 \quad (Ec. C4.2-3)$$

En las secciones con simetría simple se supone que el eje x es el eje de simetría.

En las secciones con simetría doble sujetas a pandeo torsional, F_e se debe tomar como el menor valor entre F_e calculada de acuerdo con la Sección C4.1 y $F_e = \sigma_t$, siendo σ_t como se define en la Sección C3.1.2.

C4.3 Secciones no simétricas

Para perfiles cuyas secciones transversales no presentan ningún tipo de simetría, ya sea con respecto a un eje o con respecto a un punto, F_e se debe determinar mediante un análisis racional. Alternativamente, los miembros comprimidos compuestos por este tipo de perfiles se pueden ensayar de acuerdo con el Capítulo F.

C4.4 Miembros comprimidos que tienen un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes

* En los pórticos en los cuales la estabilidad lateral es provista por arriostramiento diagonal, muros de cortante, unión a una estructura adyacente que posee una estabilidad lateral adecuada, o losas de entrepiso o tableros de cubierta asegurados horizontalmente por medio de muros o sistemas de arriostramiento paralelos al plano del pórtico, y en las cerchas, el factor de longitud efectiva, K, para miembros comprimidos que no dependen de su propia rigidez a la flexión para la estabilidad del pórtico o cercha, se debe tomar igual a la unidad, a menos que un análisis demuestre que se justifica el uso de un valor menor. En un pórtico cuya estabilidad lateral depende de su propia rigidez flexional, la longitud efectiva, KL, de los miembros comprimidos se debe determinar aplicando un método racional y no debe ser menor que la longitud no arriostrada real.

Estos requisitos se aplican a perfiles C o Z con cargas concéntricas a lo largo de su eje longitudinal, con sólo una de las alas unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes.

La resistencia axial nominal de los perfiles C o Z continuos o de un solo tramo se debe calcular de la siguiente manera:

- (a) Para la resistencia nominal respecto al eje débil

$$P_n = C_1 C_2 C_3 A E / 29500 \text{ kips (Newtons)} \quad (\text{Ec. C4.4-1})$$

$$\Omega = 1,80 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,85 \text{ (LRFD)}$$

donde

$$C_1 = (0,79x + 0,54) \quad (\text{Ec. C4.4-2})$$

$$C_2 = (1,17t + 0,93) \text{ cuando } t \text{ se expresa en pulgadas} \quad (\text{Ec. C4.4-3})$$

$$C_2 = (0,046t + 0,93) \text{ cuando } t \text{ se expresa en milímetros} \quad (\text{Ec. C4.4-4})$$

$$C_3 = (2,5b - 1,63d + 22,8) \text{ cuando } b \text{ y } d \text{ se expresan en pulgadas} \quad (\text{Ec. C4.4-5})$$

$$C_3 = (0,0984b - 0,0642d + 22,8) \text{ cuando } b \text{ y } d \text{ se expresan en milímetros} \quad (\text{Ec. C4.4-6})$$

Para perfiles Z:

x = Distancia entre el sujetador y el borde externo del alma dividido por el ancho del alma, como se ilustra en la Figura C4.4.

Para perfiles C:

x = Ancho del ala menos la distancia entre el sujetador y el borde externo del alma dividido por el ancho del alma, como se ilustra en la Figura C4.4.

t = espesor del perfil C o Z

b = ancho de ala del perfil C o Z

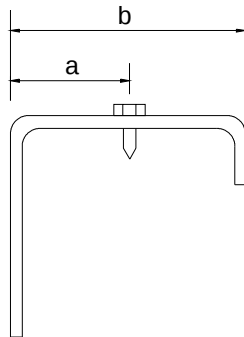
d = profundidad del perfil C o Z

A = Superficie de la sección transversal total, no reducida, del perfil C o Z

E = Módulo de elasticidad longitudinal del acero

= 29.500 ksi en unidades estadounidenses

= 203.000 MPa en unidades del Sistema Internacional



$$\text{Para perfiles Z, } x = \frac{a}{b} \quad (\text{Ec. C4.4-7})$$

$$\text{Para perfiles C, } x = \frac{b-a}{b} \quad (\text{Ec. C4.4-8})$$

Figura C4.4 Definición de x

La Ec. C4.4-1 se debe limitar a losas y cubiertas que cumplan las siguientes condiciones:

- (1) t no es mayor que 0,125 in. (3,22 mm)

- (2) $6 \text{ in. (152 mm)} \leq d \leq 12 \text{ in. (305 mm)}$
 - (3) Las alas son elementos comprimidos rigidizados en sus bordes
 - (4) $70 \leq d/t \leq 170$
 - (5) $2,8 \leq d/b < 5$
 - (6) $16 \leq \text{ancho plano del ala} / t < 50$
 - (7) Ambas alas están impedidas de moverse lateralmente en los apoyos
 - (8) Cubierta o paneles de tabique de acero con sujetadores separados 12 pulgadas (305 mm) o menos entre sus centros y con una rigidez rotacional lateral mínima igual a 0,0015 k/in/in (10.300N/m/m) (sujetador a la mitad del ancho del ala) según lo determinado siguiendo el procedimiento de ensayo de la AISI*
 - (9) Los perfiles C y Z tienen un límite de fluencia mínimo igual a 33 ksi (228 MPa)
 - (10) La longitud de los tramos no supera los 33 pies (10 m)
- (b) Para la resistencia nominal respecto al eje resistente se deben utilizar las ecuaciones contenidas en las Secciones C4 y C4.1 de la *Especificación*.

C5 Combinación de carga axial y flexión

C5.1 Combinación de tracción axial y flexión

C5.1.1 Método ASD

Las resistencias requeridas, T , M_x y M_y , deben satisfacer las siguientes ecuaciones de interacción:

$$\frac{\Omega_b M_{mx}}{M_{nxt}} + \frac{\Omega_b M_y}{M_{nyt}} + \frac{\Omega_t T}{T_n} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.1.1-1})$$

y

$$\frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}} + \frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}} - \frac{\Omega_t T}{T_n} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.1.1-2})$$

donde

T = Resistencia a la tracción axial requerida

M_x, M_y = Resistencias flexionales requeridas respecto a los ejes baricéntricos de la sección

T_n = Resistencia nominal a la tracción axial determinada de acuerdo con la Sección C2

M_{nx}, M_{ny} = Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3

$M_{nxt}, M_{nyt} = S_{ft} F_y$

S_{ft} = Módulo resistente de la sección total para la fibra traccionada extrema respecto al eje correspondiente

$\Omega_b = 1,67$ para resistencia a la flexión (Sección C3.1.1) o para vigas sin arriostramiento lateral (Sección C3.1.2)

$\Omega_t = 1,67$

* Se puede obtener más información sobre el procedimiento de ensayo en "Rotational-Lateral Stiffness Test Method for Beam-to-Panel Assemblies", Cold-Formed Steel Design Manual, Parte VIII.

C5.1.2 Método LRFD

Las resistencias requeridas, T_u , M_{ux} y M_{uy} , deben satisfacer las siguientes ecuaciones de interacción:

$$\frac{\Omega_b M_{ux}}{\phi_b M_{nxt}} + \frac{\Omega_b M_{uy}}{\phi_b M_{nyt}} + \frac{T_u}{\phi_t T_n} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.1.2-1})$$

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} - \frac{T_u}{\phi_t T_n} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.1.2-2})$$

donde

T_u = Resistencia a la tracción axial requerida

M_{ux} , M_{uy} = Resistencias flexionales requeridas respecto a los ejes baricéntricos de la sección

T_n = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección C2

M_{nx} , M_{ny} = Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3

M_{nxt} , M_{nyt} = $S_{ft} F_y$

S_{ft} = Módulo resistente de la sección total para la fibra traccionada extrema respecto al eje correspondiente

ϕ_b = 0,90 ó 0,95 para resistencia a la flexión (Sección C3.1.1) ó 0,90 para vigas sin arriostramiento lateral (Sección C3.1.2)

ϕ_t = 0,95

C5.2 Combinación de compresión axial y flexión

C5.2.1 Método ASD

Las resistencias requeridas, P , M_x y M_y , deben satisfacer las siguientes ecuaciones de interacción:

$$\frac{\Omega_c P}{P_n} + \frac{\Omega_b C_{mx} M_x}{M_{nx} \alpha_x} + \frac{\Omega_b C_{my} M_y}{M_{ny} \alpha_y} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.1-1})$$

$$\frac{\Omega_c P}{P_{no}} + \frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}} + \frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.1-2})$$

Cuando $\Omega_c P/P_n \leq 0,15$ en vez de las dos ecuaciones anteriores se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\frac{\Omega_c P}{P_n} + \frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}} + \frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.1-3})$$

donde

P = Resistencia a la compresión axial requerida

M_x , M_y = Resistencias flexionales requeridas respecto a los ejes baricéntricos de la sección efectiva determinadas sólo para la resistencia a la compresión axial requerida. Para las secciones en ángulo, M_y se debe tomar ya sea como la resistencia flexional requerida o como la resistencia flexional requerida más $PL/1000$, el valor con el cual se obtenga un menor valor admisible para P .

- P_n = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección C4
 P_{no} = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección C4,
 con $F_n = F_y$
 M_{nx}, M_{ny} = Resistencias flexionales nominales respecto a los ejes baricéntricos
 determinadas de acuerdo con la Sección C3

$$\alpha_x = 1 - \frac{\Omega_c P}{P_{Ex}} \quad (\text{Ec. C5.2.1-4})$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{\Omega_c P}{P_{Ey}} \quad (\text{Ec. C5.2.1-5})$$

$$P_{Ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad (\text{Ec. C5.2.1-6})$$

$$P_{Ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad (\text{Ec. C5.2.1-7})$$

Ω_b = 1,67 para resistencia a la flexión (Sección C3.1.1) o para vigas sin arriostramiento lateral (Sección C3.1.2)

Ω_c = 1,80

I_x = Momento de inercia de la sección total, no reducida, respecto al eje x

I_y = Momento de inercia de la sección total, no reducida, respecto al eje y

L_x = Longitud no arriostrada real para flexión respecto al eje x

L_y = Longitud no arriostrada real para flexión respecto al eje y

K_x = Factor de longitud efectiva para pandeo respecto al eje x

K_y = Factor de longitud efectiva para pandeo respecto al eje y

C_{mx}, C_{my} = Coeficientes cuyos valores se deben tomar de la siguiente manera:

1. Para miembros comprimidos en pórticos sujetos a traslación conjunta (desplazamiento lateral)

$$C_m = 0,85$$

2. Para miembros comprimidos restringidos en pórticos arriostrados contra la traslación conjunta y no sujetos a cargas transversales entre sus apoyos en el plano de flexión

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1 / M_2) \quad (\text{Ec. C5.2.1-8})$$

donde

M_1/M_2 es la relación entre el menor y el mayor momento en los extremos de la porción de miembro analizado que no está arriostrado en el plano de flexión. M_1/M_2 es positivo cuando el miembro se flexiona con curvatura inversa y negativo cuando se flexiona con curvatura simple.

3. Para miembros comprimidos en pórticos arriostrados contra la traslación conjunta en el plano de carga y sometidos a cargas transversales entre sus apoyos, el valor de C_m se puede determinar mediante análisis racional. Sin embargo, en vez de efectuar este análisis se pueden utilizar los siguientes valores:

- (a) para miembros cuyos extremos están restringidos,
 $C_m = 0,85$

- (b) para miembros cuyos extremos no están restringidos,

$$C_m = 1,0$$

C5.2.2 Método LRFD

Las resistencias requeridas, P_u , M_{ux} y M_{uy} , deben satisfacer las siguientes ecuaciones de interacción:

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{C_{mx} M_{ux}}{\phi_b M_{nx} \alpha_x} + \frac{C_{my} M_{uy}}{\phi_b M_{ny} \alpha_y} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.2-1})$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_{no}} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.2-2})$$

Cuando $P_u/\phi_c P_n \leq 0,15$ en vez de las dos ecuaciones anteriores se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{Ec. C5.2.2-3})$$

donde

P_u = Resistencia a la compresión axial requerida

M_{ux}, M_{uy} = Resistencias flexionales requeridas respecto a los ejes baricéntricos de la sección efectiva determinada sólo para la resistencia a la compresión axial requerida. Para las secciones en ángulo, M_{uy} se debe tomar ya sea como la resistencia flexional requerida o como la resistencia flexional requerida más $P_u L/1000$, el valor con el cual se obtenga un menor valor admisible para P_u .

P_n = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección C4

P_{no} = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección C4, con $F_n = F_y$

M_{nx}, M_{ny} = Resistencias flexionales nominales respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3

$$\alpha_x = 1 - \frac{P_u}{P_{Ex}} \quad (\text{Ec. C5.2.2-4})$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{P_u}{P_{Ey}} \quad (\text{Ec. C5.2.2-5})$$

$$P_{Ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad (\text{Ec. C5.2.2-6})$$

$$P_{Ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad (\text{Ec. C5.2.2-7})$$

$\phi_b = 0,90$ ó $0,95$ para resistencia a la flexión (Sección C3.1.1) ó $0,90$ para vigas sin arriostramiento lateral (Sección C3.1.2)

$\phi_c = 0,85$

I_x = Momento de inercia de la sección total, no reducida, respecto al eje x

I_y = Momento de inercia de la sección total, no reducida, respecto al eje y

- L_x = Longitud no arriostrada real para flexión respecto al eje x
 L_y = Longitud no arriostrada real para flexión respecto al eje y
 K_x = Factor de longitud efectiva para pandeo respecto al eje x
 K_y = Factor de longitud efectiva para pandeo respecto al eje y
 C_{mx}, C_{my} Coeficientes cuyos valores se deben tomar de la siguiente manera:
1. Para miembros comprimidos en pórticos sujetos a traslación conjunta (desplazamiento lateral)
 $C_m = 0,85$
 2. Para miembros comprimidos restringidos en pórticos arriostrados contra la traslación conjunta y no sometidos a cargas transversales entre sus apoyos en el plano de flexión (Ec. C5.2.2-8)
 $C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$
 donde
 M_1/M_2 es la relación entre el menor y el mayor momento en los extremos de la porción del miembro analizado que no está arriostrado en el plano de flexión. M_1/M_2 es positivo cuando el miembro se flexiona con curvatura inversa y negativo cuando se flexiona con curvatura simple.
 3. Para miembros comprimidos en pórticos arriostrados contra la traslación conjunta en el plano de carga y sometidos a cargas transversales entre sus apoyos, el valor de C_m se puede determinar mediante análisis racional. Sin embargo, en vez de este análisis se pueden utilizar los siguientes valores:
 - (a) para miembros cuyos extremos están restringidos,
 $C_m = 0,85$
 - (a) para miembros cuyos extremos no están restringidos,
 $C_m = 1,0$

C6 Miembros cilíndricos tubulares

Los requisitos de esta Sección se aplican a miembros cilíndricos tubulares cuya relación diámetro exterior / espesor de pared, D/t , no es mayor que $0,441 E/F_y$.

