

# NORMA CHILENA

NCh  
427/1

Primera edición  
2016.11.21

---

## Construcción — Estructuras de acero — Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios

*Construction — Steel structures — Part 1: Specification for Structural Steel Buildings*

ICS 91.080.10



Número de referencia  
NCh427/1:2016  
285 páginas

© INN 2016

NCh427/1:2016



## DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2016

### Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico [info@inn.cl](mailto:info@inn.cl)

Sitio Web [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

Publicado en Chile

	Página
<b>Contenido</b>	
Preámbulo .....	xiii
Introducción.....	xiv
Simbología .....	1
Glosario.....	20
<b>Capítulo A: Disposiciones generales .....</b>	<b>37</b>
A.1     Alcance.....	37
1.     Aplicaciones sismorresistentes .....	37
2.     Aplicaciones nucleares.....	38
A.2     Referencias: Normas, Códigos y Estándares de diseño .....	38
A.3     Materiales para acero estructural .....	42
1.     Material.....	42
2.     Denominaciones NCh .....	45
3.     Aceros fundidos y forjados .....	45
4.     Pernos, golillas y tuercas .....	45
5.     Barras de anclaje y barras con hilo .....	46
6.     Insumos para soldaduras .....	47
7.     Conectores de corte embebidos.....	47
A.4     Planos de diseño y especificaciones para estructuras.....	48
<b>Capítulo B: Requisitos de diseño .....</b>	<b>49</b>
B.1     Disposiciones generales .....	49
B.2     Cargas y combinaciones de cargas .....	49
B.3     Bases de diseño .....	50
1.     Resistencia requerida .....	50
2.     Estados límites .....	50
3.     Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD) .....	50
4.     Diseño por resistencia usando diseño en base a resistencias admisibles (ASD).....	51
5.     Diseño para la estabilidad .....	51
6.     Diseño de conexiones .....	51
7.     Redistribución de momento en vigas .....	52
8.     Diafragmas y colectores.....	52
9.     Diseño para condiciones de servicio .....	52
10.    Diseño para apozamiento .....	52
11.    Diseño a fatiga.....	52
12.    Diseño para condiciones de incendio.....	53
13.    Diseño para efectos de la corrosión.....	53
14.    Anclaje al hormigón .....	53
B.4     Propiedades de los miembros .....	53
1.     Clasificación de las secciones según pandeo local .....	53
2.     Espesor de diseño para secciones HSS .....	54
3.     Determinación del área bruta y área neta .....	59

B.5	Fabricación y montaje .....	59
B.6	Control de calidad y aseguramiento de calidad .....	60
B.7	Evaluación de estructuras existentes .....	60
<b>Capítulo C: Diseño para estabilidad .....</b>		<b>61</b>
C.1	Requisitos para estabilidad general.....	61
1.	Método de diseño de análisis directo .....	61
2.	Métodos de diseño alternativos .....	61
C.2	Determinación de las resistencias requeridas .....	62
1.	Requisitos generales de análisis .....	62
2.	Consideración de las imperfecciones iniciales .....	63
3.	Ajustes en la rigidez .....	65
C.3	Determinación de las resistencias disponibles .....	66
<b>Capítulo D: Diseño de miembros en tracción .....</b>		<b>67</b>
D.1	Límites de esbeltez .....	67
D.2	Resistencia en tracción .....	67
D.3	Área neta efectiva .....	68
D.4	Miembros armados .....	68
D.5	Miembros conectados por pasadores.....	70
1.	Resistencia a la tracción .....	70
2.	Requisitos dimensionales .....	71
D.6	Bielas.....	71
1.	Resistencia a la tracción .....	71
2.	Requisitos dimensionales .....	72
<b>Capítulo E: Diseño de miembros en compresión .....</b>		<b>73</b>
E.1	Disposiciones generales .....	73
E.2	Longitud efectiva.....	75
E.3	Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos .....	75
E.4	Pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos.....	76
E.5	Miembros de ángulos simples en compresión .....	77
E.6	Miembros armados .....	79
1.	Resistencia a compresión .....	79
2.	Requerimientos dimensionales .....	80
E.7	Miembros con elementos esbeltos.....	82
1.	Elementos esbeltos no atiesados, $Q_s$ .....	82
2.	Elementos esbeltos atiesados, $Q_a$ .....	84
<b>Capítulo F: Diseño de miembros en flexión .....</b>		<b>86</b>
F.1	Disposiciones generales .....	88
F.2	Miembros compactos de Sección I de simetría doble y canales flectadas en torno a su eje mayor.....	89
1.	Fluencia .....	89
2.	Pandeo lateral-torsional.....	89

<b>F.3</b>	<b>Miembros de Sección I de simetría doble con almas compactas y alas no compactas o esbeltas flectados en torno a su eje mayor.....</b>	<b>91</b>
1.	Pandeo lateral torsional.....	91
2.	Pandeo local ala en compresión.....	91
<b>F.4</b>	<b>Otros miembros de Sección I con almas compactas o no compactas flectados en torno a su eje mayor .....</b>	<b>91</b>
1.	Fluencia del ala en compresión .....	92
2.	Pandeo lateral-torsional.....	92
3.	Pandeo local de ala en compresión.....	94
4.	Fluencia del ala en tracción .....	95
<b>F.5</b>	<b>Miembros de Sección I de simetría doble y simple con almas esbeltas flectados en torno a su eje mayor .....</b>	<b>96</b>
1.	Fluencia del ala en compresión .....	96
2.	Pandeo lateral-torsional.....	96
3.	Pandeo local de ala en compresión.....	97
4.	Fluencia del ala en tracción .....	97
<b>F.6</b>	<b>Miembros de Sección I y canales flectados en torno a su eje menor.....</b>	<b>97</b>
1.	Fluencia.....	97
2.	Pandeo local de ala .....	98
<b>F.7</b>	<b>Perfiles tubulares HSS cuadrados, rectangulares y cajones.....</b>	<b>98</b>
1.	Fluencia.....	98
2.	Pandeo local de ala .....	99
3.	Pandeo local de alma .....	99
<b>F.8</b>	<b>Perfiles tubulares HSS circulares .....</b>	<b>99</b>
1.	Fluencia.....	99
2.	Pandeo local .....	99
<b>F.9</b>	<b>Secciones T y ángulos dobles cargados en el plano de simetría.....</b>	<b>100</b>
1.	Fluencia.....	100
2.	Pandeo lateral-torsional.....	100
3.	Pandeo local de alas de Sección T .....	101
4.	Pandeo local del alma de Sección T en compresión por flexión .....	101
<b>F.10</b>	<b>Ángulos simples.....</b>	<b>102</b>
1.	Fluencia.....	102
2.	Pandeo lateral-torsional.....	102
3.	Pandeo local de ala .....	104
<b>F.11</b>	<b>Barras rectangulares y redondas .....</b>	<b>105</b>
1.	Fluencia.....	105
2.	Pandeo lateral torsional.....	105
<b>F.12</b>	<b>Secciones asimétricas.....</b>	<b>106</b>
1.	Fluencia.....	106
2.	Pandeo lateral-torsional.....	106
3.	Pandeo local .....	106

<b>F.13</b>	<b>Proporciones de vigas .....</b>	<b>106</b>
1.	Reducciones en la resistencia de miembros con perforaciones en las alas traccionadas .....	106
2.	Valores límites de las dimensiones de miembros con Sección H.....	107
3.	Planchas de refuerzo .....	107
4.	Vigas armadas .....	108
5.	Longitud no arriostrada para redistribución de momentos .....	109
<b>Capítulo G: Diseño de miembros en corte .....</b>		<b>110</b>
<b>G.1</b>	<b>Disposiciones generales .....</b>	<b>110</b>
<b>G.2</b>	<b>Miembros con almas no atiesadas o atiesadas .....</b>	<b>110</b>
1.	Resistencia al corte.....	110
2.	Atiesadores transversales.....	112
<b>G.3</b>	<b>Campo de tracciones .....</b>	<b>113</b>
1.	Límites en el uso del campo de tracciones .....	113
2.	Resistencia de corte considerando el campo de tracciones.....	113
3.	Atiesadores transversales.....	113
<b>G.4</b>	<b>Ángulos simples.....</b>	<b>114</b>
<b>G.5</b>	<b>Tubos de Sección HSS rectangular y cajón.....</b>	<b>115</b>
<b>G.6</b>	<b>Tubos HSS redondos .....</b>	<b>115</b>
<b>G.7</b>	<b>Corte respecto del eje débil en perfiles con simetría simple y doble .....</b>	<b>116</b>
<b>G.8</b>	<b>Vigas con aberturas en el alma.....</b>	<b>116</b>
<b>Capítulo H: Diseño de miembros para solicitudes combinadas y torsión.....</b>		<b>117</b>
<b>H.1</b>	<b>Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial .....</b>	<b>117</b>
1.	Miembros con simetría doble y simple solicitados a flexión y compresión.....	117
2.	Miembros con simetría doble y simple sujetos a flexión y tracción .....	118
3.	Miembros laminados compactos con simetría doble sometidos a flexión simple y compresión .....	119
<b>H.2</b>	<b>Miembros asimétricos y otros solicitados a flexión y carga axial.....</b>	<b>120</b>
<b>H.3</b>	<b>Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte, y/o carga axial....</b>	<b>121</b>
1.	Resistencia torsional de secciones tubulares redondas y HSS rectangulares .....	121
2.	Secciones tubulares solicitadas a combinación de torsión, corte, flexión y carga axial .....	123
3.	Miembros no tubulares bajo torsión y tensiones combinadas.....	124
<b>H.4</b>	<b>Rotura de alas perforadas sujetas a tracción.....</b>	<b>124</b>
<b>Capítulo I: Diseño de miembros de sección compuesta .....</b>		<b>126</b>
<b>I.1</b>	<b>Disposiciones generales .....</b>	<b>126</b>
1.	Hormigón y acero de refuerzo .....	126
2.	Resistencia nominal de secciones compuestas .....	127
3.	Limitaciones del material .....	127
4.	Clasificación de secciones compuestas llenas para pandeo local .....	128
<b>I.2</b>	<b>Fuerza axial.....</b>	<b>129</b>
1.	Miembros compuestos embebidos .....	129
2.	Columnas compuestas llenas .....	131

I.3	<b>Flexión .....</b>	133
1.	<b>General .....</b>	133
2.	<b>Vigas compuestas con conectores de corte .....</b>	134
3.	<b>Miembros compuestos embebidos .....</b>	136
4.	<b>Miembros compuestos rellenos .....</b>	137
I.4	<b>Corte .....</b>	138
1.	<b>Miembros compuestos embebidos y rellenos .....</b>	138
2.	<b>Vigas compuestas con placa colaborante de acero .....</b>	138
I.5	<b>Combinación de carga axial y flexión .....</b>	138
I.6	<b>Transferencia de carga .....</b>	138
1.	<b>Requisitos generales .....</b>	138
2.	<b>Asignación de las fuerzas .....</b>	139
3.	<b>Mecanismo de transferencia de fuerzas .....</b>	140
4.	<b>Requisitos de detallamiento.....</b>	141
I.7	<b>Diagramas compuestos y vigas colectoras.....</b>	142
I.8	<b>Anclajes de acero .....</b>	142
1.	<b>General .....</b>	142
2.	<b>Anclajes de acero en vigas compuestas.....</b>	142
3.	<b>Conectores de acero en componentes compuestos .....</b>	145
I.9	<b>Casos especiales .....</b>	148
	<b>Capítulo J: Diseño de conexiones .....</b>	149
J.1	<b>Disposiciones generales .....</b>	149
1.	<b>Bases de diseño .....</b>	149
2.	<b>Conexiones simples.....</b>	150
3.	<b>Conexiones de momento.....</b>	150
4.	<b>Miembros en compresión y juntas de aplastamiento .....</b>	150
5.	<b>Empalmes en secciones pesadas .....</b>	150
6.	<b>Perforaciones de acceso a la soldadura .....</b>	151
7.	<b>Ubicación de soldaduras y pernos .....</b>	151
8.	<b>Pernos en combinación con soldaduras .....</b>	152
9.	<b>Pernos de alta resistencia en combinación con remaches.....</b>	152
10.	<b>Limitaciones en conexiones apernadas y soldadas .....</b>	152
11.	<b>Soldadura entre alas y alma de perfiles armados .....</b>	152
J.2	<b>Soldaduras.....</b>	153
1.	<b>Soldaduras de tope .....</b>	153
2.	<b>Soldaduras de filete .....</b>	155
3.	<b>Soldaduras de tapón y de ranura .....</b>	157
4.	<b>Resistencia .....</b>	157
5.	<b>Combinación desoldaduras .....</b>	161
6.	<b>Requisitos del metal de aporte .....</b>	162
7.	<b>Metal de soldadura mezclado .....</b>	162

J.3	Pernos y partes roscadas.....	163
1.	Pernos de alta resistencia .....	163
2.	Tamaño y uso de las perforaciones.....	165
3.	Espaciamiento mínimo .....	167
4.	Distancia mínima al borde.....	167
5.	Distancias a los bordes y espaciamiento máximo.....	169
6.	Resistencia de tracción y corte de pernos y partes roscadas.....	169
7.	Combinación de tracción y corte en conexiones tipo aplastamiento.....	170
8.	Pernos de alta resistencia en conexiones de deslizamiento crítico .....	171
9.	Combinación de tracción y corte en conexiones de deslizamiento crítico.....	172
10.	Resistencia de aplastamiento de perforaciones de pernos .....	172
11.	Conectores especiales .....	173
12.	Conectores de tracción .....	173
J.4	Elementos involucrados de miembros conectados y elementos conexión .....	174
1.	Resistencia de elementos en tracción .....	174
2.	Resistencia de elementos en corte .....	174
3.	Resistencia de bloque de corte .....	175
4.	Resistencia de elementos en compresión.....	175
5.	Resistencia de elementos en flexión.....	175
J.5	Planchas de relleno.....	175
1.	Planchas de relleno en conexiones soldadas .....	175
2.	Planchas de relleno en conexiones apernadas.....	176
J.6	Empalmes .....	176
J.7	Resistencia de aplastamiento .....	176
J.8	Placas bases de columnas y aplastamiento del hormigón.....	177
J.9	Barras de anclaje e insertos.....	178
J.10	Alas y almas con cargas concentradas .....	178
1.	Flexión local del ala .....	178
2.	Fluencia local del alma .....	179
3.	Aplastamiento del alma .....	180
4.	Pandeo lateral del alma.....	180
5.	Pandeo del alma comprimida .....	181
6.	Corte en la zona panel del alma.....	182
7.	Extremos de vigas no restringidos .....	183
8.	Requisitos adicionales para los atiesadores para cargas concentradas .....	183
9.	Requisitos adicionales para las planchas de refuerzo de alma para cargas concentradas .....	184
10.	Fuerzas para el diseño de conexiones de corte.....	184
Kapítulo K: Diseño de conexiones de perfiles tubulares HSS .....	187	
K.1	Cargas concentradas en secciones tubulares HSS.....	187
1.	Definición de parámetros .....	187
2.	Secciones tubulares circulares.....	188
3.	Secciones tubulares rectangulares.....	188

K.2	Conexiones de enrejados entre perfiles tubulares HSS.....	194
1.	Definición de parámetros .....	194
2.	Secciones tubulares circulares.....	195
3.	Secciones tubulares rectangulares.....	198
K.3	Conexiones de momento entre perfiles tubulares HSS.....	203
1.	Definición de parámetros .....	203
2.	Secciones tubulares circulares.....	204
3.	Secciones tubulares rectangulares.....	206
K.4	Soldadura de planchas y ramas para perfiles tubulares rectangulares HSS .....	209
	<b>Capítulo L: Diseño para estados límites de servicio .....</b>	<b>214</b>
L.1	Disposiciones generales .....	214
L.2	Contraflecha .....	214
L.3	Deformaciones .....	215
L.4	Desplazamientos laterales relativos.....	215
L.5	Vibración .....	215
L.6	Movimiento inducido por viento .....	216
L.7	Dilatación y contracción.....	216
L.8	Deslizamiento en las conexiones .....	216
	<b>Capítulo M: Fabricación y montaje .....</b>	<b>217</b>
M.1	Planos de taller y de montaje.....	217
M.2	Fabricación .....	217
1.	Contraflecha, curvado y enderezado.....	217
2.	Corte Térmico.....	217
3.	Terminación de los bordes .....	218
4.	Construcción soldada.....	218
5.	Construcción apernada .....	218
6.	Uniones de compresión.....	219
7.	Tolerancias dimensionales.....	219
8.	Terminación de las bases de columna.....	219
9.	Agujeros para barras de anclaje .....	219
10.	Agujeros de drenaje.....	219
11.	Requisitos para miembros galvanizados.....	219
M.3	Pintura de taller .....	220
1.	Requisitos generales .....	220
2.	Superficies inaccesibles.....	220
3.	Superficies de contacto .....	220
4.	Superficies terminadas.....	220
5.	Superficies adyacentes a soldaduras en terreno.....	220
M.4	Montaje.....	220
1.	Alineación de las bases de columna.....	220
2.	Estabilidad y conexiones .....	220
3.	Alineación .....	221
4.	Ajuste de las uniones de compresión y placas base .....	221

5.	Soldadura en terreno .....	221
6.	Pintura de terreno .....	221
<b>Capítulo N: Control de calidad y aseguramiento de la calidad .....</b>		<b>222</b>
N.1	Alcance.....	222
N.2	Programa de control de calidad del fabricante y del responsable del montaje .....	223
N.3	Documentos del fabricante y del responsable del montaje .....	223
1.	Documentos para construcción en acero.....	223
2.	Documentos disponibles para la construcción en acero.....	224
N.4	Personal de inspección y ensayos no destructivos .....	225
1.	Calificación del inspector de control de calidad.....	225
2.	Calificación del inspector de aseguramiento de calidad .....	225
3.	Calificación del personal NDT .....	225
N.5	Requisitos mínimos para la inspección en edificios de acero estructural.....	225
1.	Control de calidad .....	225
2.	Aseguramiento de la calidad.....	226
3.	Inspecciones coordinadas .....	226
4.	Inspección de soldaduras .....	226
5.	Ensayos no-destructivos de uniones soldadas .....	229
6.	Inspección de pernos de alta resistencia .....	231
7.	Otras tareas de inspección .....	232
N.6	Requisitos mínimos para inspección de construcciones compuestas .....	232
N.7	Fabricantes y responsables del montaje aprobados.....	233
N.8	No conformidad de materiales y mano de obra .....	234

## Anexos

<b>Anexo 1 Diseño por análisis inelástico .....</b>		<b>235</b>
1.1	Requerimientos generales .....	235
1.2	Requerimientos de ductilidad .....	236
1.	Material.....	236
2.	Sección transversal .....	236
3.	Longitud no arriostrada.....	237
4.	Fuerza axial.....	238
1.3	Requerimientos de análisis.....	238
1.	Propiedades de los materiales y criterio de fluencia.....	239
2.	Imperfecciones geométricas .....	239
3.	Efecto de las tensiones residuales y de plastificación parcial .....	239
<b>Anexo 2 Diseño para empozamiento.....</b>		<b>240</b>
2.1	Diseño simplificado para empozamiento.....	240
2.2	Diseño mejorado para empozamiento .....	241
<b>Anexo 3 Diseño por fatiga .....</b>		<b>244</b>
3.1	Disposiciones generales .....	244
3.2	Cálculo de las tensiones máximas y los rangos de tensiones .....	245

3.3	Material y juntas soldadas.....	245
3.4	Pernos y partes con hilo.....	247
3.5	Requisitos especiales de fabricación y montaje.....	248
	<b>Anexo 4 Referencias transitorias.....</b>	<b>267</b>
	<b>Anexo 5 Evaluación de estructuras existentes .....</b>	<b>268</b>
5.1	Disposiciones generales .....	268
5.2	Propiedades de los materiales.....	268
1.	Determinación de los ensayos requeridos .....	268
2.	Propiedades de tracción.....	269
3.	Composición química .....	269
4.	Tenacidad del metal base .....	269
5.	Metal de soldadura.....	269
6.	Pernos y remaches.....	269
5.3	Evaluación mediante análisis estructural.....	270
1.	Datos geométricos .....	270
2.	Evaluación de resistencia .....	270
3.	Evaluación de servicio.....	270
5.4	Evaluación mediante ensayos de carga.....	270
1.	Determinación de la intensidad de las cargas mediante ensayos .....	270
2.	Evaluación de la serviciabilidad .....	271
5.5	Informe de evaluación.....	271
	<b>Anexo 6 Arriostramiento para la estabilidad de columnas y vigas .....</b>	<b>272</b>
6.1	Disposiciones generales .....	272
6.2	Arriostramiento en columnas .....	273
1.	Arriostramiento relativo.....	273
2.	Arriostramiento Nodal .....	273
6.3	Arriostramiento en vigas .....	274
1.	Arriostramiento lateral.....	274
2.	Arriostramiento torsional .....	275
6.4	Arriostramiento en viga-columnas .....	277
	<b>Anexo 7 Métodos alternativos de diseño por estabilidad .....</b>	<b>278</b>
7.1	Requisitos generales .....	278
7.2	Método de la longitud efectiva.....	278
1.	Limitaciones .....	278
2.	Resistencias requeridas .....	278
3.	Resistencias disponibles .....	279
7.3	Método de análisis de primer orden.....	279
1.	Limitaciones .....	279
2.	Resistencias requeridas .....	280
3.	Resistencias disponibles .....	281

<b>Anexo 8 Análisis aproximado de segundo orden .....</b>	<b>282</b>
<b>8.1 Limitaciones .....</b>	<b>282</b>
<b>8.2 Procedimiento de cálculo.....</b>	<b>282</b>
<b>1. Amplificador <math>B_1</math> por Efecto <math>P-\delta</math> .....</b>	<b>283</b>
<b>2. Amplificador <math>B_2</math> por efecto <math>P-\Delta</math>.....</b>	<b>284</b>

## Figuras

<b>Figura A-2.1 – Coeficiente de flexibilidad límite para los sistemas primarios .....</b>	<b>242</b>
<b>Figura A-2.2 – Coeficiente de flexibilidad límite para los sistemas secundarios.....</b>	<b>243</b>

## Tablas

<b>Tabla B4.1a – Razones ancho-espesor: Elementos en compresión - Miembros sujetos a compresión axial .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla B4.1b – Razones Ancho-Espesor: Elementos en compresión de miembros en flexión .</b>	<b>57</b>
<b>Tabla NOTA E1.1 – Aplicaciones de las Secciones del Capítulo E .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla NOTA F1.1 – Tabla de selección para la aplicación de las Secciones del Capítulo F .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla I1.1a – Razones ancho-espesor límites para elementos de acero comprimidos en miembros compuestos sujetos a compresión axial para uso con Sección I2.2.....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla I1.1b – Razones ancho-Eespesor límites para elementos de acero comprimidos en miembros compuestos sujetos a flexión para uso con Sección I3.4.....</b>	<b>129</b>
<b>Tabla J2.1 – Garganta Efectiva de Soldaduras de tope con Junta de penetración parcial .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla J2.2 – Tamaño de soldadura efectiva de soldaduras de tope biselada curva.....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla J2.3 – Espesor mínimo de garganta efectiva<sup>a)</sup> .....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla J2.4 – Tamaño mínimo de soldadura de filete.....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla K.1.1 – Resistencias disponibles de conexiones de planchas con secciones tubulares circulares .....</b>	<b>189</b>
<b>Tabla K1.2 – Resistencia disponible de conexiones de planchas con Secciones tubulares rectangulares .....</b>	<b>191</b>
<b>Tabla K2.1 – Resistencia disponible de conexiones tubo-tubo para Secciones tubulares circulares en enrejados .....</b>	<b>196</b>
<b>Tabla K2.2 – Resistencia disponible de conexiones tubo-a-tubo con Secciones tubulares rectangulares.....</b>	<b>199</b>
<b>Tabla K2.2A – Límites de aplicación de Tabla K2.2 .....</b>	<b>202</b>
<b>Tabla K3.1 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS para Secciones tubulares circulares.....</b>	<b>205</b>
<b>Tabla K3.1A – Límites de aplicación de Tabla K3.1 .....</b>	<b>206</b>
<b>Tabla K3.2 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS con Secciones tubulares rectangulares.....</b>	<b>207</b>
<b>Tabla K3.2A – Límites de aplicación de Tabla K3.2 .....</b>	<b>209</b>
<b>Tabla K4.1 – Propiedades efectivas de las soldaduras en Secciones tubulares rectangulares HSS .....</b>	<b>210</b>
<b>Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga.....</b>	<b>249</b>

## Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL034 *Especialidades de la construcción*, Subcomité SC1 *Ingeniería estructural*, para establecer criterios para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras, donde las otras estructuras se definen como aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de manera similar a la de edificios, indicando de esta manera que sus elementos resistentes a cargas verticales y laterales son similares a los sistemas resistentes de los edificios.

La presente norma se basa en el documento ANSI/AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings*. Sin embargo, se han incorporado las desviaciones que se han estimado necesarias para su correcta aplicación dentro del territorio nacional. En relación al texto que constituye el comentario del documento citado, no ha sido incluido como parte integrante de la presente norma. Sin embargo, se puede utilizar como material de referencia o consulta en aquellos casos en que resulte aclaratorio y conduzca a la correcta aplicación de los requisitos definidos en esta norma.

Los Anexos 1 a 8 forman parte de la norma.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 21 de noviembre de 2016.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.



NCh427/1:2016

## Introducción

Ante la necesidad de revisar y actualizar NCh427:1977, se estableció a partir del año 2015 el Comité Técnico CL034 *Especialidades de la construcción*, Subcomité SC1 *Ingeniería Estructural*.

A continuación se cita NCh427:1977, subcláusula 2.1, el cual detalla su campo de aplicación:

Esta norma se aplicará en el diseño de estructuras de acero que empleen perfiles laminados, armados (remachados, apernados y soldados), o formados en frío (plegados).

Dado el alcance definido para la presente norma, se ha determinado que NCh427:1977, se dividirá en dos partes siendo:

NCh427/1, *Construcción - Estructuras de acero - Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios*.

NCh427/2<sup>1</sup>, *Construcción - Estructuras de acero - Parte 2: Requisitos para el cálculo de perfiles de acero conformados en frío*.

NOTA El título de NCh427/2 podría sufrir modificaciones al momento de su publicación.

NCh427/1, utiliza el título original de la norma y contiene requisitos orientados al diseño con secciones laminadas o armadas. En tanto NCh427/2 deberá considerar requisitos orientados al diseño con secciones conformadas en frío (plegadas). De esta manera serán cubiertos todos los aspectos abordados por NCh427:1977.

A la fecha de la publicación de esta norma, NCh427/2 se encuentra aún en programa de estudio, a la espera que el comité conformado para estos fines, analice y entregue los resultados necesarios.