C6.1 Flexión

Para los miembros solicitados a flexión, la resistencia nominal a la flexión, M_n , se debe calcular de la siguiente manera:

Para $D/t \leq 0,070 E/F_y$

$$M_n = 1,25 F_y S_f \quad (\text{Ec. C6.1-1})$$

Para $0,070 E/F_y < D/t \leq 0,319 E/F_y$

$$M_n = \left[0,970 + 0,020 \left(\frac{E/F_y}{D/t} \right) \right] F_y S_f \quad (\text{Ec. C6.1-2})$$

Para $0,319 E/F_y < D/t \leq 0,441 E/F_y$

$$M_n = [0,328 E / (D/t)] S_f \quad (\text{Ec. C6.1-3})$$

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_b = 0,95 \text{ (LRFD)}$$

donde

S_f = Módulo elástico de la sección transversal total, no reducida

C6.2 Compresión

Los requisitos de esta Sección se aplican a miembros en los cuales la resultante de todas las cargas y momentos que actúan sobre el miembro es equivalente a una única fuerza en la dirección del eje del miembro que pasa a través del baricentro de la sección.

La resistencia axial nominal, P_n , se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_n = F_n A_e \quad (\text{Ec. C6.2-1})$$

$$\Omega_c = 1,80 (\text{ASD})$$

$$\phi_c = 0,85 (\text{LRFD})$$

F_n se determina de la siguiente manera:

Para $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (\text{Ec. C6.2-2})$$

Para $\lambda_c > 1,5$

$$F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y \quad (\text{Ec. C6.2-3})$$

donde

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (\text{Ec. C6.2-4})$$

En las ecuaciones anteriores:

F_e = Tensión de pandeo flexional elástico determinada de acuerdo con la Sección C4.1

$$A_e = \left[1 - (1 - R^2)(1 - A_o / A) \right] A \quad (\text{Ec. C6.2-5})$$

$$R = \sqrt{F_y / 2F_e} \quad (\text{Ec. C6.2-6})$$

$$A_o = \left[\frac{0,037}{(DF_y) / (tE)} + 0,667 \right] A \leq A \text{ para } \frac{D}{t} \leq 0,441 \frac{E}{F_y} \quad (\text{Ec. C6.2-7})$$

A_o = Superficie de la sección transversal no reducida

C6.3 Combinación de flexión y compresión

Las combinaciones de flexión y compresión deben satisfacer los requisitos de la Sección C5.

D. CONJUNTOS ESTRUCTURALES

D1. Secciones armadas

D1.1 Secciones compuestas por dos perfiles C

La máxima separación longitudinal admisible, $s_{\max}$, de las soldaduras u otros conectores que unen dos perfiles C para formar una sección doble T es:

(a) Para miembros comprimidos:

$$s_{\max} = \frac{Lr_{cy}}{2r_1} \quad (Ec. D1.1-1)$$

donde

L = Longitud no arriostrada del miembro comprimido

r_1 = Radio de giro de la sección doble T respecto al eje perpendicular a la dirección en la cual se produciría pandeo para las condiciones dadas de apoyo y arriostramiento intermedio

r_{cy} = Radio de giro de un perfil C respecto a su eje baricéntrico paralelo al alma

(b) Para miembros flexados:

$$s_{\max} = L/6 \leq \frac{2gT_s}{mq} \quad (Ec. D1.1-2)$$

donde

L = Longitud de la viga

T_s = Resistencia de cálculo de la conexión traccionada (Sección E)

g = Distancia vertical entre las dos filas de conexiones más próximas a las alas superior e inferior

q = Carga de cálculo sobre la viga para separación de los conectores (Usar cargas nominales para ASD, cargas factoreadas para LRFD. Para los métodos de determinación, ver a continuación)

m = Distancia entre el centro de corte de un perfil C y el plano medio de su alma.

Para perfiles C simples sin labios rigidizadores en los bordes exteriores,

$$m = \frac{w_f^2}{2w_f + d/3} \quad (Ec. D1.1-3)$$

Para perfiles C con labios rigidizadores en los bordes exteriores,

$$m = \frac{w_f dt}{4I_x} \left[w_f d + 2D \left(d - \frac{4D^2}{3d} \right) \right] \quad (Ec. D1.1-4)$$

w_f = Proyección de las alas a partir de la cara interna del alma (para perfiles C con alas de diferentes anchos, w_f se debe tomar como el ancho del ala más ancha)

d = Profundidad del perfil C o la viga

D = Profundidad total del labio rigidizador

I_x = Momento de inercia de un perfil C respecto a su eje baricéntrico normal al alma

La carga, q , se obtiene dividiendo las cargas concentradas o reacciones por la longitud de apoyo. Para las vigas diseñadas para una carga uniformemente

distribuida, q se debe tomar igual a tres veces la carga uniformemente distribuida, en base a las cargas nominales para ASD, cargas factoreadas para LRFD. Si la longitud de apoyo de una carga concentrada o reacción es más pequeña que la separación entre soldaduras, s , la resistencia de cálculo requerida de las soldaduras o conexiones más próximas a la carga o reacción es:

$$T_s = P_s m / 2g \quad (Ec. D1.1-5)$$

donde P_s es una carga concentrada o reacción en base a las cargas nominales para ASD, cargas factoreadas para LRFD.

La máxima separación admisible, s_{max} , de las conexiones depende de la intensidad de la carga directamente en la conexión. Por lo tanto, si las conexiones están separadas uniformemente en toda la longitud de la viga, ésta se debe determinar en el punto de máxima intensidad de carga localizada. En caso que la separación obtenida mediante este procedimiento resultara inconveniente desde el punto de vista económico se puede adoptar uno de los métodos siguientes: (a) se puede variar la separación de las conexiones a lo largo de la viga de acuerdo con la variación de la intensidad de la carga; o (b) se pueden soldar platabandas a las alas en los puntos donde están aplicadas las cargas concentradas. Luego la resistencia al corte de cálculo de las conexiones que unen estas platabandas a las alas se debe tomar como T_s , y g se debe tomar igual a la profundidad de la viga.

D1.2 Separación de las conexiones en elementos comprimidos

La separación, s , en la dirección del esfuerzo de soldaduras, remaches o bulones que conectan una platabanda, una plancha de refuerzo o un rigidizador no integral comprimido a otro elemento no debe ser mayor que

- (a) la que se requiere para transmitir el corte entre las partes conectadas, en base a la resistencia de cálculo por cada conexión especificada en otras secciones de la presente; o
- (b) $1,16\sqrt{E/f_c}$, siendo t el espesor de la platabanda o plancha de refuerzo y f_c la tensión en la platabanda o plancha de refuerzo bajo carga de servicio; o
- (c) tres veces el ancho plano, w , del elemento comprimido no rigidizado más angosto que tributa a las conexiones, pero no es necesario que sea menor que $1,11\sqrt{E/F_y}$ si $w/t < 0,50\sqrt{E/F_y}$, ó $1,33t\sqrt{E/F_y}$ si $w/t \geq 0,50\sqrt{E/F_y}$, a menos que (a) o (b) requieran una separación menor.

En el caso de soldaduras de filetes no continuos paralelas a la dirección del esfuerzo, la separación se debe tomar como la distancia libre entre soldaduras, más media pulgada. En todos los demás casos la separación se debe tomar como la distancia entre centro y centro de las conexiones.

Excepción: Los requisitos de esta Sección no se aplican a platabandas que actúan exclusivamente como material de revestimiento y no se consideran elementos portantes.

D2 Sistemas mixtos

El diseño de los miembros de los sistemas mixtos en los cuales se utilizan componentes de acero conformado en frío conjuntamente con otros materiales debe

cumplir con los requisitos de esta *Especificación* y de la especificación aplicable para el otro material.

D3 Arriostramiento lateral

Las riostras se deben diseñar de manera de restringir la flexión o torsión de una viga o columna cargada, y de evitar abolladuras localizadas en los puntos de unión.

D3.1 Vigas y columnas simétricas

Las riostras y sistemas de arriostramiento, incluyendo sus conexiones, se deben diseñar considerando los requisitos de resistencia y rigidez.

D3.2 Perfiles C y Z utilizados como vigas

Los siguientes requisitos con respecto al arriostramiento para restringir la torsión de perfiles C y Z utilizados como vigas cargadas en el plano del alma se aplican sólo cuando (a) el ala superior está conectada al tablero o revestimiento de manera que restringe eficazmente la deformación lateral del ala conectada*, o (b) ninguna de las alas está conectada de esta manera. Cuando ambas alas están conectadas de esta manera no se requiere arriostramiento adicional.

D3.2.1 Anclaje del arriostramiento para cubiertas sometidas a cargas gravitatorias que poseen el ala superior conectada al revestimiento

Para los perfiles C y Z diseñados de acuerdo con la Sección C3.1.1 y que tienen un tablero o revestimiento sujetado a las alas superiores (sistemas con sujetadores pasantes o juntas de plegado saliente), es necesario restringir las alas de manera que los máximos desplazamientos laterales del ala superior con respecto a los puntos de reacción de la correa no sean mayores que la longitud del tramo dividida por 360. Si las alas superiores de todas las correas están orientadas con sus caras en la misma dirección, el anclaje del sistema de restricción debe ser capaz de satisfacer los requisitos de las Secciones D3.2.1(a) y D3.2.1(b). Si las alas superiores de líneas de correas adyacentes están orientadas con sus caras en direcciones opuestas, no se aplican los requisitos de las Secciones D3.2.1(a) y D3.2.1(b).

Si las fuerzas de otras líneas de correas se transmiten a través del tablero de la cubierta y sus sistema de conexión, sólo es necesario que las riostras ancladas estén conectadas a una línea de correas en cada vano de correas de cada pendiente de la cubierta. Las riostras ancladas deben estar tan cerca como sea posible del ala que está conectada al tablero o revestimiento. Se deben proveer riostras ancladas para cada vano de correas.

Para arriostramientos dispuestos de manera diferente a las tratadas en las Secciones D3.2.1(a) y D3.2.1(b) se deben llevar a cabo ensayos de acuerdo con el Capítulo F para que el tipo y/o separación seleccionada para las riostras sean tales que la resistencia de ensayo del conjunto del perfil Z arriostrado sea mayor o igual que su resistencia flexional nominal, en vez de la requerida por el Capítulo F.

* En los casos para los cuales la *Especificación* no contiene un método de diseño explícito, se debe buscar información adicional en el Comentario.

(a) Perfiles C:

Para los sistemas de cubierta que utilizan perfiles C como correas con todas las alas comprimidas con sus caras en la misma dirección, se debe proveer un sistema de restricción capaz de resistir $0,05W$, además de las otras cargas, siendo W la carga de diseño (carga nominal para ASD, carga factoreada para LRFD) soportada por todas las líneas de correas restringidas. Cuando en una correa se utiliza más de una riostra, la fuerza de restricción $0,05W$ se debe dividir en partes iguales entre todas las riostras.

(b) Perfiles Z:

Para los sistemas de cubierta que poseen entre cuatro y veinte líneas de perfiles Z utilizados como correas con todas las alas superiores con sus caras apuntando en la dirección de la pendiente ascendente de la cubierta, y con riostras de restricción en los apoyos, puntos medios o puntos correspondientes a los tercios de las correas, cada riostra se debe diseñar de manera de resistir una fuerza determinada de la siguiente manera:

(1) Sistema de un solo tramo con restricciones en los apoyos:

$$P_L = 0,5 \left[\frac{0,220b^{1,50}}{n_p^{0,72} d^{0,90} t^{0,60}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-1)$$

(2) Sistema de un solo tramo con restricciones en los puntos correspondientes a los tercios:

$$P_L = 0,5 \left[\frac{0,474b^{1,22}}{n_p^{0,57} d^{0,89} t^{0,33}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-2)$$

(3) Sistema de un solo tramo con restricción en el punto medio:

$$P_L = \left[\frac{0,224b^{1,32}}{n_p^{0,65} d^{0,83} t^{0,50}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-3)$$

(4) Sistema de múltiples tramos con restricciones en los apoyos:

$$P_L = C_{tr} \left[\frac{0,053b^{1,88} L^{0,13}}{n_p^{0,95} d^{1,07} t^{0,94}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-4)$$

donde

$C_{tr} = 0,63$ para riostras en los apoyos extremos de sistemas de múltiples tramos

$C_{tr} = 0,87$ para riostras en los primeros apoyos interiores

$C_{tr} = 0,81$ para todas las demás riostras

(5) Sistema de múltiples tramos con restricciones en los puntos correspondientes a los tercios:

$$P_L = C_{th} \left[\frac{0,181b^{1,15} L^{0,25}}{n_p^{0,54} d^{1,11} t^{0,29}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-5)$$

donde

$C_{th} = 0,57$ para riostras externas en tramos exteriores

$C_{th} = 0,48$ para todas las demás riostras

(6) Sistema de múltiples tramos con restricciones en los puntos medios:

$$P_L = C_{ms} \left[\frac{0,116b^{1,32}L^{0,18}}{n_p^{0,70}dt^{0,50}} - \sin \theta \right] W \quad (Ec. D3.2.1-6)$$

donde

$C_{ms} = 1,05$ para riostras en tramos exteriores

$C_{ms} = 0,90$ para todas las demás riostras

donde

b = Ancho del ala

d = Profundidad del perfil

t = Espesor

L = Longitud del tramo

θ = Ángulo entre la vertical y el plano del alma del perfil Z, grados

n_p = Número de líneas de correas paralelas

W = Carga total soportada por las líneas de correas entre apoyos adyacentes
(Para ASD utilizar cargas nominales, para LRFD utilizar cargas factoreadas)

La fuerza, P_L , es positiva cuando la restricción se requiere para impedir el movimiento de las alas de las correas en la dirección ascendente de la pendiente de la cubierta.

Para los sistemas que tienen menos de cuatro líneas de correas, la fuerza de las riostras se debe determinar tomando 1,1 veces la fuerza calculada mediante las Ecuaciones D3.2.1-1 a D3.2.1-6, con $n_p = 4$. Para sistemas que tienen más de veinte líneas de correas, la fuerza de las riostras se debe determinar utilizando las Ecuaciones D3.2.1-1 a D3.2.1-6, con $n_p = 20$ y W en base al número total de correas.

D3.2.2 Ninguna de las alas conectadas al revestimiento

Cada una de las riostras intermedias, en las alas superior e inferior, se deben diseñar para resistir una fuerza lateral requerida, P_L , determinada de la siguiente manera:

- Para cargas uniformes, $P_L = 1,5K'$ por la carga de diseño (cargas nominales para ASD, cargas factoreadas para LRFD) en una distancia de $0,5a$ a cada lado de la riostra.
- Para cargas concentradas, $P_L = 1,0K'$ por cada carga concentrada de diseño ubicada a una distancia de $0,3a$ o menos a cada lado de la riostra, más $1,4K'(1-x/a)$ por cada carga concentrada de diseño ubicada a más de $0,3a$ pero a no más de $1,0a$ de la riostra. Para ASD la carga concentrada de diseño es la carga nominal y para LRFD es la carga factoreada.

En las ecuaciones anteriores:

Para perfiles C y perfiles Z:

x = Distancia desde la carga concentrada hasta la riostra

a = Distancia entre los ejes de las riostras

Para perfiles C:

$K' = m/d$

donde

(Ec. D3.2.2-1)

m = Distancia entre el centro de corte y el plano medio del alma, según lo especificado en la Sección D1.1

d = Profundidad del perfil C

Para perfiles Z:

$$K' = I_{xy} / I_x \quad (Ec. D3.2.2-2)$$

donde

I_{xy} = Producto de inercia de la sección total respecto a los ejes baricéntricos paralelo y perpendicular al alma

I_x = Momento de inercia de la sección total respecto al eje baricéntrico perpendicular al alma

Las riostras se deben diseñar de manera de evitar la abolladura localizada en los puntos donde se unen al miembro.

Cuando se proveen riostras, éstas deben estar unidas de manera de restringir eficazmente la sección contra la deflexión lateral de ambas alas en los extremos y en cualquier punto de arriostramiento intermedio.

Cuando todas las cargas y reacciones que actúan sobre una viga se transmiten a través de miembros que se unen a la sección de manera tal que restringen eficazmente la sección contra su rotación torsional y desplazamiento lateral, no se requieren riostras adicionales a excepción de las requeridas por motivos de resistencia de acuerdo con la Sección C3.1.2.

D3.3 Vigas tipo cajón sin arriostramiento lateral

Para las secciones tipo cajón cerrado utilizadas como vigas sometidas a flexión respecto al eje mayor, la relación entre la longitud sin apoyo lateral y la distancia entre las almas de la sección no debe ser mayor que $0,086 E/F_y$.

D4 Montantes y conjuntos de montantes que integran un tabique

Los montantes para tabiques se deben diseñar en base a un sistema todo de acero de acuerdo con la Sección C, o bien en base al revestimiento de acuerdo con las Secciones D4.1 a D4.3. Están permitidas tanto las almas macizas como las perforadas. Ambos extremos del montante deben estar conectados para restringir la rotación respecto al eje longitudinal del montante y el desplazamiento horizontal perpendicular al eje del montante.

(a) Diseño todo de acero:

Los conjuntos de montantes para tabiques que utilizan un diseño todo de acero se deben diseñar despreciando la contribución estructural de los revestimientos a los cuales están unidos y deben cumplir con los requisitos de la Sección C. En el caso de perforaciones circulares en el alma ver la Sección B2.2, y en el caso de perforaciones no circulares en el alma la superficie efectiva se debe determinar de la siguiente manera:

La superficie efectiva, A_e , a una tensión F_n , se debe determinar de acuerdo con la Sección B, suponiendo que el alma consiste en dos elementos no rigidizados, uno a cada lado de la perforación, o bien la superficie efectiva, A_e , se debe determinar mediante ensayos de columna corta.

Cuando A_e se determina de acuerdo con la Sección B se aplican las siguientes limitaciones referidas al tamaño y separación de las perforaciones y a la profundidad del montante:

- (1) La separación entre centro y centro de las perforaciones del alma no debe ser menor que 24 pulgadas (610 mm).
- (2) El máximo ancho de las perforaciones del alma debe ser el menor valor seleccionado entre 0,5 por la profundidad de la sección, d , ó 2-½ pulgadas (63,5 mm).
- (3) La longitud de las perforaciones del alma no debe ser mayor que 4-½ pulgadas (114 mm).
- (4) La relación profundidad-espesor de la sección, d/t , no debe ser menor que 20.
- (5) La distancia entre el extremo del montante y el extremo más próximo de una perforación no debe ser menor que 10 pulgadas (254 mm).

(b) Diseño arriostrado por el revestimiento

Los conjuntos de montantes para tabiques que utilizan un diseño arriostrado por el revestimiento se deben diseñar de acuerdo con las Secciones D4.1 a D4.3 y además deben cumplir con los siguientes requisitos:

En el caso de almas perforadas la superficie efectiva, A_e , se debe determinar como en el caso (a) anterior.

Debe haber revestimientos unidos a ambos lados del montante y conectados a los miembros horizontales superior e inferior del tabique para proveerle al montante apoyo lateral y torsional en el plano del tabique.

El revestimiento debe satisfacer las limitaciones especificadas en la Tabla D4. Si fuera necesario se debe proveer arriostramiento adicional durante la construcción.

Las ecuaciones dadas son aplicables dentro de las siguientes limitaciones:

Resistencia a la fluencia, $F_y \leq 50$ ksi (345 MPa)

Profundidad de la sección, $d \leq 6,0$ in. (152 mm)

Espesor de la sección, $t \leq 0,075$ in. (1,91 mm)

Longitud total, $L \leq 16$ ft. (4,88 m)

Separación de los montantes, mínimo 12 in. (305 mm), máximo 24 in. (610 mm)

D4.1 Montantes de tabiques comprimidos

Para los montantes que tienen revestimientos idénticos unidos a ambas alas, y despreciando cualquier restricción rotacional provista por el revestimiento, la resistencia axial nominal, P_n , se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_n = A_e F_n \quad (Ec. D4.1-1)$$

$$\Omega_c = 1,80 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_c = 0,85 \text{ (LRFD)}$$

donde

A_e = Superficie efectiva determinada a F_n

F_n = Menor valor determinado mediante las tres condiciones siguientes:

- (a) Para impedir el pandeo de columna entre sujetadores en el plano del tabique, F_n se debe calcular de acuerdo con la Sección C4 con KL igual al doble de la distancia entre sujetadores.
- (b) Para impedir el pandeo flexional y/o torsional de columna generalizado, F_n se debe calcular de acuerdo con la Sección C4, tomando F_e como el menor de los

dos valores de σ_{CR} especificados para los siguientes tipos de secciones, siendo σ_{CR} la tensión teórica de pandeo elástico bajo cargas concéntricas:

(1) Perfiles C con simetría simple

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ey} + \bar{Q}_a \quad (Ec. D4.1-2)$$

$$\sigma_{CR} = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_{tQ}) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_{tQ})^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_{tQ}} \right] \quad (Ec. D4.1-3)$$

(2) Perfiles Z

$$\sigma_{CR} = \sigma_t + \bar{Q}_t \quad (Ec. D4.1-4)$$

$$\sigma_{CR} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{ex} + \sigma_{ey} + \bar{Q}_a) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_{ey} + \bar{Q}_a)^2 - 4(\sigma_{ex}\sigma_{ey} + \sigma_{ex}\bar{Q}_a - \sigma_{exy}^2)} \right\} \quad (Ec. D4.1-5)$$

(3) Perfiles doble T (simetría doble)

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ey} + \bar{Q}_a \quad (Ec. D4.1-6)$$

$$\sigma_{CR} = \sigma_{ex} \quad (Ec. D4.1-7)$$

En las ecuaciones anteriores:

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(L/r_x)^2} \quad (Ec. D4.1-8)$$

$$\sigma_{exy} = (\pi^2 EI_{xy}) / (AL^2) \quad (Ec. D4.1-9)$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(L/r_y)^2} \quad (Ec. D4.1-10)$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{L^2} \right] \quad (Ec. D4.1-11)$$

$$\sigma_{tQ} = \sigma_t + \bar{Q}_t \quad (Ec. D4.1-12)$$

$$\bar{Q} = \bar{Q}_o (2 - s/s') \quad (Ec. D4.1-13)$$

donde:

s = separación de los sujetadores, in. (mm); 6 in. (152 mm) $\leq s \leq$ 12 in. (305 mm)

s' = 12 in. (305 mm);

$\bar{Q}_o$ = Ver Tabla D4

$$\bar{Q}_a = \bar{Q} / A \quad (Ec. D4.1-14)$$

A = Superficie de la sección transversal total, no reducida

L = Longitud del montante

$$\bar{Q}_t = (\bar{Q}d^2) / (4Ar_0^2) \quad (Ec. D4.1-15)$$

d = Profundidad de la sección

I_{xy} = Producto de inercia

(c) Para impedir que el revestimiento falle por corte, en las siguientes ecuaciones se debe utilizar un valor de F_n tal que la deformación por corte del

revestimiento, γ , no supere la deformación por corte admisible, $\bar{\gamma}$. La deformación por corte, γ , se debe determinar de la siguiente manera:

$$\gamma = (\pi/L) [C_1 + (E_1 d/2)] \quad (Ec. D4.1-16)$$

donde

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

(1) Perfiles C con simetría simple

$$C_1 = (F_n C_o) / (\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a) \quad (Ec. D4.1-17)$$

$$E_1 = \frac{F_n \left[(\sigma_{ex} - F_n) (r_o^2 E_o - x_o D_o) - F_n x_o (D_o - x_o E_o) \right]}{(\sigma_{ex} - F_n) r_o^2 (\sigma_{tQ} - F_n) - (F_n x_o)^2} \quad (Ec. D4.1-18)$$

(2) Perfiles Z

$$C_1 = \frac{F_n [C_o (\sigma_{ex} - F_n) - D_o \sigma_{exy}]}{(\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a) (\sigma_{ex} - F_n) - \sigma_{exy}^2} \quad (Ec. D4.1-19)$$

$$E_1 = (F_n E_o) / (\sigma_{tQ} - F_n) \quad (Ec. D4.1-20)$$

(3) Perfiles doble T

$$C_1 = (F_n C_o) / (\sigma_{ey} - F_n + \bar{Q}_a) \quad (Ec. D4.1-21)$$

$$E_1 = 0$$

donde

x_o = distancia entre el centro de corte y el baricentro a lo largo del eje principal x (valor absoluto)

C_o , E_o y D_o son las imperfecciones iniciales de la columna, las cuales se deben suponer de al menos:

$$C_o = L/350 \text{ en dirección paralela al tabique} \quad (Ec. D4.1-22)$$

$$D_o = L/700 \text{ en dirección perpendicular al tabique} \quad (Ec. D4.1-23)$$

$$E_o = L/(d \times 10.000), \text{ radianes, medida de la torsión inicial del montante con respecto a la forma inicial, ideal, no pandeada} \quad (Ec. D4.1-24)$$

Si $F_n > 0,5 F_y$ en las definiciones de σ_{ey} , σ_{ex} , σ_{exy} y σ_{tQ} los parámetros E y G se deben reemplazar por E' y G', respectivamente, como se define a continuación:

$$E' = 4EF_n (F_y - F_n) / F_y^2 \quad (Ec. D4.1-25)$$

$$G' = G(E'/E) \quad (Ec. D4.1-26)$$

Está permitido determinar los parámetros del revestimiento $\bar{Q}_o$ y $\bar{\gamma}$ mediante ensayos representativos a escala real, realizados y evaluados como se describe en los métodos publicados documentados (ver Comentario), o mediante los valores correspondientes a ensayos a pequeña escala dados en la Tabla D4.

TABLA D4
Parámetros del revestimiento⁽¹⁾

Revestimiento ⁽²⁾	$\overline{Q_o}$		$\overline{\gamma}$
	k	kN	longitud/longitud
Yeso de 3/8 in. (9,5 mm) a 5/8 in. (15,9 mm) de espesor	24,0	107,0	0,008
Material lignocelulósico	12,0	53,4	0,009
Tablero de fibra (regular o impregnado)	7,2	32,0	0,007
Tablero de fibra (fuertemente impregnado)	14,4	64,1	0,010

- (1) Los valores dados están sujetos a las siguientes limitaciones:
 Todos los valores corresponden a revestimiento a ambos lados del conjunto del tabique.
 Todos los sujetadores son tornillos autoperforantes para construcción en seco, tipo S-12, No. 6, o sus equivalentes.
- (2) Todos los revestimientos son de 1/2 in. (12,7 mm) de espesor, a menos que se especifique lo contrario.
 Para otros tipos de revestimientos $\overline{Q_o}$ y $\overline{\gamma}$ se pueden determinar de manera conservadora a partir de ensayos efectuados sobre probetas representativas a menor escala de acuerdo con lo descrito en los métodos publicados documentados (ver Comentario).

D4.2 Montantes de tabiques flexados

Para los montantes con idéntico revestimiento unido a ambas alas, y despreciando cualquier restricción rotacional proporcionada por el revestimiento, las resistencias nominales a la flexión son M_{nxo} y M_{nyo} , donde

Para secciones con alas comprimidas rigidizadas o parcialmente rigidizadas:

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_b = 0,95 \text{ (LRFD)}$$

Para secciones con alas comprimidas no rigidizadas:

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

M_{nxo} y M_{nyo} = Resistencias nominales a la flexión respecto a los ejes baricéntricos determinadas de acuerdo con la Sección C3.1, excluyendo los requisitos de la Sección C3.1.2 (pandeo lateral)

D4.3 Montantes de tabiques sometidos a carga axial y flexión

La resistencia axial requerida y la resistencia a la flexión requerida deben satisfacer las ecuaciones de interacción de la Sección C5, redefiniendo los siguientes términos de la siguiente manera:

P_n = Resistencia axial nominal determinada de acuerdo con la Sección D4.1

En las Ecuaciones C5.2.1-1, C5.2.1-2 y C5.2.1-3 para ASD o C5.2.2-1, C5.2.2-2 y C5.2.2-3 M_{nx} y M_{ny} se deben reemplazar por las resistencias nominales a la flexión, M_{nxo} y M_{nyo} , respectivamente.

D5 Construcción de diafragmas de acero para losas, cubiertas o tabiques

La resistencia nominal al corte en el plano de un diafragma, S_n , se debe establecer mediante cálculos o ensayos.