---

1 En programa.

## Construcción — Estructuras de acero — Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios

### Simbología

$A_{BM}$	Área de la sección transversal del metal base, mm <sup>2</sup> .....	J2.4
$A_b$	Área bruta del perno o parte roscada, mm <sup>2</sup> .....	J3.6
$A_{bi}$	Área de la sección transversal de la rama que traslapa, mm <sup>2</sup> .....	K2.3
$A_{bj}$	Área de la sección transversal de la rama traslapada, mm <sup>2</sup> .....	K2.3
$A_c$	Área de hormigón, mm <sup>2</sup> .....	I2.1b
$A_c$	Área de la losa de hormigón dentro del ancho efectivo, mm <sup>2</sup> .....	I3.2d
$A_e$	Área neta efectiva, mm <sup>2</sup> .....	D2
$A_e$	Sumatoria de las áreas efectivas de las secciones basadas en el ancho efectivo reducido, $b_e$ , mm <sup>2</sup> .....	E7.2
$A_{fc}$	Área del ala en compresión, mm <sup>2</sup> .....	G3.1
$A_{fg}$	Área bruta del ala en tracción, mm <sup>2</sup> .....	F13.1
$A_{fn}$	Área neta del ala en tracción, mm <sup>2</sup> .....	F13.1
$A_{ft}$	Área del ala en tracción, mm <sup>2</sup> .....	G3.1
$A_g$	Área bruta de la sección, mm <sup>2</sup> .....	B3.7
$A_g$	Área bruta del miembro compuesto, mm <sup>2</sup> .....	I2.1a
$A_{gv}$	Área bruta solicitada a corte, mm <sup>2</sup> .....	J4.2
$A_n$	Área neta del elemento, mm <sup>2</sup> .....	B4.3
$A_n$	Área de los elementos conectados directamente, mm <sup>2</sup> .....	Tabla D3.1
$A_{nt}$	Área neta solicitada a tracción, mm <sup>2</sup> .....	J4.3
$A_{nv}$	Área neta solicitada a corte, mm <sup>2</sup> .....	J4.3
$A_{pb}$	Área proyectada de aplastamiento, mm <sup>2</sup> .....	J7
$A_s$	Área de la sección transversal de acero, mm <sup>2</sup> .....	I2.1b
$A_{sa}$	Área de la sección transversal del conector de corte con cabeza, mm <sup>2</sup> .....	I8.2a
$A_{sf}$	Área de corte en la zona de falla, mm <sup>2</sup> .....	D5.1
$A_{sr}$	Área de barras de refuerzo continuas, mm <sup>2</sup> .....	I2.1a

## NCh427/1:2016

$A_{sr}$	Área de acero de refuerzo con un adecuado desarrollo longitudinal dentro del ancho efectivo de la losa de hormigón, mm <sup>2</sup> .....	I3.2d
$A_t$	Área neta en tracción, mm <sup>2</sup> .....	An.3.4
$A_w$	Área del alma, siendo la altura por el espesor, $dt_w$ , mm <sup>2</sup> .....	G2.1
$A_{we}$	Área efectiva de la soldadura, mm <sup>2</sup> .....	J2.4
$A_{wei}$	Área efectiva de la garganta de la soldadura de cualquier i-ésimo elemento de esta, mm <sup>2</sup> .....	J2.4
$A_1$	Área de hormigón cargada, mm <sup>2</sup> .....	I6.3a
$A_1$	Área de acero apoyada concéntricamente sobre el soporte de hormigón, mm <sup>2</sup> .....	J8
$A_2$	Máxima área de la porción de la superficie de apoyo que es geométricamente similar y concéntrica con el área cargada, mm <sup>2</sup> .....	J8
$B$	Ancho total de una sección HSS rectangular, medido a 90° del plano de conexión, mm.....	Tabla D3.1
$B$	Ancho total de la sección rectangular de acero a lo largo de la cara en que se transfieren las cargas, mm.....	I6.3c
$B_b$	Ancho total de una rama de sección HSS rectangular, medido a 90° del plano de conexión, mm.....	K2.1
$B_{bi}$	Ancho total de la rama de una rama que traslapa, mm .....	K2.3
$B_{bj}$	Ancho total de la rama traslapada, mm .....	K2.3
$B_p$	Ancho de la plancha, medida a 90° del plano de conexión, mm .....	K1.1
$B_1$	Multiplicador para considerar efectos $P-\delta$ .....	An.8.2
$B_2$	Multiplicador para considerar efectos $P-\Delta$ .....	An.8.2
$C$	Constante torsional para secciones HSS .....	H3.1
$C_b$	Factor de modificación por pandeo lateral-torsional para diagramas de momento no uniformes .....	F1
$C_d$	Coeficiente que considera la rigidez requerida de arriostramiento aumentada en el punto de inflexión .....	An.6.3.1a
$C_f$	Constante basada en categorías de fatiga, según Tabla A-3.1 .....	An.3.3
$C_m$	Coeficiente que considera movimientos no uniformes .....	An.8.2.1
$C_p$	Coeficiente de flexibilidad para un miembro primario en un techo plano debido a retención de agua por deformaciones .....	An.2.1
$C_r$	Coeficiente para pandeo lateral del alma, MPa .....	J10.4

$C_s$	Coeficiente de flexibilidad para un miembro secundario en techo plano debido a retención de agua por deformaciones .....	An.2.1
$C_v$	Coeficiente de corte del alma .....	G2.1
$C_w$	Constante de alabeo, mm <sup>6</sup> .....	E4
$C_2$	Incremento de distancia de borde .....	Tabla J3.5
$D$	Diámetro exterior de un elemento de sección HSS circular, mm.....	Tabla B4.1
$D$	Diámetro exterior de un elemento de sección HSS principal, mm .....	K2.1
$D$	Carga muerta nominal, N.....	An.2.2
$D_b$	Diámetro exterior de una rama de sección HSS circular, mm .....	K2.1
$D_u$	En conexiones de deslizamiento crítico, es un múltiplo que refleja la relación entre la pretensión media instalada del perno y la mínima pretensión especificada.....	J3.8
$E$	Módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa.....	Tabla B4.1
$E_c$	Módulo de elasticidad del hormigón = $0,043w_c^{1,5}\sqrt{f'_c}$ MPa .....	I2.1b
$E_s$	Módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa.....	I2.1b
$EI_{eff}$	Rigidez efectiva de la sección compuesta, N-mm <sup>2</sup> .....	I2.1b
$F_c$	Tensión disponible, MPa .....	K1.1
$F_{ca}$	Tracción axial disponible en el punto considerado, MPa.....	H2
$F_{cbw}, F_{cbz}$	Tensión de flexión disponible en el punto considerado, MPa.....	H2
$F_{cr}$	Tensión crítica de pandeo por flexión, MPa .....	E3
$F_{cry}$	Tensión crítica de pandeo por flexión sobre el eje menor, MPa .....	E4
$F_{crz}$	Tensión crítica debido a pandeo torsional, MPa .....	E4
$F_e$	Tensión elástica por pandeo, MPa .....	E3
$F_{ex}$	Tensión elástica debido a pandeo por flexión en torno al eje mayor, MPa .....	E4
$F_{Exx}$	Resistencia de clasificación del metal de aporte, MPa.....	J2.4
$F_{ey}$	Tensión elástica debido a pandeo por flexión en torno al eje menor, MPa.....	E4
$F_{ez}$	Tensión elástica debido a pandeo torsional, MPa.....	E4
$F_{in}$	Tensión nominal de adherencia, MPa.....	I6.3c
$F_L$	Tensión calculada según la resistencia por flexión nominal, MPa .....	Tabla B4.1

NCh427/1:2016

$F_n$	Resistencia nominal, MPa .....	H3.3
$F_n$	Tensión de tracción nominal, $F_{nt}$ , o tensión de corte nominal, $F_{nv}$ , según Tabla J3.2, MPa .....	J3.6
$F_{nBM}$	Tracción nominal del metal base, MPa .....	J2.4
$F_{nt}$	Tensión de tracción nominal según Tabla J3.2, MPa .....	J3.7
$F'_{nt}$	Tensión de tracción nominal modificada que incluye los efectos de la tensión de corte, MPa.....	J3.7
$F_{nv}$	Tensión de corte nominal según Tabla J3.2, MPa.....	J3.7
$F_{nw}$	Tensión nominal del metal de soldadura, MPa .....	J2.4
$F_{nw}$	Tensión nominal del metal de soldadura (Capítulo J) sin incremento en la resistencia debido a la direccionalidad, MPa .....	K.4
$F_{nwi}$	Tensión nominal en el elemento i-ésimo de soldadura, MPa.....	J2.4
$F_{nwix}$	Componente x de la tensión nominal de $F_{nwi}$ , MPa.....	J2.4
$F_{nwyi}$	Componente y de la tensión nominal de $F_{nwi}$ , MPa.....	J2.4
$F_{SR}$	Rango de tensiones admisible, MPa.....	An.3.3
$F_{TH}$	Valor umbral de tensión admisible, máximo rango de tensión para vida de diseño indefinida según Tabla A-3.1, MPa .....	An.3.1
$F_u$	Tensión última mínima especificada, MPa .....	D2
$F_y$	Tensión mínima de fluencia especificada para el tipo de acero empleado, MPa. Se usa en esta especificación “tensión de fluencia” ya sea como el punto de fluencia mínimo especificado (para aquellos aceros que tienen un punto de fluencia) o ya sea fluencia especificada (para aquellos que no tienen una fluencia especificada).....	Tabla B4.1
$F_{yb}$	Tensión mínima de fluencia especificada para el material de una rama de sección Hss, MPa.....	K2.1
$F_{ybi}$	Tensión mínima de fluencia especificada en el material de la rama que traslapa, MPa.	K2.3
$F_{ybj}$	Tensión mínima de fluencia especificada en el material de la rama traslapada, MPa....	K2.3
$F_{yf}$	Tensión mínima de fluencia especificada del ala, MPa .....	J10.1
$F_{yp}$	Tensión mínima de fluencia especificada del material de la plancha, MPa .....	K1.1
$F_{ysr}$	Tensión de fluencia especificada de las barras de refuerzo, MPa .....	I2.1b
$F_{yst}$	Tensión mínima de fluencia especificada del material del atiesador, MPa .....	G3.3
$F_{yw}$	Tensión mínima de fluencia especificada del material del alma, MPa.....	G3.3

G	Módulo elástico de corte del acero = 77 200 MPa.....	E4
H	Constante por flexión .....	E4
H	Fuerza de corte de entrepiso, en la dirección de traslación considerada, debido a las cargas laterales empleadas en el cálculo de $\Delta_H$ , N.....	An.8.2.2
H	Altura total de la sección HSS rectangular, medida en el plano de conexión, mm.....	Tabla D3.1
$H_b$	Altura de la rama de un elemento HSS rectangular, medida en el plano de conexión, mm.....	K2.1
$H_{bi}$	Profundidad de una rama superpuesta, mm .....	K2.3
I	Momento de inercia en el plano de flexión, mm <sup>4</sup> .....	An.8.2.1
$I_c$	Momento de inercia de la sección de hormigón sobre el eje neutro elástico de la sección compuesta, mm <sup>4</sup> .....	I2.1b
$I_d$	Momento de inercia de la cubierta de acero apoyada en miembros secundarios, mm <sup>4</sup> .....	An.2.1
$I_p$	Momento de inercia de miembros primarios, mm <sup>4</sup> .....	An.2.1
$I_s$	Momento de inercia de miembros secundarios, mm <sup>4</sup> .....	An.2.1
$I_s$	Momento de inercia del perfil de acero respecto al eje neutro elástico de la sección compuesta, mm <sup>4</sup> .....	I2.1b
$I_{st}$	Momento de inercia del atiesador transversal sobre un eje en el centro del alma para un par de atiesadores, o sobre la cara en contacto con la plancha del alma para un atiesador único, mm <sup>4</sup> .....	G3.3
$I_{st1}$	Momento de inercia mínimo del atiesador transversal requerido para el desarrollo de la resistencia por pandeo de corte del alma en Sección G2.2, mm <sup>4</sup> .....	G3.3
$I_{st2}$	Momento de inercia mínimo del atiesador transversal requerido para el desarrollo de la resistencia por pandeo de corte del alma más la resistencia por campo de tracciones en el alma, $V_r = V_{c2}$ , mm <sup>4</sup> .....	G3.3
$I_x$ , $I_y$	Momentos de inercia respecto a los ejes principales, mm <sup>4</sup> .....	E4
$I_y$	Momento de inercia fuera del plano, mm <sup>4</sup> .....	An.6.3.2a
$I_{yc}$	Momento de inercia sobre el eje y referido al ala en compresión, mm <sup>4</sup> .....	F4.2
$I_z$	Momento de inercia del eje principal menor, mm <sup>4</sup> .....	F10.2
J	Constante torsional, mm <sup>4</sup> .....	E4
K	Factor de longitud efectiva .....	C3, E2
$K_x$	Factor de longitud efectiva para pandeo por flexión sobre eje x.....	E4

NCh427/1:2016

$K_y$	Factor de longitud efectiva para pandeo por flexión sobre eje y .....	E4
$K_z$	Factor de longitud efectiva para pandeo flexo-torsional.....	E4
$K_1$	Factor de longitud efectiva en el plano de flexión, calculado según el supuesto de que no hay desplazamiento lateral. Es igual a 1,0 a menos que el análisis indique que puede ser usado un valor menor .....	An.8.2.1
$L$	Altura de entrepiso, mm.....	An.7.3.2
$L$	Longitud del elemento, mm.....	H3.1
$L$	Longitud sin arriostramiento lateral de un elemento, mm .....	E2
$L$	Longitud del vano, mm.....	An.6.3.2a
$L$	Longitud del elemento entre los puntos de trabajo de las líneas centrales de los cordones del enrejado, mm .....	E5
$L_b$	Longitud entre puntos arriostrados contra desplazamiento lateral del ala comprimida o atiesados, mm .....	F2.2
$L_b$	Distancia entre arriostramientos, mm .....	An.6.2.1
$L_b$	Mayor distancia no arriostrada lateralmente para ambas alas en el punto de carga, mm .....	J10.4
$L_m$	Longitud límite no arriostrada lateralmente para elegir la redistribución de momentos en vigas de acuerdo a la Sección B3.7, mm .....	F13.5
$L_p$	Longitud límite sin arriostramiento lateral para el estado límite de fluencia, mm .....	F2.2
$L_p$	Longitud de los miembros principales, m .....	An.2.1
$L_{pd}$	Longitud límite sin arriostramiento lateral para el análisis plástico, mm .....	An.1.2.3
$L_r$	Longitud límite sin arriostramiento lateral para el estado límite de pandeo flexo-torsional inelástico, mm.....	F2.2
$L_s$	Distancia entre los miembros secundarios, m .....	An.2.1
$L_v$	Distancia entre el máximo corte y donde este es cero, mm .....	G6
$M_A$	Valor absoluto del momento ubicado en el cuarto de la longitud del segmento no arriostrado, N-mm .....	F1
$M_a$	Resistencia a flexión requerida usando combinaciones de carga según ASD, N-mm .	J10.4
$M_B$	Valor absoluto del momento ubicado al centro del segmento no arriostrado, N-mm .....	F 1
$M_C$	Momento absoluto ubicado a los tres cuartos de la longitud del segmento no arriostrado, N-mm .....	F1
$M_{cx}, M_{cy}$	Resistencia de flexión disponible determinada de acuerdo con Capítulo F, N-mm .....	H1.1

$M_{cx}$	Resistencia de flexo-torsión disponible para flexión en el eje fuerte, determinada de acuerdo con Capítulo F, usando $C_b = 1,0$ , N-mm .....	H1.3
$M_{cx}$	Resistencia de flexión disponible sobre el eje x para el estado límite de ruptura por tracción del ala, N-mm .....	H4
$M_e$	Momento elástico por pandeo flexo-torsional, N-mm .....	F10.2
$M_{lt}$	Momento de primer orden según combinaciones de carga LRFD o ASD causado únicamente por desplazamiento lateral de la estructura, N-mm.....	An.8.2
$M_{máx.}$	Valor absoluto del momento máximo en el segmento no arriostrado, N-mm .....	F1
$M_{mid}$	Momento en la mitad de la longitud no arriostrada, N-mm.....	An.1.2.3
$M_n$	Resistencia nominal a flexión, N-mm.....	F1
$M_{nt}$	Momento de primer orden usando combinaciones de carga LRFD o ASD suponiendo que no hay desplazamiento lateral, N-mm.....	An.8.2
$M_p$	Momento de flexión plástico, N-mm.....	Tabla B4.1
$M_p$	Momento correspondiente a la distribución plástica de tracción en la sección transversal de un elemento compuesto, N-mm .....	I3.4b
$M_r$	Resistencia a flexión requerida de segundo orden según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm.....	An.8.2
$M_r$	Resistencia a flexión requerida según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm...H1.1	
$M_r$	Resistencia a flexión requerida en el cordón, N-mm .....	K2.2
$M_{rb}$	Momento de arriostramiento requerido según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm .....	An.6.3.2
$M_{r-ip}$	Resistencia a flexión requerida en el plano de la rama según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm.....	K3.2
$M_{r-op}$	Resistencia a flexión requerida fuera del plano de la rama según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm.....	K3.2
$M_{rx}, M_{ry}$	Resistencia a flexión requerida según combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm...H1.1	
$M_{rx}$	Resistencia a flexión requerida en la ubicación de los agujeros de los pernos; positiva para el ala considerada en tracción y negativa para compresión, N-mm .....	H4
$M_u$	Resistencia a flexión requerida según combinaciones de carga LRFD, N-mm .....	J10.4
$M_y$	Momento de fluencia de la fibra extrema, N-mm .....	Tabla B4.1
$M_y$	Momento de fluencia en torno al eje de flexión, N-mm.....	F10.1
$M_{yc}$	Momento de fluencia en el ala en compresión, N-mm .....	F4.1

NCh427/1:2016

$M_{yt}$	Momento de fluencia de la fibra extrema en el ala en compresión, N-mm.....	F4.4
$M_1'$	Momento efectivo al final de la porción de miembro no arriostrado opuesto a $M_2$ , N-mm.....	An.1.2.3
$M_1$	Momento menor en el extremo de un elemento no arriostrado, N-mm .....	F13.5, An.1.2.3
$M_2$	Momento mayor en el extremo de un elemento no arriostrado N-mm.....	F13.5, An.1.2.3
$N_i$	Carga ficticia aplicada al nivel $i$ , N .....	C2.2b
$N_l$	Carga lateral adicional, N.....	An.7.3.2
$O_v$	Coeficiente de traslape en conexiones .....	K2.2
$P_c$	Resistencia de compresión axial disponible, N.....	H1.1
$P_{cy}$	Resistencia a la compresión disponible fuera del plano de flexión, N .....	H1.3
$P_e$	Carga crítica de pandeo elástico determinado según Capítulo C o Apéndice 7, N.....	I2.1b
$P_{e\ piso}$	Resistencia a pandeo elástico del piso en dirección de traslación considerada, N..	An.8.2.2
$P_{ey}$	Carga crítica de pandeo elástico para pandeo del atiesador débil, N .....	H1.2
$P_{e1}$	Resistencia crítica de pandeo elástico del elemento en el plano de flexión, N .....	An.8.2.1
$P_{lt}$	Fuerza axial de primer orden usando combinaciones de carga LRFD o ASD, sólo como resultado de desplazamiento lateral de la estructura, N.....	An.8.2
$P_{mf}$	Carga total vertical en las columnas en el piso que forman parte de los marcos de momento, si es que existiera alguno en la dirección del desplazamiento, N .....	An.8.2.2
$P_n$	Resistencia axial nominal, N.....	D2
$P_n$	Resistencia de compresión nominal, N .....	E1
$P_{no}$	Resistencia nominal a compresión para elementos compuestos con simetría doble sin considerar doble sin considerar efectos por longitud cargados axialmente, N .....	I2.1b
$P_{nt}$	Fuerza axial de primer orden según combinaciones de carga LRFD y ASD, cuando en la la estructura no hay desplazamiento lateral, N .....	An.8.2
$P_p$	Resistencia por aplastamiento nominal, N .....	J8
$P_r$	Resistencia requerida axial de segundo orden según combinaciones de carga LRFD o ASD, N .....	An.8.2
$P_r$	Resistencia requerida axial por compresión de segundo orden según combinaciones de carga LRFD o ASD, N .....	C2.3
$P_r$	Resistencia axial requerida en el miembro en la ubicación de los agujeros de los pernos; positiva en tracción y negativa para compresión, N .....	H1.1

$P_r$	Resistencia axial requerida del miembro en la ubicación de las perforaciones de los pernos, positiva en tensión, negativa en, N .....	H.4
$P_r$	Fuerza externa requerida aplicada en el miembro compuesto, N .....	I6.2a
$P_{rb}$	Resistencia requerida del arriostramiento según combinaciones de carga LRFD o ASD, N .....	An.6.2
$P_{ro}$	Resistencia axial requerida determinada en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión, N .....	Tabla K1.1
$P_{piso}$	Carga vertical total soportada por el piso empleando las combinaciones de carga LRFD o ASD, según corresponda, incluyendo las cargas en las columnas que no sean parte del sistema resistente a cargas laterales, N .....	An.8.2.2
$P_u$	Resistencia axial requerida en el cordón según combinaciones de carga LRFD, N .....	K1.1
$P_u$	Resistencia axial en compresión requerida, N .....	An.1.2.2
$P_y$	Resistencia de un elemento en fluencia, N .....	C2.3
$Q$	Factor de reducción neto que toma en cuenta todos los elementos esbeltas en compresión .....	E7
$Q_a$	Factor de reducción para elementos esbeltas atiesados en compresión .....	E7.2
$Q_{ct}$	Resistencia disponible a tracción, N .....	I8.3c
$Q_{cv}$	Resistencia disponible al corte, N.....	I8.3c
$Q_f$	Parámetro de interacción de esfuerzos en el cordón.....	K2.2
$Q_n$	Resistencia nominal de vigas compuestas con conectores de corte, N.....	I3.2d
$Q_{nt}$	Resistencia nominal a tracción del perno de anclaje de acero, N .....	I8.3b
$Q_{nv}$	Resistencia nominal a corte del perno de anclaje de acero, N.....	I8.3a
$Q_{rt}$	Resistencia a tracción, N .....	I8.3c
$Q_{rv}$	Resistencia requerida al corte, N.....	I8.3c
$Q_s$	Factor de reducción para elementos esbeltas no atiesados .....	E7.1
$R$	Radio de la superficie de junta, mm .....	Tabla J2.2
$R$	Carga nominal debido a agua de lluvia o nieve, debido exclusivamente al empozamiento, MPa .....	An.2.2
$R_a$	Resistencia requerida según combinaciones de carga ASD.....	B3.4
$R_{FIL}$	Factor de reducción para uniones usando sólo un par de soldaduras de filete transversales .....	An.3.3

NCh427/1:2016

$R_g$	Coeficiente para considerar efecto de grupo .....	I8.2a
$R_M$	Coeficiente para considerar la influencia de $P-\delta$ en $P-\Delta$ .....	An.8.2.2
$R_n$	Resistencia nominal según se especifica en los Capítulos B al K.....	B3.3
$R_n$	Resistencia nominal al deslizamiento, N .....	J3.8
$R_n$	Resistencia nominal del mecanismo de transferencia de fuerzas, N .....	I6.3
$R_{nwl}$	Resistencia nominal total de las soldaduras de filete cargadas longitudinalmente, que se determina de acuerdo con Tabla J2.5, N .....	J2.4
$R_{nwt}$	Resistencia nominal total de las soldaduras de filete cargadas transversalmente, que se determina de acuerdo con Tabla J2.5 sin la alternativa de la Sección J2.4(a), NJ2.4	
$R_{nx}$	Componente horizontal de la resistencia nominal de un grupo de soldaduras, N.....	J2.4
$R_{ny}$	Componente vertical de la resistencia nominal de un grupo de soldaduras, N.....	J2.4
$R_p$	Factor de efecto posicional de conectores de corte con cabeza soldados.....	I8.2a
$R_{pc}$	Factor de plastificación del alma.....	F4.1
$R_{pg}$	Factor de reducción de resistencia en flexión.....	F5.2
$R_{PJP}$	Factor de reducción para uniones con soldadura de ranura de penetración parcial (PJP) reforzadas o no reforzadas transversalmente .....	An.3.3
$R_{pt}$	Factor de plastificación del alma correspondiente al estado límite de fluencia del ala en tracción.....	F4.4
$R_u$	Resistencia requerida según combinaciones de carga LRFD .....	B3.3
$S$	Módulo de sección elástico, $\text{mm}^3$ .....	F8.2
$S$	Espaciamiento de miembros secundarios, m .....	An.2.1
$S_c$	Módulo elástico de la sección referido al punto en compresión relativo al eje de flexión, $\text{mm}^3$ .....	F10.3
$S_e$	Módulo de sección efectivo determinado con el ancho efectivo del ala en compresión, $\text{mm}^3$ .....	F7.2
$S_{ip}$	Módulo elástico efectivo de la sección de soldaduras para flexión en el plano (Tabla K4.1), $\text{mm}^3$ .....	K4
$S_{min}$	Módulo elástico menor de la sección relativo al eje de flexión, $\text{mm}^3$ .....	F12
$S_{op}$	Módulo elástico efectivo de la sección de soldaduras para flexión fuera del plano (Tabla K4.1), $\text{mm}^3$ .....	K4
$S_{xc}, S_{xt}$	Módulo elástico de la sección referido al ala comprimida y traccionada respectivamente, $\text{mm}^3$ .....	Tabla B4.1

$S_x$	Módulo elástico de la sección en torno al eje x, mm <sup>3</sup> .....	F2.2
$S_y$	Módulo elástico de la sección tomado en torno al eje y. Para una canal corresponde al módulo de sección mínimo, mm <sup>3</sup> .....	F6.1
$T_a$	Fuerza de tracción requerida según combinaciones de carga ASD, N .....	J3.9
$T_b$	Tracción mínima del conector dada en Tabla J3.1, N .....	J3.8
$T_c$	Resistencia torsional disponible, N-mm.....	H3.2
$T_n$	Resistencia torsional nominal, N-mm .....	H3.1
$T_r$	Resistencia torsional requerida, según combinaciones de carga LFRD o ASD, N-mm .	H3.2
$T_u$	Fuerza de tracción requerida según combinaciones de carga LRFD, N .....	J3.9
$U$	Factor de corte diferido .....	D3
$U$	Coeficiente de utilización .....	K2.2
$U_{bs}$	Coeficiente de reducción usado en el cálculo de la resistencia del bloque de corte para el estado límite de rotura .....	J4.3
$U_p$	Índice de tensiones para miembros primarios .....	An.2.2
$U_s$	Índice de tensiones para miembros secundarios .....	An.2.2
$V'$	Corte nominal entre la viga de acero y la losa de hormigón, transferido por anclajes de acero, N .....	I3.2d
$V_c$	Resistencia de corte disponible, N .....	H3.2
$V_{c1}$	La menor de las resistencias al corte disponibles en los paneles adyacentes al atiesador con $V_n$ tal como se define en Sección G2.1, N .....	G3.3
$V_{c2}$	La menor de las resistencias al corte disponibles en los paneles adyacentes al atiesador con $V_n$ tal como se define en Sección G3.2, N .....	G3.3
$V_n$	Resistencia nominal de corte, N .....	G1
$V_r$	La mayor de las resistencias requeridas al corte en los paneles adyacentes al atiesador, usando las combinaciones LRFD o ASD, N .....	G3.3
$V_r$	Resistencia requerida de corte usando las combinaciones de carga LFRD o ASD, N ..	H3.2
$V'_r$	Fuerza requerida de corte transferida a partir de conectores de corte según combinaciones de carga LFRD o ASD, N .....	I6.2
$Y_i$	Carga gravitacional aplicada en el nivel $i$ según combinaciones de carga LRFD o ASD, N .....	C2.2b, An.7.3.2
$Z$	Módulo plástico de la sección en torno al eje de flexión, mm <sup>3</sup> .....	F7.1

NCh427/1:2016

$Z_b$	Módulo plástico de la sección en la rama en torno al eje de flexión, mm <sup>3</sup> .....	K3.1
$Z_x$	Módulo plástico de la sección en torno al eje x, mm <sup>3</sup> .....	F2.1
$Z_y$	Módulo plástico de la sección en torno al eje y, mm <sup>3</sup> .....	F6.1
$a$	Distancia libre entre atiesadores transversales, mm .....	F13.2
$a$	Distancia libre entre conectores, mm.....	E6.1
$a$	Distancia mínima desde el borde de la perforación del pasador hasta el borde del miembro medido paralelamente a la dirección de la fuerza, mm .....	D5.1
$a$	Mitad de la longitud de la cara de la raíz no soldada en la dirección del espesor de plancha cargada en tracción, mm.....	An.3.3
$a'$	Longitud de la soldadura a lo largo de ambos bordes de la terminación de la plancha de cubierta de la viga, mm .....	F13.3
$a_w$	Cuociente entre dos veces el área del alma en compresión debido sólo a la aplicación de un momento fletor en el eje mayor y el área del ala en compresión.....	F4.2
$b$	Ancho total del ala en compresión, mm.....	F10.2
$b$	Para alas de miembros / corresponde a la mitad del ancho total del ala, $b_f$ , para alas de perfiles canal corresponde a la dimensión nominal completa del ala, mm .....	F6.2
$b$	Ancho del elemento no atiesado en compresión, según Sección B4.1, mm.....	E7.1
$b$	Ancho del ala que resiste fuerza de corte, mm .....	G4
$b$	Ancho del elemento no atiesado en compresión, ancho del elemento atiesado en compresión, mm .....	B4.1
$b_{cf}$	Ancho del ala de la columna, mm.....	J10.6
$b_e$	Ancho efectivo reducido, mm .....	E7.2
$b_e$	Distancia de borde efectiva para el cálculo de la resistencia de ruptura por tracción de miembros rotulados, mm .....	D5.1
$b_{eoi}$	Ancho efectivo de la cara de la rama soldada al cordón, mm .....	K2.3
$b_{eov}$	Ancho efectivo de la cara de la rama soldada al refuerzo superpuesto, mm .....	K2.3
$b_f$	Ancho del ala, mm .....	B4.1
$b_{fc}$	Ancho del ala en compresión, mm .....	F4.2
$b_{ft}$	Ancho del ala en tracción, mm.....	G3.1
$b_l$	Longitud del ala larga del ángulo, mm .....	E5
$b_s$	Longitud del ala corta del ángulo, mm.....	E5

$b_s$	Ancho del atiesador, para atiesadores de un lado, mm.....	An.6.3.2a
$d$	Diámetro nominal del conector, mm .....	J3.3
$d$	Diámetro nominal del perno, mm.....	J3.10
$d$	Profundidad nominal total de secciones T, mm .....	B4.1a
$d$	Profundidad nominal total de la sección, mm .....	J10.3
$d$	Altura de barra rectangular, mm .....	F11.2
$d$	Diámetro, mm .....	J7
$d$	Diámetro del pasador, mm.....	D5.1
$d_b$	Profundidad de la viga, mm .....	J10.6
$d_b$	Diámetro nominal (diámetro del cuerpo o vástago), mm .....	An.3.4
$d_c$	Profundidad de la columna, mm .....	J10.6
$e$	Excentricidad en una conexión del enrejado, siendo positiva cuando se aleja de los arranques, mm.....	K2.1
$e_{mid-ht}$	Distancia desde el borde del conector con cabeza hasta el alma de la placa colaborante, mm .....	I8.2a
$f'_c$	Resistencia a compresión especificada del hormigón, MPa.....	I1.2b
$f_o$	Tensión debido a $D + R$ ( $D$ = carga muerta nominal, $R$ = carga nominal debido a lluvia o nieve, que contribuye exclusivamente al empozamiento), MPa .....	An.2.2
$f_{ra}$	Tracción axial requerida en el punto considerado según combinaciones de carga LRFD o ASD, MPa .....	H2
$f_{rbw}, f_{rbz}$	Tracción de flexión requerida en el punto considerado según combinaciones de carga LRFD o ASD, MPa .....	H2
$f_{rv}$	Tracción requerida de corte según combinaciones de carga LRFD o ASD, MPa.....	J3.7
$g$	Espaciamiento transversal de centro a centro (gramil) entre líneas de conectores, mm .....	B4.3
$g$	Excentricidad entre los extremos de los arranques en una conexión en K con excentricidad, despreciando la soldadura, mm.....	K2.1
$h$	Ancho del elemento atiesado en compresión, mm.....	B4.1
$h$	Distancia libre entre alas menos el filete o radio de curvatura para perfiles laminados; distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas cuando se utilizan soldaduras para perfiles armados, mm.....	J10.4
$h$	Altura del elemento de corte, mm.....	G2.1

NCh427/1:2016

$h_c$	Dos veces la distancia desde el centroide a uno de los siguientes: la cara interna del ala en compresión menos el filete o radio de esquina, en secciones laminadas a la línea de pernos más cercana al ala comprimida o a las caras internas del ala comprimida cuando se utiliza soldadura en secciones armadas, mm.....	B4.1b
$h_o$	Distancia entre los centroides de las alas, mm.....	F2.2
$h_p$	Dos veces la distancia desde el eje neutro plástico a la línea de pernos más cercana al ala comprimida o a la cara interna del ala comprimida en secciones de alas soldadas, mm.....	B4.1
$h_r$	Altura nominal del nervio, mm .....	I8.2a
$k$	Distancia desde la cara exterior del ala al pie del filete del alma, mm .....	J10.2
$k_c$	Coeficiente para elementos esbeltos no atiesados .....	Tabla B4.1
$k_{sc}$	Coeficiente de deslizamiento crítico para tracción y corte combinados .....	J3.9
$k_v$	Coeficiente de pandeo por corte de la plancha del alma.....	G2.1
$l$	Longitud efectiva de la soldadura cargada en los extremos, mm .....	J2.2
$l$	Longitud de la conexión, mm .....	Tabla D3.1
$l_a$	Longitud del canal, mm.....	I8.2b.
$l_b$	Longitud de aplastamiento, mm.....	J7
$l_c$	Distancia libre, en la dirección de la carga, entre el borde de la perforación y el borde de la perforación adyacente o borde del material, mm .....	J3.10
$l_e$	Longitud total efectiva de soldadura de ranura y soldadura de filete para secciones tubulares rectangulares para el cálculo de la resistencia de la soldadura, mm.....	K4
$l_{ov}$	Longitud de traslape medida a lo largo de la cara de la conexión del cordón entre las dos ramas, mm .....	K2.1
$l_p$	Longitud proyectada de la rama de traslape en el cordón, mm.....	K2.1
$n$	Número de puntos nodales arriostrados en el vano .....	An.6.3.2
$n$	Paso, medido en hilos por mm.....	An.3.4
$n_b$	Número de pernos que transmiten la tracción aplicada .....	J3.9
$n_s$	Número de planos de deslizamiento requeridos para permitir que la conexión deslice ..	J3.8
$n_{SR}$	Número de fluctuaciones en el rango de tensiones durante la vida de diseño.....	An.3.3
$p$	Paso, mm por hilada .....	An.3.4
$p_i$	Razón entre la deformación del elemento $i$ y su deformación a tensión máxima.....	J2.4

$r$	Radio de giro, mm.....	E2
$r_{cr}$	Distancia desde el centro instantáneo de rotación al elemento soldado con la mínima relación $\Delta_u/r_i$ , mm.....	J2.4
$r_i$	Mínimo radio de giro de un componente individual, mm .....	E6.1
$r_i$	Distancia desde el centro instantáneo de rotación hasta el i-ésimo elemento de soldadura, mm .....	J2.4
$r_o$	Radio de giro polar en torno al centro de corte, mm .....	E4
$r_t$	Radio de giro de los componentes del ala en compresión por flexión más un tercio del área del alma en compresión debido sólo a la aplicación de un momento flexionante en el eje mayor, mm .....	F4.2
$r_{ts}$	Radio de giro efectivo, mm .....	F2.2
$r_x$	Radio de giro en torno al eje x, mm.....	E4
$r_x$	Radio de giro en torno al eje geométrico paralelo al ala conectada, mm.....	E5
$r_y$	Radio de giro en torno al eje y, mm .....	E4
$r_z$	Radio de giro para el eje principal menor, mm .....	E5
$s$	Espaciamiento longitudinal de centro a centro (montaje) para dos agujeros consecutivos, mm .....	B4.3
$t$	Espesor del elemento, mm .....	E7.1
$t$	Espesor de pared, mm .....	E7.2
$t$	Espesor de ala de un ángulo, mm .....	F10.2
$t$	Ancho de barra rectangular paralela al eje de flexión, mm.....	F11.2
$t$	Espesor del material conectado, mm.....	J3.10
$t$	Espesor de plancha, mm .....	D5.1
$t$	Espesor total del relleno, mm .....	J5.2
$t$	Espesor de diseño de pared de un miembro para secciones HSS, mm .....	B4.1, K1.1
$t_b$	Espesor de diseño de pared de un arranque de sección HSS, mm.....	K2.1
$t_{bi}$	Espesor de la rama que traslapa, mm.....	K2.3
$t_{bj}$	Espesor de la rama traslapada, mm.....	K2.3
$t_{cf}$	Espesor del ala de la columna, mm.....	J10.6
$t_f$	Espesor del ala, mm .....	F6.2

NCh427/1:2016

$t_f$	Espesor del ala cargada, mm .....	J10.1
$t_f$	Espesor del ala de un conector de corte tipo canal, mm.....	I8.2b
$t_{fc}$	Espesor del ala comprimida, mm .....	F4.2
$t_p$	Espesor de plancha, mm .....	K1.1
$t_p$	Espesor de plancha cargada en tracción, mm.....	An.3.3
$t_p$	Espesor de plancha transversal adjunta, mm.....	K2.3
$t_{st}$	Espesor del atiesador del alma, mm .....	An.6.3.2a
$t_w$	Espesor de alma, mm.....	Tabla B4.1
$t_w$	Garganta efectiva de soldadura de menor tamaño alrededor del perímetro de la rama o de la plancha, mm.....	K4
$t_w$	Espesor del alma de un conector de corte tipo canal, mm.....	I8.2b
$w$	Ancho de la plancha de refuerzo, mm .....	F13.3
$w$	Tamaño de soldadura, mm .....	J2.2
$w$	Símbolo subíndice relativo al eje principal mayor de flexión.....	H2
$w$	Ancho de plancha, mm .....	Tabla D3.1
$w$	Tamaño del filete de refuerzo o contorno, si lo hay, en la dirección del espesor de la plancha cargada en tracción, mm .....	An.3.3
$w_c$	Peso del hormigón por unidad de volumen ( $1\ 500 \leq w_c \leq 2\ 500 \text{ kg/m}^3$ ).....	I2.1
$w_r$	Ancho promedio del nervio o ménsula de hormigón, mm .....	I3.2c
$x$	Símbolo subíndice relativo al eje fuerte de flexión.....	H1.1
$x_i$	Componente $x$ de $r_i$ .....	J2.4
$x_o, y_o$	Coordenadas del centro de corte con respecto al centroide, mm .....	E4
$x$	Excentricidad de la conexión, mm .....	Tabla D3.1
$y$	Símbolo subíndice relativo al eje débil de flexión .....	H1.1
$y_i$	Componente $y$ de $r_i$ .....	J2.4
$z$	Símbolo subíndice relativo al eje principal menor de flexión .....	H2
$\alpha$	Factor de ajuste para ASD/LRFID a nivel de fuerzas .....	C2.3
$\beta$	Factor de reducción dado en la Ecuación J2-1.....	J2.2

$\beta$	Cuociente de ancho; el cuociente entre el diámetro de la rama y el diámetro del cordón para secciones HSS circulares; el cuociente entre el ancho total de la rama y el ancho de cuerda para secciones HSS rectangulares.....	K2.1
$\beta_T$	Rigidez total del sistema de arriostramientos, N-mm/radian .....	An.6.3.2a
$\beta_{br}$	Rigidez requerida del arriostramiento, N/mm .....	An.6.2.1
$\beta_{eff}$	Cuociente efectivo de ancho; la suma de los perímetros de dos miembros ramales en una conexión K dividida por ocho veces el ancho de la cuerda.....	K2.1
$\beta_{eop}$	Parámetro efectivo de perforación exterior .....	K2.3
$\beta_{sec}$	Rigidez distorsional de alma incluyendo el efecto de atiesadores transversales de alma, si los hay, N-mm/radian.....	An.6.3.2a
$\beta_{Tb}$	Rigidez torsional requerida para el arriostramiento nodal, N-mm/radian.....	An.6.3.2a
$\beta_w$	Propiedad de la sección para ángulos de alas desiguales, positiva para alas cortas en compresión y negativa para alas largas en compresión.....	F10.2
$\Delta$	Desplazamiento de entrepiso de primer orden debido a combinaciones de carga LFRD o ASD, mm .....	An.7.3.2
$\Delta_H$	Desplazamiento de entrepiso de primer orden debido a fuerzas laterales, mm.....	An.8.2.2
$\Delta_i$	Deformación de elementos soldados a niveles intermedios de esfuerzo, linealmente proporcional a la deformación crítica basada en la distancia al centro instantáneo de rotación, $r_i$ , mm .....	J2.4
$\Delta_{mi}$	Deformación de elementos soldados para su tensión máxima, mm .....	J2.4
$\Delta_{ui}$	Deformación de elementos soldados a tensión última (fractura) usualmente en los elementos más alejados desde el centro instantáneo de rotación, mm .....	J2.4
$\gamma$	Relación de esbeltez de cuerda, la relación entre la mitad del diámetro y el espesor de pared para secciones HSS circulares; la relación entre la mitad del ancho y el espesor de pared para secciones HSS rectangulares .....	K2.1
$\zeta$	Relación de excentricidad; el cuociente de la abertura entre las ramas de una conexión K abierta y el ancho de la cuerda para secciones HSS rectangulares .....	K2.1
$\eta$	Parámetro de longitud de carga, aplicable sólo en secciones HSS rectangulares; el cuociente entre la longitud de contacto de la rama con la cuerda en el plano de la conexión y con el ancho de cuerda .....	K2.1
$\lambda$	Parámetro de esbeltez .....	F3.2
$\lambda_p$	Parámetro limitante de esbeltez para elementos compactos .....	B4
$\lambda_{pd}$	Parámetro limitante de esbeltez para diseño plástico.....	An.1.2
$\lambda_{pf}$	Parámetro limitante de esbeltez para ala compacta .....	F3.2

NCh427/1:2016

$\lambda_{pw}$	Parámetro limitante de esbeltez para alma compacta.....	F4.2
$\lambda_r$	Parámetro limitante de esbeltez para elemento esbelto.....	B4
$\lambda_{rf}$	Parámetro limitante de esbeltez para ala no compacta.....	F3.2
$\lambda_{rw}$	Parámetro limitante de esbeltez para alma no compacta.....	F4.2
$\mu$	Coeficiente medio de deslizamiento para superficies Clase A o B, según el caso, o como se establezca a través de ensayos .....	J3.8
$\phi$	Factor de resistencia especificado en los Capítulos B al K .....	B3.3
$\phi_B$	Factor de resistencia para aplastamiento en hormigón .....	I6.3a
$\phi_b$	Factor de resistencia por flexión .....	F1
$\phi_c$	Factor de resistencia por compresión .....	B3.7
$\phi_c$	Factor de resistencia en columnas compuestas cargadas axialmente.....	I2.1b
$\phi_{sf}$	Factor de resistencia por falla de bloque de corte .....	D5.1
$\phi_T$	Factor de resistencia por torsión.....	H3.1
$\phi_t$	Factor de resistencia para pernos de anclaje en tracción .....	I8.3b
$\phi_t$	Factor de resistencia por tracción.....	D2
$\phi_v$	Factor de resistencia por corte .....	G1
$\phi_v$	Factor de resistencia para pernos de anclaje sujetos a corte .....	I8.3a
$\Omega$	Factor de seguridad especificado en los Capítulos B al K.....	B3.4
$\Omega_B$	Factor de seguridad para aplastamiento en hormigón .....	I6.1
$\Omega_b$	Factor de seguridad por flexión.....	F1
$\Omega_c$	Factor de seguridad por compresión .....	B3.7
$\Omega_c$	Factor de seguridad en columnas compuestas cargadas axialmente .....	I2.1b
$\Omega_{sf}$	Factor de seguridad por falla de bloque de corte .....	D5.1
$\Omega_T$	Factor de seguridad por torsión .....	H3.1
$\Omega_t$	Factor de seguridad para pernos de anclaje en tracción.....	I8.3b
$\Omega_t$	Factor de seguridad por tracción .....	D2
$\Omega_v$	Factor de seguridad para corte .....	G1
$\Omega_v$	Factor de seguridad para pernos de anclaje sujetos a corte .....	I8.3a

$\rho_{sr}$	Cuantía mínima de refuerzo longitudinal .....	I2.1a
$\rho_{st}$	El mayor entre $F_{yw}/F_{yst}$ y 1,0 .....	G3.3
$\theta$	Ángulo de carga medido desde el eje longitudinal de soldadura, grados.....	J2.4
$\theta$	Ángulo agudo entre rama y cordón, grados.....	K2.1
$\theta_i$	Ángulo de carga medido a partir del eje longitudinal del i-ésimo elemento de soldadura, grados .....	J2.4
$\tau_b$	Parámetro de reducción de rigidez .....	C2.3

NCh427/1:2016

## Glosario

En este Glosario las palabras en *cursiva* señalan términos aquí definidos. Los caracteres alfanuméricos que siguen a la definición ubican donde aparece el término por primera vez. Cuando es pertinente, se entregan las diversas maneras como se designa en español el término en inglés.

NOTA 1 Los términos identificados con † son términos comunes debidamente acordados entre AISI-AISC.

NOTA 2 Los términos identificados con \* son usualmente calificados por el tipo de *efecto de carga*, por ejemplo, *resistencia nominal a la tracción*, *resistencia disponible a la compresión*, *resistencia de diseño a flexión*.

NOTA 3 Los términos identificados con \*\* califican el elemento o componente, por ejemplo, *pandeo local del alma*, *flexión local del ala*.

*Acción del campo de tracciones.* En un panel de viga armada, el comportamiento bajo fuerzas cortantes, en el cual se desarrollan tensiones de tracción diagonal en el alma y fuerzas de compresión en los atiesadores transversales, de una manera análoga a lo que sucede en un enrejado del tipo Pratt. *Tension field action.*

*Acero estructural.* Elementos de acero definidos en NCh428<sup>1</sup>.

*Acero resistente a la corrosión atmosférica.* Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, que con las precauciones correspondientes, puede ser expuesto al medio ambiente normal (no marino) sin ningún tipo de pintura protectora. *Weathering Steel*.

*Agarre, longitud de apriete.* Espesor del material a través del cual pasa el perno. *Grip (of bolt)*.

*Altura total de la placa colaborante.* Altura de la placa colaborante, medida por debajo del punto más bajo hasta el punto más alto en el tope. *Nominal rib height*.

*Análisis de primer orden.* Análisis estructural en el cual las condiciones de equilibrio se formulan en la geometría inicial de la estructura sin deformar; los efectos de segundo orden son despreciados. *First-order analysis*.

*Análisis elástico.* Análisis estructural basado en la hipótesis de que la estructura recupera su geometría inicial cuando se retira la carga. *Elastic analysis*.

*Análisis estructural †.* Determinación de las solicitudes en los miembros y conexiones utilizando los principios de la mecánica estructural. *Structural analysis*.

*Análisis inelástico.* Análisis estructural que toma en cuenta el comportamiento inelástico del material, incluye el análisis plástico. *Inelastic analysis*.

*Análisis plástico.* Análisis estructural suponiendo un comportamiento rígido-plástico, es decir, que el equilibrio se satisface en toda la estructura y la fluencia no es excedida en ninguna parte de la misma. *Plastic analysis*.

*Ancho efectivo.* El ancho reducido de una plancha o placa suponiendo una distribución uniforme de tensiones que produce la misma respuesta que la sección real sometida a un estado de tensiones no uniforme. *Effective width*.

1 Norma en estudio, ver Anexo 4.

**Ancho plano.** Ancho nominal de un perfil rectangular HSS menos dos veces el radio externo de la esquina. En desconocimiento del radio de la esquina, el ancho plano puede ser tomado como el ancho total de la sección menos tres veces el espesor de la plancha. *Flat width.*

**Ancho promedio del nervio.** El ancho promedio del nervio en una placa colaborante de acero. *Average rib width.*

**Anclaje de acero.** Conector de corte o canal laminado de anclaje soldado a un miembro de acero y embebido en hormigón de un miembro compuesto para transmitir corte, tracción o una combinación de corte y tracción en la interface entre los dos materiales. *Steel anchor.*

**Aplastamiento †.** En una conexión, estado límite en que las fuerzas de corte se transmiten por un conector mecánico a los elementos conectados. *Bearing.*

**Aplastamiento del alma †.** Estado límite de falla local del alma en la vecindad inmediata de una carga concentrada o reacción. *Web crippling.*

**Aplastamiento (fluencia local por compresión) †.** Estado límite de fluencia local por compresión debido a la acción de aplastamiento de un miembro contra otro miembro o superficie. *Bearing (local compressive yielding).*

**Aplastamiento del hormigón.** Estado límite de falla por compresión en el hormigón cuando éste alcanza la deformación última. *Concrete crushing.*

**Área k.** Región del alma que se extiende desde el punto de tangencia del alma y el filete entre el alma y el ala (dimensión AISI k) una distancia de 38 mm dentro del alma más allá de la dimensión k. *k-area.*

**Área neta.** Área total reducida para tomar en cuenta el material retirado. *Net area.*

**Área neta efectiva.** Área neta modificada para tomar en cuenta el efecto del corte diferido. *Effective net area.*

**Arriostramiento.** Miembro o sistema que proporcione rigidez y resistencia para limitar los movimientos fuera del plano de algún otro miembro en un punto de arriostramiento. *Bracing.*

**Arriostramiento torsional.** Arriostramiento que resiste la torsión de una viga o columna. *Torsional bracing.*

**Arriostramiento lateral.** Miembro o sistema que está diseñado para inhibir el pandeo lateral o el pandeo lateral torsional de miembros estructurales. *Lateral bracing.*

**Arriostramiento nodal.** Arriostramiento que previene el movimiento lateral o giro torsional independientemente de otros arriostramientos en los puntos de arriostramiento adyacentes (ver arriostramiento relativo). *Nodal brace.*

**Arriostramiento relativo.** Arriostramiento que controla el movimiento relativo entre dos puntos de arriostramiento adyacentes en la longitud de la viga o columna o referente al desplazamiento relativo de dos entrespisos en un pórtico (ver arriostramiento nodal). *Relative brace.*

**Articulación o rótula plástica.** Zona completamente en fluencia que se forma en un miembro estructural cuando se alcanza el momento plástico. *Plastic hinge.*

NCh427/1:2016

**ASD Diseño por Resistencias Admisibles †.** Método para dimensionar componentes estructurales tal que las resistencias requeridas, calculadas con las combinaciones de cargas ASD no excedan las resistencias admisibles. *ASD Allowable strength design.*

**Aseguramiento de la calidad.** Tareas de monitoreo y de inspección desarrolladas por una agencia o firma distinta a la del fabricante o del instalador para asegurar que el material provisto y el trabajo realizado por el fabricante y el instalador reúna los requerimientos de los documentos constructivos aprobados y de los estándares referidos. El aseguramiento de la calidad incluye aquellas tareas designadas como "inspecciones especiales" por el código de construcción aplicable. *Quality assurance.*

**Atiesador.** Elemento estructural, usualmente una plancha o ángulo, que se fija a un miembro para distribuir cargas, transferir corte o prevenir el pandeo. *Stiffener.*

**Atiesador de Carga.** Atiesador usado en puntos en los cuales actúan cargas concentradas o en los apoyos. Se posiciona ajustado contra una o ambas alas, de una viga de manera que la carga se trasmite por aplastamiento. *Fitted bearing stiffener.*

**Atiesador o rigidizador diagonal.** Atiesador del alma de una columna en la zona panel o panel nodal, orientado diagonalmente entre las alas, a uno o ambos lados del alma. *Diagonal stiffener.*

**Atiesador transversal.** Atiesador del alma orientada perpendicularmente a las alas y adosado al alma. *Transverse stiffener.*

**Autoridad Competente, autoridad cuya jurisdicción corresponda.** Autoridad que según las leyes tiene atribuciones y jurisdicción sobre el control del cumplimiento de Leyes, Normas, Códigos, Reglamentos, Ordenanzas, Especificaciones y otros documentos legales pertinentes a la construcción de obras civiles. *Authority having jurisdiction (AHJ).*

**Balancín.** Apoyo con superficie curva en la cual el miembro que se apoya puede balancearse para adecuarse a las dilataciones. *Expansion rocker.*

**Base de Columna.** Ensamblaje de perfiles estructurales, planchas, conectores, pernos y anclajes en la base de una columna usada para transmitir las fuerzas entre la superestructura de acero y las fundaciones. *Column base.*

**Base de diseño para incendios.** Conjunto de condiciones que definen el desarrollo de un incendio y la extensión de productos combustibles a través del edificio o de una porción de este. *Design-basis fire.*

**Barrera contra incendio.** Elemento de construcción formado de materiales resistentes al fuego y ensayados de acuerdo con estándares aprobados para ensayos de resistencia al fuego, con tal de demostrar conformidad con el código de construcción aplicable. *Fire barrier.*

**Biela o barra de ojo.** Miembros traccionados conectados con pasador. El miembro será de espesor uniforme con extremos o cabezas forjadas o cortadas térmicamente con un ancho mayor que el del cuerpo. Las bielas se dimensionarán de tal manera que la resistencia del cuerpo y las cabezas extremas sean aproximadamente las mismas. *Eyebar.*

**Capacidad de rotación.** Es el incremento de rotación angular que un perfil dado es capaz de resistir ante una carga excesiva. La capacidad de rotación se define como la relación entre la rotación inelástica alcanzada y la rotación idealizada correspondiente a la primera fluencia. *Rotation capacity.*

**Cara de la rama.** La pared del miembro tubular (HSS) de una rama o miembro ramal. *Branch face.*

**Carga †.** Fuerza u otra acción que resulta del peso de los materiales de construcción de la edificación, el peso y la actividad de sus ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales y climáticos, movimientos diferenciales, o restricciones a los cambios dimensionales. *Load*.

**Carga de diseño, acciones de cálculo †.** Carga aplicada determinada de acuerdo con las combinaciones LRFD o ASD, la que sea aplicable. *Design load* †.

**Carga de punzonamiento.** En conexión de Tubos HSS, componente de la fuerza en un miembro de rama perpendicular al cordón. *Punching load*.

**Carga de servicio †.** Carga con la cual se evalúa el estado límite de servicio. *Service load*.

**Carga desigualmente distribuida.** En una conexión tubular HSS, condición en la cual la carga no está distribuida a través de la sección transversal de los elementos conectados de manera que puedan ser rápidamente determinadas. *Uneven load distribution*.

**Carga lateral.** Carga actuando en dirección lateral, tal como los efectos producidos por el viento o el sismo. *Lateral load*.

**Carga mayorada †.** Producto del factor de cargas por la carga nominal. B. *Factored load* †.

**Carga nominal †.** Magnitud de carga especificada en el código de construcción aplicable. *Nominal load* †.

**Cargas ficticias, cargas virtuales.** Carga virtual aplicada en un análisis estructural para tomar en cuenta los efectos desestabilizadores que de otra manera no están incluidos en las disposiciones de diseño. *Notional load*.

**Cargas gravitacionales.** Cargas que actúan hacia abajo, tales como las cargas muertas y las cargas vivas. *Gravity load*.

**Cartela de hormigón.** En un sistema de losa compuesta construido empleando una plancha de acero colaborante, la sección de hormigón sólida que resulta por la interrupción de la losa colaborante a cada lado de la viga. *Concrete haunch*.

**Código de construcción aplicable †.** Código de construcción bajo el la cual se diseña (proyecta) la estructura. *Applicable building code (ABC)*.

**Colector.** Miembro que sirve para transferir cargas entre diafragmas de piso y los miembros del sistema resistente a fuerzas laterales. *Collector*.

**Columna.** Miembro estructural nominalmente vertical cuya principal función es resistir carga axial de compresión. *Column*.

**Columna apoyada o gravitacional.** Columna que solo resiste cargas gravitacionales, y cuyas conexiones no suministran resistencia a las cargas laterales. *Leaning column*.

**Miembro compuesto embebido.** Miembro compuesto consistente de uno o más perfiles de acero embebidos en el hormigón. *Encased composite member*.

**Miembro tubular relleno de hormigón.** Miembro compuesto constituido por un perfil tubular HSS o tubería relleno de hormigón estructural. *Filled composite member*.

NCh427/1:2016

*Combinación de cargas ASD, equivalente a combinación de solicitudes ASD †.* Combinación de cargas establecidas en el código de construcción aplicable para el Método de las Resistencias Admisibles. *ASD Load combination.*

*Combinación de cargas de servicio.* Combinación de carga para evaluar el estado límite de servicio. *Service load combination.*

*Combinaciones de cargas LRFD †.* Combinaciones de las solicitudes previstas en el código de construcción aplicable para el diseño según el método de los factores de carga y resistencia. *LRFD Load combination.*

*Componente estructural †.* Miembro, conector, elementos de conexión o ensamblaje. *Structural component.*

*Componente compuesto.* Miembro, elemento de conexión o ensamblaje en el cual los elementos de acero y de hormigón trabajen como una unidad en la distribución de las fuerzas internas, con la excepción del caso especial de vigas compuestas donde anclajes de acero se encuentren embebidos en una losa sólida de hormigón o en una losa de hormigón vaciado en una plancha de acero colaborante. *Composite component.*

*Concentración de tensiones.* Tensiones localizadas cuya intensidad es mucho mayor que el promedio debido a cambios abruptos en la geometría o cargas localizadas. *Stress concentration.*

*Hormigón de peso liviano.* Hormigón estructural con una densidad de equilibrio de 1840 kg/m<sup>3</sup> o menos según es determinado por ASTM C567. *Lightweight concrete.*

*Construcción restringida.* Ensamblajes de techo y de piso y vigas individuales en edificios donde las estructuras soportantes o cercanas son capaces de resistir sustanciales expansiones térmicas para el rango de temperaturas elevadas anticipadas. *Restrained construction.*

*Conector.* Término genérico para pernos, remaches u otros dispositivos de unión. *Fastener.*

*Conexión †.* Combinación de elementos estructurales y elementos de unión para transmitir fuerzas entre dos o más miembros. *Connection †.*

*Conexión de deslizamiento crítico.* Conexión empernada diseñada para restringir el movimiento mediante fricción en las superficies de contacto de la conexión bajo apriete de los pernos. *Slip-critical connection.*

*Conexión de momento parcialmente restringida.* Conexión capaz de transferir momento con una rotación no despreciable entre los miembros conectados. *Partially restrained moment connection.*

*Conexión de momento totalmente restringida, conexiones de momento completamente restringidas.* Conexión capaz de transferir momento sin rotación apreciable entre los miembros conectados. *Fully restrained moment connection.*

*Conexión de momento.* Conexión que transmite momentos flectores entre los miembros conectados. *Moment connection.*

*Conexión en cruz.* Conexión de miembros tubulares HSS en la cual las fuerzas en los miembros de rama o elementos de conexión transversales al miembro principal están en equilibrio de fuerzas con los otros miembros de la rama o elementos de conexión del lado opuesto del miembro principal. *Cross-connection.*

**Conexión en K.** Conexión de miembros tubulares HSS en la cual las fuerzas en los miembros de una rama o elementos conectados transversalmente al miembro principal están equilibradas principalmente por las fuerzas en los otros miembros de la rama o elementos conectados del mismo lado del miembro principal. *K-connection*.

**Conexión en T.** Conexión de miembros tubulares HSS en la cual el miembro de rama o elemento conectante es perpendicular al miembro principal y en el cual las fuerzas transversales al miembro principal están principalmente equilibradas por corte en el miembro principal. *T-connection*.

**Conexión en Y.** Conexión de miembros tubulares HSS en la cual el miembro de rama o los elementos de conexión no son perpendiculares al miembro principal y en el cual las fuerzas transversales al miembro principal están principalmente equilibradas por corte en el miembro principal. *Y-connection*.

**Conexión simple; conexión de corte.** Conexión que transmite momentos flectores despreciables entre los miembros conectados. *Simple Connection*.

**Conexión tipo aplastamiento.** Conexión apernada en la cual las fuerzas cortantes se transmiten por el aplastamiento de los pernos contra los elementos de conexión. *Bearing-type connection*.

**Conexión traslapada.** Conexión de miembros tubulares HSS en la cual se traslanan los miembros de ramas que se intersectan. *Overlapped connection*.

**Construcción compuesta; o construcción mixta.** Elementos y miembros constituidos por perfiles de acero y hormigón que trabajan como una unidad en la distribución de fuerzas internas. *Composite*.

**Contraflecha.** Curvatura introducida en una viga o viga enrejada en sentido contrario a la flecha producida por las cargas. *Camber*.

**Control de la calidad.** Controles e inspecciones implementados por el fabricante y el instalador para asegurar que los requisitos contractuales y de las empresas de fabricación y de montaje, los materiales provistos y el trabajo desarrollado, reúnan los requerimientos de los documentos constructivos y los estándares referidos. *Quality control*.

**Cordón o miembro principal.** En una conexión de secciones tubulares HSS, el miembro principal que se extiende a través de la conexión de un enrejado o celosía. *Chord member*.

**Corte diferido.** Distribución de tensiones de tracción no uniformes en un miembro o en elementos de conexiones en las cercanías de una conexión. *Shear lag*.

**Corte horizontal.** En una viga compuesta, fuerza en el interfaz de las superficies de acero y hormigón. *Horizontal shear*.

**Corte térmico.** Corte con gas, plasma o láser. *Thermally cut*.

**Corte, destaje o rebaje.** Corte hecho en el ala de un miembro estructural para ajustarlo a la forma del miembro que intersecta. *Cope*.

**Curvatura Inversa.** Ver *doble curvatura*.

**Deriva.** Desplazamiento lateral de una estructura. *Drift*.

**Deslizamiento.** En una conexión apernada, el estado límite referente al movimiento relativo de las partes conectadas previa a que se alcance la resistencia disponible de la conexión. *Slip*.