Ω_d = Según lo especificado en la Tabla D5 (ASD)

ϕ_d = Según lo especificado en la Tabla D5 (LRFD)

TABLA D5
Factores de seguridad y factores de resistencia para diafragmas

Ω_d	ϕ_d	Condiciones del diafragma
2,65	0,60	para diafragmas en los cuales el modo de falla es el de pandeo, caso contrario;
3,0	0,50	para diafragmas soldados a la estructura sometidos a cargas sísmicas, o sometidos a combinaciones de cargas que incluyen cargas sísmicas.
2,35	0,55	para diafragmas soldados a la estructura sometidos a cargas de viento, o sometidos a combinaciones de cargas que incluyen cargas de viento
2,5	0,60	para diafragmas conectados a la estructura mediante uniones mecánicas sometidos a cargas sísmicas, o sometidos a combinaciones de cargas que incluyen cargas sísmicas.
2,0	0,65	para diafragmas conectados a la estructura mediante uniones mecánicas sometidos a cargas de viento, o sometidos a combinaciones de cargas que incluyen cargas de viento
2,45	0,65	para diafragmas conectados a la estructura ya sea por medios mecánicos o soldadura sometidos a combinaciones de cargas que no incluyen cargas de viento o cargas sísmicas.

E. UNIONES Y CONEXIONES

E1 Requisitos generales

Las conexiones se deben diseñar para transmitir las máximas fuerzas de cálculo que actúan sobre los miembros conectados. Las excentricidades se deben analizar cuidadosamente.

E2 Uniones soldadas

Los siguientes criterios de diseño determinan las uniones soldadas utilizadas para miembros estructurales de acero conformado en frío en las cuales el espesor de la pieza conectada más delgada es de 0,18 in. (4,57 mm) o menos. Para las uniones soldadas en las cuales el espesor de la pieza conectada más delgada es superior a 0,18 in. (4,57 mm), ver la publicación "*Specification for Structural Steel Buildings, Allowable Stress Design and Plastic Design*" de AISC o la publicación "*Load and Resistance Factor Design for Structural Steel Buildings*".

Con las excepciones que aquí se indican, las soldaduras por arco sobre acero donde al menos una de las partes conectadas tiene un espesor de 0,18 in. (4,57 mm) o menos se deben efectuar de acuerdo con AWS D1.3 y su Comentario. Las soldadoras y los procedimientos de soldadura deben calificar según lo especificado en AWS D1.3. La intención de estos requisitos es cubrir las posiciones de soldadura indicadas en la Tabla E2.

Las soldaduras de resistencia se deben efectuar de acuerdo con los procedimientos dados en AWS C1.1 ó AWS C1.3.

TABLA E2
Posiciones de soldadura cubiertas

Unión	Posición de soldadura					
	Soldadura a tope de ranura cuadrada	Puntos de soldadura por arco	Cordones de soldadura por arco	Soldadura de filete, a solapa o en T	Soldadura de ranura biselada	Soldadura de ranura en V acampanada
Plancha a plancha	F	--	F	F	F	F
	H	--	H	H	H	H
	V	--	--	V	V	V
	OH	--	--	OH	OH	OH
Plancha a miembro de apoyo	--	F	F	F	F	--
	--	--	--	H	H	--
	--	--	--	V	V	--
	--	--	--	OH	OH	--

(F = plana, H = horizontal, V = vertical, OH = desde la cara inferior)

E2.1 Soldaduras de ranura en uniones a tope

La resistencia nominal, P_n , de una soldadura de ranura en una unión a tope, soldada desde uno o ambos lados, se debe determinar de la siguiente manera:

- (a) Tracción o compresión normal a la superficie efectiva o paralela al eje de la soldadura

$$P_n = L_t F_y \quad (Ec. E2.1-1)$$

$$\Omega = 2,50(\text{ASD})$$

$$\phi = 0,90(\text{LRFD})$$

- (b) Corte en la superficie efectiva, el menor valor entre las ecuaciones E2.1-2 ó E2.1-3

$$P_n = L t_e 0,6 F_{xx} \quad (\text{Ec. E2.1-2})$$

$$\Omega = 2,50(\text{ASD})$$

$$\phi = 0,80(\text{LRFD})$$

$$P_n = L t_e F_y / \sqrt{3} \quad (\text{Ec. E2.1-3})$$

$$\Omega = 2,50(\text{ASD})$$

$$\phi = 0,90(\text{LRFD})$$

donde

P_n = Resistencia nominal de una soldadura de ranura

F_{xx} = Denominación de la resistencia del metal de relleno en la clasificación de electrodos AWS

F_y = Límite de fluencia mínimo especificado del acero base de menor resistencia

L = Longitud de la soldadura

t_e = Dimensión efectiva de la garganta de una soldadura de ranura

E2.2 Puntos de soldadura por arco

Los puntos de soldadura por arco permitidos por esta *Especificación* son para soldar una plancha de acero a miembros de apoyo de mayor espesor ubicados en posición plana. No se deben realizar puntos de soldadura por arco si la parte de acero más delgada conectada tiene más de 0,15 in. (3,81 mm) de espesor, ni a través de una combinación de planchas de acero cuyo espesor total sea superior a 0,15 in. (3,81 mm).

Cuando el espesor de la lámina es menor que 0,028 in. (0,711 mm) se deben utilizar arandelas para soldaduras, Figuras E2.2A y E2.2B. Las arandelas para soldaduras deben tener un espesor comprendido entre 0,05 in. (1,27 mm) y 0,08 in. (2,03 mm) y un orificio preperforado con un diámetro mínimo de 3/8 in. (9,53 mm).

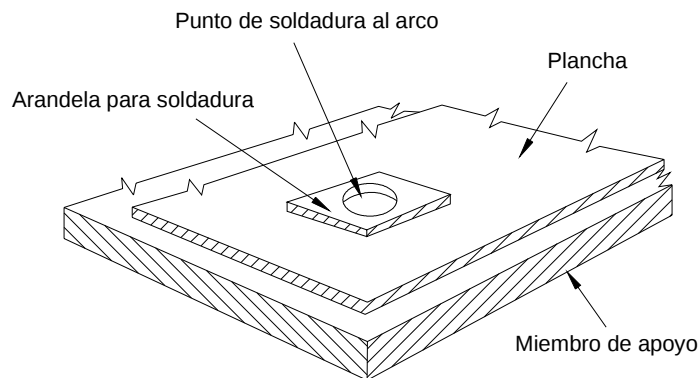


Figura E2.2A Típica arandela para soldaduras

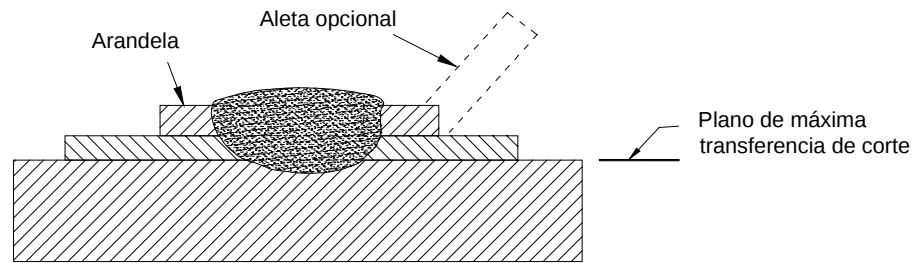


Figura E2.2B Punto de soldadura por arco utilizando una arandela

Los puntos de soldadura por arco se deben especificar mediante el diámetro efectivo mínimo de la superficie fundida, d_e . El mínimo diámetro efectivo admisible es 3/8 in. (9,5 mm).

E2.2.1 Corte

La resistencia nominal al corte, P_n , de cada punto de soldadura por arco que une una o más chapas y un miembro de apoyo se debe determinar utilizando el menor valor entre

$$(a) \quad P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} 0,75 F_{xx} \quad (Ec. E2.2.1-1)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

$$(b) \quad \text{Para } (d_a / t) \leq 0,815 \sqrt{(E / F_u)} \\ P_n = 2,20 t d_a F_u \quad (Ec. E2.2.1-2)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

$$\text{Para } 0,815 \sqrt{(E / F_u)} < (d_a / t) < 1,397 \sqrt{(E / F_u)}$$

$$P_n = 0,280 \left[1 + 5,59 \frac{\sqrt{E / F_u}}{d_a / t} \right] t d_a F_u \quad (Ec. E2.2.1-3)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,50 \text{ (LRFD)}$$

$$\text{Para } (d_a / t) \geq 1,397 \sqrt{(E / F_u)} \quad (Ec. E2.2.1-4)$$

$$P_n = 1,40 t d_a F_u$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,50 \text{ (LRFD)}$$

donde

P_n = Resistencia nominal al corte de un punto de soldadura por arco

d = Diámetro visible de la superficie exterior del punto de soldadura por arco

d_a = Diámetro promedio del punto de soldadura por arco a la mitad del espesor de t , donde $d_a = (d - t)$ para una sola plancha, y $(d - 2t)$ para múltiples planchas (no más de cuatro planchas superpuestas sobre un miembro de apoyo)

d_e = Diámetro efectivo de la superficie fundida en el plano de máxima transferencia de corte

$$= 0,7d - 1,5t \text{ pero } \leq 0,55d \quad (Ec. E2.2.1-5)$$

t = Espesor total combinado del acero base (excluyendo los revestimientos) de las planchas que participan en la transferencia de corte sobre el plano de máxima transferencia de corte

F_{xx} = Denominación de la resistencia del metal de relleno en la clasificación de electrodos AWS

F_u = Resistencia a la tracción según lo especificado en las Secciones A3.1 ó A3.2.

Nota: Ver Figuras E2.2C y E2.2D para las definiciones de los diámetros.

La distancia medida en la línea de fuerza desde el eje de una soldadura hasta el borde más cercano de una soldadura adyacente o hasta el extremo de la parte conectada hacia la cual se dirige la fuerza no debe ser menor que el valor de e_{min} dado a continuación:

$$e_{min} = \frac{P\Omega}{F_u t} \quad (ASD) \quad (Ec. E2.2.1-6a)$$

$$e_{min} = \frac{P_u}{\phi F_u t} \quad (LRFD) \quad (Ec. E2.2.1-6b)$$

Cuando $F_u/F_{sy} \geq 1,08$

$$\Omega = 2,0 \quad (ASD)$$

$$\phi = 0,70 \quad (LRFD)$$

Cuando $F_u/F_{sy} < 1,08$

$$\Omega = 2,22 \quad (ASD)$$

$$\phi = 0,60 \quad (LRFD)$$

donde

P = Resistencia requerida (fuerza nominal) transmitida por la soldadura (ASD)

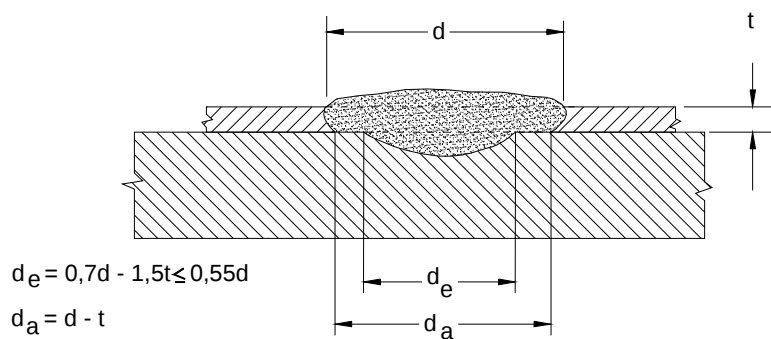
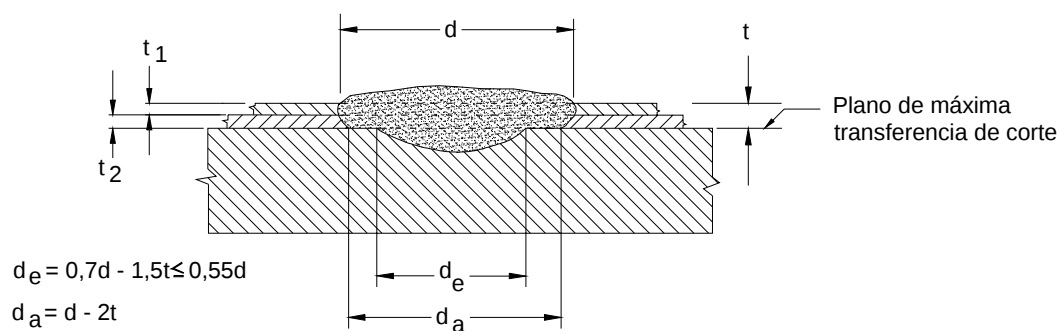
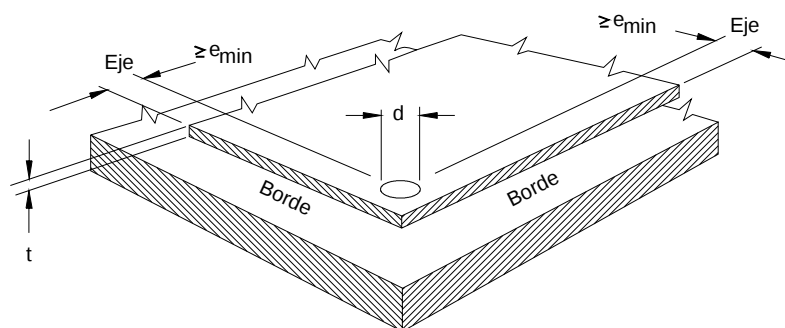
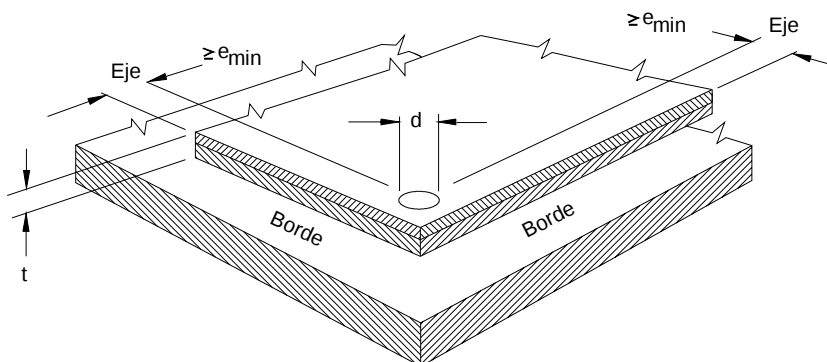
P_u = Resistencia requerida (fuerza factoreada) transmitida por la soldadura (LRFD)

t = Espesor de la plancha conectada más delgada

F_{sy} = Límite de fluencia de acuerdo con lo especificado en las Secciones A3.1 ó A3.2

Nota: Ver Figuras E2.2E y E2.2F para las definiciones de los diámetros.