NCh427/1:2016

*Desplazamiento lateral del alma por pandeo.* Estado límite de pandeo lateral del ala en tracción opuesta a la localización de la fuerza concentrada de compresión. *Web sidesway buckling.*

*Desplazamiento lateral por pandeo.* Estado límite de estabilidad que involucra inestabilidad por desplazamiento lateral del pórtico. *Sidesway buckling.*

*Diafragma †.* Techo, piso u otra membrana o sistema de arriostramiento que transfiere las fuerzas horizontales al sistema de resistencia de fuerzas laterales. *Diaphragm.*

Dimensión nominal. Designación o dimensión teórica, como las que se suministran en las tablas de propiedades de la secciones. *Nominal dimension.*

*Doble curvatura.* Deformada de una viga con una o más puntos de inflexión dentro de la luz. *Double curvature.*

*Documentos de construcción.* Planos de diseño, especificaciones, planos de taller y planos de montaje. *Construction documents.*

*Efecto de longitud.* Consideración de la reducción en resistencia de un miembro basada en su longitud no arriostrada. *Length effects.*

*Efecto de palanca.* Amplificación de las fuerzas de tracción en un perno causado por el efecto de apalancamiento entre el punto de aplicación de la carga, el perno y la reacción de los elementos conectados. *Prying action.*

*Efecto P-δ.* Efecto de las cargas que actúan en la deformada de un miembro entre juntas o nodos. *P-δ Effect.*

*Efecto P-Δ.* Efecto de las cargas que actúan en las juntas o nodos desplazados de una estructura. En las estructuras de edificaciones de múltiples pisos, este efecto de las cargas actúa sobre la posición desplaza lateral de los pisos y techos. *P-Δ Effect.*

*Efectos de las Cargas †.* Fuerzas, tensiones y deformaciones producidas en un componente estructural por las cargas aplicadas. *Load Effect.*

*Efectos de segundo orden.* Efecto de las cargas actuando en la configuración deformada de una estructura, incluye los efectos *P-δ* y *P-Δ*. *Second-order effect.*

*Eje débil.* El eje centroidal principal menor de una sección transversal. *Weak axis.*

*Eje fuerte.* El eje centroidal principal mayor de una sección transversal. *Strong axis.*

*Eje geométrico.* Eje paralelo al alma, ala, o ala de un angular. *Geometric axis.*

*Elemento atiesado.* Elemento plano en compresión cuyos bordes se encuentran restringidos fuera del plano por elementos paralelos a la dirección de carga. *Stiffened element.*

*Elemento no atiesado.* Elemento plano en compresión donde sólo uno de sus bordes paralelos a la dirección de carga se encuentra restringido fuera del plano por elementos paralelos a la dirección de carga. *Unstiffened element.*

*Empalme.* La conexión entre dos elementos estructurales unidos en sus extremos para formar un solo elemento más largo. *Splice.*

**Empozamiento.** Retención de agua debida solamente a la deflexión de un techo plano. *Ponding.*

**Ensayo Charpy de impacto en probeta entallada en V.** Ensayo dinámico estándar para medir la tenacidad de un espécimen. *Charpy v-notch impact test.*

**Ensayos no destructivos.** Procedimiento de inspección sin destrucción ni afectación de la integridad del material o componente. *Non destructive testing.*

**Escama o cascarilla de laminación.** Óxido superficial que cubre al acero que forma en un proceso de laminación en caliente. *Mill scale.*

**Espacio en la conexión.** Conexión en enrejados con tubulares HSS con un espacio o separación en la cara del cordón entre miembros de rama que se intersectan. *Gapped connection.*

**Especificaciones.** Documentos escritos que contienen los requerimientos para materiales, estándares y de calificación de mano de obra. *Specifications.*

**Espesor de diseño de la pared.** En los tubulares HSS, es el espesor de pared supuesto en la determinación de las propiedades de la sección. *Design wall thickness.*

**Estabilidad.** Condición en que la carga de un componente estructural, marco o estructura en la cual una ligera perturbación en las cargas o la geometría no produce grandes desplazamientos. *Stability.*

**Estado límite †.** Condición más allá de la cual una estructura, miembro o componente estructural queda inutilizado para su uso previsto (estado límite de servicio) o ha alcanzado el agotamiento de su capacidad resistente (estado límite resistente). *Limit state.*

**Estado límite de servicio †.** Condición límite que afecta la capacidad de la estructura de preservar su apariencia, mantenimiento, durabilidad, confort de sus ocupantes o funcionamiento de maquinarias bajo condiciones normales de uso. *Servicability limit state.*

**Estado límite Resistente †.** Condición límite en la cual se alcanza la máxima resistencia de una estructura o sus componentes. *Strength limit state.*

**Estáticamente cargado.** No sujeto a tensiones de fatiga significativas. Las cargas gravitacionales, de viento, y sísmicas son consideradas como cargas estáticas. *Statically loaded.*

**Excentricidad en la unión.** Para conexiones en enrejados tubulares (HSS) la distancia perpendicular entre el centro de gravedad del miembro que hace de cordón y la intersección con los puntos de trabajo de los miembros rama. *Joint eccentricity.*

**Extremo libre de rotar.** El extremo de un miembro que no es restringido contra la rotación por atiesadores o elementos de conexión. *Unframed end.*

**Factor de carga †.** Factor que considera las desviaciones de la carga real respecto a la carga nominal, debido a las incertidumbres en el análisis que transforma las cargas en efectos de las cargas, y la probabilidad de que más de una carga extrema ocurra simultáneamente. *Load factor.*

**Factor de longitud efectiva, K.** La relación entre la longitud efectiva y la longitud no arriostrada de un miembro. *Effective length factor.*

NCh427/1:2016

**Factor de modificación de la respuesta sísmica.** Factor de reducción de los efectos cargas sísmicas para obtener las fuerzas sísmicas de diseño para un sistema estructural. *Seismic response modification coefficient.*

**Factor de resistencia  $\phi \dagger$ .** Factor que toma en cuenta las inevitables desviaciones de la resistencia respecto a la resistencia nominal y de la forma del modo de falla y sus consecuencias. *Resistance factor.*

**Factor de seguridad  $\Omega \dagger$ .** Factor que toma en cuenta las desviaciones entre la resistencia real y la resistencia nominal, las desviaciones entre la carga real y la carga nominal, y las incertidumbres del análisis en la transformación de las cargas en efecto de cargas, y de la forma del modo de falla y sus consecuencias. *Safety factor.*

**Falla por distorsión.** Estado límite en las conexiones de enrejados tubulares HSS que consiste en la distorsión de la sección transversal rectangular a sección romboidal del miembro que hace de cordón. *Distortional failure.*

**Fatiga  $\dagger$ .** Estado límite de inicio y crecimiento de fisuras y grietas resultantes de la aplicación repetida de cargas vivas. *Fatigue.*

**Flexión local \*\* $\dagger$ .** Estado límite para grandes deformaciones de un ala solicitada por una carga concentrada transversal. *Local bending.*

**Fluencia  $\dagger$ .** Estado límite de deformación inelástica que ocurre cuando se ha alcanzado la tensión de fluencia. *Yielding.*

**Fluencia (momento de fluencia)  $\dagger$ .** Momento de flexión para el cual la fibra extrema de la sección alcanza el momento de fluencia. *Yielding (yield moment).*

**Fluencia (momento plástico)  $\dagger$ .** Fluencia a través de la sección transversal de un miembro cuando el momento flector alcanza el momento plástico. *Yielding (plastic moment).*

**Fluencia local \*\* $\dagger$ .** Fluencia que ocurre en un área local de un elemento. *Local yielding.*

**Fluencia por corte (punzonado).** En una conexión tubular HSS, el estado límite basado en la resistencia al corte fuera del plano de la pared del cordón a la cual están conectados los miembros rama. *Shear yielding (punching).*

**Flujo de calor.** Energía radiante por unidad de superficie. *Heat flux.*

**Fuerza.** Resultante de la distribución de tensiones sobre un área predeterminada. *Force.*

**Fuerza concentrada.** Fuerza de tracción o de compresión aplicada perpendicularmente al ala de un miembro. *Single-concentrated force.*

**Gamil.** Espaciamiento transversal, medido centro a centro de conectores. *Gage.*

**Fuego.** Quema destructiva, que se manifiesta por una o más de las características a continuación: luz, llamas, calor o humo. *Fire.*

**Inestabilidad  $\dagger$ .** Estado límite que se alcanza al cargar un componente estructural, un marco o una estructura, en el cual, una ligera perturbación en las cargas o la geometría produce grandes desplazamientos. *Instability.*

*Inestabilidad en el plano †.* Estado límite que involucra pandeo en el plano del marco o del miembro.  
*In-plane instability.*

*Ingeniero inspector.* En la práctica norteamericana es el profesional debidamente autorizado para aprobar los planos de diseño y las especificaciones. *Engineering of record.*

*Inspector de aseguramiento de la calidad.* Individuo designado para proporcionar una inspección para el aseguramiento de la calidad para el trabajo a ser desarrollado. *Quality assurance inspector (QAI).*

*Inspector de control de la calidad.* Individuo designado para proporcionar una inspección para el control de la calidad para el trabajo a ser desarrollado. *Quality control inspector (QCI).*

*Interacción directa de adherencia.* En una sección compuesta, mecanismo de transferencia de fuerzas entre el acero y el hormigón por la acción de las tensiones de adherencia. *Direct bond interaction.*

*Unión con pernos pretensionados.* Junta con pernos de alta resistencia apretados a la mínima carga de pretensión especificada. *Pretensioned joint.*

*Unión con soldadura de penetración parcial.* Soldadura en la cual la penetración es intencionalmente menor que el espesor completo del elemento conectado. *Partial-joint-penetration groove weld (PJP).*

*Unión en condición de apriete ajustado.* Unión cuyas partes están asentadas y en firme contacto, tal como se especifica en capítulo J. *Snug-tightened joint.*

*Unión de traslapada.* Unión de dos elementos de conexión traslapados en planos paralelos. *Lap joint.*

*Placa Colaborante.* En construcción compuesta, lámina de acero estructural acanalada formada en frío, usada como moldaje permanente del hormigón. *Formed steel deck.*

*Lámina de acero.* En un sistema de piso compuesto, el acero utilizado para cerrar las terminaciones de borde en una plancha metálico colaborante. *Sheet steel.*

*Desarrollo adecuado.* Barras de acero de refuerzo detalladas para fluir de una manera dúctil antes de que ocurra la falla del hormigón. Las barras de refuerzo que cumplan las disposiciones de NCh430 en relación a espaciamiento, y recubrimiento se consideran adecuadamente desarrolladas. *Properly developed.*

*Longitud de transferencia.* Para una columna compuesta embebida, longitud a lo largo de la cual se asume que las fuerzas de la columna se transfieren hacia o desde la sección de acero. *Introduction length.*

*Longitud efectiva.* Longitud de columna con la misma resistencia cuando se analiza con sus apoyos extremos rotulados. *Effective length.*

*Longitud no arriostrada.* Distancia entre puntos arriostrados de un miembro, medida entre los centros de gravedad de los miembros de arriostramiento. *Unbraced length.*

*LRFD (acrónimo de Load and Resistance Factor Design) †.* Método de dimensionamiento de componentes estructurales tal que la resistencia de diseño iguale o exceda las resistencias requeridas del componente bajo la acción de combinaciones LRFD para cargas. *Método LRFD.*

NCh427/1:2016

**Marco o pórtico arriostrado †.** Sistema esencialmente vertical de marco o pórtico con elementos en diagonal como arriostramientos dispuestos para resistir fuerzas laterales y suministrar estabilidad al sistema estructural. *Braced frame †.*

**Marco o pórtico resistente a momento †.** Sistema aporticado que suministra resistencia a fuerzas laterales y proporciona estabilidad al sistema estructural, principalmente por la resistencia al corte y a la flexión de sus miembros y conexiones. *Moment frame.*

**Mecanismo.** Sistema estructural que incluye un número suficiente de articulaciones reales, plásticas o ambas, con el fin de ser capaces de articular en uno o más modos de cuerpo rígido. *Mechanism.*

**Mediacaña.** Ranura o cavidad con superficie relativamente lisa resultante de una deformación plástica o de la remoción de material. *Gouge.*

**Metal de aporte.** Metal o aleación añadido al efectuar una unión soldada. *Filler metal.*

**Metal soldado.** Aquella porción de una soldadura por fusión que se ha fundido durante el proceso de soldadura. El metal soldado está constituido por metal de aporte y el metal base fundidos en el ciclo térmico de la soldadura. *Weld metal.*

**Método de distribución de las tensiones plásticas.** En un elemento compuesto, el Método para la determinación de las tensiones suponiendo que la sección transversal de acero y hormigón están completamente plásticos. *Plastic stress distribution method.*

**Método de la compatibilidad de deformaciones.** En un elemento compuesto, el método para determinar las tensiones considerando la relación tensión - deformación de cada material y su ubicación con respecto al eje neutro de la sección transversal. *Strain compatibility method.*

**Método del giro de la tuerca.** Procedimiento mediante el cual la pretensión especificada para los pernos de alta resistencia es controlada mediante la rotación de la llave una determinada cantidad después que las tuercas se han llevado a la condición de apriete ajustado. *Turn-of-nut method.*

**Método directo de análisis.** Método de diseño para estabilidad que considera los efectos de las tensiones residuales y el desapilome inicial de marcos reduciendo la rigidez y aplicando cargas virtuales o teóricas en un análisis de segundo orden. *Direct analysis method.*

**Miembro compuesto embebido.** Miembro compuesto formado por un miembro estructural de hormigón y uno o más perfiles de acero embebidos. *Encased composite member.*

**Miembro principal.** En conexiones tubulares HSS, el miembro que hace de cordón, columna u otro miembro HSS al cual se fijan los miembros de una rama u otros elementos de conexión. *Main member.*

**Miembros de rama.** En conexiones de tubulares (HSS), miembro que terminan en el miembro dispuesto como cordón o miembro principal. *Branch member.*

**Miembros estructurales formados o conformados en frío †.** Perfil fabricado a temperatura ambiente mediante plegadoras o dobladoras de láminas cortadas de bobinas o planchas laminadas en caliente o en frío, o por el paso de bobinas o de láminas cortadas a través de perfiladoras o rodillos conformadores. *Cold-formed steel structural member.*

**Perfil compuesto, sección transversal, sección, perfil.** Miembro, sección transversal, sección o perfil fabricado que resulta de la unión soldada o apernada de elementos estructurales de manera que trabajen en conjunto. *Built-up member, cross-section, section, shape.*

**Módulo de sección efectivo.** Módulo de sección reducido para tomar en cuenta el pandeo de los elementos esbeltos en compresión. *Effective section modulus.*

**Fluencia (momento de fluencia) †.** Fluencia de la fibra extrema de la sección de un miembro cuando el momento de flexión alcanza el momento de primera. *Yield (yield moment).*

**Momento plástico.** Momento resistente teórico de una sección que ha fluido completamente. *Plastic moment.*

**Muro de corte †.** Muro estructural que suministra resistencia lateral en su plano y estabilidad al sistema estructural. *Shear wall.*

**Pandeo †.** Estado límite de cambio repentino en la geometría de una estructura o de cualquiera de sus componentes en condición de carga crítica. *Buckling.*

**Pandeo flexotorsional †.** Modo de pandeo en el que un miembro comprimido simultáneamente se deflecta y tuerce sin cambiar la forma de su sección transversal. *Flexural -torsional buckling.*

**Pandeo fuera del plano †.** Estado límite de una viga, columna o viga - columna que involucra pandeo lateral o pandeo lateral-torsional. *Out-of-plane buckling.*

**Pandeo lateral torsional †.** Modo de pandeo de un miembro en flexión que involucra deflexión fuera del plano o flexión que ocurre simultáneamente con un giro alrededor del centro de corte de la sección transversal. *Lateral-torsional buckling.*

**Pandeo local \*\*.** Estado límite de pandeo de un elemento en compresión de la sección transversal. *Local buckling.*

**Pandeo por corte †.** Modo de pandeo en el cual un elemento tipo plancha, como el alma de una viga, se deforma en su plano cuando se aplica un corte puro. *Shear buckling.*

**Pandeo por flexión †.** Modo de pandeo en el cual un miembro en compresión se deflecta lateralmente sin torcerse, girar ni cambiar la forma de su sección transversal. *Flexural buckling.*

**Pandeo torsional †.** Modo de pandeo en el cual un miembro comprimido gira alrededor de su eje del centro de corte. *Torsional buckling.*

**Panel final o extremo.** Panel del alma con un panel adyacente de un solo lado. *End panel.*

**Par de fuerzas concentradas.** Dos fuerzas iguales y opuestas que solicitan una misma ala. *Double-concentrate forces.*

**Paso.** Separación longitudinal medida centro a centro entre conectores. Separación entre centros de hilos de pernos, medida paralela al eje. *Pitch.*

**Perno de alta resistencia.** Conector conforme con ASTM A325, A325M, A490, A490M, F1852, F2280 o un conector alternativo según se permite en la Sección J3.1. *High-strength bolt.*

**Plancha de amarre.** Plancha mediante la cual se unen dos componentes paralelos para formar un miembro compuesto, columna, viga o puntal rígidamente conectado a los componentes paralelos y diseñado para transmitir corte entre ellos. *Tie plate.*

NCh427/1:2016

**Plan de aseguramiento de la calidad (QAP).** Programa en el cual la agencia o firma responsable para el aseguramiento de la calidad mantiene un detallados procedimientos de monitoreo y de inspección para asegurar conformidad con los documentos de construcción aprobados y otros estándares referidos. *Quality assurance plan.*

**Plancha de cubierta; platabanda.** Plancha que se aperna o suelda al ala de un miembro para incrementar el área de la sección transversal, módulo de sección o momento de inercia. *Cover plate.*

**Plancha gusset.** Plancha que se coloca en las conexiones de los enrejados, puentes o arriostramientos para unir sus miembros a una viga o columna. *Gusset plate.*

**Plancha diafragma.** Plancha con rigidez y resistencia en el plano de corte usada para transferir las fuerzas a los elementos soportantes. *Diaphragm plate.*

**Plancha o pletina de relleno.** Plancha que usa para complementar el espesor de un componente. *Filler.*

**Plancha adosada.** Plancha agregada y paralela a una viga o columna para incrementar su resistencia en los puntos de aplicación de fuerzas concentradas. *Doubler.*

**Planchas o pletinas de ajuste.** Placas utilizadas para llenar un espacio entre dos superficies de unión o de aplastamiento. *Shim.*

**Planos de diseño.** Documentos gráficos que muestren el diseño, ubicación, y dimensiones del trabajo. Estos documentos generalmente incluyen plantas, elevaciones, secciones, detalles, planificación, diagramas y notas. *Design drawings.*

**Plastificación.** En una conexión tubular HSS, el estado límite basado en la flexión fuera del plano del mecanismo de las líneas de fluencia por flexión en el cordón en la conexión de miembros de rama. *Plastification.*

**Porcentaje de alargamiento.** Medida de ductilidad determinada mediante ensayos a tracción, como la razón entre la máxima elongación de la longitud calibrada dividida por la longitud inicial expresada como un porcentaje. *Percent elongation.*

**Presilla o, placas de refuerzo.** Plancha diseñada para transmitir corte entre dos componentes paralelos de una columna o viga armada, a los cuales se conecta rígidamente. *Batten plate.*

**Programa de control de la calidad (QCP).** Programa en el cual el fabricante o el instalador, según corresponda, mantienen detallados procedimientos de fabricación, montaje e inspección para asegurar concordancia con los planos de diseño, especificaciones y otros estándares referidos. *Quality control plan.*

**Programa de aseguramiento de la calidad.** Programa en el cual una agencia o la empresa responsable del aseguramiento de la calidad, mantienen detallados procedimientos de monitoreo e inspección para asegurar concordancia con los documentos de construcción aprobados y otros estándares referidos. *Quality assurance plan.*

**Protección activa contra el fuego.** Materiales de construcción y sistemas que son activados por un incendio para mitigar los efectos adversos o para notificar a las personas de tomar acciones para mitigar los efectos adversos de un incendio. *Active fire protection.*

**Punto de fluencia †.** Primera tensión en un material en el cual ocurre un incremento de las deformaciones sin un incremento en las tensiones como lo define ASTM. *Yield point.*

**Raíz de la junta o unión.** Porción de una junta a ser soldada donde los miembros están muy cerca uno de otros. *Root of joint.*

**Raíz de la soldadura.** Ver raíz de la junta o unión. *Weld root.*

**Re-entrant.** En un corte o agujero de acceso a la soldadura, un corte en el cambio abrupto en la dirección en la cual la superficie expuesta es cóncava. *Reentrant.*

**Refuerzo transversal, acero de refuerzo transversal.** Acero de refuerzo en forma de estribos cerrados o alambre electro soldado que proporciona confinamiento al hormigón que rodea al perfil de acero que constituye el núcleo de una columna compuesta embebida. *Transverse reinforcement.*

**Refuerzo de soldadura de filete.** Soldadura de filete añadida a la soldadura de ranura. *Fillet weld reinforcement.*

**Amarra diagonal.** Plancha, ángulo u otro perfil de acero, dispuestos en una configuración triangulada que se utiliza para unir y mantener juntos dos perfiles de aceros. *Lacing.*

**Relleno en viga.** En un sistema de piso compuesto construido usando una lámina de acero colaborante, corresponde a una pieza estrecha fabricada de una lámina de acero que se usa como relleno entre los bordes de la lámina colaborante de acero y el ala de una viga. *Girder filler.*

**Resistencia a flexión negativa.** Resistencia a flexión de una viga compuesta en regiones traccionadas en la zona superior debido a la flexión. *Negative flexural strength.*

**Resistencia a flexión positiva.** Resistencia a flexión de una viga compuesta en regiones comprimidas en la zona superior debido a la flexión. *Positive flexural strength.*

**Resistencia a la tracción (del material) †.** Tensión máxima a la tracción que un material es capaz de resistir según lo define la ASTM. *Tensile strength (of material).*

**Resistencia a la tracción (del miembro).** Máxima fuerza de tracción que un miembro es capaz de resistir. *Tensile Strength (of member).*

**Resistencia a la tracción mínima especificada.** Límite inferior de la resistencia a tracción especificada para un material según lo define la ASTM. *Specified minimum tensile strength.*

**Resistencia admisible \*†.** Resistencia nominal dividida por el factor de seguridad;  $R_n/\Omega$ . *Allowable strength.*

**Resistencia al fuego.** Propiedad de ensamblajes que previene o retarda el paso de excesivo calor, de gases calientes o de llamas bajo condiciones de uso y les permite continuar desempeñando una función estipulada. *Fire resistance.*

**Resistencia al pandeo.** Resistencia para estados límites de inestabilidad. *Buckling strength.*

**Resistencia de diseño \*†.** Resistencia nominal multiplicada por el correspondiente factor de resistencia,  $\phi R_n$ . *Design strength.*

**Resistencia de fluencia †.** Tensión a la cual un material exhibe una desviación limitante especificada de la proporcionalidad entre tensiones y deformaciones, como lo define ASTM. *Yield strength.*

NCh427/1:2016

*Resistencia de rotura †.* Resistencia limitada por el rompimiento o desgarre de los miembros o de los elementos de conexión. *Rupture strength.*

*Resistencia disponible \*†.* Resistencia de diseño o resistencia admisible, según corresponda. *Available strength \*†.*

*Resistencia nominal \*†.* Resistencia de una estructura o componente (sin la aplicación del factor de resistencia o el factor de seguridad) para soportar efectos de carga, determinada de acuerdo con esta Especificación. *Nominal strength.*

*Resistencia requerida \*†.* Fuerzas, tensiones y deformaciones que actúan en un componente estructural, determinadas ya sea por un análisis estructural para las combinaciones de cargas del método ASD o LRFD, según corresponda, o como se estipule en esta Especificación o Estándar. *Required strength.*

*Revestimiento.* Envoltorio de una estructura. *Cladding.*

*Rigidez.* Resistencia a la deformación de un miembro o estructura, medida como la razón entre la fuerza aplicada (o momento) y el correspondiente desplazamiento (o rotación). *Stiffness.*

*Rigidez distorsional.* Rigidez del alma a la flexión fuera del plano. *Distortional stiffness.*

*Rodillo de dilatación.* Barra redonda de acero sobre la cual un miembro se apoya y que puede rodar para acomodar dilataciones. *Expansion roller.*

*Rotura por bloque de corte †.* En una conexión, estado límite de rotura por tracción en una línea y fluencia o rotura por corte en otra línea. *Block shear rupture.*

*Rotura por corte y tracción †.* En un perno u otro tipo de conector mecánico, estado límite de rotura debido a fuerzas de tracción y corte simultáneas. *Tension and shear rupture.*

*Sección compacta.* Sección transversal capaz de desarrollar una distribución de tensiones completamente plástica y que posee una capacidad de rotación de aproximadamente tres veces antes de experimentar pandeo local. *Compact section.*

*Sección con elementos esbeltos.* Sección transversal que posee elementos de placa con suficiente esbeltez como para que ocurra pandeo local en el rango elástico. *Slender-element section.*

*Sección no compacta.* Sección que puede desarrollar la tensión de fluencia en sus elementos en compresión antes de que ocurra el pandeo local, pero que no puede desarrollar una capacidad de rotación de tres. *Noncompact section.*

*Sección plegada.* Ver miembro estructural conformado en frío. *Formed section.*

*Sectorización.* Cerramiento de un espacio de un edificio con elementos que tengan una resistencia específica al fuego. *Compartmentation.*

*Sistema estructural.* Ensamblaje de componentes que transfieren cargas y que están unidos para proveer interacción o interdependencia. *Structural system.*

*Sistema resistente a fuerzas laterales.* Sistema estructural diseñado para resistir cargas laterales y proveer estabilidad a la estructura como un todo. *Lateral force resisting system.*

**Soldadura de filete.** Soldadura de sección transversal generalmente triangular realizada entre las superficies de elementos que se intersectan. *Fillet weld.*

**Soldadura de surco.** Soldadura realizada en un surco entre elementos de conexión. Ver también AWS D1.1/D1.1 M. *Groove weld.*

**Soldadura de ranura.** Soldadura realizada en un agujero alargado fundiendo un elemento a otro. *Slot weld.*

**Soldadura de surco abocinada o acampanada.** Soldadura en un surco uniformado por un miembro con superficie curva en contacto con un miembro plano. *Flare bevel groove weld.*

**Soldadura de surco en V.** Soldadura en un surco formado por dos miembros con superficies curvas. *Flare V-groove weld.*

**Soldadura de surco de penetración completa.** *Soldadura de surco* en la cual el metal de aporte se extiende a través del espesor de la unión, excepto como se permite en las *conexiones tubulares HSS. Complete-joint - penetration groove weld (CJP).*

**Soldadura de remate.** Longitud de la soldadura de filete que continúa alrededor de una esquina en el mismo plano. *End return.*

**Soldadura de tapón.** Soldadura realizada en el agujero circular de un elemento de una unión fusionando este elemento a otro. *Plug weld.*

**Subestructura.** Subconjunto o porción de un sistema estructural.

**Superficie de acabado.** Superficies fabricadas con un valor para la altura de la rugosidad medido de acuerdo con ANSI/ASME B46.1 igual o menor que 500. *Finished surface.*

**Superficie de contacto o de unión.** Superficie de contacto de los elementos de conexión que transmiten una fuerza cortante. *Faying surface.*

**Superficie de desgarre del hormigón.** Es la superficie que delimita un volumen de hormigón alrededor de un anclaje de acero con cabeza en su extremo que separa a éste del resto del hormigón. *Concrete breakout surface.*

**Tasa de liberación de calor.** Tasa a la cual la energía térmica es generada por un material quemándose. *Heat release rate.*

**Temperaturas elevadas.** Condiciones de calor experimentadas por los elementos de los edificios o estructuras como resultado de un incendio en el que se exceden las condiciones ambientales supuestas. *Elevated temperatures.*

**Tenacidad al entalle.** Energía absorbida medida a una temperatura especificada en el ensayo Charpy de entalladura en V. *Notch toughness.*

**Tensión o esfuerzo admisible \*.** Resistencia admisible dividida por la propiedad de la sección que corresponda, por ejemplo el módulo de sección o el área de la sección transversal. *Allowable stress.*

**Tensión de fluencia †.** Término genérico que denota punto de fluencia o tensión de fluencia, como sea apropiado para el material. *Yield stress.*

NCh427/1:2016

**Tensión de fluencia mínima especificada †.** Límite inferior de las tensiones de fluencia especificadas para un material tal como lo define la ASTM. *Specified minimum yield stress.*

**Tensión o esfuerzo disponible.** Tensión de diseño o tensión admisible, según sea apropiado. *Available stress\*.*

**Tensión, esfuerzo.** Fuerza por unidad de área causada por fuerza axial, momento, corte o torsión. *Stress.*

**Pie del filete.** Punto de unión de la cara del filete de soldadura y el metal base. Punto tangente del filete de una sección laminada. *Toe of fillet.*

**Tubería.** Ver HSS. *Tubing.*

**Tubo.** Ver HSS. *Pipe.*

**Tubos, secciones tubulares.** Sección cuadrada, rectangular o redonda hueca de acero estructural producida según las especificaciones para tubos o productos de tuberías. *HSS.*

**Unión †.** Área donde se unen dos o más extremos, superficies o bordes. Se clasifican por el tipo de conector o soldadura utilizada y el método de transferencia de fuerza. *Joint.*

**Viga.** Miembro estructural nominalmente horizontal cuya función principal es resistir momentos flectores. *Beam.*

**Viga fabricada o armada.** *Plate girder.*

**Viga-columna.** Miembro estructural cuya función principal es resistir tanto fuerza axial como momento flector. *Beam- column.*

**Viga compuesta.** Viga estructural de acero en contacto con y actuando conjuntamente a una losa de hormigón armado. *Composite beam.*

**Zona del panel.** Es la parte del área del alma de una unión viga - columna constituida por la extensión de las alas de la viga y columna a través de la conexión, transmitiendo momento a través del panel de corte. *Panel zone.*

**Ingeniero responsable.** Profesional competente habilitado para ejercer en Chile sobre el cual recae la responsabilidad legal del diseño.

## Capítulo A: Disposiciones generales

Este capítulo establece el alcance de la norma, resume las especificaciones a las cuales se hace referencia, códigos y estándares de diseño, y entrega los requisitos para los materiales y documentos relacionados con el diseño estructural.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

### A.1 Alcance

### A.2 Referencias: Especificaciones, códigos y estándares de diseño

### A.3 Materiales

### A.4 Planos de diseño de estructuras y especificaciones

## A.1 Alcance

Esta norma se aplica al diseño de sistemas estructurales de acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas de hormigón armado-acero estructural, en los cuales los componentes de acero se definen en NCh428<sup>2</sup>.

Esta norma incluye la Simbología, el Glosario, los Capítulos A al N, y Anexos 1 al 8. Adicionalmente se agregan comentarios y Notas.

Esta norma establece criterios para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras, donde las otras estructuras se definen como aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de manera similar al de edificios, indicando de esta manera que sus elementos resistentes a cargas verticales y laterales son similares a los sistemas resistentes de los edificios.

En caso de que esta norma haga referencia al código de construcción aplicable, y dicho código no existiera, las cargas, combinaciones de carga, limitaciones estructurales, y requerimientos de diseño en general serán los establecidos en ASCE/SEI 7. Para todo efecto, se debe entender que el código de edificación aplicable (applicable building code) corresponde a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y a las Normas Chilenas vigentes.

Cuando dichas condiciones no son cubiertas por esta norma, se permite que el diseño se realice basado en ensayos o análisis, con la condición que sean aprobados por la Autoridad Competente. Se permite el uso de métodos alternativos de análisis y diseño, en la medida que tales métodos sean aceptados por la Autoridad Competente.

**NOTA** Para el diseño de miembros estructurales conformados en frío con espesores inferiores a 25 mm (a excepción de secciones tubulares HSS), se recomienda aplicar las disposiciones de NCh427/2<sup>2</sup>.

### 1. Aplicaciones sismorresistentes

En las materias relacionadas con el diseño sismorresistente de edificios o estructuras que estén dentro del alcance de NCh433, NCh2369, NCh2745, y/o NCh3411 las disposiciones de esta norma se deben complementar con las disposiciones de dichas normas. En todos los casos, los requisitos definidos en las normas citadas deben prevalecer por sobre lo establecido en la presente norma.

<sup>2</sup> Norma en estudio, ver Anexo 4.

NCh427/1:2016

## 2. Aplicaciones nucleares

El diseño, fabricación y montaje de estructuras nucleares debe satisfacer, además de las disposiciones de esta norma, los requisitos de la Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities (ANSI-AISC N690).

### A.2 Referencias: Normas, Códigos y Estándares de diseño

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh433, *Diseño sísmico de edificios*.

NCh2369, *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*.

NCh2745, *Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica*.

NCh3411, *Análisis y diseño de edificios con sistemas pasivos de disipación de energía*.

NCh3171, *Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas*.

NCh430, *Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo*.

ACI 318-08, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*.

ACI 318M-08, *Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*.

ACI 349-06, *Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary*.

AISC 303-10, *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*.

ANSI/AISC 341-10, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*.

ANSI/AISC N690-06, *Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities*.

ASCE/SEI 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.

ASCE/SEI/SFPE 29-05, *Standard Calculation Methods for Structural Fire Protection*.

ASME B 18.2.6-06, *Fasteners for Use in Structural Applications*.

ASME B 46.1-02, *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness, and Lay*.

ANSI/ASNT CP-189-2006, *Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*.

Recommended Practice N° SNT-TC-1A-2006, *Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing*.

A6/A6M-09, *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling*.

A36/A36M-08, Standard Specification for Carbon Structural Steel.

A53/A53M-07, Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc Coated, Welded and Seamless.

A193/A193M-08b, Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications.

A194/A194M-09, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both.

A216/A216M-08, Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High Temperature Service.

A242/A242M-04 (2009), Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel.

A283/A283M-03(2007), Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates.

A307-07b, Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength.

A325-09, Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength.

A325M-09, Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength (Metric).

A354-07a, Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners.

A370-09, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.

A449-07b, Standard Specification for Hex Cap Screws, Bolts and Studs, Steel, Heat Treated, 120/105/90 ksi Minimum Tensile Strength, General Use.

A490-08b, Standard Specification for Heat-Treated Steel Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength.

A490M-08, Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints (Metric).

A500/A500M-07, Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.

A501-07, Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing.

A502-03, Standard Specification for Steel Structural Rivets, Steel, Structural.

A514/A514M-05, Standard Specification for High-Yield Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding.

A529/A529M-05, Standard Specification for High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality.

NCh427/1:2016

A563-07a, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts.

A563M-07, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric].

A568/A568M-09, Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for.

A572/A572M-07, Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel.

A588/A588M-05, Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance.

A606/A606M-09, Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance.

A618/A618M-04, Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing.

A668/A668M-04, Standard Specification for Steel forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use.

A673/A673M-04, Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel.

A709/A709M-09, Standard Specification for Structural Steel for Bridges.

A751-08, Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products.

A847/A847M-05, Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless High-Strength, Low-Alloy Structural Tubing with Improved Atmospheric Corrosion Resistance.

A852/A852M-03(2007), Standard Specification for Quenched and Tempered Low-Alloy Structural Steel Plate with 70 ksi [485 MPa] Minimum Yield Strength to 4 in. [100 mm] Thick.

A913/A913M-07, Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by Quenching and Self-Tempering Process (QST).

A992/A992M-06a, Standard Specification for Structural Steel Shapes.

A1011/A1011M-09a, Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength.

A1043/A1043M-05, Standard Specification for Structural Steel with Low Yield to Tensile Ratio for Use in Buildings.

C567-05a, Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete.

E119-08a, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials.

E165-02, Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination.

E709-08, Standard Guide for Magnetic Particle Examination.

F436-09, Standard Specification for Hardened Steel Washers.

F436M-09, Standard Specification for Hardened Steel Washers (Metric).

F606-07, Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, Direct Tension Indicators, and Rivets.

F606M-07, Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, and Rivets (Metric).

F844-07a, Standard Specification for Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use.

F959-09, Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners.

F959M-07, Standard Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners (Metric).

F1554-07a, Standard Specification for Anchor Bolts, Steel, 36, 55, and 105 ksi Yield Strength.

F1852-08, Standard Specification for "Twist-Off" Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength.

F2280-08, Standard Specification for "Twist Off" Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength.

AWS A5.1/A5.1M-2004, Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.

AWS A5.5/A5.5M-2004, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.

AWS A5.17/A5.17M-1997 (R2007) , Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding.

AWS A5.18/A5.18M-2005, Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding.

AWS A5.20/A5.20M-2005, Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding.

AWS A5.32/A5.32M-1997 (R2007), Specification for Welding Shielding Gases.

AWS B5.1-2003, Specification for the AWS A5.23/A5.23M-2007.

AWS A5.25/A5.25M-1997 (R2009) , Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding.

AWS A5.26/A5.26M-1997 (R2009), Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding.

AWS A5.28/A5.28M-2005, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding.

AWS A5.29/A5.29M-2005, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding.

*Qualification of Welding Inspectors.*

AWS D1.1/D1.1M-2010, Structural Welding Code-Steel.

NCh427/1:2016

AWS D1.3 -2008, *Structural Welding Code-Sheet Steel.*

*Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts, 2009.*

NOTA Al momento de la publicación de esta norma, NCh430 ha sido reemplazada por DS60. Dicho decreto permite el uso directo de la versión en español de ACI318-08 e incorpora las correcciones que deben considerarse para tal uso dentro del territorio nacional.

## A.3 Materiales para acero estructural

### 1. Material

El ingeniero responsable del proyecto debe definir el laboratorio de ensayos nacional, certificado por la Autoridad Competente, que debe sancionar si los materiales de procedencia extranjera están en conformidad con los estándares de la norma NCh o ASTM, especificados en la lista de la Sección A3.1a. En su efecto, bajo el atributo de responsabilidad que le compete al Ingeniero Responsable, podrá definir si los informes de ensayos de materiales realizados por un laboratorio de ensayos extranjero, pueden ser considerados evidencia suficiente de conformidad con los estándares antes mencionados. En el caso de perfiles laminados en caliente, planchas y barras, los ensayos deben realizarse de acuerdo con lo especificado en la norma ASTM A6/A6M o en las normas NCh200 y NCh926, según corresponda; para láminas, los ensayos deben realizarse de acuerdo con lo especificado en la norma A568/A568M; para tubos y cañerías, los ensayos se deben realizar de acuerdo con el estándar ASTM de la lista anterior que sea aplicable.

NOTA De acuerdo a la experiencia nacional en el uso de materiales de procedencia extranjera, se ha constatado que han existido falencias en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de las normas de materiales citadas en este acápite.

Se pueden utilizar materiales que cumplan otras especificaciones equivalentes a la de esta norma, siempre que sean aprobadas por el Ingeniero responsable.

NOTA En el caso de estructuras sometidas a solicitudes sísmicas, se deben tener presentes los materiales permitidos en NCh433 y NCh2369.

#### 1a Designaciones ASTM

Productos de acero en conformidad con alguna de las siguientes normas ASTM son aceptables para ser usados con esta norma.

##### 1) Perfiles estructurales laminados en caliente

ASTM A36/A36M

ASTM A529/A529M

ASTM A572/A572M

ASTM A588/A588M

ASTM A709/A709M

ASTM A913/A913M

ASTM A992/A992M

ASTM A1043/A1043M

2) Tubos Estructurales

ASTM A500

ASTM A501

ASTM A618/A618M

ASTM A847/A847M

3) Cañerías

ASTM A53/A53M, Gr. B

4) Tubos Estructurales

ASTM A500

ASTM A501

ASTM A618/A618M

ASTM A847/A847M

5) Planchas

ASTM A36/A36M

ASTM A242/A242M

ASTM A283/A283M

ASTM A514/A514M

ASTM A529/A529M

ASTM A572/A572M

ASTM A588/A588M

ASTM A709/A709M

ASTM A852/A852M

ASTM A1011/A1011M

ASTM A1043/A1043M

NCh427/1:2016

6) Barras

ASTM A36/A36M

ASTM A529/A529M

ASTM A572/A572M

ASTM A709/A709M

7) Laminas

ASTM A606/A606M

ASTM A1011/A1011M SS, HSLAS, AND HSLAS-F

**1b Acero no identificado**

El acero no identificado, libre de defectos nocivos, puede ser usado solo para miembros o detalles cuya falla no reduzca la resistencia de la estructura, ya sea local o globalmente, ni alterar las condiciones de servicio. Dicho uso debe estar sujeto a la aprobación del ingeniero responsable.

NOTA El acero no identificado puede ser empleado en detalles donde no es de importancia precisar las propiedades físicas y de soldabilidad. Por lo común corresponden a piezas de borde, láminas de nivelación y otras similares.

**1c Perfiles laminados pesados**

Los perfiles laminados en caliente de acero calidad ASTM A6/A6M, con espesores de ala mayores de 50 mm son considerados perfiles laminados pesados. Los perfiles laminados pesados usados como miembros sujetos a fuerzas primarias (calculadas) de tracción, debido a solicitudes de tracción o flexión, empalmados o conectados mediante soldadura de tope de penetración completa, fundida a través del ala, o del ala y el alma, deben ser especificados como se explica a continuación. Los documentos de diseño estructural requerirán que tales perfiles sean entregados previamente ensayados al impacto mediante el ensayo de muesca en V de Charpy (Charpy V-notch, CVN), de acuerdo con el estándar ASTM A6/A6M, Supplementary Requirements S30, Charpy V Notch Impact Tests for Structural Shapes - Alternate Core Location. El ensayo de impacto debe satisfacer un promedio mínimo de 27 Joules de energía absorbida a una temperatura máxima de 21°C.

Los requisitos anteriores no se aplican a empalmes y conexiones apernadas. Cuando una sección laminada pesada es soldada a la superficie de otra sección mediante soldaduras de tope, los requisitos anteriores se aplican sólo a la sección a la cual se fusiona la soldadura a través de su sección transversal.

NOTA Requisitos adicionales para uniones de perfiles laminados pesados se dan en las Secciones J1.5, J1.6, J2.7, y M2.2.

**1d Perfiles soldados pesados**

Las secciones soldadas con planchas gruesas de espesores superiores a 50 mm son considerados perfiles soldados pesados. Los perfiles soldados pesados usados como miembros sujetos a fuerzas primarias (calculadas) de tracción, debido a solicitudes de tracción o flexión, empalmados o conectados mediante soldadura a tope de penetración completa, fundida en todo el espesor del miembro, deben ser especificados como se explica a continuación. Los documentos de diseño estructural requerirán que tales perfiles sean entregados previamente ensayados al impacto mediante

el ensayo de muesca en V de Charpy (CVN), de acuerdo con el estándar ASTM A6/A6M, Supplementary Requirements S5, Charpy V Notch Impact Tests. El ensayo de impacto debe realizarse de acuerdo con el estándar ASTM A673/A673M, frecuencia P, y deben satisfacer un promedio mínimo de 27 Joules de energía absorbida a una temperatura máxima de 21°C.

Cuando una sección soldada pesada es soldada a la superficie de otra sección mediante soldaduras de tope, los requisitos anteriores se aplican sólo a la sección a la cual se fusiona la soldadura a través de su sección transversal.

**NOTA** Requisitos adicionales para uniones de perfiles soldados pesados se dan en las Secciones J1.5, J1.6, J2.6, y M2.2.

## 2. Denominaciones NCh

Adicionalmente a las calidades de acero establecidas en AISC360, productos de acero en conformidad con alguna de las calidades establecidas en NCh203 que se detallan a continuación, son aceptables para ser usados con esta norma: A240ES, A270ES, A345ES, M345ES, Y345ES, A250ESP, A345ESP.

Se podrán utilizar materiales que cumplan otros estándares, sujeto a las condiciones siguientes:

- El material es homologable a alguna de las calidades aceptadas por esta norma; y
- El material ha sido aprobado por los ingenieros especialistas del proyecto.

Materiales especificados según otros estándares que no cumplan con el punto a. se podrán utilizar siempre que se consideren las propiedades mecánicas relevantes para los diseños establecidos en el estándar correspondiente, y que cuenten con la aprobación de los ingenieros especialistas del proyecto.

## 3. Aceros fundidos y forjados

El acero fundido debe satisfacer el estándar ASTM A216/A216M, Grado WCB con requisitos adicionales S11. El acero forjado debe satisfacer el estándar ASTM A668/A668M. Los informes obtenidos de ensayos realizados de acuerdo con las referencias mencionadas anteriormente constituirán evidencia suficiente de conformidad de los estándares mencionados.

## 4. Pernos, golillas y tuercas

El material de pernos, golillas y tuercas sujeto a las siguientes normas ASTM es aceptable de ser usados de acuerdo con esta norma.

### 1) Pernos

ASTM A307

ASTM A325

ASTM A325M

ASTM A354

ASTM A449

ASTM A490

NCh427/1:2016

ASTM A490M

ASTM F1852

ASTM F2280

2) Tuercas

ASTM A194/A194M

ASTM A563

ASTM A563M

3) Golillas

ASTM F436

ASTM F436M

ASTM F844

4) Golillas compresibles de indicación de tensión directa

ASTM F959

ASTM F959M

La certificación del fabricante constituirá evidencia suficiente de conformidad con los estándares.

## 5. Barras de anclaje y barras con hilo

El material de las barras de anclaje y las barras con hilo fabricado de acuerdo con una de las siguientes normas ASTM es aceptable para ser usado con esta norma:

ASTM A36/A36M

ASTM A193/A193M

ASTM A354

ASTM A449

ASTM A572/A572M

ASTM A588/A588M

ASTM F1554

NOTA De acuerdo con esta norma, el material de preferencia para ser usado en pernos de anclaje es ASTM F1554.

El acero A449 es aceptable para barras de anclaje de alta resistencia y barras con hilo, cualquiera sea el diámetro.

Los hilos en barras de anclaje y barras con hilo deben satisfacer las Series ASME B18.2.6 de Estándares Unificados y tendrá las tolerancias de la Clase 2A.

La certificación del fabricante será evidencia suficiente de conformidad de los estándares.

## 6. Insumos para soldaduras

El metal de relleno y el fundente deben satisfacer una de las siguientes normas de la American Welding Society:

AWS A5.1/A5.1M

AWS A5.5/A5.5M

AWS A5.17/A5.17M

AWS A5.18/A5.18M

AWS A5.20/A5.20M

AWS A5.23/A5.23M

AWS A5.25/A5.25M

AWS A5.26/A5.26M

AWS A5.28/A5.28M

AWS A5.29/A5.29M

AWS A5.32/A5.32M

La certificación del fabricante será evidencia suficiente de conformidad de los estándares. El metal de aporte y los fundentes deben ser apropiados para la aplicación que será desarrollada.

## 7. Conectores de corte embebidos

Los conectores de corte embebidos, deben satisfacer los requisitos del Structural Welding Code-Steel (AWS D1.1/D1.1M).

La certificación del fabricante será evidencia suficiente de conformidad con AWS D1.1/D1.1M.

NCh427/1:2016

#### A.4 Planos de diseño y especificaciones para estructuras

Los planos de diseño estructural y las especificaciones deben satisfacer los requisitos de NCh428<sup>3</sup>.

NOTA Las disposiciones de esta norma contienen información que debe ser presentada en los planos de diseño. Esto incluye:

Sección A3.1c Perfiles laminados pesados donde se requiere realizar "alternate core"el ensaye de dureza de Charpy (CVN).

Sección A3.1d Perfiles soldados pesados donde se requiere una dureza CVN.

Sección J3.1 En conexiones que usan pernos pretensados.

Otras informaciones adicionales necesarias en la fabricación o montaje que deben ser presentadas en los planos de diseño incluyen:

Requisitos de fatiga a través de ensayos no destructivos (Apéndice 3; por ejemplo, Tabla A3.1, Casos 5.1 a 5.4).

Categoría de Ocupación (Capítulo N).

Indicación de soldaduras de penetración completa (CJP) sujetas a tracción (Capítulo N).

---

3 Norma en estudio, ver Anexo 4.

## Capítulo B: Requisitos de diseño

Los requisitos generales para el análisis y diseño de estructuras de acero, aplicables a todos los capítulos de esta norma, se presentan en este capítulo.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

- B.1 Disposiciones generales
- B.2 Cargas y combinaciones de cargas
- B.3 Bases de diseño
- B.4 Propiedades de secciones
- B.5 Fabricación y montaje
- B.6 Control de calidad y aseguramiento de calidad
- B.7 Evaluación de estructuras existentes

### B.1 Disposiciones generales

El diseño de miembros y conexiones debe ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis consideradas en el análisis. A menos que exista una restricción impuesta por la normativa de edificación que corresponda, puede dotarse de resistencia y estabilidad a la estructura mediante cualquier combinación de miembros y conexiones.

Para todo efecto, debe entenderse que el código de edificación aplicable (applicable building code) corresponde a la Ordenanza general de urbanismo y construcciones.

### B.2 Cargas y combinaciones de cargas

Las cargas y combinaciones de cargas serán definidas por la normativa de edificación aplicable. En ausencia de una normativa de edificación las cargas y combinaciones de cargas, serán las estipuladas en el estándar ASCE 7/SEI. Para propósitos de diseño, las cargas nominales serán aquellas estipuladas en la normativa de edificación aplicable.

**NOTA** De acuerdo al tipo de edificación deben considerarse las cargas y combinaciones de carga establecidas en NCh3171, NCh433 y NCh2369.

**NOTA** Cuando se use ASCE/SEI 7, para el diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD), se aplica las combinaciones de ASCE 7/SEI Sección 2.3. Para diseño de acuerdo con Sección B3.4 (ASD), se aplica las combinaciones de ASCE 7/SEI Sección 2.4.

NCh427/1:2016

### B.3 Bases de diseño

El diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD) o a las disposiciones del método diseño en base a resistencias admisibles (ASD).

#### 1. Resistencia requerida

La resistencia requerida de los miembros estructurales y conexiones será determinada mediante análisis estructural para las combinaciones de carga que correspondan según se indica en la Sección B.2.

Se permite realizar el diseño mediante análisis elástico, inelástico o plástico. Las disposiciones para el análisis inelástico o plástico se estipulan en Anexo 1, Diseño mediante análisis inelástico.

#### 2. Estados límites

El diseño estará basado en el principio de que cuando la estructura es sometida a todas las combinaciones de carga apropiadas, ningún estado límite aplicable, resistente o de servicio, será excedido.

Los requisitos para cumplir con los requerimientos de integridad estructural del código de construcción local deben estar basados en resistencias nominales, en lugar de resistencias de diseño (LRFD) o resistencias admisibles (ASD) a menos que sea señalado de otra forma en el código de construcción local. Los estados límites para conexiones basados en deformaciones límites o fluencia de los componentes de la conexión no necesitan ser considerados para cumplir los requerimientos de integridad estructural.

Con el propósito de satisfacer las disposiciones de integridad estructural del código de construcción local, los pernos de tipo aplastamiento con agujeros de ranura corta paralelos a la dirección de la carga de tracción son permitidos, y se debe suponer que se ubican al borde de la ranura.

NOTA Se entiende por integridad estructural lo indicado en NCh3171, cláusula 5.

### 3. Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta norma cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD. Se aplican todas las disposiciones de esta norma excepto las de la Sección B3.4.

El diseño se realizará de acuerdo con Ecuación B3-1:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (B3-1)$$

en que:

$R_u$  = resistencia requerida (LRFD);

$R_n$  = resistencia nominal, según se especifica en Capítulos B a K;

$\phi$  = factor de resistencia, según se especifica en Capítulos B a K;

$\phi R_n$  = resistencia de diseño.

#### 4. Diseño por resistencia usando diseño en base a resistencias admisibles (ASD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de diseño en base a resistencias admisibles (ASD) satisface los requisitos de esta norma cuando la resistencia admisible de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga ASD. Se aplican todas las disposiciones de esta norma excepto las de la Sección B3.3.

El diseño se realizará de acuerdo con Ecuación B3-2:

$$R_a \leq R_n/\Omega \quad (\text{B3-2})$$

en que:

$R_a$  = resistencia requerida (ASD);

$R_n$  = resistencia nominal, según se especifica en Capítulos B a K;

$\Omega$  = factor de seguridad, según se especifica en Capítulos B a K;

$R_n/\Omega$  = resistencia admisible diseño para la estabilidad.

#### 5. Diseño para la estabilidad

La estabilidad de la estructura y sus miembros se determinará de acuerdo con Capítulo C.

#### 6. Diseño de conexiones

Los elementos de conexión se diseñarán de acuerdo con las disposiciones de los Capítulos J y K. Las fuerzas y deformaciones de diseño deben ser consistentes con el desempeño esperado de las conexiones y las hipótesis del análisis estructural. Se permite que las deformaciones inelásticas tengan límites autoimpuestos. Los puntos de apoyo en vigas y enrejados deben restringirse contra la rotación en torno a su eje longitudinal, a menos que se demuestre mediante análisis que dicha restricción no es requerida.

NOTA La Sección 3.1.2 del Code of Standard Practice aporta información necesaria en el diseño de conexiones.

##### 6a Conexiones simples

Una conexión simple transmite momentos de magnitud despreciable. En el análisis de la estructura, se puede suponer que las conexiones simples permiten la rotación relativa de los miembros que conectan. La conexión simple tendrá una capacidad de rotación suficiente para acomodar las rotaciones determinadas por el análisis de la estructura.

##### 6b Conexiones de momento

Se permiten dos tipos de conexiones de momento, denominadas: completamente restringidas y parcialmente restringidas, tal como se explica a continuación.

###### 1) Conexiones de momento, completamente restringidas (FR)

Una conexión de momento completamente restringida (FR) transmite momento con una rotación despreciable entre los miembros conectados. En el análisis de la estructura se puede suponer que la conexión no permite la rotación relativa. Una conexión FR, debe tener suficiente resistencia y rigidez para mantener el ángulo entre los miembros conectados en los estados límites resistentes.

NCh427/1:2016

## 2) Conexiones de momento, parcialmente restringidas (PR)

Una conexión de momento parcialmente restringida (PR) trasmite momento pero la rotación entre los miembros conectados no es despreciable. En el análisis de la estructura, la relación fuerza deformación de la conexión debe ser incluida. Las curvas características de las conexiones PR que se usen, deberán encontrarse documentadas en la literatura técnica o en su defecto ser determinadas mediante métodos analíticos o experimentales. Los elementos componentes de una conexión PR deben tener suficiente resistencia, rigidez y capacidad de deformación en los estados límites resistentes.

## 7. Redistribución de momento en vigas

La resistencia requerida a flexión en vigas elaboradas a partir de secciones compactas, tal como se define en B4.1 y que satisfacen las longitudes no arriostradas de la Sección F13.5, pueden ser tomadas como nueve decimos de los momentos negativos en los puntos de apoyo, producidos por la carga gravitacional, y determinados de acuerdo con un análisis elástico que satisfaga los requisitos del Capítulo C, cuidando de que el máximo momento positivo se incremente en un décimo del momento negativo promedio determinado por un análisis elástico. Esta reducción no es permitida para momentos en secciones en las cuales  $F_y$  excede 450 MPa, para momentos producidos por cargas en voladizo, o en el diseño de conexiones de momento parcialmente restringidas (PR), ni para el diseño mediante análisis inelástico según las disposiciones del Apéndice 1. Esta reducción es permitida para el diseño de acuerdo con las secciones B3.3 (LRFD) y B3.4 (ASD). La resistencia axial requerida no puede exceder  $0,15 \phi_c F_y A_g$  para LRFD o  $0,15 F_y A_g / \Omega_c$  para ASD, donde  $\phi_c$  y  $\Omega_c$  son determinados de acuerdo con la Sección E1,  $A_g$ = área bruta de la sección,  $\text{cm}^2 (\text{mm}^2)$  y  $F_y$ = tensión de fluencia mínima especificada MPa.

## 8. Diafragmas y colectores

Los diafragmas y colectores deben de ser diseñados para las fuerzas que resulten de las cargas estipuladas en Sección B2. Ellos deben ser diseñados en conformidad con las disposiciones de los Capítulos C al Capítulo K, según sean aplicables.

## 9. Diseño para condiciones de servicio

La estructura, sus miembros individuales y sus conexiones deben ser verificados para las condiciones de servicio. Los requisitos para el diseño en condiciones de servicio se presentan en Capítulo L.

## 10. Diseño para apozamiento

El sistema de techo será revisado durante el proceso de análisis estructural para garantizar una resistencia y estabilidad adecuada bajo condiciones de acumulación de agua, a menos que se disponga una pendiente del techo de al menos un 2% (20 mm por metro) en la dirección de los puntos de drenaje o se disponga de un adecuado sistema de drenaje para prevenir la acumulación de agua.

Métodos para chequear el apozamiento se presentan en Anexo 2 del presente documento.

## 11. Diseño a fatiga

En los miembros y sus conexiones sometidos a cargas repetidas se debe verificar el diseño a fatiga, de acuerdo con Anexo 3, Diseño para fatiga. No es necesario verificar el diseño a fatiga en el caso de sismo o viento en edificaciones diseñadas convencionalmente para resistir cargas laterales ni en las componentes de los miembros de cierre de estas edificaciones.

## 12. Diseño para condiciones de incendio

Para efectos del diseño para condiciones de incendio se deben aplicar las disposiciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

## 13. Diseño para efectos de la corrosión

Cuando la corrosión puede afectar la resistencia o la condición de servicio de una estructura, los componentes estructurales deben ser diseñadas para tolerar la corrosión o deben ser protegidas contra ella.

## 14. Anclaje al hormigón

El anclaje entre el acero y el hormigón actuando conjuntamente debe ser diseñado de acuerdo con Capítulo I. El diseño de bases de columnas y de pernos de anclaje debe ser de acuerdo con el Capítulo J.

## B.4 Propiedades de los miembros

### 1. Clasificación de las secciones según pandeo local

Para compresión, las secciones se clasifican como no esbeltas o esbeltas. Para elementos con una sección no esbelta, la razón ancho-espesor de sus elementos comprimidos no debe de exceder los valores  $\lambda_r$ , de Tabla B4.1a. Si la razón ancho espesor de cualquier elemento en compresión excede el valor  $\lambda_r$ , la sección se considera esbelta.

Para flexión, las secciones se clasifican como compactas, no compactas o esbeltas. Para que una sección califique como compacta, sus alas deben de estar continuamente conectadas al alma (o las almas) y la razón ancho-espesor de sus elementos comprimidos no debe de exceder la razón ancho-espesor  $\lambda_p$  de Tabla B4.1b. Si la razón ancho espesor de uno o más de uno de los elementos comprimidos excede  $\lambda_p$ , pero no supera  $\lambda_r$  de Tabla B4.1b, la sección se denomina no compacta. Si la razón ancho-espesor de cualquier elemento comprimido excede  $\lambda_r$ , la sección califica como esbelta.

#### 1a Elementos no atiesados

Para elementos no atiesados, apoyados en solo un borde paralelo a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho  $b$  se define como se indica a continuación:

- a) En alas de secciones I y T, el ancho  $b$  es la mitad del ancho total del ala,  $b_f$ .
- b) Para alas de ángulos, canales y secciones zeta, el ancho  $b$  es el ancho nominal completo.
- c) Para planchas, el ancho  $b$  es la distancia desde el borde libre hasta la primera línea de conectores o soldadura.
- d) Para almas de secciones T,  $d$  es la profundidad nominal total de la sección.

NOTA En Tabla B4.1 se representa gráficamente las dimensiones de los elementos no atiesados.

NCh427/1:2016

### 1b Elementos atiesados

Para elementos atiesados, apoyados en dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se define como se indica a continuación:

- a) Para almas de secciones laminadas o plegadas,  $h$  es la distancia libre entre alas menos el radio de plegado o esquina redondeada que se produce en el encuentro ala-alma;  $h_c$  es dos veces la distancia desde el centroide a la cara interna del ala comprimida menos el radio de plegado o esquina redondeada.
- b) Para almas de secciones armadas,  $h$  es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas soldadas, y  $h_c$  es dos veces la distancia desde el centroide a la línea más cercana de conectores del ala comprimida o a la cara interior del ala comprimida en secciones de alas soldadas;  $h_p$  es dos veces la distancia desde el eje neutro plástico a la línea más cercana de conectores del ala comprimida o a la cara interior del ala comprimida en secciones de alas soldadas.
- c) Para alas o planchas que actúan como diafragmas en secciones armadas, el ancho  $b$  es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o líneas de soldadura.
- d) Para alas de secciones tubulares rectangulares (HSS), el ancho  $b$  es la distancia libre entre almas menos el radio interior de las esquinas de cada lado. Para almas de secciones HSS rectangulares,  $h$  es la luz libre entre las alas y el radio interior de las esquinas a cada lado. Cuando el radio interior de las esquinas no se conoce,  $b$  y  $h$  se tomarán como la dimensión exterior correspondiente menos tres veces el espesor. El espesor,  $t$ , será el espesor de diseño, de acuerdo con la Sección B4.2.
- e) Para planchas de refuerzo perforadas,  $b$  es la distancia transversal entre las líneas más cercanas de conectores, y el área neta de la plancha se determina considerando con el agujero más ancho.

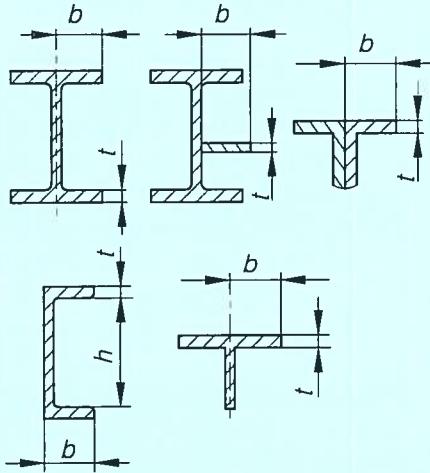
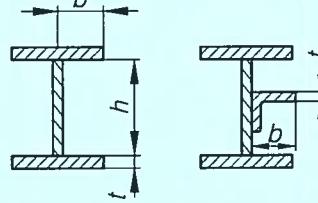
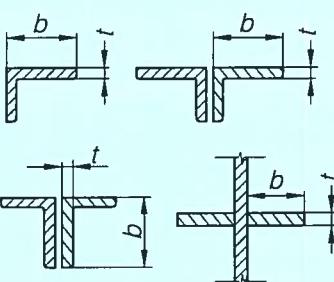
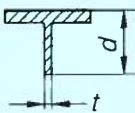
NOTA En Tabla B4.1 se representa gráficamente las dimensiones de los elementos atiesados.

Para alas de espesor variable en secciones laminadas, el espesor será el valor nominal evaluado como el promedio entre el espesor medido en el borde y el espesor correspondiente medido en la cara del alma.

## 2. Espesor de diseño para secciones HSS

El espesor de pared de diseño  $t$ , que debe ser usado en los cálculos que involucran el espesor de pared de secciones tubulares (HSS), será igual que 0,93 veces el espesor nominal en secciones HSS soldadas mediante resistencia eléctrica (ERW) e igual al espesor nominal para secciones HSS soldadas mediante arco sumergido (SAW).