Además, la distancia entre el eje de cualquier soldadura hasta el extremo o borde del miembro conectado no debe ser menor que $1,5d$. En ningún caso la distancia libre entre las soldaduras y el extremo del miembro debe ser menor que $1,0d$.

**Figura E2.2C Punto de soldadura por arco - Un solo espesor de plancha****Figura E2.2D Punto de soldadura por arco - Doble espesor de plancha****Figura E2.2E Distancias a los bordes para puntos de soldadura por arco - Una sola plancha****Figura E2.2F Distancias a los bordes para puntos de soldadura por arco - Doble plancha**

E2.2.2 Tracción

La resistencia nominal a la tracción de levantamiento, P_n , de cada punto de soldadura por arco con carga concéntrica que conecta planchas y un miembro de apoyo se debe calcular como el menor valor entre:

$$P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} F_{xx} \quad (\text{Ec. E2.2.2-1})$$

o ya sea:

Para $F_u / E < 0,00187$

$$P_n = [6,59 - 3150(F_u / E)] t_d F_u \leq 1,46 t_d F_u \quad (\text{Ec. E2.2.2-2})$$

Para $F_u / E \geq 0,00187$

$$P_n = 0,70 t_d F_u \quad (\text{Ec. E2.2.2-3})$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

También se aplican las siguientes limitaciones adicionales:

$$e_{\min} \geq d$$

$$F_{xx} \geq 60 \text{ ksi (414 MPa)}$$

$$F_u \leq 82 \text{ ksi (565 MPa) (de las planchas conectadas)}$$

$$F_{xx} > F_u$$

donde todos los demás parámetros corresponden a lo definido en la Sección E2.2.1

Para puntos de soldadura por arco con carga excéntrica sometidos a una tracción de levantamiento, la resistencia nominal a la tracción se debe tomar como el cincuenta por ciento del valor anterior.

Para conexiones con múltiples planchas, la resistencia se debe determinar utilizando la sumatoria de los espesores de las planchas como se indica en las Ecuaciones E2.2.2-2 y E2.2.2-3.

Dentro de los sistemas de tableros, en las conexiones solapadas de los laterales, la resistencia nominal a la tracción de la unión soldada debe ser igual al 70 por ciento de los valores anteriores.

Si mediante mediciones se puede demostrar que utilizando un procedimiento de soldadura dado se obtendrá un mayor diámetro efectivo, d_e , o un mayor diámetro medio, d_a , según corresponda, este mayor diámetro se puede utilizar siempre que se siga el procedimiento de soldadura utilizado para las mismas.

E2.3 Cordones de soldadura por arco

Los cordones de soldadura por arco (Figura E2.3A) cubiertos por esta *Especificación* se aplican sólo a las siguientes uniones:

- (a) Plancha a miembro de apoyo de mayor espesor en posición plana.
- (b) Plancha a plancha en posición horizontal o plana.

La resistencia nominal al corte, P_n , de los cordones de soldadura por arco se deben determinar utilizando el menor valor de:

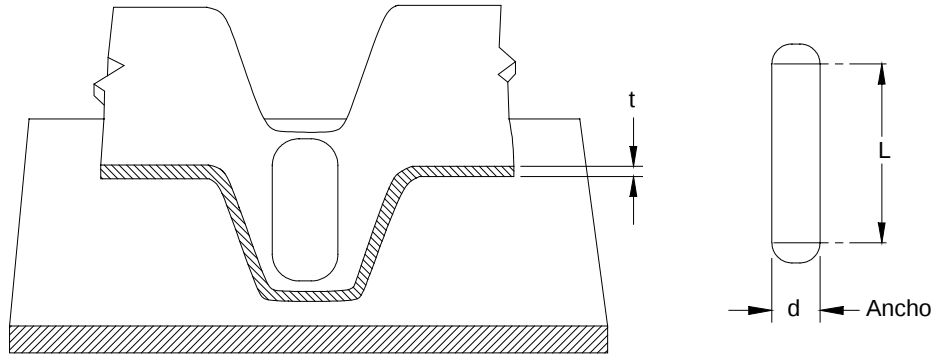


Figura E2.3A Cordón de soldadura por arco - Plancha a miembro de apoyo en posición plana

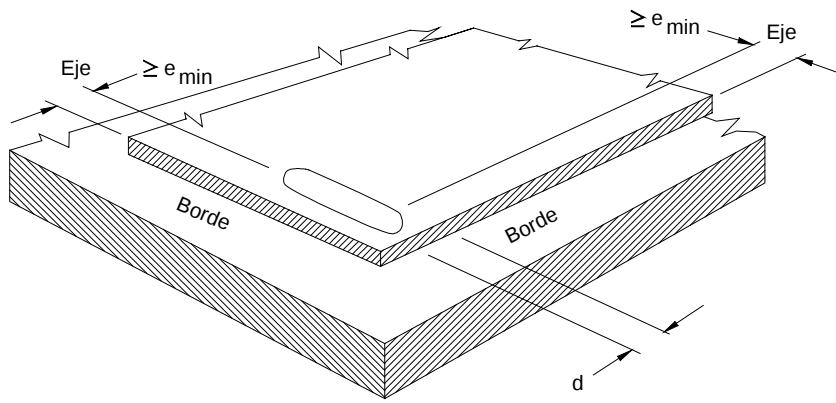


Figura E2.3B Distancias a los bordes para cordones de soldadura por arco

$$(a) \quad P_n = \left[\frac{\pi d_e^2}{4} + L d_e \right] 0,75 F_{xx} \quad (Ec. E2.3-1)$$

$$(b) \quad P_n = 2,5 t F_u (0,25L + 0,96d_a) \quad (Ec. E2.3-2)$$

$$\Omega = 2,50 (\text{ASD})$$

$$\phi = 0,60 (\text{LRFD})$$

donde

P_n = Resistencia nominal al corte de un cordón de soldadura por arco

d = Ancho del cordón de soldadura por arco

L = Longitud del cordón de soldadura por arco excluyendo los extremos redondeados

(A los fines del cálculo, L no debe ser mayor que $3d$)

d_a = Ancho promedio del cordón de soldadura por arco

donde

$d_a = (d - t)$ para una sola plancha, y

(Ec. E2.3-3)

$(d - 2t)$ para plancha doble

(Ec. E2.3-4)

d_e = Ancho efectivo del cordón de soldadura por arco en las superficies fundidas

$d_e = 0,7d - 1,5t$

(Ec. E2.3-5)

y F_u y F_{xx} se definen en la Sección E2.2.1. La mínima distancia al borde debe ser igual a la determinada para el punto de soldadura por arco, Sección E2.2.1. Ver Figura E2.3B.

E2.4 Soldaduras de filete

Las soldaduras de filete cubiertas por esta *Especificaciones* se aplican a la soldadura de uniones en cualquier posición, ya sea:

- (a) Plancha a plancha, o
- (b) Plancha a un miembro de acero de mayor espesor.

La resistencia nominal al corte, P_n , de una soldadura de filete se debe determinar de la siguiente manera:

- (a) Para carga longitudinal:

Para $L/t < 25$:

$$P_n = \left(1 - \frac{0,01L}{t}\right) tLF_u \quad (Ec. E2.4-1)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

Para $L/t \geq 25$:

$$P_n = 0,75 tLF_u \quad (Ec. E2.4-2)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,55 \text{ (LRFD)}$$

- (b) Para carga transversal:

$$P_n = tLF_u \quad (Ec. E2.4-3)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

donde t = valor menor entre t_1 ó t_2 , Figuras E2.4A y E2.4B

Además, para $t > 0,150$ in. (3,81 mm) la resistencia nominal determinada anteriormente no debe superar el siguiente valor de P_n :

$$P_n = 0,75 t_w LF_{xx} \quad (Ec. E2.4-4)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

donde

P_n = Resistencia nominal al corte de una soldadura de filete

L = Longitud de la soldadura de filete

t_w = Garganta efectiva = $0,707w_1$ ó $0,707w_2$, cualquiera sea el que resulte menor. Estará permitida una mayor garganta efectiva si las mediciones muestran que con el procedimiento de soldadura a utilizar se obtienen mayores valores de t_w de manera consistente.

w_1 y w_2 = cantos de la soldadura (ver Figuras E2.4 y E2.4B). En las uniones solapadas $w_1 \leq t_1$.

F_u y F_{xx} se definen en la Sección E2.2.1.

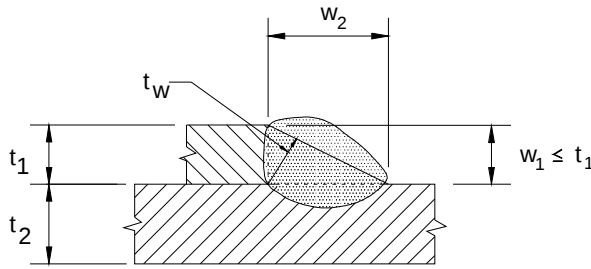


Figura E2.4A Soldaduras de filete - Unión solapada

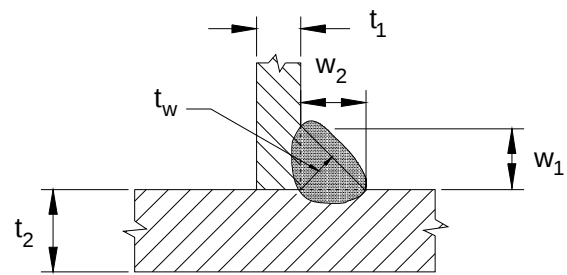


Figura E2.4B Soldaduras de filete - Unión en T

E2.5 Soldaduras de ranura biselada

Las soldaduras de ranura biselada cubiertas por esta *Especificación* se aplican a la soldadura de uniones en cualquier posición, ya sea:

- (a) Plancha a plancha para soldaduras de ranura biselada en V, o
- (b) Plancha a plancha para soldaduras de ranura biselada, o
- (c) Plancha a miembro de acero de mayor espesor para soldaduras de ranura biselada.

La resistencia nominal al corte, P_n , de una soldadura de ranura biselada se debe determinar de la siguiente manera:

- (a) Para soldaduras de ranura biselada, carga transversal (ver Figura E2.5A):

$$P_n = 0,833tLF_u$$

(Ec. E2.5-1)

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,55 \text{ (LRFD)}$$

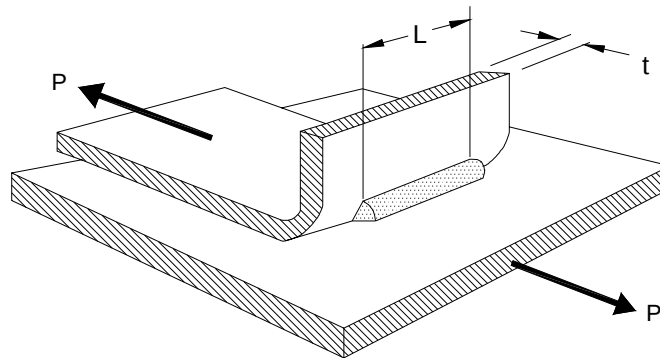


Figura E2.5A Soldadura de ranura biselada

- (b) Para soldaduras de ranura biselada, carga longitudinal (ver Figuras E2.5B a E2.5G):

- (1) Para $t \leq t_w < 2t$ o si la altura del labio rigidizador, h , es menor que la longitud de la soldadura, L :

$$P_n = 0,75tLF_u$$

(Ec. E2.5-2)

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,55 \text{ (LRFD)}$$

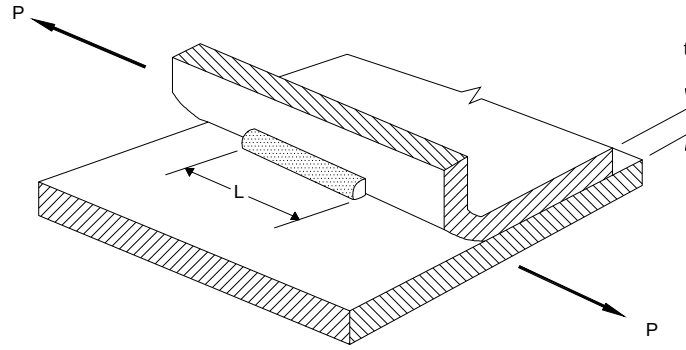


Figura E2.5AB Corte en una soldadura de ranura biselada

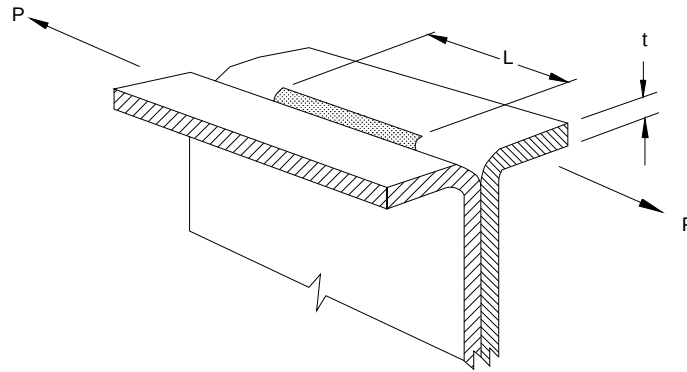
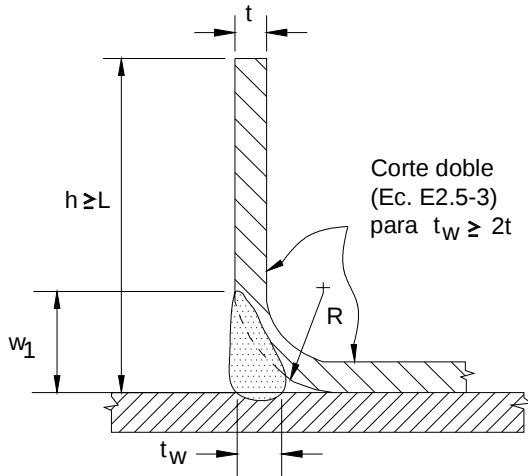
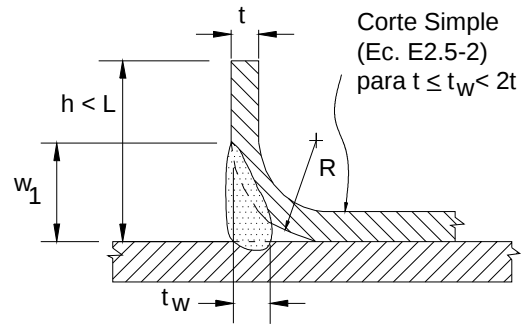