**Tabla B4.1a – Razones ancho-espesor: Elementos en compresión - Miembros sujetos a compresión axial**

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-espesor	Razón límite ancho-espesor $\lambda_r$ (Esbelto-No esbelto)	Ejemplos
Elementos No-atiesados	1 Alas de perfiles laminados, planchas conectadas a perfiles laminados, alas de pares de ángulos conectados continuamente, alas de canales y alas de secciones T	$b/t$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2 Alas de perfiles I soldados y planchas o ángulos conectados a secciones soldadas	$b/t$	$0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3 Alas de perfiles ángulo laminados; alas de pares de ángulos con separadores y todo tipo de elementos no atiesados	$b/t$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4 Almas de secciones T	$d/t$	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

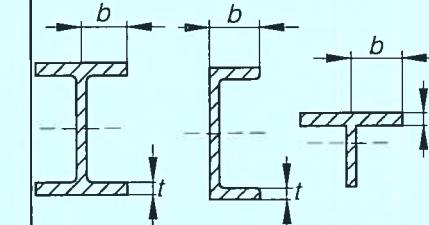
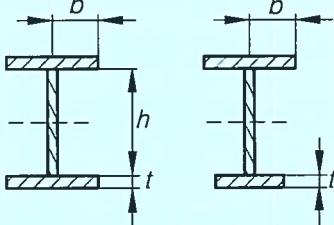
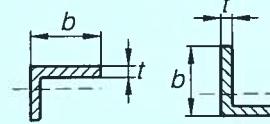
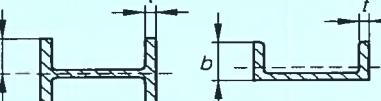
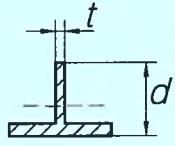
(continúa)

NCh427/1:2016

**Tabla B4.1a – Razones ancho-espesor: Elementos en compresión - Miembros sujetos a compresión axial (conclusión)**

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-espesor	Razón Límite ancho-espesor $\lambda_r$ (Esbelto-No esbelto)	Ejemplos
Elementos atiesados	5 Almas de secciones I con doble simetría y secciones canal	$h/t_w$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6 Paredes de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7 Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores o soldadura	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8 Todo elemento atiesador	$b/t$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9 Tubos circulares	$D/t$	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

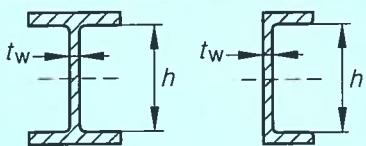
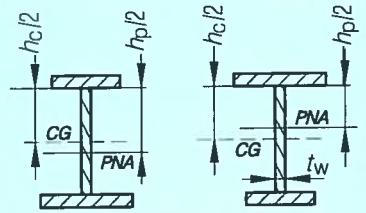
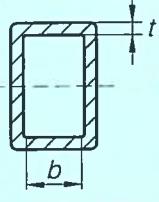
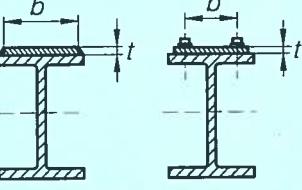
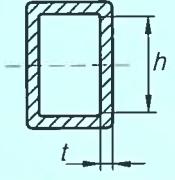
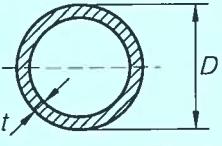
**Tabla B4.1b – Razones Ancho-Espesor: Elementos en compresión de miembros en flexión**

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-espesor	Razón límite ancho-espesor límite		Ejemplos
			$\lambda_p$ (Compacta-No compacta)	$\lambda_r$ (Esbelto-No esbelto)	
Elementos No-atiestados	10 Flexión en alas de perfiles I laminados, canales y tes	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11 Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría				
	12 Alas de ángulos simple	$b/t$	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13 Alas de toda doble T y canal en torno a su eje más débil	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14 Alas de tes	$d/t$	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

(continúa)

NCh427/1:2016

Tabla B4.1b – Razones Ancho-Espesor: Elementos en compresión de miembros en flexión (conclusión)

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-espesor	Razón límite ancho-espesor límite		Ejemplos
			$\lambda_p$ (Compacta-No compacta)	$\lambda_r$ (Esbelto-No esbelto)	
Elementos atiesados	15 Almas de doble T simétricas y canales	$h/t_w$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16 Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría	$h_o/t_w$	$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}} [c] \\ \left( 0,54 \frac{M_p}{M_y} - 0,09 \right)^2 \leq \lambda_r$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17 Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme	$b/t$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18 Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura	$b/t$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19 Almas de tubos rectangulares y secciones cajón	$h/t$	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20 Tubos redondos	$D/t$	$0,07 \frac{E}{F_y}$	$0,31 \frac{E}{F_y}$	
<p>[a] <math>k_c = 4 / \sqrt{h / t_w}</math> para efectos de cálculo se debe considerar un rango de 0,35 a 0,76.</p> <p>[b] <math>F_L = 0,7 F_y</math> para la flexión del eje mayor en miembros de sección I compactos y no compactos, de almas soldadas, con <math>S_{xt}/S_{xc} \geq 0,7</math>;</p> <p><math>F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} &gt; 0,5 F_y</math> para la flexión del eje mayor en miembros de sección I compactos y no compactos, de almas soldadas, con <math>S_{xt}/S_{xc} &lt; 0,7</math>.</p> <p>[c] <math>M_y</math> es el momento de fluencia de la fibra extrema. <math>M_p</math> = momento de flexión plástico (N-mm).</p> <p><math>E</math> = módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa.</p> <p><math>F_y</math> = tensión mínima de fluencia especificada, MPa.</p>					

**NOTA** Una tubería puede ser diseñada usando las disposiciones de la especificación para secciones HSS redondas siempre que satisfaga ASTM A53 Clase B y las limitaciones de la especificación que correspondan.

Tuberías ASTM A500 HSS y ASTM A53 Grado B son producidas mediante un proceso ERW. El proceso SAW es usado en secciones transversales de dimensiones mayores a las permitidas por ASTM A500.

### 3. Determinación del área bruta y área neta

#### 3a Área bruta

El área bruta de un miembro,  $A_g$ , es el área total de la sección transversal.

#### 3b Área neta

El área neta,  $A_n$ , de un miembro es la suma de los productos de los espesores por sus respectivos anchos netos, calculados como se indica a continuación:

Para calcular el área neta para tracción y corte, la perforación para alojar un conector se debe aumentar 0,2 cm (2 mm) respecto de la dimensión nominal de la perforación.

Para una cadena de perforaciones en cualquier línea diagonal o zigzag, el ancho neto se obtendrá deduciendo del ancho bruto la suma de las dimensiones de los diámetros de las perforaciones o ranuras según se indica en esta sección, de todas las perforaciones en una cadena, y agregando para cada tramo diagonal en la cadena la cantidad  $s^2/4g$ .

en que:

$s$  = distancia longitudinal centro a centro de dos perforaciones consecutivas (paso), mm;

$g$  = distancia transversal centro a centro (gramil) entre líneas de conectores, mm.

Para ángulos, la separación de las perforaciones en alas opuestas adyacentes, será las sumas de las distancias medidas desde la espalda del ángulo menos el espesor.

Para secciones tubulares ranuradas soldadas a una plancha gusset, el área neta,  $A_n$ , es el área bruta menos el producto del espesor y el ancho total del material que es removido para hacer la ranura.

No se considerará el metal de la soldadura en la determinación del área neta a través de soldaduras de tapón o ranura.

Para secciones sin perforaciones el área neta,  $A_n$ , es igual al área bruta,  $A_g$ .

**NOTA** La Sección J4.1 (b) limita  $A_n$  a un máximo de 0,85  $A_g$  para planchas de empalme con perforaciones.

### B.5 Fabricación y montaje

Los planos de taller, fabricación, la pintura de taller y montaje deben satisfacer los requisitos estipulados en Capítulo M, Fabricación y Montaje.

NCh427/1:2016

## B.6 Control de calidad y aseguramiento de calidad

Los métodos para el control de calidad y el aseguramiento de la calidad deben satisfacer los requisitos estipulados en Capítulo N, Control de calidad y Aseguramiento de la Calidad.

## B.7 Evaluación de estructuras existentes

La evaluación de estructuras existentes debe satisfacer lo indicado en Apéndice 5, Evaluación de estructuras existentes.

## Capítulo C: Diseño para estabilidad

Este capítulo contiene los requisitos para el diseño de estructuras por estabilidad. El método de análisis directo es presentado aquí; métodos alternativos son presentados en Anexo 7.

El capítulo está organizado en:

- C.1 Requisitos generales para estabilidad
- C.2 Determinación de las resistencias requeridas
- C.3 Determinación de las resistencias disponibles

### C.1 Requisitos para estabilidad general

Debe suministrarse estabilidad tanto para la estructura como para todos y cada uno de sus elementos. En la estabilidad de la estructura y de sus elementos se debe considerar lo siguiente: (1) deformaciones por flexión, corte y esfuerzo axial, y cualquier otra deformación que pueda contribuir a los desplazamientos de la estructura; (2) efectos de segundo orden (efectos  $P-\Delta$  y  $P-\delta$ ); (3) imperfecciones geométricas; (4) reducciones de rigidez debido a comportamiento inelástico; y (5) incertezza en la determinación de la rigidez y la resistencia. Todos los efectos dependientes de las cargas deben ser determinados a un nivel de carga que corresponda con las combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD.

Cualquier método racional de diseño para la estabilidad que considere los efectos enumerados en el párrafo anterior está permitido; esto incluye los métodos identificados en Secciones C1.1 y C1.2.

Para estructuras diseñadas mediante métodos de análisis inelástico, se deben cumplir las disposiciones de Anexo 1.

**NOTA** El término "diseño" como se usa en estas disposiciones es la combinación del análisis necesario para determinar las resistencias requeridas de los componentes y el dimensionamiento de los componentes para que tengan una adecuada resistencia disponible.

**NOTA** Ver Comentario de la Sección C1 y Tabla C-C1.1 en AISC360-2010, donde se explican cómo los requisitos de (1) a (5) de la Sección C1 se satisfacen en los métodos de diseño nombrados en Secciones C1.1 y C1.2.

#### 1. Método de diseño de análisis directo

El método de diseño de análisis directo, que consiste en determinar las resistencias requeridas de acuerdo con la Sección C2, así como el cálculo de las resistencias disponibles según la Sección C3, está permitido para todas las estructuras.

#### 2. Métodos de diseño alternativos

El método de la longitud efectiva y el método de análisis de primer orden, definidos en Anexo 7, son permitidos como alternativas al método de análisis directo para estructuras que satisfagan las condiciones que se especifican en dicho anexo.

## C.2 Determinación de las resistencias requeridas

Para el método diseño de análisis directo, las resistencias requeridas de los componentes de la estructura deben ser determinadas a través de un análisis en conformidad a la Sección C2.1. El análisis debe incluir consideraciones relativas a imperfecciones iniciales de acuerdo con la Sección C2.2 y ajustes en la rigidez según la Sección C2.3.

### 1. Requisitos generales de análisis

El análisis de la estructura debe cumplir los requisitos siguientes:

El análisis debe considerar las deformaciones por flexión, corte y fuerza axial, y las deformaciones de todas aquellas componentes y conexiones que contribuyan a los desplazamientos de la estructura. El análisis debe incluir reducciones de todas las rigideces que se considera contribuyen a la estabilidad de la estructura, según se especifica en Sección C2.3.

El análisis debe ser de segundo orden y considerar los efectos  $P-\Delta$  y  $P-\delta$ . Se permite despreciar el efecto  $P-\delta$  en la respuesta de la estructura cuando las condiciones siguientes son satisfechas:

- a) la estructura soporta cargas gravitacionales principalmente a través de columnas, muros o marcos nominalmente verticales;
- b) la razón entre la máxima deriva de piso de segundo orden y la máxima deriva de piso de primer orden (ambos determinados con la combinación de cargas LRFD o 1,6 veces la combinación de cargas ASD, con las rigideces ajustadas de acuerdo con Sección C2.3) en todos los pisos es igual o menor a 1,7; y
- c) no más de un tercio del total de la carga gravitacional de la estructura es soportada por columnas que son partes de marcos resistentes a momento en la dirección de traslación considerada. Es necesario en todos los casos considerar los efectos  $P-\delta$  en la evaluación de miembros individuales sujetos a compresión y a flexión.

NOTA Un análisis  $P-\Delta$  como único análisis de segundo orden (despreciando los efectos de  $P-\delta$  en la respuesta de la estructura) es permitido bajo las condiciones ya indicadas. Los requisitos para considerar el efecto  $P-\delta$  en la evaluación de miembros individuales pueden ser satisfechos aplicando el factor B1 definido en Anexo 8.

El uso de los métodos aproximados para análisis de segundo orden entregados en Anexo 8 es permitido como una alternativa a un análisis de segundo orden riguroso.

El análisis debe considerar todas las cargas gravitacionales, así como otras cargas aplicadas que puedan influir en la estabilidad de la estructura.

NOTA Es importante incluir todas las cargas gravitacionales en el análisis, incluyendo cargas en columnas gravitacionales, y otros elementos que no son parte del sistema resistente a cargas laterales.

Para diseño mediante LRFD, el análisis de segundo orden debe ser realizado bajo combinaciones de carga LRFD. Para diseño mediante ASD, el análisis de segundo orden debe ser realizado con 1,6 veces las combinaciones de carga ASD, y los resultados deben de ser divididos por 1,6 para obtener las resistencias requeridas de los componentes.

## 2. Consideración de las imperfecciones iniciales

El efecto de las imperfecciones iniciales en la estabilidad de la estructura debe ser tomado en consideración ya sea modelando directamente las imperfecciones en el análisis según se especifica en Sección C2.2a, o con el uso de las cargas ficticias según se indica en Sección C2.2b.

**NOTA** Las imperfecciones consideradas en esta Sección se refieren a las imperfecciones en la localización de los puntos de intersección de los miembros. En estructuras típicas de edificios, la imperfección más importante de este tipo es el desaplomo de las columnas. La curvatura inicial en los miembros no es cubierta en esta sección; ella es considerada en las disposiciones relativas al diseño de miembros comprimidos de Capítulo E y no es necesario el considerarlo explícitamente en el análisis mientras esté dentro del rango especificado en NCh428<sup>4</sup>.

### 2a Modelación directa de las imperfecciones

En todos los casos, es permitido considerar el efecto de las imperfecciones iniciales incluyendo estas imperfecciones directamente en el análisis. La estructura debe ser analizada con los puntos de intersección de sus miembros desplazados de su ubicación inicial. La magnitud de este desplazamiento inicial debe ser la máxima distancia considerada en el diseño, el patrón de desplazamiento inicial debe ser tal que este entregue el máximo efecto desestabilizador.

**NOTA** Desplazamiento iniciales similares en configuración a los desplazamientos debidos a cargas y a modos de pandeo previsibles deben ser considerados en la modelación de las imperfecciones. La magnitud de los desplazamientos iniciales se debe basar en las tolerancias de construcción permitidas, las que se encuentran especificadas en NCh428<sup>4</sup>, u otros requisitos normativos, o en imperfecciones conocidas.

En el análisis de estructuras que soportan cargas gravitacionales principalmente a través de columnas, muros o marcos nominalmente verticales, donde la razón entre las máximas derivas de piso de segundo orden y de primer orden (ambas determinadas con las combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD, con rigideces ajustadas tal como se especifica en Sección C2.3) en todos los pisos es menor o igual que 1,7, se permite incluir las imperfecciones iniciales únicamente en el análisis para cargas gravitacionales, excluyendo las combinaciones de carga que consideren cargas laterales.

### 2b Uso de cargas ficticias para representar las imperfecciones

Para estructuras que soporten cargas gravitacionales principalmente a través de columnas, muros o marcos nominalmente verticales, se permite el uso de cargas ficticias para representar los efectos de las imperfecciones iniciales de acuerdo con los requisitos de esta sección. Las cargas ficticias deben ser aplicadas en el modelo de la estructura basado en su geometría nominal.

**NOTA** El concepto de carga ficticia es aplicable en todos los tipos de estructuras, pero los requisitos específicos de las Secciones C2.2b (1) a C2.2b (4) son aplicables solamente en el tipo particular de estructura nombrado al comienzo de este acápite.

4 Norma en estudio, ver Anexo 4.

## NCh427/1:2016

- 1) Las cargas ficticias deben ser aplicadas como cargas laterales en todos los niveles. Las cargas ficticias se deben añadir a las otras cargas laterales consideradas e incorporarse en todas las combinaciones de carga, excepto en lo indicado en (4). La magnitud de las cargas ficticias debe ser:

$$N_i = 0,002\alpha Y_i \quad (\text{C2-1})$$

$\alpha = 1,0$  (LRFD);  $\alpha = 1,6$  (ASD)

en que:

$N_i$  = carga ficticia aplicada en el nivel  $i$ , N;

$Y_i$  = carga gravitacional aplicada en el nivel  $i$  de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD o ASD, según corresponda, N.

**NOTA** Las cargas ficticias pueden llevar a un corte basal adicional ficticio (generalmente pequeño) en la estructura. Las reacciones horizontales correctas en las fundaciones pueden ser obtenidas aplicando una fuerza horizontal adicional en la base de la estructura, igual y opuesto en dirección a la suma de todas las fuerzas ficticias, las que se distribuyen entre los distintos elementos cargados verticalmente en la misma proporción que las cargas gravitacionales soportadas por estos elementos. Las cargas ficticias además pueden generar efectos adicionales, los que no son ficticios.

- 2) Las cargas ficticias de cada nivel,  $N_i$ , deben ser distribuidas en todo el nivel en la misma forma que las cargas gravitacionales de dicho nivel. Las cargas ficticias deben ser aplicadas en la dirección que produzca el mayor efecto desestabilizador.

**NOTA** Para la mayoría de las estructuras, los requisitos que consideren la dirección de las cargas ficticias podrán ser satisfechos de acuerdo con lo siguiente. Para combinaciones de carga que no incluyan cargas laterales, considere dos direcciones ortogonales alternativas en las que aplicar las cargas ficticias, en un sentido positivo y en uno negativo en cada dirección, la que debe de ser la misma en todos los niveles; para combinaciones de carga que incluyan cargas laterales, se debe considerar todas las cargas ficticias en la dirección de la resultante de todas las cargas laterales en dicha combinación.

- 3) El coeficiente de carga ficticia de 0,002 en Ecuación C2-1 es basado en una razón de desaplome nominal inicial de 1/500; en aquellos casos que un desaplome distinto se justifique, se permite el ajustar el coeficiente de carga ficticia proporcionalmente.

**NOTA** Un desaplome de 1/500 representa la tolerancia máxima de desaplome en una columna especificado en NCh428<sup>5</sup>. En algunos casos, otras tolerancias especificadas distintas, como aquellas tales como en la ubicación en planta de las columnas, pueden llegar a ser críticas, lo que puede requerir una tolerancia al desaplome más estricta.

- 4) Para estructuras en que la razón entre la deriva de piso máxima de segundo orden y la deriva de piso máxima de primer orden (ambas determinadas para las combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD, con rigideces ajustadas según se especifica en Sección C2.3) en todos los niveles es menor o igual que 1,7, se permite aplicar la carga ficticia,  $N_i$ , solo en las combinaciones de carga gravitacionales, excluyendo combinaciones que incluyan cargas laterales.

5 Norma en estudio, ver Anexo 4.

### 3. Ajustes en la rigidez

El análisis de la estructura debe usar rigideces reducidas para determinar las resistencias requeridas de los distintos componentes, como se indica a continuación.

- 1) Un factor de 0,80 debe ser aplicado a todas las rigideces que se considere que contribuyen a la estabilidad de la estructura. Se permite aplicar esta reducción a todas las rigideces de la estructura.

NOTA El aplicar una reducción de la rigidez en ciertos miembros y no en otros, puede llevar en ciertos casos a una distorsión artificial de la estructura bajo carga y sin intención a una posible redistribución de fuerzas. Esto se puede evitar aplicando dicha reducción a todos los miembros, incluyendo aquellos que no contribuyen a la estabilidad de la estructura.

- 2) Un factor adicional,  $\tau_b$ , debe ser aplicado en la rigidez a flexión de todos los miembros cuya rigidez a flexión se considere que contribuye a la estabilidad de la estructura.

- a) Cuando  $\alpha P_r / P_y \leq 0,5$

$$\tau_b = 1,0 \quad (\text{C2-2a})$$

- b) Cuando  $\alpha P_r / P_y > 0,5$

$$\tau_b = 4(\alpha P_r / P_y)[1 - (\alpha P_r / P_y)] \quad (\text{C2-2b})$$

$$\alpha = 1,0 \text{ (LRFD); } \alpha = 1,6 \text{ (ASD)}$$

en que:

$P_r$  = resistencia a compresión axial requerida usando combinaciones de carga LRFD o ASD, N;

$P_y$  = resistencia axial de fluencia ( $= F_y A_g$ ), N.

NOTA Tomados juntos, Secciones (1) y (2) requieren el uso de 0,8  $\tau_b$  veces la rigidez nominal elástica a flexión y 0,8 veces las otras rigideces nominales elásticas para miembros estructurales de acero en el análisis.

- 3) En estructuras en que la Sección C2.2b es aplicable, se permite usar  $\tau_b < 1,0$  cuando  $\alpha P_r / P_y > 0,5$ , se permite el uso de  $\tau_b = 1,0$  para todos los miembros si se aplica una carga ficticia de  $0,001\alpha Y_i$  [ $Y_i$  definido en Sección C2.2b (1)] aplicada en todos los niveles, en la dirección especificada en Sección C2.2b (2), en todas las combinaciones de carga. Estas cargas ficticias deben ser agregadas en aquellas, si existieran, usadas para considerar las imperfecciones, no estando sujetas a la Sección C2.2b (4).
- 4) Donde componentes constituidos de materiales distintos al acero estructural que contribuyen a la estabilidad de la estructura son considerados, y los códigos y normas para estos materiales requieren reducciones de rigidez mayores, dichas reducciones deben ser aplicadas sólo a dichos componentes.

### C.3 Determinación de las resistencias disponibles

Para el método diseño de análisis directo, las resistencias disponibles de los miembros y conexiones deben ser determinadas de acuerdo con las disposiciones de los Capítulos D, E, F, G, H, I, J y K, según corresponda, sin consideraciones adicionales sobre la estabilidad de la estructura. El factor de longitud efectiva,  $K$ , debe ser tomado con un valor unitario a menos que un valor menor pueda ser justificado mediante un análisis racional.

Los arriostramientos empleados para definir longitudes no arriostradas de miembros deben tener suficiente rigidez y resistencia para controlar los movimientos del miembro en el punto de arriostramiento.

Métodos para satisfacer los requisitos de arriostramiento de columnas individuales, vigas y vigas-columnas son entregados en Anexo 6. Los requisitos de Anexo 6 no son aplicables en arriostramientos que son incluidos como parte del sistema resistente, en el análisis de la estructura completa.

## Capítulo D: Diseño de miembros en tracción

Este capítulo abarca el diseño de miembros solicitados a tracción causados por fuerzas estáticas a lo largo de su eje central.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

- D.1 Límites de esbeltez
- D.2 Resistencia en tracción
- D.3 Área efectiva neta
- D.4 Miembros armados
- D.5 Miembros conectados por pasadores
- D.6 Bielas

NOTA Para los casos que no se incluyen en este capítulo, aplican las secciones siguientes:

B3.11 Miembros sometidos a fatiga.

Capítulo H Miembros sometidos a combinación de tracción axial y flexión.

- J3 Barras con hilo.
- J4.1 Elementos de conexión en tracción.
- J4.3 Resistencia de ruptura de bloque de corte en conexiones extremas de miembros en tracción.

### D.1 Límites de esbeltez

No existe límite de esbeltez máxima para miembros en tracción.

NOTA Para miembros diseñados en base a tracción, la razón de esbeltez  $L/r$  es preferible que no exceda de 300. Esta sugerencia no se aplica a barras o colgadores en tracción.

### D.2 Resistencia en tracción

La resistencia de diseño en tracción,  $\phi_t P_n$ , y la resistencia admisible en tracción,  $P_n/\Omega_t$ , de miembros traccionados será el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia en tracción calculado en la sección bruta y ruptura en tracción calculado en la sección neta.

- a) Para fluencia en tracción en la sección bruta:

$$P_n = F_y A_g \quad (\text{D.2-1})$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

NCh427/1:2016

- b) Para rotura en tracción en la sección neta:

$$P_n = F_u A_e \quad (\text{D.2-2})$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (LRFD)}; \Omega_t = 2,00 \text{ (ASD)}$$

en que:

$A_e$  = área neta efectiva, expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ );

$A_g$  = área bruta del miembro, expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ );

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada, expresada en megapascales (MPa);

$F_u$  = tensión última mínima especificada, expresada en megapascales (MPa);

Cuando miembros sin perforaciones están completamente conectados por soldadura, el área neta efectiva usada en Ecuación D2-2 será la definida en la Sección D3. Cuando se presentan perforaciones en el miembro con conexiones soldadas en sus extremos, o en conexiones soldadas mediante soldadura de ranura o tapón, debe usarse el área neta efectiva a través de las perforaciones en Ecuación D2-2.

### D.3 Área neta efectiva

El área bruta,  $A_g$ , y el área neta,  $A_n$ , de elementos traccionados debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de la Sección B4.3.

El área neta efectiva de los miembros traccionados debe ser determinado de la forma siguiente:

$$A_e = A_n U \quad (\text{D3-1})$$

Donde  $U$ , el factor de corte diferido (shear lag), se determina como se muestra en Tabla D3.1.

Para secciones transversales abiertas, tales como secciones W, M, S, C o HP, WTs, STs, y ángulos simples y dobles, el factor de corte diferido,  $U$ , no requiere ser menor que la razón entre el área bruta del elemento(s) conectado(s) y el área bruta del miembro. Esta disposición no se aplica en secciones cerradas, tales como HSS, ni en planchas.

NOTA Para planchas de empalme apernadas  $A_e = A_n \leq 0,85 A_g$ , de acuerdo con Sección J4.1.

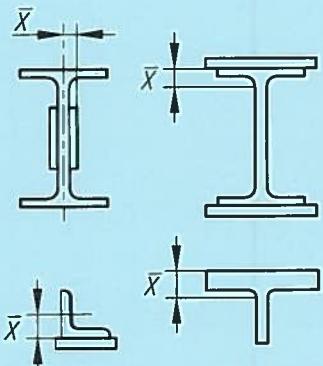
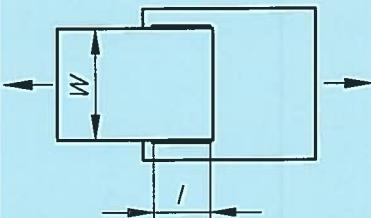
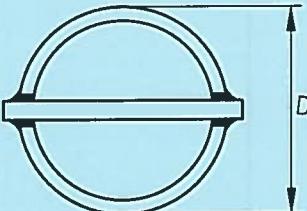
### D.4 Miembros armados

Los límites para el espaciamiento longitudinal de conectores entre elementos en contacto continuo consistentes en una plancha y un perfil o dos planchas, se definen en la Sección J3.5.

Tanto las planchas de refuerzo perforadas como las planchas aisladas están permitidas para ser utilizados en los lados abiertos de miembros armados en tracción. Las planchas aisladas deben tener una longitud no menor que dos tercios de la distancia entre las líneas de soldadura o conectores a los componentes del miembro. El espesor de tales planchas aisladas no debe ser menor que un cincuentavo de la distancia entre éstas líneas. El espaciamiento longitudinal de soldaduras o conectores intermitentes en planchas de asiento no debe exceder de 150 mm.

NOTA El espaciamiento longitudinal de conectores entre componentes, de preferencia, deben limitar la razón de esbeltez en cualquier componente entre conectores al valor de 300.

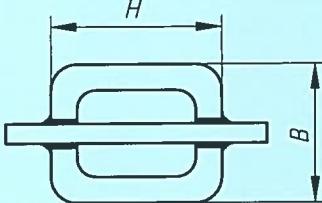
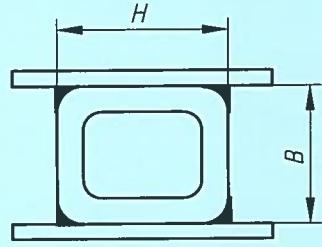
Tabla D3.1 – Factor de corte diferido para conexiones de miembros en tracción

Caso	Descripción del miembro	Factor de corte diferido, U	Ejemplo
1	Todos los miembros en tracción donde la carga es transmitida directamente a cada uno de los elementos de la sección por conectores o soldaduras (excepto en los Casos 3, 4, 5 y 6)	$U = 1,0$	-
2	Todos los miembros en tracción, excepto las planchas y tubos, donde la carga es transmitida por sólo algunos de los elementos de la sección por conectores o soldaduras (Alternativamente, el Caso 7 puede ser utilizado para perfiles W, M, S y HP)	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$	
3	Todos los miembros en tracción donde la carga es transmitida por soldaduras transversales a sólo algunos elementos de la sección	$U = 1,0$ y $A_n =$ área de los elementos conectados directamente	-
4	Planchas donde la carga de tracción es transmitida solamente por soldaduras longitudinales	$l \geq 2w \dots U = 1,0$ $2w > l \geq 1,5w \dots U = 0,87$ $1,5w > l \geq w \dots U = 0,75$	
5	Tubos redondos con sólo una plancha gusset concéntrica	$l \geq 1,3D \dots U = 1,0$ $D \leq l < 1,3D \dots U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{D}{\pi}$	

(continúa)

NCh427/1:2016

Tabla D3.1 – Factor de corte diferido para conexiones de miembros en tracción (conclusión)

Caso	Descripción del miembro	Factor de corte diferido, U	Ejemplo
6	con sólo una plancha gusset concéntrica	$I \geq H \dots U = 1 - \frac{X}{I}$ $X = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + H)}$	
	con dos placas gusset concéntricas	$I \geq H \dots U = 1 - \frac{X}{I}$ $X = \frac{B^2}{4(B + H)}$	
7	Perfiles W, M, S o HP, o T cortadas a partir de estos perfiles (Si U es calculado según Caso 2, se permite utilizar el mayor valor)	$b_f \geq 2/3d \dots U = 0,90$ $b_f < 2/3d \dots U = 0,85$	-
	con alma conectada con cuatro o más conectores en la dirección de carga	$U = 0,70$	-
8	Ángulos simples (Si U es calculado según Caso 2, se permite utilizar el mayor valor)	$U = 0,80$	-
	con dos o tres conectores por línea en la dirección de carga	$U = 0,60$	-

*I* = longitud de conexión, mm; *w* = ancho plancha, mm; *X* = excentricidad de conexión, mm; *B* = ancho total del tubo rectangular, medido a 90° con respecto al plano de conexión, mm; *H* = altura total del tubo rectangular, medido en el plano de conexión, mm.

## D.5 Miembros conectados por pasadores

### 1. Resistencia a la tracción

La resistencia de diseño en tracción,  $\phi_t P_n$ , y la resistencia admisible en tracción,  $P_n/\Omega_t$ , de miembros conectados por pasadores, debe ser el menor valor determinado de acuerdo con los estados límites de rotura en tracción, rotura en corte, aplastamiento, y fluencia.

a) Para rotura en tracción en el área neta efectiva será:

$$P_n = F_u (2tb_e) \quad (\text{D5-1})$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (LRFD)}; \Omega_t = 2,00 \text{ (ASD)}$$

- b) Para rotura en corte en el área efectiva:

$$P_n = 0,6 F_u A_{sf} \quad (\text{D5-2})$$

$\phi_{st} = 0,75$  (LRFD);  $\Omega_{st} = 2,00$  (ASD)

en que:

$A_{sf}$  = área de la superficie de falla por corte =  $2t(a + d/2)$ , expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ );

$a$  = distancia más corta desde el borde de la perforación del pasador hasta el borde del miembro medido paralelamente a la dirección de la fuerza, expresada en milímetros (mm);

$b_e$  =  $2t + 16$ , mm, pero no más que la distancia actual entre el borde de la perforación y el borde de la parte medida en la dirección normal a la fuerza aplicada, expresada en milímetros (mm);

$d$  = diámetro del pasador, expresado en milímetros (mm);

$t$  = espesor de la plancha, expresado en milímetros (mm).

- c) Para aplastamiento en el área proyectada del pasador, ver Sección J7.

- d) Para fluencia en la sección bruta, usar Sección D2 a).

## 2. Requisitos dimensionales

La perforación del pasador debe estar localizada a media distancia entre los bordes del miembro en la dirección normal a la fuerza aplicada. Cuando se espera que el pasador permita el movimiento relativo entre las partes conectadas bajo máxima carga, el diámetro de la perforación del pasador no debe ser 1 mm más grande que el diámetro del pasador.

El ancho de la plancha donde se encuentra la perforación del pasador no debe ser menor que  $2b_e + d$ . La mínima extensión,  $a$ , más allá del extremo sometido a aplastamiento de la perforación del pasador, paralelo al eje del miembro, no debe ser menor que  $1,33 b_e$ .

Las esquinas más allá de la perforación del pasador se permiten cortar en  $45^\circ$  al eje del miembro, siempre que el área neta más allá de la perforación del pasador, en un plano perpendicular al corte, no sea menor que la requerida más allá de la perforación del pasador paralelo al eje del miembro.

## D.6 Bielas

### 1. Resistencia a la tracción

La resistencia disponible en tracción de bielas debe ser determinada de acuerdo con la Sección D2, con  $A_g$  tomado como el área de la sección del cuerpo.

Para propósitos de cálculo, el ancho del cuerpo de las bielas no debe exceder ocho veces su espesor.

NCh427/1:2016

## 2. Requisitos dimensionales

Las bielas deben ser de espesor uniforme, sin refuerzo en las perforaciones de pasadores, y con una cabeza circular con la periferia concéntrica a la perforación del pasador.

El radio de transición entre la cabeza circular y el cuerpo de la biela no debe ser menor que el diámetro de la cabeza.

El diámetro del pasador no debe ser menor que siete octavos del ancho del cuerpo de la biela, y el diámetro de la perforación del pasador no debe ser más de 1 mm mayor que el diámetro del pasador.

Para aceros que poseen  $F_y$  mayores que 485 MPa, el diámetro de la perforación no debe exceder cinco veces el espesor de plancha, y el ancho del cuerpo de la biela debe ser reducido de acuerdo con esto.

Un espesor de menos de 13 mm es permitido solamente si son provistas tuercas externas apretadas con un pasador y planchas de relleno que generen un contacto ajustado. El ancho desde el borde de la perforación hasta el borde de la plancha perpendicular a la dirección de la carga aplicada debe ser mayor que dos tercios del ancho de la biela, y, para propósitos de cálculo, no mayor que tres cuartos del ancho de la biela.

## Capítulo E: Diseño de miembros en compresión

Este capítulo abarca el diseño de miembros solicitados a compresión axial aplicada en el eje centroidal.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

E.1 Disposiciones generales

E.2 Longitud efectiva

E.3 Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos

E.4 Pandeo torsional y flexo-torsional para miembros sin elementos esbeltos

E.5 Compresión de ángulos simples

E.6 Miembros armados

E.7 Miembros con elementos esbeltos

NOTA Para miembros que no se incluyen en este capítulo, las siguientes secciones aplican:

H1- H2 Miembros solicitados a combinación de compresión axial y flexión.

H3 Miembros solicitados a compresión axial y torsión.

I2 Miembros compuestos cargados axialmente

J4.4 Resistencia de compresión de elementos de conexión.

### E.1 Disposiciones generales

La resistencia de diseño en compresión,  $\phi_c P_n$ , o la resistencia admisible en compresión,  $P_n/\Omega_c$ , deben ser determinadas de la siguiente manera.

La resistencia de compresión nominal,  $P_n$ , es el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites que aplican: pandeo por flexión, pandeo torsional, y pandeo flexo-torsional.

$$\phi_c = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_c = 1,67 \text{ (ASD)}$$

NCh427/1:2016

Tabla NOTA E1.1 – Aplicaciones de las Secciones del Capítulo E

Sección transversal	Sin elementos esbeltos		Con elementos esbeltos	
	Secciones en Capítulo E	Estados límites	Secciones en Capítulo E	Estados límites
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E6 E3 E4	FB FTB	E6 E7	LB FB FTB
	E5		E5	
	E3	FB	N/A	N/A
Secciones asimétricas, distintas de ángulos simples	E4	FTB	E7	LB FTB
FB = pandeo por flexión, TB = pandeo torsional, FTB = pandeo flexotorsional, LB = pandeo local				

## E.2 Longitud efectiva

Para el cálculo de la esbeltez del miembro,  $KL/r$ , el factor de longitud efectiva,  $K$ , debe ser determinado de acuerdo con Capítulo C o Anexo 7,

en que:

$L$  = longitud no arriostrada lateralmente del miembro, expresada en milímetros (mm);

$r$  = radio de giro, expresado en milímetros (mm).

Para miembros diseñados en compresión, la razón de esbeltez  $KL/r$  no será mayor que 200.

## E.3 Pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos

Esta sección aplica para miembros solicitados en compresión con secciones compactas y no compactas, como se define en Sección B4.1 para elementos en compresión uniforme.

**NOTA** Cuando la longitud torsional no arriostrada es mayor que la longitud lateral no arriostrada, esta sección puede controlar el diseño de columnas de ala ancha y formas similares.

La resistencia de compresión nominal,  $P_n$ , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (\text{E3-1})$$

La tensión crítica de pandeo por flexión,  $F_{cr}$ , se determina como sigue:

a) Cuando  $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (o  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$ )

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{E3-2})$$

b) Cuando  $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (o  $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$ )

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (\text{E3-3})$$

en que:

$F_e$  = tensión de pandeo elástico determinada de acuerdo con Ecuación E3-4, o según lo especificado en Anexo 7, Sección 7.2.3 (b), o de acuerdo con un análisis de pandeo elástico, cuando es aplicable, expresada en megapascales (MPa).

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (\text{E3-4})$$

**NOTA** Las dos desigualdades para calcular los límites y aplicabilidad de Secciones E3 (a) y E3 (b), una basada en  $KL/r$  y la otra basada en  $F_y/F_e$ , dan los mismos resultados.

## E.4 Pandeo torsional y flexo-torsional de miembros sin elementos esbeltos

Esta sección se aplica a miembros con simetría simple y asimétricos y ciertos miembros con simetría doble, tales como columnas cruciformes o armadas, sin elementos esbeltos, como se define en la Sección B4.1 para elementos solicitados en compresión uniforme. Adicionalmente, esta sección se aplica a todos aquellos miembros doblemente simétricos sin elementos esbeltos, cuando la longitud no arriostrada torsional excede la longitud lateral no arriostrada. Estas disposiciones se aplican a ángulos simples, en los cuales  $b/t > 20$ .

La resistencia nominal a compresión,  $P_n$ , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexo-torsión y torsión, de la manera siguiente:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (\text{E4-1})$$

La tensión crítica,  $F_{cr}$ , se determina como se indica a continuación:

- a) Para miembros comprimidos de secciones doble ángulo y T:

$$F_{cr} = \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (\text{E4-2})$$

Donde  $F_{cry}$  se toma como  $F_{cr}$  en Ecuación E3-2 o E3-3, para pandeo por flexión en torno al eje "y" de simetría, y  $\frac{KL}{r} = \frac{K_y L}{r_y}$  para miembros comprimidos de sección T y  $\frac{KL}{r} = \left( \frac{KL}{r} \right)_m$  de Sección E6 para miembros comprimidos formados de ángulos dobles, y

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g \bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-3})$$

- b) Para todos los otros casos,  $F_{cr}$  debe ser determinado de acuerdo con Ecuación E3-2 o E3-3, usando la tensión de pandeo elástico torsional o flexo-torsional,  $F_e$ , determinado de la siguiente manera:

- i) Para miembros con simetría doble:

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{E4-4})$$

- ii) Para miembros con simetría simple donde "y" es el eje de simetría:

$$F_e = \left( \frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (\text{E4-5})$$

- iii) Para miembros asimétricos,  $F_e$  es la menor raíz de la ecuación cúbica:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_o}{\bar{r}_o}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_o}{\bar{r}_o}\right)^2 = 0 \quad (\text{E4-6})$$

en que:

$A_g$  = área bruta de miembro, mm<sup>2</sup>;

$C_w$  = constante de alabeo, mm<sup>6</sup>;

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x L}{r_x}\right)^2} \quad (\text{E4-7})$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_y L}{r_y}\right)^2} \quad (\text{E4-8})$$

$$F_{ez} = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{A_g \bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-9})$$

$G$  = módulo elástico de corte del acero = 77 200 MPa

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \quad (\text{E4-10})$$

$I_x, I_y$  = momento de inercia en torno de los ejes principales, mm<sup>4</sup>;

$J$  = constante torsional, mm<sup>4</sup>;

$K_x$  = factor de longitud efectiva para pandeo por flexión en torno al eje x;

$K_y$  = factor de longitud efectiva para pandeo por flexión en torno al eje y;

$K_z$  = factor de longitud efectiva para pandeo torsional;

$\bar{r}_o$  = radio de giro polar en torno al centro de corte, mm;

$$\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (\text{E4-11})$$

$r_x$  = radio de giro en torno al eje x, mm;

$r_y$  = radio de giro en torno al eje y, mm;

$x_o, y_o$  = coordenadas del centro de corte con respecto al centroide, mm.

**NOTA** Para secciones I con simetría doble,  $C_w$  puede tomarse como  $I_y h_o^2 / 4$ , donde  $h_o$  es la distancia entre centroides de alas, en lugar de realizar un análisis más preciso. Para secciones T y doble ángulos, se omite el término con  $C_w$  cuando se calcula  $F_{ez}$  y se toma  $x_o$  como 0.

## E.5 Miembros de ángulos simples en compresión

La resistencia nominal de compresión,  $P_n$ , para ángulos simples debe ser determinada de acuerdo con la Sección E3 o Sección E7, la que corresponda, para miembros cargados axialmente. En ángulos simples con  $b/t > 20$ , se debe de usar la Sección E4. Miembros que cumplen el criterio impuesto en Secciones E5(a) o E5(b) pueden ser diseñados como miembros cargados axialmente usando la razón de esbeltez efectiva especificada,  $KL/r$ .

NCh427/1:2016

Los efectos de la excentricidad en ángulos simples pueden ser despreciados cuando los miembros son calificados como elementos en compresión cargados axialmente y se usa una de las razones de esbeltez efectivas especificadas en las Secciones E5(a) o E5(b), las que deben cumplir las disposiciones siguientes:

- 1) Miembros comprimidos, cargados a través de la misma ala en sus extremos;
- 2) Miembros conectados por soldadura o por conexiones con un mínimo de dos pernos; y
- 3) No existen cargas transversales intermedias.

Ángulos simples con condiciones distintas en los extremos de las descritas en E5(a) o E5(b), con una relación entre el ancho del ala más larga y el ancho del ala más corta mayor a 1,7, o con cargas transversales deben ser evaluados usando las disposiciones de Capítulo H sobre flexión combinada con carga axial.

- a) Para ángulos con alas iguales o alas desiguales conectados en el ala más larga, que son miembros individuales o almas de enrejados planos con miembros adyacentes del alma, conectada al mismo lado de la plancha de conexión o cordón:

i) Cuando  $\frac{L}{r_x} \leq 80$ :

$$\frac{KL}{r} = 72 + 0,75 \frac{L}{r_x} \quad (\text{E5-1})$$

ii) Cuando  $\frac{L}{r_x} > 80$ :

$$\frac{KL}{r} = 32 + 1,25 \frac{L}{r_x} \leq 200 \quad (\text{E5-2})$$

Para ángulos con alas desiguales y razón de longitud de ala, menor que 1,7 y que están conectados a través del ala corta,  $KL/r$  de las Ecuaciones E5-1 y E5-2 debe ser aumentados agregando  $4[(b/b_s)^2 - 1]$ , pero  $KL/r$  de los miembros no debe ser menor que  $0,95 L/r_z$ .

- b) Para ángulos de alas iguales o alas desiguales conectadas a través del ala más larga, que son alma de secciones cajón o enrejados espaciales con miembros adyacentes de alma conectada al mismo lado de la plancha de conexión o cordón:

i) Cuando  $\frac{L}{r_x} \leq 75$ :

$$\frac{KL}{r} = 60 + 0,80 \frac{L}{r_x} \quad (\text{E5-3})$$

ii) Cuando  $\frac{L}{r_x} > 75$ :

$$\frac{KL}{r} = 45 + \frac{L}{r_x} \leq 200 \quad (\text{E5-4})$$

Para ángulos con alas desiguales y razón de longitudes de alas menor que 1,7, conectadas a través del ala corta,  $KL/r$  de Ecuaciones E5-3 y E5-4 debe ser aumentados en  $6[(b/b_s)^2 - 1]$ , pero  $KL/r$  de los miembros no debe ser menor que  $0,82 L/r_z$ .

en que:

- $L$  = longitud del miembro entre puntos de trabajo de la cuerda del enrejado, expresada en milímetros (mm);
- $b_l$  = longitud del ala larga del ángulo, expresada en milímetros (mm);
- $b_s$  = longitud del ala corta del ángulo, expresada en milímetros (mm);
- $r_x$  = radio de giro en torno del eje geométrico paralelo al ala conectada, expresado en milímetros (mm);
- $r_z$  = radio de giro para el menor eje principal, expresado en milímetros (mm).

## E.6 Miembros armados

### 1. Resistencia a compresión

Esta sección aplica a los miembros constituidos por dos secciones que pueden ser:

- secciones interconectadas por pernos o soldadura; o
- secciones con por lo menos un lado abierto interconectado por planchas de refuerzo perforadas o enlaces con plancha de asiento. Las conexiones en los extremos deben ser soldadas o con pernos pretensionados contra superficies de contacto Clase A o B.

**NOTA** Es aceptable diseñar una conexión apernada en los extremos de un miembro armado sometido a compresión para el total de la carga de compresión con pernos de aplastamiento y el diseño de pernos basado en la resistencia al corte, sin embargo, los pernos deben estar pretensionados. En miembros armados en compresión, tales como puntales doble-ángulo en enrejados, un pequeño deslizamiento relativo entre los elementos especialmente en las conexiones de los extremos, puede incrementar la longitud efectiva de la sección transversal combinada a la que presentan los elementos individuales y con ello, reducir significativamente la resistencia a compresión del puntal. De acuerdo con esto, la conexión entre los elementos en los extremos de los miembros armados debe ser diseñada para resistir el deslizamiento.

La resistencia nominal a compresión de miembros armados compuestos por dos secciones interconectadas mediante pernos o soldaduras, debe ser determinada de acuerdo con Secciones E3, E4 o E7 sujeto a las siguientes modificaciones. En vez de realizar un análisis más preciso, si el modo de pandeo involucra deformaciones relativas que producen fuerzas de corte en los conectores entre secciones individuales,  $KL/r$  debe ser reemplazado por  $(KL/r)_m$  determinado de la siguiente manera:

- Para conectores intermedios que son pernos de apriete ajustado:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E6-1})$$

NCh427/1:2016

b) Para conectores intermedios soldados o con pernos pretensionados:

i) Cuando  $\frac{a}{r_i} \leq 40$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \left(\frac{KL}{r}\right)_o \quad (\text{E6-2a})$$

ii) Cuando  $\frac{a}{r_i} > 40$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{K_i a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E6-2b})$$

en que:

$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$  = esbeltez modificada para el miembro armado;

$\left(\frac{KL}{r}\right)_o$  = esbeltez del miembro armado actuando como una unidad en la dirección de pandeo considerado;

$K_i$  = 0,50 para ángulos espalda-espalda;

= 0,75 para canales espalda-espalda;

= 0,86 para todos los otros casos;

$a$  = distancia entre conectores, expresada en milímetros (mm);

$r_i$  = radio de giro mínimo del componente individual, expresado en milímetros (mm).

## 2. Requerimientos dimensionales

Los componentes individuales de miembros en compresión compuestos de dos o más secciones deben ser conectadas a intervalos,  $a$ , de manera tal que la esbeltez efectiva  $Ka/r_i$  de cada sección componente, entre los conectores, no debe exceder 3/4 veces la esbeltez global del miembro armado. El radio de giro menor,  $r_i$ , debe ser usado en el cálculo de la razón de esbeltez de cada parte componente.

En los extremos de miembros armados en compresión, apoyados en placas base o superficies rectificadas (cepilladas), todos los componentes en contacto uno con otro deben estar conectados por soldadura cuya longitud no sea menor que el ancho máximo del miembro o por pernos espaciados longitudinalmente no más allá de cuatro diámetros en una distancia igual a 1½ veces el ancho máximo del miembro.

La separación longitudinal para soldaduras intermedias o pernos, a lo largo del miembro armado en compresión, entre las conexiones extremas requeridas anteriormente, deben ser suficientes para producir la transferencia de la fuerza resistente requerida. Para los límites de separación longitudinal entre conectores de elementos en contacto continuo, consistentes en una plancha y un perfil o dos planchas, ver Sección J3.5. Cuando un componente de un miembro armado en compresión consiste en una plancha externa, el máximo espaciamiento no debe exceder el producto del espesor de la plancha externa más delgada por  $0,75\sqrt{E/F_y}$ , 305 mm, cuando se dispone soldadura intermitente

a lo largo de bordes de los componentes o bien conectores en todos los ejes de gramiles en cada sección. Cuando los conectores están alternados, el máximo espaciamiento de cada eje de gramiles no debe exceder el producto del espesor de la plancha externa más delgada por  $1,12\sqrt{E/F_y}$ , ni 460 mm.

Los lados abiertos de miembros en compresión armados con planchas o perfiles deben tener planchas de conexión perforadas con una sucesión de perforaciones de acceso. Se supone que el ancho no soportado de dichas planchas con perforaciones de acceso, como se define en la Sección B4.1, contribuye a la resistencia disponible solo si los siguientes requerimientos se cumplen:

- 1) La razón ancho/espesor debe satisfacer las limitaciones de la Sección B4.1.

NOTA Es conservador usar la razón ancho/espesor límite para el Caso 7 en la Tabla B4.1(a) con un ancho,  $b$ , tomado como la distancia transversal entre la línea de conectores más cercana. El área neta de la plancha se mide en el agujero más ancho. En vez de esta metodología, la razón ancho/espesor límite puede ser determinada mediante un análisis.

- 2) La razón entre longitud (en dirección del esfuerzo) y ancho de la perforación no debe exceder a 2.
- 3) La distancia libre entre perforaciones en la dirección del esfuerzo no debe ser menor que la distancia transversal entre líneas próximas de conectores o soldaduras.
- 4) La periferia de las perforaciones en todos los puntos debe tener un radio mínimo de 38 mm.

Como alternativa a las planchas de conexión perforadas, cuando se interrumpe el enlace, se permiten enlaces con diagonales planchas en cada extremo y en puntos intermedios. Las planchas de asiento deben quedar tan cercas de los extremos como la práctica lo permita. En miembros que tengan suficiente resistencia disponible, las planchas de asiento extremos deben tener una longitud no menor que la distancia entre líneas de conectores o soldaduras que conectan a los componentes del miembro. Planchas de asiento intermedias deben tener una longitud no menor que un medio de esta distancia. El espesor de las planchas de asiento debe ser no inferior a un quinto de la distancia entre líneas de soldadura o conectores que conectan a los segmentos de los miembros. En construcción soldada, la soldadura de cada línea que conecta la plancha de asiento debe totalizar no menos que un tercio de la longitud de plancha. En construcción apernada, el espaciamiento en la dirección de esfuerzo en planchas de asiento deben ser no mayores que seis diámetros y las planchas de asiento deben estar conectadas a cada segmento por lo menos con tres conectores.

Enlaces mediante barras planas, ángulos, canales, u otro perfil, deben estar espaciado de manera tal que la razón  $L/r$  del ala incluida entre sus conectores no debe exceder tres cuartas veces la razón de esbeltez que controla el diseño del miembro como un todo. Se debe proveer enlaces para dar resistencia al corte normal al eje del miembro igual a 2% de la resistencia a compresión disponible del miembro. La razón  $L/r$  para barras de enlace dispuestas en sistemas individuales no debe exceder 140. Para enlaces dobles esta razón no debe exceder 200. Barras de enlace doble deben estar unidas en sus intersecciones. Para barras de enlace en compresión,  $L$  se puede tomar como la longitud sin soporte de la barra de enlace entre soldaduras o conectores que las conectan a los componentes del miembro armado para enlaces simples, y un 70% de esa distancia para enlaces dobles.

NOTA La inclinación de barras de enlace al eje del miembro debe preferiblemente no ser inferior a  $60^\circ$  para enlaces simples y a  $45^\circ$  para enlaces dobles. Cuando la distancia entre las líneas de soldaduras o conectores en las alas es más de 380 mm, el enlace debe preferiblemente duplicarse o ser hecho mediante ángulos.

Para requerimientos de espaciamiento adicional, ver Sección J3.5.

NCh427/1:2016

## E.7 Miembros con elementos esbeltos

Esta sección aplica para miembros solicitados en compresión con elementos esbeltos, como se define en la Sección B4.1 para elementos en compresión uniforme.

La resistencia de compresión nominal,  $P_n$ , debe ser determinada basada en el menor valor de los estados límites aplicables de pandeo por flexión, torsional o flexo-torsional.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (\text{E7-1})$$

a) Cuando  $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$  (o  $\frac{QF_y}{F_e} \leq 2,25$ )

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{E7-2})$$

b) Cuando  $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$  (o  $\frac{QF_y}{F_e} \geq 2,25$ )

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (\text{E7-3})$$

en que:

$F_e$  = tensión de pandeo elástico, calculada usando Ecuaciones E3-4 y E4-4 para miembros con simetría doble, Ecuaciones E3-4 y E4-5 para miembros con simetría simple, y Ecuación E4-6 para miembros asimétricos, excepto para ángulos simples en que  $b/t \leq 20$ , donde  $F_e$  se calcula usando Ecuación E3-4, MPa;

$Q$  = factor de reducción neto que toma en cuenta todos los elementos esbeltos en compresión;

= 1,0 para miembros sin elementos esbeltos, como se define en Sección B4.1, para elementos en compresión uniforme;

=  $Q_s Q_a$  para miembros con secciones de elementos esbeltos, como se define en Sección B4.1, para elementos en compresión uniforme.

NOTA Para secciones conformadas solamente por elementos esbeltos no atiesados,  $Q = Q_s$  ( $Q_a = 1,0$ ). Para secciones conformadas solamente por elementos esbeltos atiesados,  $Q = Q_a$  ( $Q_s = 1,0$ ). Para secciones conformadas por ambos elementos esbeltos no atiesados y atiesados,  $Q = Q_s Q_a$ . Para secciones transversales conformadas de múltiples elementos esbeltos no atiesados, es conservador el usar el menor  $Q$ , del elemento más esbelto para determinar la resistencia del miembro en compresión pura.

### 1. Elementos esbeltos no atiesados, $Q_s$

El factor de reducción  $Q_s$  para elementos esbeltos no atiesados se define a continuación:

a) Para alas, ángulos, y planchas proyectadas de columnas laminadas u otro miembro en compresión:

i) Cuando  $\frac{b}{t} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ :

$$Q_s = 1,0 \quad (\text{E7-4})$$

ii) Cuando  $0,56\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,415 - 0,74\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (\text{E7-5})$$

iii) Cuando  $\frac{b}{t} \geq 1,03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = \frac{0,69E}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (\text{E7-6})$$

b) Para alas, ángulos, y planchas proyectadas de columnas I armadas u otros miembros en compresión:

i) Cuando  $\frac{b}{t} \leq 0,64\sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,0 \quad (\text{E7-7})$$

ii) Cuando  $0,64\sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 1,17\sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,415 - 0,65\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{\frac{F_y}{Ek_c}} \quad (\text{E7-8})$$

iii) Cuando  $\frac{b}{t} > 1,17\sqrt{\frac{Ek_c}{F_y}}$  :

$$Q_s = \frac{0,90Ek_c}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (\text{E7-9})$$

en que:

$b$  = ancho del elemento no atiesado en compresión, de acuerdo a lo indicado en la Sección B4.1, expresado en milímetros (mm);

$k_c$  =  $\frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ , y para efectos de cálculo se debe tomar no menor que 0,35 ni mayor que 0,76;

$t$  = espesor del elemento, expresado en milímetros (mm).

c) Para ángulos simples:

i) Cuando  $\frac{b}{t} \leq 0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ :

$$Q_s = 1,0 \quad (\text{E7-10})$$

NCh427/1:2016

ii) Cuando  $0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,34 - 0,76\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (\text{E7-11})$$

iii) Cuando  $\frac{b}{t} > 0,91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = \frac{0,53E}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (\text{E7-12})$$

en que:

$b$  = ancho completo del ala mayor, expresado en milímetros (mm).

d) Para alma de secciones T:

i) Cuando  $\frac{d}{t} \leq 0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,0 \quad (\text{E7-13})$$

ii) Cuando  $0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t} \leq 1,03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  :

$$Q_s = 1,908 - 1,22\left(\frac{d}{t}\right)\sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (\text{E7-14})$$

iii) Cuando  $\frac{d}{t} > 1,03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$Q_s = \frac{0,69E}{F_y\left(\frac{d}{t}\right)^2} \quad (\text{E7-15})$$

en que:

$d$  = altura nominal completa de la sección T, expresado en milímetros (mm).

## 2. Elementos esbeltos atiesados, $Q_a$

El factor de reducción,  $Q_a$ , para elementos esbeltos atiesados se define a continuación:

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} \quad (\text{E7-16})$$

en que:

$A_g$  = área bruta total del miembro, expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ );

$A_e$  = suma de las áreas efectivas de las secciones basadas en el ancho efectivo reducido,  $b_e$ , expresada en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).

El ancho efectivo reducido,  $b_e$ , se determina de la manera siguiente:

- a) Para elementos esbeltos en compresión uniforme, con  $\frac{b}{t} \geq 1,49\sqrt{\frac{E}{f}}$ , excepto para alas de tubos HSS cuadrados y rectangulares de espesor uniforme:

$$b_e = 1,92t\sqrt{\frac{E}{f}} \left[ 1 - \frac{0,34}{(b/t)}\sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (\text{E7-17})$$

en que:

$f$  se toma como  $F_{cr}$  con  $F_{cr}$  calculada con  $Q = 1,0$ .

- b) Para alas de elementos esbeltos de tubos HSS cuadrados y rectangulares en compresión uniforme con  $\frac{b}{t} \geq 1,40\sqrt{\frac{E}{f}}$

$$b_e = 1,92t\sqrt{\frac{E}{f}} \left[ 1 - \frac{0,38}{(b/t)}\sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (\text{E7-18})$$

en que:

$$f = P_n/A_e$$

NOTA En vez de calcular  $f = P_n/A_e$ , que requiere iteración,  $f$  puede ser tomada igual a  $F_y$ . Esto resulta en una estimación levemente conservadora en la capacidad de la columna.

- c) Para tubos circulares cargados axialmente, cuando  $0,11\frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} < 0,45\frac{E}{F_y}$ :

$$Q = Q_a = \frac{0,038E}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \quad (\text{E7-19})$$

en que:

$D$  = diámetro exterior, expresado en milímetros (mm);

$t$  = espesor de pared, expresado en milímetros (mm).

NCh427/1:2016

## Capítulo F: Diseño de miembros en flexión

Este capítulo abarca el diseño de miembros solicitados por flexión simple en torno a un eje principal. Para flexión simple, el miembro es cargado en un plano paralelo al eje principal que pasa a través del centro de corte o está restringido al giro en los puntos de carga y los apoyos.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

- F.1 Disposiciones generales
- F.2 Miembros compactos de Sección I de simetría doble y canales flectados en torno a su eje mayor
- F.3 Miembros de Sección I de simetría doble con almas compactas y alas no compactas o esbeltas flectados en torno a su eje mayor
- F.4 Otros Miembros de Sección I con almas compactas o no compactas flectados en torno a su eje mayor
- F.5 Miembros de Sección I de simetría doble y simple con almas esbeltas flexionados en torno a su eje mayor
- F.6 Miembros de Sección I y cales flexionados en torno a su eje menor
- F.7 Perfiles tubulares HSS cuadrados y rectangulares y perfiles cajón
- F.8 Perfiles tubulares HSS circulares
- F.9 Secciones T y ángulos dobles cargados en el plano de simetría
- F.10 Ángulos simples
- F.11 Barras rectangulares y redondas
- F.12 Secciones asimétricas
- F.13 Proporcionales de vigas

NOTA Para los casos que no se incluyen en este capítulo, las siguientes secciones aplican:

Capítulo G Disposiciones de diseño al corte.

H1-H3 Miembros solicitados por flexión biaxial o por combinación de flexión y carga axial.

H3 Miembros solicitados por flexión y torsión.

Anexo 3 Miembros solicitados por fatiga.

Como guía para la determinación de la sección apropiada aplicando de este capítulo, se puede usar Tabla, Nota F1.1.

Tabla NOTA F1.1 –Tabla de selección para la aplicación de las Secciones del Capítulo F

Sección en Capítulo F	Sección	Esbeltez ala	Esbeltez alma	Estados límites
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFY
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFY
F6		C, NC, S	N/A	Y, FLB
F7		C, NC, S	C, NC	Y, FLB, WLB
F8		N/A	N/A	Y, LB
F9		C, NC, S	N/A	Y, LTB, FLB
F10		N/A	N/A	Y, LTB, LLB
F11		N/A	N/A	Y, LTB
F12	Perfiles asimétricos diferentes de ángulos simples	N/A	N/A	Todos

Y = fluencia, LTB = pandeo lateral-torsional, FLB = pandeo local ala, WLB = pandeo local alma, TFY = fluencia ala traccionada, LLB = pandeo local ala, LB = pandeo local, C = compacto, NC = no-compacto, S = esbelto.

## F.1 Disposiciones generales

La resistencia de diseño en flexión,  $\phi_b M_n$ , o la resistencia admisible en flexión,  $M_n/\Omega_b$ , deben ser determinados de la siguiente manera:

- 1) Para todas las disposiciones del capítulo:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

y la resistencia de flexión nominal,  $M_n$ , debe ser determinada de acuerdo con las Secciones F2 hasta F13.

- 2) Las disposiciones en este capítulo están basadas en la suposición de que los puntos de apoyo de vigas están restringidos contra la rotación en torno al eje longitudinal (volcamiento).
- 3) Para miembros con simetría simple con curvatura simple y todos los elementos doblemente simétricos:

$C_b$  = el factor de modificación por pandeo lateral-torsional para diagramas de momento no uniformes cuando ambos extremos del segmento no arriostrado están restringidos a volcamiento.

$$C_b = \frac{12,5M_{\max.}}{2,5M_{\max.} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (\text{F1-1})$$

en que:

$M_{\max.}$  = valor absoluto del máximo momento en el segmento no arriostrado, N-mm;

$M_A$  = valor absoluto del momento en el primer cuarto de la longitud del tramo no arriostrado, N-mm;

$M_B$  = valor absoluto del momento en el centro de la longitud del tramo no arriostrado, N-mm;

$M_C$  = valor absoluto del momento en tercer cuarto de la longitud del tramo no arriostrado, N-mm;

Para voladizos o extremos colgados donde el extremo libre no está arriostrado,  $C_b = 1,0$ .

NOTA Para miembros con simetría doble y sin cargas transversales entre puntos de arriostramiento, la Ecuación F1-1 se reduce a 1,0 para el caso de momentos extremos iguales del mismo signo (momento uniforme), 2,27 para el caso de momentos extremos iguales de signo opuesto (*curvatura reversa* por flexión) y a 1,67 cuando uno de los momentos extremos es igual a cero. Para miembros con un eje de simetría, un análisis más detallado para  $C_b$  es presentado en el Comentario de AISC360-2010.