Figura E2.5C Corte en una soldadura de ranura biselada en V



**Figura E2.5D Soldadura de ranura biselada
(Emparejada al nivel de la superficie, $w_1 = R$)**



**Figura E2.5E Soldadura de ranura biselada
(Emparejada al nivel de la superficie, $w_1 = R$)**

- (2) Para $t_w \geq 2t$ y la altura del labio rigidizador, h , es mayor o igual que la longitud de soldadura, L :

$$P_n = 1,50tLF_u$$

$$\Omega = 2,50(\text{ASD})$$

$$\phi = 0,55(\text{LRFD})$$

(Ec. E2.5-3)

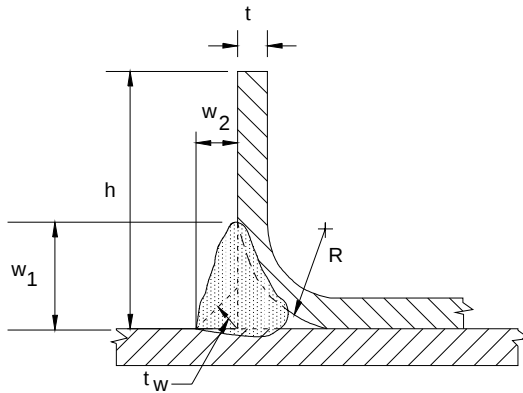


Figura E2.5F Soldadura de ranura biselada
(No emparejada al nivel de la superficie, $w_1 > R$)

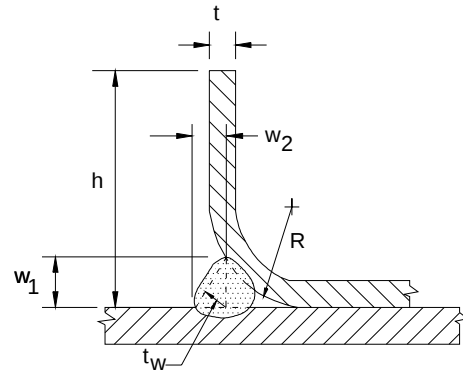


Figura E2.5G Soldadura de ranura biselada
(No emparejada al nivel de la superficie, $w_1 < R$)

Además, si $t > 0,15$ in. (3,81 mm), la resistencia nominal determinada anteriormente no debe superar el siguiente valor de P_n :

$$P_n = 0,75t_w L F_{xx} \quad (Ec. E2.5-4)$$

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

donde

P_n = Resistencia nominal limitante de la soldadura

h = Altura del labio rigidizador

L = Longitud de la soldadura

t_w = Garganta efectiva de una soldadura de ranura biselada emparejada al nivel de la superficie (Ver Figuras E2.5D y E2.5E):

Para soldadura de ranura biselada = $5/16R$

Para soldadura de ranura biselada en V = $1/2R$ ($3/8R$ cuando $R > 1/2$ in. (12,7 mm))

= Garganta efectiva de una soldadura de ranura biselada no emparejada al nivel de la superficie = $0,707w_1$ ó $0,707w_2$ - cualquiera sea el que resulte menor (Ver Figuras E2.5F y E2.5G)

= Estará permitida una garganta efectiva mayor que las anteriores si las mediciones muestran que con el procedimiento de soldadura a utilizar se obtienen mayores valores de t_w de manera consistente.

R = Radio de la superficie curva exterior

w_1 y w_2 = Cantos de la soldadura (Ver Figuras E2.5F y E2.5G)

F_u y F_{xx} se definen en la Sección E2.2.1.

E2.6 Soldaduras de resistencia

La resistencia nominal al corte, P_n , de las soldaduras de punto se deben determinar de la siguiente manera:

P_n = Valor tabulado dado en la Tabla E2.6

$$\Omega = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,65 \text{ (LRFD)}$$

TABLA E2.6
Resistencia nominal al corte de las soldaduras de punto

Espesor de la plancha exterior más delgada		Resistencia nominal al corte por cada punto		Espesor de la plancha exterior más delgada		Resistencia nominal al corte por punto	
in.	mm	kips	kN	in.	mm	kips	kN
0,010	0,25	0,13	0,58	0,080	2,03	3,33	14,81
0,020	0,51	0,48	2,14	0,090	2,29	4,00	17,79
0,030	0,76	1,00	4,45	0,100	2,54	4,99	22,20
0,040	1,02	1,42	6,32	0,110	2,79	6,07	27,00
0,050	1,27	1,65	7,34	0,125	3,17	7,29	32,43
0,060	1,52	2,28	10,14	0,190	4,83	10,16	45,19
0,070	1,78	2,83	12,59	0,250	6,35	15,00	66,72

E3 Uniones abulonadas

Los siguientes criterios de diseño determinan las uniones abulonadas utilizadas para miembros de acero estructural conformado en frío en las cuales el espesor de la parte conectada más delgada es menor que 3/16 in. (4,76 mm). Para uniones abulonadas en las cuales el espesor de la parte conectada más delgada es mayor o igual que 3/16 in. (4,76 mm), ver la publicación "*Specification for Structural Steel Buildings, Allowable Stress Design and Plastic Design*" de AISC o la publicación "*Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*".

Los bulones, las tuercas y las arandelas generalmente cumplen con una de las siguientes especificaciones:

- ASTM A194/A194M, Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High-Pressure and High-Temperature Service
- ASTM A307(Type A), Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 PSI Tensile Strength
- ASTM A325, Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
- ASTM A325M, High Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]
- ASTM A354 (Grade BD), Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners (for diameter of bolt smaller than ½ inch)
- ASTM A449, Quenched and Tempered Steel Bolts and Studs (for diameter of bolt smaller than ½ inch)
- ASTM A490, Heat-Treated Steel Structural Bolts, 150 ksi Minimum Tensile Strength
- ASTM A490M, High Strength Steel bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints [Metric]
- ASTM A563, Carbon and Alloy Steel Nuts
- ASTM A563M, Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]
- ASTM F436, Hardened Steel Washers
- ASTM F436M, Hardened Steel Washers [Metric]
- ASTM F844, Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use
- ASTM F959, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners

ASTM F959M, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners [Metric]

Cuando se utilizan elementos diferentes a los anteriores, los planos deben indicar claramente el tipo y tamaño de los sujetadores a utilizar y la resistencia nominal supuesta para el diseño.

Los bulones se deben instalar y ajustar para lograr un comportamiento satisfactorio de las uniones.

Las perforaciones para los bulones no deben ser mayores que los tamaños especificados en la Tabla E3, excepto que está permitido utilizar perforaciones de mayor tamaño en los detalles de las bases de las columnas o en los sistemas estructurales unidos a muros de hormigón.

En las uniones abulonadas se deben utilizar perforaciones estándares, excepto que si el diseñador lo autoriza se pueden utilizar perforaciones sobredimensionadas y ranuradas. La longitud de las perforaciones ranuradas debe ser normal a la dirección de la carga de corte. Se deben colocar arandelas o placas de refuerzo sobre las perforaciones sobredimensionadas o ranuradas ubicadas en una plancha exterior, a menos que ensayos de carga demuestren un comportamiento adecuado de acuerdo con el Capítulo F.

TABLA E3
Máximo tamaño de las perforaciones para bulones, pulgadas

Diámetro nominal del bulón, d, in.	Diámetro de la perforación estándar, d _h , in.	Diámetro de la perforación sobredimensionada, d _h , in.	Dimensiones de la perforación con ranura corta, in.	Dimensiones de la perforación con ranura larga, in.
< ½ ≥ ½	d + 1/32 d + 1/16	d + 1/16 d + 1/8	(d + 1/32) por (d + ¼) (d + 1/16) por (d + ¼)	(d + 1/32) por (2½ d) (d + 1/16) por (2½ d)

TABLA E3
Máximo tamaño de las perforaciones para bulones, milímetros

Diámetro nominal del bulón, d, mm	Diámetro de la perforación estándar, d _h , mm	Diámetro de la perforación sobredimensionada, d _h , mm	Dimensiones de la perforación con ranura corta, mm	Dimensiones de la perforación con ranura larga, mm
< 12,7 ≥ 12,7	d + 0,8 d + 1,6	d + 1,6 d + 3,2	(d + 0,8) por (d + 6,4) (d + 1,6) por (d + 6,4)	(d + 0,8) por (2½ d) (d + 1,6) por (2½ d)

E3.1 Corte, separación y distancia a los bordes

La resistencia nominal al corte, P_n, de la parte conectada afectada por la separación y la distancia al borde en la dirección de la fuerza aplicada se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_n = t_e F_u \quad (Ec. E3.1-1)$$

(a) Cuando $F_u / F_{sy} \geq 1,08$:

$$\Omega = 2,0 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,70 \text{ (LRFD)}$$

(b) Cuando $F_u / F_{sy} < 1,08$:

$$\Omega = 2,22 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

donde

P_n = Resistencia nominal por bulón

e = Distancia medida en la dirección de la fuerza entre el centro de una perforación estándar y el borde más cercano de una perforación adyacente o hasta el extremo de la parte conectada

t = Espesor de la parte conectada más delgada

F_u = Resistencia a la tracción de la parte conectada de acuerdo con lo especificado en la Sección A3.1 ó A3.2

F_{sy} = Límite de fluencia de la parte conectada de acuerdo con lo especificado en la Sección A3.1 ó A3.2

Además, la distancia mínima entre los centros de las perforaciones para bulones debe permitir una luz libre suficiente para las cabezas de los bulones, tuercas, arandelas y la llave, y no debe ser menor que tres veces el diámetro nominal del bulón, d . Además, la distancia entre el centro de cualquier perforación estándar y el extremo u otro borde del miembro conectado no debe ser menor que $1\frac{1}{2}d$.

Para perforaciones sobredimensionadas y ranuradas, la distancia entre los bordes de dos perforaciones adyacentes y la distancia medida desde el borde de la perforación y el extremo o el otro borde del miembro conectado en la línea del esfuerzo no debe ser menor que el valor de $e - (d_h/2)$, siendo e la distancia requerida calculada utilizando la ecuación correspondiente dada anteriormente y d_h el diámetro de una perforación estándar definido en la Tabla E3. En ningún caso la distancia libre entre los bordes de dos perforaciones adyacentes debe ser menor que $2d$ ni la distancia entre el borde de la perforación y el extremo del miembro menor que d .

E3.2 Tracción en cada una de las partes conectadas

La resistencia nominal a la tracción, P_n , en la sección neta de cada una de las partes conectadas se debe calcular de la siguiente manera:

(a) Hay arandelas tanto debajo de la cabeza del bulón como debajo de la tuerca

$$P_n = (1,0 - 0,9r + 3rd/s) F_u A_n \leq F_u A_n \quad (Ec. E3.2-1)$$

Para corte doble:

$$\Omega = 2,0 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,65 \text{ (LRFD)}$$

Para corte simple:

$$\Omega = 2,22 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,55 \text{ (LRFD)}$$

(b) No hay arandelas debajo de la cabeza del bulón y de la tuerca, o bien hay una sola arandela ya sea debajo de la cabeza del bulón o de la tuerca

$$P_n = (1,0 - r + 2,5rd/s) F_u A_n \leq F_u A_n \quad (Ec. E3.2-2)$$

$$\Omega = 2,22 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,65 \text{ (LRFD)}$$

Además, la resistencia nominal a la tracción no debe superar los siguientes valores:

$$P_n = F_y A_n \quad (\text{Ec. E3.2-3})$$

$$\Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,95 \text{ (LRFD)}$$

donde

A_n = Superficie neta de la parte conectada

r = Fuerza transmitida por el bulón o los bulones en la sección considerada, dividida por la fuerza de tracción en el miembro en dicha sección. Si r es menor que 0,2 está permitido adoptar $r = 0$

s = Separación de los bulones perpendicular a la línea del esfuerzo.

En el caso de un solo bulón, s = Ancho total de la plancha

F_u = Resistencia a la tracción de la parte conectada de acuerdo con lo especificado en la Sección E3.1 ó E3.2

F_y = Límite de fluencia de la parte conectada

d y t se definen en la Sección E3.1

E3.3 Apoyos

La resistencia nominal de apoyo, P_n , y los factores Ω y ϕ aplicables deben ser como se indica en las Tablas E3.3-1 y E3.3-2 para el espesor aplicable y relación F_u/F_{sy} de la parte conectada y el tipo de unión utilizada en la conexión.

Los símbolos Ω , ϕ , P_n , d , F_u y t utilizados en las Tablas E3.3-1 y E3.3-2 ya fueron definidos anteriormente. Para condiciones no indicadas, la resistencia de cálculo en los apoyos de las conexiones abulonadas se debe determinar mediante ensayos.

TABLA E3.3-1
Resistencia nominal de apoyo para conexiones abulonadas
con arandelas tanto debajo de la cabeza del bulón como de la tuerca

Espesor de la parte conectada, t in. (mm)	Tipo de unión	Relación F_u/F_{sy} de la parte conectada	Ω ASD	ϕ LRFD	Resistencia nominal P_n
$0,024 \leq t < 0,1875$ $(0,61) \leq t < (4,76)$	Plancha interior de una conexión con doble corte	$\geq 1,08$	2,22	0,55	$3,33 F_u dt$
		$< 1,08$	2,22	0,65	$3,00 F_u dt$
	Corte simple y planchas exteriores de una conexión con corte doble	Sin límite	2,22	0,60	$3,00 F_u dt$
$t \geq 3/16$ $t \geq (4,76)$	Ver las Especificaciones para ASD o LRFD de AISC				

TABLA E3.3-2
Resistencia nominal de apoyo para conexiones abulonadas
sin arandelas debajo de la cabeza del bulón y de la tuerca, o con una sola arandela

Espesor de la parte conectada, t in. (mm)	Tipo de unión	Relación F_u/F_{sy} de la parte conectada	Ω ASD	ϕ LRFD	Resistencia nominal P_n
$0,024 \leq t < 0,1875$ $(0,61) \leq t < (4,76)$	Plancha interior de una conexión con doble corte	$\geq 1,08$	2,22	0,65	$3,00 F_u dt$
	Corte simple y planchas exteriores de una conexión con corte doble	$\geq 1,08$	2,22	0,70	$2,22 F_u dt$
$t \geq 3/16$ $t \geq (4,76)$	Ver las Especificaciones para ASD o LRFD de AISC				

E3.4 Corte y tracción en los bulones

La resistencia nominal del bulón, P_n , que resulta del corte, tracción o de una combinación de corte y tracción se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_n = A_b F \quad (\text{Ec. E3.4-1})$$

donde

A_b = Superficie bruta de la sección transversal del bulón

Cuando los bulones están sometidos a corte o tracción:

F está dada por F_{nv} o F_{nt} en la Tabla E3.4-1

Ω está dado en la Tabla E3.4-1

ϕ está dado en la Tabla E3.4-1

Cuando hay tracción en los bulones es necesario considerar el aplastamiento de la plancha conectada en la cabeza del bulón, tuerca o arandela, ver Sección E6.2.

Cuando los bulones están sometidos a una combinación de corte y tracción:

Para ASD

F está dada por F'_{nt} en las Tablas E3.4-2 ó E3.4-4 (sistema métrico)

Ω está dado en las Tablas E3.4-2 ó E3.4-4 (sistema métrico)

Para LRFD

F está dada por F'_{nt} en las Tablas E3.4-3 ó E3.4-5 (sistema métrico)

Ω está dado en las Tablas E3.4-3 ó E3.4-5 (sistema métrico)

TABLA E3.4-1
Resistencias nominales a la tracción y al corte para bulones

Descripción de los bulones	Resistencia a la tracción			Resistencia al corte*		
	Factor de seguridad Ω (ASD)	Factor de Resistencia φ (LRFD)	Tensión nominal, F _{nt} , ksi (MPa)	Factor de seguridad Ω (ASD)	Factor de Resistencia φ (LRFD)	Tensión nominal, F _{nv} , ksi (MPa)
Bulones A307, Grado A ¼ in. (6,4mm) ≤ d < ½ in. (12,7mm)	2,25	0,75	40,5 (279)	2,4	0,65	24,0 (165)
Bulones A307, Grado A d ≥ ½ in.	2.25		45,0 (310)			27,0 (186)
Bulones A325, cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte	2,0		90,0 (621)			54,0 (372)
Bulones A325, cuando los filetes se excluyen de los planos de corte			90,0 (621)			72,0 (496)
Bulones A354 Grado BD ¼ in. ≤ d < ½ in. cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte			101,0 (696)			59,0 (407)
Bulones A354 Grado BD ¼ in. ≤ d < ½ in. cuando los filetes se excluyen de los planos de corte			101,0 (696)			90,0 621)
Bulones A449 ¼ in. ≤ d < ½ in. cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte			81,0 (558)			47,0 (324)
Bulones A449 ¼ in. ≤ d < ½ in. cuando los filetes se excluyen de los planos de corte			81,0 (558)			72,0 (496)
Bulones A490, cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte			112,5 (776)			67,5 (465)
Bulones A490, cuando los filetes se excluyen de los planos de corte			112,5 (776)			90,0 (621)

* Se aplica para bulones en perforaciones que satisfacen las limitaciones de la Tabla E3. Se deben colocar arandelas o placas de refuerzo sobre las perforaciones de ranura larga y la capacidad de las conexiones en las cuales se utilizan perforaciones de ranura larga se debe determinar mediante ensayos de carga de acuerdo con el Capítulo F.

TABLA E3.4-2 (ASD)
Tensión de tracción nominal, F'_{nt} (ksi), para bulones
sometidos a la combinación de corte y tracción

Descripción de los bulones	Filetes no excluidos de los planos de corte	Filetes excluidos de los planos de corte	Factor de Seguridad Ω
Bulones A325 Bulones A354 Grado BD Bulones A449 Bulones A490	$110 - 3,6 f_v \leq 90$ $122 - 3,6 f_v \leq 101$ $100 - 3,6 f_v \leq 81$ $136 - 3,6 f_v \leq 112,5$	$110 - 2,8 f_v \leq 90$ $122 - 2,8 f_v \leq 101$ $100 - 2,8 f_v \leq 81$ $136 - 2,8 f_v \leq 112,5$	2,0
Bulones A307, Grado A Cuando $\frac{1}{4} \text{ in.} \leq d < \frac{1}{2} \text{ in.}$ Cuando $d \geq \frac{1}{2} \text{ in.}$	$52 - 4f_v \leq 276$ $58,5 - 4f_v \leq 310$		2,25

La tensión de corte, f_v , también debe satisfacer la Tabla E3.4-1.

TABLA E3.4-3 (LRFD)
Tensión de tracción nominal, F'_{nt} (ksi), para bulones
sometidos a la combinación de corte y tracción

Descripción de los bulones	Filetes no excluidos de los planos de corte	Filetes excluidos de los planos de corte	Factor de Resistencia ϕ
Bulones A325 Bulones A354 Grado BD Bulones A449 Bulones A490	$113 - 2,4 f_v \leq 90$ $127 - 2,4 f_v \leq 101$ $101 - 2,4 f_v \leq 81$ $141 - 2,4 f_v \leq 112,5$	$113 - 1,9 f_v \leq 90$ $127 - 1,9 f_v \leq 101$ $101 - 1,9 f_v \leq 81$ $141 - 1,9 f_v \leq 112,5$	0,75
Bulones A307, Grado A Cuando $\frac{1}{4} \text{ in.} \leq d < \frac{1}{2} \text{ in.}$ Cuando $d \geq \frac{1}{2} \text{ in.}$	$47 - 2,4f_v \leq 40,5$ $52 - 2,4f_v \leq 45$		0,75

La tensión de corte, f_v , también debe satisfacer la Tabla E3.4-1.

TABLA E3.4-4 (ASD)
Tensión de tracción nominal, F'_{nt} (MPa), para bulones
sometidos a la combinación de corte y tracción

Descripción de los bulones	Filetes no excluidos de los planos de corte	Filetes excluidos de los planos de corte	Factor de Seguridad Ω
Bulones A325 Bulones A354 Grado BD Bulones A449 Bulones A490	$758 - 25 f_v \leq 607$ $841 - 25 f_v \leq 676$ $690 - 25 f_v \leq 552$ $938 - 25 f_v \leq 745$	$758 - 19 f_v \leq 607$ $841 - 19 f_v \leq 676$ $690 - 19 f_v \leq 552$ $938 - 19 f_v \leq 745$	2,0
Bulones A307, Grado A Cuando $\frac{1}{4} \text{ in.} \leq d < \frac{1}{2} \text{ in.}$ Cuando $d \geq \frac{1}{2} \text{ in.}$	$324 - 28 f_v \leq 276$ $359 - 28 f_v \leq 310$		2,25

TABLA E3.4-5 (LRFD)
Tensión de tracción nominal, F'_{nt} (MPa), para bulones
sometidos a la combinación de corte y tracción

Descripción de los bulones	Filetes no excluidos de los planos de corte	Filetes excluidos de los planos de corte	Factor de Resistencia ϕ
Bulones A325 Bulones A354 Grado BD Bulones A449 Bulones A490	$779 - 17 f_v \leq 621$ $972 - 17 f_v \leq 696$ $696 - 17 f_v \leq 558$ $972 - 17 f_v \leq 776$	$779 - 13 f_v \leq 621$ $972 - 13 f_v \leq 696$ $696 - 13 f_v \leq 558$ $972 - 13 f_v \leq 776$	0,75
Bulones A307, Grado A Cuando $\frac{1}{4} \text{ in.} \leq d < \frac{1}{2} \text{ in.}$ Cuando $d \geq \frac{1}{2} \text{ in.}$	$324 - 28 f_v \leq 276$ $359 - 28 f_v \leq 310$		0,75

E4 Uniones atornilladas

En la siguiente sección se utiliza la siguiente notación:

d = Diámetro nominal del tornillo

Ω = 3,0 (ASD)

ϕ = 0,5 (LRFD)

P_{ns} = Resistencia nominal al corte por tornillo

P_{not} = Resistencia nominal al arrancamiento por tornillo

P_{nov} = Resistencia nominal al aplastamiento por tornillo

t_1 = Espesor del miembro que está en contacto con la cabeza del tornillo

t_2 = Espesor del miembro que no está en contacto con la cabeza del tornillo

F_{u1} = Resistencia a la tracción del miembro que está en contacto con la cabeza del tornillo

F_{u2} = Resistencia a la tracción del miembro que no está en contacto con la cabeza del tornillo

Todos los requisitos de E4 se aplican para tornillos autorroscante donde $0,08 \text{ in. } (2,03 \text{ mm}) \leq d \leq 0,25 \text{ in. } (6,35 \text{ mm})$. Los tornillos deben formar o cortar la rosca, con o sin una punta autoperforante. Alternativamente, está permitido que los valores de cálculo para una aplicación determinada se basen en ensayos de acuerdo con la Sección F. Para las aplicaciones en diafragmas se debe utilizar la Sección D5.

Los tornillos se deben instalar y ajustar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

La resistencia nominal a la tracción en la sección neta de cada uno de los miembros unidos mediante tornillos no debe ser mayor que la resistencia nominal a la tracción del miembro determinada de acuerdo con la Sección C2 ni que la resistencia nominal a la tracción de la conexión determinada de acuerdo con la Sección E3.2.

E4.1 Separación mínima

La distancia entre los centros de los sujetadores no debe ser menor que $3d$.

E4.2 Distancias mínimas a los bordes y a los extremos

La distancia desde el centro de un sujetador hasta el borde de cualquiera de las partes no debe ser menor que $3d$. Si la conexión está sometida a esfuerzo de corte solamente en una dirección, la distancia mínima al borde en la dirección perpendicular a la fuerza debe ser de $1,5d$.

E4.3 Corte

E4.3.1 Conexiones sometidas a corte

La resistencia nominal al corte por tornillo, P_{ns} , se debe determinar de la siguiente manera:

Para $t_2/t_1 \leq 1,0$ P_{ns} se debe tomar como el menor valor entre

$$P_{ns} = 4,2 \left(t_2^3 d \right)^{1/2} F_{u2} \quad (\text{Ec. E4.3.1-1})$$

$$P_{ns} = 2,7 t_1 d F_{u1} \quad (\text{Ec. E4.3.1-2})$$

$$P_{ns} = 2,7 t_2 d F_{u2} \quad (\text{Ec. E4.3.1-3})$$

Para $t_2/t_1 \geq 2,5$ P_{ns} se debe tomar como el menor valor entre

$$P_{ns} = 2,7 t_1 d F_{u1} \quad (\text{Ec. E4.3.1-4})$$

$$P_{ns} = 2,7 t_2 d F_{u2} \quad (\text{Ec. E4.3.1-5})$$

Para $1,0 < t_2/t_1 < 2,5$ P_{ns} se debe determinar interpolando linealmente entre los dos casos anteriores.

E4.3.2 Tornillos sometidos a corte

La resistencia nominal al corte del tornillo se debe determinar mediante ensayos de acuerdo con la Sección F1(a). La resistencia nominal al corte del tornillo no debe ser menor que $1,25P_{ns}$. El factor de seguridad, Ω , para el diseño por ASD y el factor de resistencia, ϕ , para el diseño por LRFD se deben determinar de acuerdo con la Sección F1(a).

E4.4 Tracción

En el caso de los tornillos que soportan tracción, la cabeza del tornillo o la arandela (si se coloca arandela) debe tener un diámetro d_w mayor o igual que 5/16 in. (7,94 mm). Las arandelas deben tener un espesor de al menos 0,050 in. (1,27 mm).

E4.4.1 Arrancamiento

La resistencia nominal al arrancamiento, P_{not} , se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_{not} = 0,85 t_c d F_{u2} \quad (Ec. E4.4.1.1)$$

donde t_c es el menor valor entre la profundidad de penetración y el espesor, t_2 .

E4.4.2 Aplastamiento

La resistencia nominal al aplastamiento, P_{nov} , se debe calcular de la siguiente manera:

$$P_{nov} = 1,5 t_l d_w F_{u1} \quad (Ec. E4.4.2.1)$$

donde d_w es el mayor valor entre el diámetro de la cabeza del tornillo y el diámetro de la arandela, y no se debe tomar superior a 1/2 in. (12,7 mm).

E4.4.3 Tornillos traccionados

La resistencia nominal a la tracción, P_{nt} , por tornillo se debe determinar mediante ensayos de acuerdo con la Sección F1(a). La resistencia nominal a la tracción de los tornillos no debe ser menor que 1,25 por el menor entre P_{not} y P_{nov} .

Ω y ϕ se deben determinar de acuerdo con la Sección F1.

E5 Falla por corte

En las uniones en los extremos de las vigas, donde una o más alas están rebajadas y existe la posibilidad de falla a lo largo de un plano que atraviesa los sujetadores, la resistencia nominal al corte, V_n , se debe calcular de la siguiente manera:

$$V_n = 0,6 F_u A_{wn} \quad (Ec. E5-1)$$

$$\Omega = 2,0 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD)}$$

donde

$$A_{wn} = (d_{wc} - n d_h) t \quad (Ec. E5-2)$$

d_{wc} = Profundidad del alma rebajada

n = Número de perforaciones en el plano crítico

d_h = Diámetro de la perforación

F_u = Resistencia a la tracción de acuerdo con lo especificado en la Sección A3.1 ó A3.2

t = Espesor del alma rebajada

E6 Conexiones a otros materiales

E6.1 Apoyos

Se deben tomar medidas adecuadas para transferir las fuerzas de apoyo que resultan de las cargas axiales y momentos desde los componentes de acero cubiertos por la *Especificación* hacia los componentes estructurales adyacentes fabricados de diferentes materiales. En ausencia de reglamentaciones codificadas, la resistencia de apoyo nominal en la superficie de contacto se debe determinar de la siguiente manera:

Sobre la superficie total de un apoyo de hormigón:

$$P_p = 0,85f'_c A_1 \quad (Ec. E6.1-1)$$

Sobre menos que la superficie total de un apoyo de hormigón:

$$P_p = 0,85f'_c A_1 \sqrt{A_2 / A_1} \quad (Ec. E6.1-2)$$

donde

$$\Omega_c = 2,50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_c = 0,60 \text{ (LRFD)}$$

f'_c = Resistencia a la compresión del hormigón especificada

A_1 = Superficie de apoyo

A_2 = Superficie total del apoyo de hormigón

El valor de $\sqrt{A_2 / A_1}$ no debe ser mayor que 2.

E6.2 Tracción

Se deben considerar tanto las fuerzas de aplastamiento por corte o tracción en la plancha de acero alrededor de la cabeza del sujetador como la fuerza de arrancamiento debida a las cargas axiales y momentos flectores transmitidos al sujetador desde los diferentes componentes estructurales adyacentes del conjunto.

La resistencia nominal a la tracción del sujetador y la longitud nominal de empotramiento del componente estructural adyacente se deben determinar de acuerdo con los códigos de producto aplicables, con las especificaciones de los productos y/o con la bibliografía sobre el producto.

E6.3 Corte

Se deben tomar medidas adecuadas para transferir las fuerzas de corte de los componentes de acero cubiertos por esta *Especificación* hacia los componentes estructurales adyacentes fabricados de diferentes materiales. La resistencia al corte requerida y/o la resistencia de apoyo requerida para los componentes de acero no debe ser mayor que la permitida por esta *Especificación*. Se deben cumplir los requisitos sobre empotramiento. También se deben considerar adecuadamente las fuerzas de corte combinadas con otras fuerzas.

F. ENSAYOS PARA CASOS ESPECIALES

- (a) Los ensayos los debe efectuar un laboratorio de ensayos independiente o un laboratorio de ensayos de un fabricante.
- (b) Los requisitos del Capítulo F no se aplican a los diafragmas de acero conformado en frío. Ver la Sección D5.

F1 Ensayos para determinar el comportamiento estructural

F1.1 Diseño por factores de carga y resistencia

Cuando la composición o configuración de los elementos, conjuntos de elementos, uniones o detalles de los miembros estructurales de acero conformado en frío son tales que no es posible calcular su resistencia de acuerdo con los requisitos de esta *Especificación*, su comportamiento estructural se debe establecer a partir de ensayos y se debe evaluar de acuerdo con el siguiente procedimiento.

- (a) La evaluación de los resultados de los ensayos se debe efectuar en base a los valores promedio de los datos obtenidos del ensayo de no menos de tres muestras idénticas, siempre que ninguna de las desviaciones de los resultados de los ensayos con respecto al valor promedio obtenido de todos los ensayos supere ± 15 por ciento. Si dicha desviación del valor promedio es superior a ± 15 por ciento, se deben efectuar más ensayos del mismo tipo hasta que ninguna de las desviaciones de los ensayos individuales con respecto al valor promedio obtenido de todos los ensayos supere ± 15 por ciento, o hasta que se hayan efectuado al menos tres ensayos adicionales. No se debe eliminar ningún resultado de ensayo a menos que sea posible justificar racionalmente su exclusión. Entonces el valor medio de todos los ensayos realizados será considerado como la resistencia nominal, R_n , para la serie de ensayos. R_n y el coeficiente de variación V_p de los resultados de ensayo se deben determinar mediante análisis estadístico.
- (b) La resistencia de los elementos, conjuntos, uniones o miembros ensayados debe satisfacer la Ec. F1.1-1.

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (Ec. F1.1-1)$$

donde

$\sum \gamma_i Q_i$ = Resistencia requerida en base a la combinación de cargas más crítica determinada de acuerdo con la Sección A6.1.2. γ_i y Q_i son factores de carga y efectos de las cargas, respectivamente

R_n = Valor promedio de todos los resultados de ensayo

ϕ = Factor de resistencia

$$= 1,5(M_m F_m P_m) e^{-\beta_o} \sqrt{V_M^2 + V_F^2 + C_p V_P^2 + V_Q^2}^* \quad (Ec. F1.1-2)$$

M_m = Valor promedio del factor de material, M , listado en la Tabla F1 para el tipo de componente involucrado

F_m = Valor promedio del factor de fabricación, F , listado en la Tabla F1 para el tipo de componente involucrado

P_m = Valor promedio del factor profesional, P , para el componente ensayado
= 1,0

β_o = Índice de confiabilidad meta

* Para vigas con el ala traccionada unida mediante sujetadores pasantes a un tablero o revestimiento y con el ala comprimida sin arriostramiento lateral, ϕ se debe determinar con un coeficiente de 1,6 en vez de 1,5; $\beta_o = 1,5$ y $V_Q = 0,43$.

- = 2,5 para los miembros estructurales y 3,5 para las conexiones
- V_M = Coeficiente de variación del factor de material listado en la Tabla F1 para el tipo de componente involucrado
- V_F = Coeficiente de variación del factor de fabricación listado en la Tabla F1 para el tipo de componente involucrado
- C_p = Factor de corrección
- = $(1 + 1/n)m / (m - 2)$ para $n \geq 4$; y 5, 7 para $n = 3$ (Ec. F1.1-3)
- V_p = Coeficiente de variación de los resultados de ensayo, pero nunca menor que 6,5%
- m = Grados de libertad
- = $n - 1$
- n = Número de ensayos
- V_Q = Coeficiente de variación del efecto de carga
- = 0,21
- e = Base de los logaritmos naturales
- = 2,718...

El listado de la Tabla F1 no excluye el empleo de otros datos estadísticos documentados siempre que hayan sido establecidos a partir de resultados suficientes de las propiedades de los materiales y la fabricación.

Para aceros que no están listados en la Sección A3.1, los valores de M_m y V_M se deben determinar mediante análisis estadístico de los materiales utilizados.

Cuando las distorsiones interfieren con el correcto funcionamiento de la muestra al ponerla en uso real, los efectos de carga basados en la combinación de cargas crítica correspondiente a la ocurrencia de la distorsión aceptable también debe satisfacer la Ecuación F1.1-1, excepto que el factor de resistencia ϕ se toma igual a la unidad y el factor de carga para carga gravitatoria permanente se toma igual a 1,0.

- (c) Si el límite de fluencia del acero con el cual se formaron las secciones de ensayo es mayor que el valor especificado, los resultados de ensayo se deben ajustar para reducirlos hasta el límite de fluencia mínimo especificado del acero que utilizará el fabricante. Los resultados de ensayo no se deben ajustar a un valor mayor si el límite de fluencia de la muestra de ensayo es menor que el límite de fluencia mínimo especificado. Si el factor crítico es la resistencia a la tracción, se deben realizar ajustes similares en base a la resistencia a la tracción en vez del límite de fluencia.

También se debe considerar cualquier variación o diferencia que pudiera existir entre el espesor de cálculo y el espesor de las muestras ensayadas.

TABLA F1
Datos estadísticos para la determinación del factor de resistencia

Tipo de componente	M _m	V _M	F _m	V _F
Rigidizadores transversales	1,10	0,10	1,00	0,05
Rigidizadores de corte	1,00	0,06	1,00	0,05
Miembros traccionados	1,10	0,10	1,00	0,05
Miembros flexionados				
Resistencia a la flexión	1,10	0,10	1,00	0,05
Resistencia al pandeo lateral	1,00	0,06	1,00	0,05
Un ala unida mediante sujetadores pasantes a tablero o revestimiento	1,10	0,10	1,00	0,05
Resistencia al corte	1,10	0,10	1,00	0,05
Combinación de flexión y corte	1,10	0,10	1,00	0,05
Resistencia a la abolladura del alma	1,10	0,10	1,00	0,05
Combinación de flexión y abolladura del alma	1,10	0,10	1,00	0,05
Miembros comprimidos con carga concéntrica	1,10	0,10	1,00	0,05
Combinación de carga axial y flexión	1,05	0,10	1,00	0,05
Miembros tubulares cilíndricos				
Resistencia a la flexión	1,10	0,10	1,00	0,05
Compresión axial	1,10	0,10	1,00	0,05
Montantes para tabiques y conjuntos de montantes para tabiques				
Montantes en tabiques comprimidos	1,10	0,10	1,00	0,05
Montantes en tabiques flexados	1,10	0,10	1,00	0,05
Montantes en tabiques sometidos a carga axial y flexión	1,05	0,10	1,00	0,05
Uniones soldadas				
Puntos de soldadura por arco				
Resistencia al corte de las soldaduras	1,10	0,10	1,00	0,10

Tipo de componente	M _m	V _M	F _m	V _F
Falla de placa	1,10	0,10	1,00	0,15
Cordones de soldaduras por arco				
Resistencia al corte de las soldaduras	1,10	0,10	1,00	0,10
Desgarramiento de placa	1,10	0,20	1,00	0,10
Soldaduras de filete				
Resistencia al corte de las soldaduras	1,10	0,10	1,00	0,10
Falla de placa	1,10	0,08	1,00	0,15
Soldaduras de ranura biselada				
Resistencia al corte de las soldaduras	1,10	0,10	1,00	0,10
Falla de placa	1,10	0,10	1,00	0,10
Soldaduras de resistencia	1,10	0,10	1,00	0,10
Uniones abulonadas				
Separación mínima y distancia a los bordes	1,10	0,08	1,00	0,05
Resistencia a la tracción sobre la sección neta	1,10	0,08	1,00	0,05
Resistencia de apoyo	1,10	0,08	1,00	0,05
Uniones atornilladas				
Separación mínima y distancia a los bordes	1,10	0,10	1,00	0,10
Resistencia a la tracción sobre la sección neta	1,10	0,10	1,00	0,10
Resistencia de apoyo	1,10	0,10	1,00	0,10

F1.2 Diseño por tensiones admisibles

Cuando la composición o configuración de los elementos, conjuntos de elementos, uniones o detalles de los miembros estructurales de acero conformado en frío son tales que no es posible calcular su resistencia de acuerdo con los requisitos de esta *Especificación*, su comportamiento estructural se debe establecer a partir de ensayos y se debe evaluar de acuerdo con la Sección F1.1, a excepción de las modificaciones listadas en esta sección sobre diseño por tensiones admisibles.

La resistencia de cálculo admisible se debe calcular como:

$$R_a = R_n / \Omega \quad (\text{Ec. F1.2-1})$$

donde

R_n = Valor promedio de todos los resultados de ensayo

Ω = Factor de seguridad que se debe calcular de la siguiente manera:

$$\Omega = \frac{1,6}{\phi} \quad (\text{Ec. F1.2-2})$$

donde ϕ se evalúa de acuerdo con la Sección F1.1.

La resistencia requerida se debe determinar a partir de las cargas nominales y combinaciones de cargas como se describe en A5.

F2 Ensayos para confirmar el comportamiento estructural

En el caso de los miembros, uniones y conjuntos estructurales para los cuales la resistencia nominal se puede calcular de acuerdo con esta *Especificación* o de acuerdo con sus referencias específicas, es posible llevar a cabo ensayos de confirmación para demostrar que la resistencia no es menor que la resistencia nominal, R_n , especificada en esta *Especificación* o en sus referencias específicas para el tipo de comportamiento involucrado.

F3 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas

F3.1 Sección completa

Los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las secciones completas a utilizar en la Sección A7.2 se deben efectuar como se especifica a continuación:

- (a) Los procedimientos de ensayo para determinar la resistencia a la tracción deben estar de acuerdo con la norma ASTM A370, Ensayos Mecánicos de Productos de Acero. Las determinaciones del límite de fluencia a compresión se deben efectuar por medio de ensayos de compresión de muestras reducidas de la sección.
- (b) La tensión de fluencia a compresión se debe tomar como el menor valor entre la máxima resistencia a la compresión de las secciones dividida por la superficie de la sección transversal, y la tensión definida mediante uno de los métodos siguientes:
 - (1) En el caso de acero de fluencia brusca, el límite de fluencia se debe determinar mediante el método del diagrama autográfico o mediante el método de la deformación total bajo carga.
 - (2) En el caso de acero de fluencia gradual, el límite de fluencia se debe determinar mediante el método de deformación bajo carga o mediante el método del corrimiento del 0,2 por ciento.
- (c) Si el efecto principal de las cargas a las cuales estará sometida el edificio cuando esté en servicio será el de producir flexión, el límite de fluencia se debe determinar sólo para las alas. Para determinar estos puntos de fluencia cada muestra debe consistir de un ala completa más una porción del alma de una relación de ancho plano tal que el valor de p para la muestra sea igual a la unidad.
- (d) A los efectos del control y la aceptación, se deben efectuar dos ensayos de sección completa de cada lote de no más de 50 toneladas (45.000 kg) ni menos de 30 toneladas (27.000 kg) de cada sección, o un ensayo de cada lote de

menos de 30 toneladas (27.000 kg) de cada sección. Con este objetivo un lote se puede definir como el tonelaje de una sección que se forma en un único ciclo de producción de material de una hornada.

- (e) A opción del fabricante, a los efectos del control y la aceptación se pueden utilizar ensayos de tracción o de compresión, siempre que el fabricante demuestre de manera confiable que dichos ensayos indican el límite de fluencia de la sección cuando está sometida al tipo de tensiones bajo las cuales se utilizará el miembro.

F3.2 Elementos planos de secciones formadas

Los ensayos para determinar las propiedades de los elementos planos de las secciones formadas y representativas de las propiedades mecánicas del acero virgen a utilizar en la Sección A7.2 se deben efectuar conforme a los siguientes requisitos:

El límite de fluencia de las planchas, F_{yf} , se debe establecer mediante un promedio ponderado de los límites de fluencia de muestras de acero normalizadas para ensayo de tracción tomadas longitudinalmente de las porciones planas de un miembro conformado en frío representativo. El promedio ponderado será la sumatoria de los productos del límite de fluencia promedio para cada porción plana por su sección transversal, dividido por la superficie total de elementos planos en la sección transversal. La cantidad exacta de estas muestras de acero dependerá de la forma del miembro, es decir, del número de planchas en la sección transversal. Se debe tomar al menos una muestra de acero para ensayo a tracción del medio de cada elemento plano. Si el límite de fluencia real del acero virgen es mayor que el límite de fluencia mínimo especificado, el límite de fluencia de las planchas, F_{yf} , se deberá ajustar multiplicando el valor obtenido mediante ensayo por la relación entre el límite de fluencia mínimo especificado y el límite de fluencia real del acero virgen.

F3.3 Acero virgen

Los siguientes requisitos se aplican al acero producido utilizando normas diferentes a las Especificaciones ASTM listadas en la Sección A3.1 cuando se las utiliza en secciones para las cuales el límite de fluencia incrementado del acero luego del conformado en frío se debe calcular a partir de las propiedades del acero virgen conforme a la Sección A7.2. A los efectos del control y la aceptación, se deben tomar al menos cuatro muestras para ensayar a la tracción de cada lote según lo definido en la Sección F3.1(d) para establecer los valores representativos del límite de fluencia a tracción y la resistencia última del acero. Las muestras se deben tomar longitudinalmente de los puntos correspondientes al cuarto del ancho cerca del extremo exterior de la bobina.