- 4) En miembros con simetría simple solicitados por flexión con curvatura simple, la resistencia de pandeo lateral-torsional debe ser verificada para ambas alas. La resistencia disponible de flexión debe ser mayor o igual que el máximo momento requerido que causa compresión del ala bajo consideración.

## F.2 Miembros compactos de Sección I de simetría doble y canales flectadas en torno a su eje mayor

Esta sección aplica a miembros de sección I con simetría doble y canales flexionados en torno a su eje mayor, teniendo almas compactas y alas compactas como se define en Sección B4.1 para flexión.

**NOTA** Todos los perfiles de uso común ASTM A6 W, S, M, C, y MC excepto W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8.5 y MC4x6 tienen alas compactas para  $F_y = 345$  MPa; todos los perfiles de uso común ASTM A6 W, S, M, HP, C, y MC tienen almas compactas para  $F_y \leq 450$  MPa.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo lateral-torsional.

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (\text{F2-1})$$

en que:

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada del tipo de acero utilizado, expresada en megapascales (MPa);

$Z_x$  = módulo plástico de la sección en torno al eje x, mm<sup>3</sup>.

### 2. Pandeo lateral-torsional

a) Cuando  $L_b \leq L_p$ , el estado límite de pandeo lateral-torsional no aplica.

b) Cuando  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{F2-2})$$

c) Cuando  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{F2-3})$$

en que:

$L_b$  = longitud entre puntos que están arriostrados contra desplazamientos laterales del ala comprimida, o arriostrados contra giro de la sección, expresada en milímetros (mm).

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{is}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{is}} \right)^2} \quad (\text{F2-4})$$

en que:

$E$  = módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa;

$J$  = constante torsional, mm<sup>4</sup>;

NCh427/1:2016

$S_x$  = módulo elástico de la sección en torno al eje x, mm<sup>3</sup>;

$h_o$  = distancia entre los centros de gravedad de las alas de la sección, mm.

NOTA El término raíz cuadrada en Ecuación F2-4 se puede tomar conservadoramente igual a 1,0.

NOTA Las Ecuaciones F2-3 y F2-4 proporcionan soluciones idénticas a la siguiente expresión para pandeo lateral torsional de secciones doblemente simétricas que ha sido presentada en ediciones pasadas de la Especificación AIS-C-LRFD:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w}$$

La ventaja de las fórmulas F2-3 y F2-4 reside en que la forma es muy similar a la expresión para pandeo lateral torsional de secciones de un eje de simetría entregada en ecuaciones F4-4 y F4-5.

Las longitudes límites  $L_p$  y  $L_r$  se determinan a continuación:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (F2-5)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (F2-6)$$

en que:

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (F2-7)$$

Y el coeficiente  $c$  se determina a continuación:

a) Para secciones I con simetría doble:  $c = 1$  (F2-8a)

b) Para canales:  $c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$  (F2-8b)

NOTA Para secciones I con doble simetría y alas rectangulares,  $C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$  y entonces Ecuación F2-7 se reduce a:

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x}$$

$r_{ts}$  puede ser aproximado conservadoramente como el radio de giro del ala en compresión más un sexto del alma:

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f}\right)}}$$

### F.3 Miembros de Sección I de simetría doble con almas compactas y alas no compactas o esbeltas flectados en torno a su eje mayor

Esta sección aplica a miembros de sección I con doble simetría flexionados en torno a su eje mayor, teniendo almas compactas y alas no compactas o esbeltas como se define en Sección B4.1 para flexión.

**NOTA** Los perfiles siguientes poseen alas no compactas para  $F_y = 345$  MPa: W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8.5 y M4x6. Todos los otros perfiles ASTM A6 W, S, M, y HP tienen alas compactas para  $F_y \leq 345$  MPa.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de pandeo lateral-torsional y pandeo local del ala en compresión.

#### 1. Pandeo lateral torsional

Se deben aplicar las disposiciones de Sección F2.2 para pandeo lateral-torsional.

#### 2. Pandeo local ala en compresión

##### a) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = \left[ M_p - (M_p - 0,7F_yS_x) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (\text{F3-1})$$

##### b) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = \frac{0,9Ek_cS_x}{\lambda^2} \quad (\text{F3-2})$$

en que:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f};$$

$\lambda_{pf}$  =  $\lambda_p$  esbeltez límite para ala compacta, Tabla B4.1b;

$\lambda_{rf}$  =  $\lambda_r$  esbeltez límite para ala no compacta, Tabla B4.1b;

$k_c$  =  $\frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ ; para propósitos de cálculo no se debe tomar menor que 0,35 ni mayor que 0,76;

$h$  = distancia definida en Sección B4.1b, mm.

### F.4 Otros miembros de Sección I con almas compactas o no compactas flectados en torno a su eje mayor

Esta sección aplica para: (a) miembros de sección I de simetría doble flexionados en torno a su eje mayor con almas no compactas; y (b) miembros de sección I con un eje de simetría cuyas almas están conectadas a la mitad del ancho de las alas, se encuentran flexionados en torno a su eje mayor, y presentan almas compactas o no compactas, como se define en Sección B4.1 para flexión.

**NOTA** Los miembros con Sección I para los que esta sección pueden ser diseñados conservadoramente usando la Sección F5.

NCh427/1:2016

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia del ala en compresión, pandeo lateral-torsional, pandeo local del ala en compresión, y fluencia del ala en tracción.

## 1. Fluencia del ala en compresión

$$M_n = R_{pc}M_{yc} = R_{pc}F_yS_{xc} \quad (\text{F4-1})$$

en que:

$M_{yc}$  = momento de fluencia en el ala en compresión, N-mm.

## 2. Pandeo lateral-torsional

- Cuando  $L_b \leq L_p$ , no aplica el estado límite de pandeo lateral-torsional
- Cuando  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ R_{pc}M_{yc} - (R_{pc}M_{yc} - F_L S_{xc}) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc}M_{yc} \quad (\text{F4-2})$$

- Cuando  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr}S_{xc} \leq R_{pc}M_{yc} \quad (\text{F4-3})$$

en que:

$$M_{yc} = F_y S_{xc} \quad (\text{F4-4})$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_t} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J}{S_{xc} h_o} \left( \frac{L_b}{r_t} \right)^2} \quad (\text{F4-5})$$

Para  $\frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0,23$ ,  $J$  se debe tomar como cero.

en que:

$I_{yc}$  = momento de inercia del ala en compresión en torno al eje y, mm<sup>4</sup>.

La tensión  $F_L$ , de ser determinada como sigue:

- Cuando  $\frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0,7$

$$F_L = 0,7 F_y \quad (\text{F4-6a})$$

- Cuando  $\frac{S_{xt}}{S_{xc}} < 0,7$

$$F_L = F_y \frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0,5 F_y \quad (\text{F4-6b})$$

La longitud no arriostrada para el estado límite de fluencia,  $L_p$ , debe ser determinada como:

$$L_p = 1,1r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{F4-7})$$

La longitud no arriostrada para el estado límite de pandeo inelástico lateral-torsional,  $L_r$ , debe ser determinada como:

$$L_r = 1,95r_t \sqrt{\frac{E}{S_{xch_o}}} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_{xch_o}}\right)^2 + 6,76\left(\frac{F_L}{E}\right)^2} \quad (\text{F4-8})$$

El factor de plastificación del alma,  $R_{pc}$ , debe ser determinado como:

i) Cuando  $I_{y0}/I_y > 0,23$

$$\text{a)} \quad \text{Cuando } \frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw}$$

$$R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{F4-9a})$$

$$\text{b)} \quad \text{Cuando } \frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw}$$

$$R_{pc} = \left[ \frac{M_p}{M_{yc}} - \left( \frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{F4-9b})$$

ii) Cuando  $I_{y0}/I_y \leq 0,23$

$$R_{pc} = 1,0 \quad (\text{F4-10})$$

en que:

$$M_p = F_y Z_x \leq 1,6 F_y S_{xc};$$

$S_{xc}, S_{xt}$  = módulo elástico de la sección referido al ala en compresión y tracción, respectivamente, mm<sup>3</sup>;

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w};$$

$\lambda_{pw}$  =  $\lambda_p$ , esbeltez límite para alma compacta, Tabla B4.1b;

$\lambda_{rw}$  =  $\lambda_r$ , esbeltez límite para alma no compacta, Tabla B4.1b;

$h_c$  = el doble de la distancia entre el centroide y alguno de los siguientes: la cara interna del ala en compresión menos el radio de filete o de esquina, para perfiles laminados; la línea más cercana de pernos en el ala en compresión o la cara interna del ala en compresión cuando se usan soldaduras, para secciones armadas, mm.

NCh427/1:2016

El radio de giro efectivo para pandeo lateral-torsional,  $r_t$ , se debe determinar de acuerdo con lo siguiente:

- i) Para secciones I con ala rectangular en compresión

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12\left(\frac{h_o}{d} + \frac{1}{6}a_w \frac{h^2}{h_o d}\right)}} \quad (\text{F4-11})$$

en que:

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \quad (\text{F4-12})$$

$b_{fc}$  = ancho del ala en compresión, mm;

$t_{fc}$  = espesor del ala en compresión, mm.

- ii) Para secciones I con canales o planchas de refuerzo fijadas al ala en compresión:

$r_t$  = radio de giro de los componentes de ala en compresión por flexión más un tercio del área del alma en compresión debido sólo a la aplicación de momento de flexión en torno al eje mayor, mm;

$a_w$  = la razón entre dos veces el área del alma en compresión debido solo a la aplicación de momento de flexión en torno al eje mayor y el área de los componentes del ala en compresión.

NOTA Para secciones I con alas rectangulares en compresión,  $r_t$  puede ser aproximado conservadoramente como el radio de giro del ala en compresión más un sexto de la porción en compresión del alma; en otras palabras:

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12\left(1 + \frac{1}{6}a_w\right)}} \quad (\text{F4-11})$$

### 3. Pandeo local de ala en compresión

- a) Para secciones con alas compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del ala en compresión.
- b) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = \left[ R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_x) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (\text{F4-13})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = \frac{0,9 E k_c S_{xc}}{\lambda^2} \quad (\text{F4-14})$$

en que:

$F_L$  = definido en Ecuaciones F4-6a y F4-6b;

$R_{pc}$  = factor de plastificación del alma, determinado por Ecuación F4-9;

$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$  y no se debe tomar menor que 0,35 ni mayor que 0,76 para propósitos de cálculo;

$$\lambda = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}};$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ , esbeltez límite para ala compacta, Tabla B4.1b;

$\lambda_{rf} = \lambda_r$ , esbeltez límite para ala no compacta, Tabla B4.1b;

#### 4. Fluencia del ala en tracción

- a) Cuando  $S_{xt} \geq S_{xc}$ , no aplica el estado límite de fluencia del ala en tracción.
- b) Cuando  $S_{xt} < S_{xc}$

$$M_n = R_{pt} M_{yt} \quad (\text{F4-15})$$

en que:

$$M_{yt} = F_y S_{xt}$$

El factor de plastificación del alma correspondiente al estado límite de fluencia del ala en tracción,  $R_{pt}$ , se determina como se indica a continuación:

- i) Cuando  $\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw}$

$$R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{F4-16a})$$

- ii) Cuando  $\frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw}$

$$R_{pt} = \left[ \frac{M_p}{M_{yt}} - \left( \frac{M_p}{M_{yt}} - 1 \right) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{F4-16b})$$

en que:

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w};$$

$\lambda_{pw} = \lambda_p$ , esbeltez límite para alma compacta, Tabla B4.1b;

$\lambda_{rw} = \lambda_r$ , esbeltez límite para alma no compacta, Tabla B4.1b.

NCh427/1:2016

## F.5 Miembros de Sección I de simetría doble y simple con almas esbeltas flectados en torno a su eje mayor

Esta sección aplica para miembros de sección I de simetría doble y simple con almas esbeltas conectadas a la mitad del ancho de alas y flexionados en torno a su eje mayor como se define en la Sección B4.1 para flexión.

La resistencia nominal a flexión nominal,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia del ala en compresión, pandeo lateral-torsional, pandeo local del ala en compresión, y fluencia del ala en tracción.

### 1. Fluencia del ala en compresión

$$M_n = R_{pg} F_y S_{xc} \quad (\text{F5-1})$$

### 2. Pandeo lateral-torsional

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} \quad (\text{F5-2})$$

- a) Cuando  $L_b \leq L_p$ , no aplica el estado límite de pandeo lateral-torsional
- b) Cuando  $L_p < L_b \leq L_r$

$$F_{cr} = C_b \left[ F_y - (0,3F_y) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq F_y \quad (\text{F5-3})$$

- c) Cuando  $L_b > L_r$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_t} \right)^2} \leq F_y \quad (\text{F5-4})$$

en que:

$$L_p = \text{se define por Ecuación F4-7.}$$

$$L_r = \pi r_t \sqrt{\frac{E}{0,7F_y}} \quad (\text{F5-5})$$

$R_{pg}$  factor de reducción de resistencia en flexión:

$$R_{pg} = 1 - \frac{a_w}{1200 + 300a_w} \left( \frac{h_c}{t_w} - 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{F5-6})$$

en que:

$$a_w = \text{se define por Ecuación F4-12 pero no debe exceder de 10;}$$

$$r_t = \text{radio de giro efectivo para pandeo lateral como se define en la Sección F4.}$$

### 3. Pandeo local de ala en compresión

$$M_n = R_{pg} F_{cr} S_{xc} \quad (\text{F5-7})$$

- a) Para secciones con alas compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del ala en compresión
- b) Para secciones con alas no compactas

$$F_{cr} = \left[ F_y - (0,3F_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (\text{F5-8})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$F_{cr} = \frac{0,9Ek_c}{\left( \frac{b_f}{2t_f} \right)^2} \quad (\text{F5-9})$$

en que:

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} \text{ y no se debe tomar menor que 0,35 ni mayor que 0,76 para propósitos de cálculo;}$$

$$\lambda = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}};$$

$$\lambda_{pf} = \lambda_p, \text{ esbeltez límite para ala compacta, Tabla B4.1b;}$$

$$\lambda_{rf} = \lambda_r, \text{ esbeltez límite para ala no compacta, Tabla B4.1b.}$$

### 4. Fluencia del ala en tracción

- a) Cuando  $S_{xt} \geq S_{xc}$ , no aplica el estado límite de fluencia del ala en tracción.
- b) Cuando  $S_{xt} < S_{xc}$ ,

$$M_n = F_y S_{xt} \quad (\text{F5-10})$$

## F.6 Miembros de Sección I y canales flectados en torno a su eje menor

Esta sección aplica para miembros de sección I y canales flexionados en torno a su eje menor.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo local del ala.

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1,6 F_y S_y \quad (\text{F6-1})$$

NCh427/1:2016

## 2. Pandeo local de ala

- a) Para secciones con alas compactas, no aplica el estado límite de pandeo local.

NOTA Todos los perfiles actuales ASTM A6 W, S, M, C, y MC excepto W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8.5 y M4x6 tienen alas compactas para  $F_y = 345$  MPa.

- b) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = \left[ M_p - (M_p - 0,7F_yS_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (\text{F6-2})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = F_{cr}S_y \quad (\text{F6-3})$$

en que:

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{\left(\frac{b}{t_f}\right)^2} \quad (\text{F6-4})$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{pf}$  =  $\lambda_p$ , esbeltez límite para ala compacta, Tabla B4.1;

$\lambda_{rf}$  =  $\lambda_r$ , esbeltez límite para ala no compacta, Tabla B4.1;

$b$  = para alas de secciones I, la mitad de la longitud completa del ala,  $b_f$ ; para alas de canales, la dimensión nominal completa del ala, mm;

$t_f$  = espesor del ala, mm;

$S_y$  = módulo elástico de la sección en torno al eje y, mm<sup>3</sup>; para una canal, el módulo de sección mínimo.

## F.7 Perfiles tubulares HSS cuadrados, rectangulares y cajones

Esta sección aplica a miembros de sección tubular HSS cuadrado, rectangular y cajones flectados en torno a cualquier eje, teniendo almas compactas o no compactas y alas compactas, no compactas, o esbeltas como se define en Sección B4.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico), pandeo local del ala, y pandeo local del alma en flexión pura.

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_yZ \quad (\text{F7-1})$$

en que:

$Z$  = módulo plástico de la sección en torno al eje de flexión, mm<sup>3</sup>.

## 2. Pandeo local de ala

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del ala.
- b) Para secciones con alas no compactas:

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left( 3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4,0 \right) \leq M_p \quad (\text{F7-2})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = F_y S_e \quad (\text{F7-3})$$

en que:

$S_e$  = módulo de sección efectivo determinado con el ancho efectivo,  $b_e$ , del ala en compresión calculado como:

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[ 1 - \frac{0,38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (\text{F7-4})$$

## 3. Pandeo local de alma

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del alma.
- b) Para secciones con almas no compactas

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S_x) \left( 0,305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0,738 \right) \leq M_p \quad (\text{F7-5})$$

## F.8 Perfiles tubulares HSS circulares

Esta sección aplica a miembros de sección HSS circular que posean una razón  $D/t$  menor que  $\frac{0,45E}{F_y}$ .

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo local.

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (\text{F8-1})$$

### 2. Pandeo local

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local.
- b) Para secciones no compactas

$$M_n = \left( \frac{0,021 E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S \quad (\text{F8-2})$$

NCh427/1:2016

c) Para secciones con paredes esbeltas

$$M_n = F_{cr}S \quad (\text{F8-3})$$

en que:

$$F_{cr} = \frac{0,33E}{\frac{D}{t}} \quad (\text{F8-4})$$

$S$  = módulo elástico de la sección, mm<sup>3</sup>;

$t$  = espesor de la pared, mm.

## F.9 Secciones T y ángulos dobles cargados en el plano de simetría

Esta sección aplica a miembros de sección T y ángulos dobles cargados en el plano de simetría.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico), pandeo lateral-torsional, pandeo local del ala, y pandeo local del alma en secciones T.

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p \quad (\text{F9-1})$$

en que:

a) Para almas en tracción

$$M_p = F_y Z_x \leq 1,6 M_y \quad (\text{F9-2})$$

b) Para almas en compresión

$$M_p = F_y Z_x \leq M_y \quad (\text{F9-3})$$

### 2. Pandeo lateral-torsional

$$M_n = M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_y GJ}}{L_b} \left[ B + \sqrt{1+B^2} \right] \quad (\text{F9-4})$$

en que:

$$B = \pm 2,3 \left( \frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}} \quad (\text{F9-5})$$

El valor positivo de  $B$  aplica cuando el alma está en tracción y el signo menos aplica cuando el alma está en compresión. Si el extremo no atiesado del alma está en compresión en cualquier parte a lo largo de la longitud no arriostrada, debe ser utilizado el valor negativo de  $B$ .

### 3. Pandeo local de alas de Sección T

- a) Para secciones con alas compacta comprimidas por flexión, el estado límite de pandeo local del ala no se aplica.
- b) Para secciones con alas no compactas comprimidas por flexión,

$$M_n = \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_{xc}) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \leq 1,6M_y \quad (\text{F9-6})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas comprimidas por flexión,

$$M_n = \frac{0,7ES_{xc}}{\left( \frac{b_f}{2t_f} \right)^2} \quad (\text{F9-7})$$

en que:

$S_{xc}$  = módulo elástico de la sección referido al ala en compresión, mm<sup>3</sup>;

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f};$$

$\lambda_{pf}$  =  $\lambda_p$ , esbeltez límite para ala compacta, Tabla B4.1b;

$\lambda_{rf}$  =  $\lambda_r$ , esbeltez límite para ala no compacta, Tabla B4.1b.

NOTA Para ángulos dobles con las alas en compresión,  $M_n$  basado en pandeo local debe de ser determinado usando las disposiciones de la Sección F10.3 con  $b/t$  del ala y Ecuación F10-1 como límite superior.

### 4. Pandeo local del alma de Sección T en compresión por flexión

$$M_n = F_{cr}S_x \quad (\text{F9-8})$$

en que:

$S_x$  módulo elástico de la sección mm<sup>3</sup>.

La tensión crítica,  $F_{cr}$  se determina a continuación:

a) Cuando  $\frac{d}{t_w} \leq 0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = F_y \quad (\text{F9-9})$$

b) Cuando  $0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t_w} \leq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = \left[ 2,55 - 1,84 \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] F_y \quad (\text{F9-10})$$

NCh427/1:2016

c) Cuando  $\frac{d}{t_w} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = \frac{0,69E}{\left(\frac{d}{t_w}\right)^2} \quad (\text{F9-11})$$

NOTA Para ángulos dobles con las alas que forman el alma en compresión,  $M_n$  basado en pandeo local debe de ser determinado usando las disposiciones de la Sección F10.3 con  $b/t$  del ala que forma el alma y Ecuación F10-1 como límite superior

## F.10 Ángulos simples

Esta sección aplica para ángulos simples con o sin restricción lateral continua a lo largo de su longitud.

Los ángulos simples con restricción lateral-torsional continua a lo largo de su longitud podrán ser diseñados basadas en flexión en torno de sus ejes geométricos ( $x, y$ ). Ángulos simples sin restricción lateral-torsional continua a lo largo de su longitud deben ser diseñados usando las disposiciones para flexión en torno a sus ejes principales excepto cuando se permita aplicar las disposiciones para flexión en torno a sus ejes geométricos.

Si el momento resultante tiene componentes sobre ambos ejes principales, con o sin carga axial, o el momento es en uno de los ejes principales y además hay carga axial, la razón de esfuerzos combinados debe de ser determinada empleando las disposiciones de la Sección H2.

NOTA Para el diseño respecto de los ejes geométricos, se deben usar las propiedades de la sección calculadas en torno al eje  $x$  e y del ángulo, paralelo y perpendicular a las alas. Para el diseño respecto de los ejes principales, se deben usar las propiedades de la sección calculadas en torno a los ejes principales mayor y menor del ángulo

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico), pandeo lateral-torsional y pandeo local del ala.

NOTA Para flexión en el eje menor, solo se aplican los estados límite de fluencia y pandeo local de ala.

### 1. Fluencia

$$M_n = 1,5 M_y \quad (\text{F10-1})$$

en que:

$M_y$  = momento de fluencia en torno al eje de flexión, N-mm.

### 2. Pandeo lateral-torsional

Para ángulos simples sin restricción continua al pandeo lateral-torsional a lo largo de su longitud.

a) Cuando  $M_e \leq M_y$

$$M_n = \left( 0,92 - \frac{0,17M_e}{M_y} \right) M_e \quad (\text{F10-2})$$

b) Cuando  $M_e > M_y$

$$M_n = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5 M_y \quad (\text{F10-3})$$

en que:

$M_e$ , el momento de pandeo elástico lateral-torsional, es determinado de acuerdo con lo siguiente:

i) Para flexión en torno del eje principal mayor de un ángulo de alas iguales:

$$M_e = \frac{0,46 E b^2 t^2 C_b}{L_b} \quad (\text{F10-4})$$

ii) Para flexión en torno del eje principal mayor de un ángulo de alas desiguales:

$$M_e = \frac{4,9 E I_z C_b}{L_b^2} \left( \sqrt{\beta_w^2 + 0,052 \left( \frac{L_b t}{r_z} \right)^2} + \beta_w \right) \quad (\text{F10-5})$$

en que:

$C_b$  es calculado usando Ecuación F1-1 con un valor máximo de 1,5.

$L_b$  = longitud no arriostrada lateralmente del miembro, mm;

$I_z$  = momento de inercia del eje principal menor, mm<sup>4</sup>;

$r_z$  = radio de giro del eje principal menor, mm;

$t$  = espesor de ala del ángulo, mm;

$\beta_w$  = propiedad de la sección para ángulos de alas desiguales; positiva para alas cortas en compresión y negativa para alas largas en compresión. Cuando el ala larga está en compresión en cualquier parte a lo largo de la longitud no arriostrada del miembro, se debe usar el valor negativo de  $\beta_w$ .

iii) Para flexión en torno a uno de los ejes geométricos de un ángulo de alas iguales sin compresión axial:

a) sin arriostramiento lateral-torsional

i) Con máxima compresión en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L_b^2} \left( \sqrt{1 + 0,78 \left( \frac{L_b t}{b^2} \right)^2} - 1 \right) \quad (\text{F10-6a})$$

ii) Con máxima tracción en el borde extremo

$$M_e = \frac{0,66 E b^4 t C_b}{L_b^2} \left( \sqrt{1 + 0,78 \left( \frac{L_b t}{b^2} \right)^2} + 1 \right) \quad (\text{F10-6b})$$

NCh427/1:2016

$M_y$  se debe tomar como 0,80 veces el momento de fluencia calculado usando el módulo elástico de la sección en torno al eje geométrico.

en que:

$b$  = longitud completa del ala en compresión, mm.

NOTA  $M_n$  se puede tomar como  $M_y$  para ángulos simples cuyo borde inferior del ala vertical está comprimido, y la razón de luz/alto sea menor o igual que:

$$\frac{1,64E}{F_y} \sqrt{\left(\frac{t}{b}\right)^2 - 1,4 \frac{F_y}{E}}$$

- b) Para flexión en torno de uno de los ejes geométricos de un ángulo de alas iguales con arriostramiento lateral-torsional solamente en el punto de máximo momento:

$M_e$  se debe tomar como 1,25 veces el valor de  $M_e$  calculado usando Ecuación F10-6a o F10-6b.

$M_y$  se debe tomar como el momento de fluencia calculado usando el módulo elástico geométrico.

### 3. Pandeo local de ala

El estado límite de pandeo local del ala aplica cuando el punto extremo del ala está en compresión.

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del ala.

- b) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = F_y S_c \left( 2,43 - 1,72 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right) \quad (\text{F10-7})$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = F_{cr} S_c \quad (\text{F10-8})$$

en que:

$$F_{cr} = \frac{0,71E}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (\text{F10-9})$$

$S_c$  = módulo elástico de la sección referido al punto exterior en compresión relativo al eje de flexión,  $\text{mm}^3$ . Para flexión en torno a uno de los ejes geométricos de un ángulo de alas iguales sin arriostramiento lateral-torsional,  $S_c$  debe ser 0,80 veces el módulo de sección en torno al eje geométrico.

## F.11 Barras rectangulares y redondas

Esta sección aplica a barras rectangulares y circulares flexionadas en torno de cualquiera de sus ejes geométricos.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico), pandeo lateral-torsional.

### 1. Fluencia

Para barras rectangulares con  $\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0,08E}{F_y}$  flexionadas en torno a su eje mayor, barras rectangulares flexionadas en torno a su eje menor y barras redondas:

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1,6 M_y \quad (\text{F11-1})$$

### 2. Pandeo lateral torsional

a) Para barras rectangulares con  $\frac{0,08E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1,9E}{F_y}$  flexionadas en torno a su eje mayor:

$$M_n = C_b \left[ 1,52 - 0,274 \left( \frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p \quad (\text{F11-2})$$

b) Para barras rectangulares con  $\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1,9E}{F_y}$  flexionadas en torno a su eje mayor:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{F11-3})$$

en que:

$$F_{cr} = \frac{1,9 E C_b}{\frac{L_b d}{t^2}} \quad (\text{F11-4})$$

$L_b$  = longitud entre puntos que están arriostrados contra desplazamiento lateral en la región de compresión, o entre puntos arriostrados para prevenir el giro de la sección, mm;

$d$  = altura de barra rectangular, mm;

$t$  = ancho de barra rectangular paralelo al eje de flexión, mm.

c) Para barras redondas y barras rectangulares flexionadas en su eje menor, no necesita ser considerado el estado límite de pandeo lateral-torsional.

NCh427/1:2016

## F.12 Secciones asimétricas

Esta sección aplica a todos los perfiles asimétricos, excepto ángulos simples.

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento de fluencia), pandeo lateral-torsional, y pandeo local donde

$$M_n = F_n S_{min} \quad (\text{F12-1})$$

en que:

$S_{min}$  = el menor módulo elástico de sección referido al eje de flexión, mm<sup>3</sup>.

### 1. Fluencia

$$F_n = F_y \quad (\text{F12-2})$$

### 2. Pandeo lateral-torsional

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (\text{F12-3})$$

en que:

$F_{cr}$  = tensión de pandeo lateral torsional de la sección, determinada mediante análisis, MPa.

NOTA En el caso de miembros de sección Z, se recomienda que  $F_{cr}$  se tome como 0,5  $F_{cr}$  de un canal con las mismas propiedades de ala y alma.

### 3. Pandeo local

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (\text{F12-4})$$

en que:

$F_{cr}$  = tensión de pandeo local para la sección determinada mediante análisis, MPa.

## F.13 Proporciones de vigas

### 1. Reducciones en la resistencia de miembros con perforaciones en las alas traccionadas

Esta sección aplica a perfiles laminados o armados y vigas con planchas de refuerzo con perforaciones, dimensionadas con base en la resistencia a flexión de la sección bruta.

Además de los estados límites especificados en otras secciones de este capítulo, la resistencia de flexión nominal,  $M_n$ , debe quedar restringido por el estado límite de rotura del ala en tracción.

- Cuando  $F_u A_{fn} \geq Y_t F_y A_{fg}$ , no aplica el estado límite de rotura en tracción.

- b) Cuando  $F_u A_{fn} < Y_t F_y A_{fg}$ , la resistencia de flexión nominal,  $M_n$ , en la ubicación de las perforaciones en el ala traccionada, no debe tomarse mayor que:

$$M_n = \frac{F_u A_{fn}}{A_{fg}} S_x \quad (\text{F13-1})$$

en que:

$A_{fg}$  = área bruta del ala traccionada, calculada de acuerdo con las disposiciones de la Sección B4.3a, mm<sup>2</sup>;

$A_{fn}$  = área neta del ala traccionada, calculada de acuerdo con las disposiciones de la Sección B4.3b, mm<sup>2</sup>;

$Y_t$  = 1,0 para  $F_y/F_u \leq 0,8$ ;  
1,1 en otros casos

## 2. Valores límites de las dimensiones de miembros con Sección H

Miembros de Sección H con un eje de simetría deben satisfacer el límite siguiente:

$$0,1 \leq \frac{l_{yc}}{l_y} \leq 0,9 \quad (\text{F13-2})$$

Miembros de Sección H con almas esbeltas también deben satisfacer los límites siguientes:

- a) Cuando  $\frac{a}{h} \leq 1,5$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right)_{\text{máx.}} = 12,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{F13-3})$$

- b) Cuando  $\frac{a}{h} > 1,5$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right)_{\text{máx.}} = \frac{0,40E}{F_y} \quad (\text{F13-4})$$

en que:

a = distancia libre entre atiesadores transversales, mm.

En vigas soldadas sin atiesadores,  $h/t_w$  no debe ser mayor que 260. La razón entre el área del alma y del ala en compresión no debe exceder de 10.

## 3. Planchas de refuerzo

Las alas de las vigas soldadas pueden variar en espesor o ancho al traslaparle una serie de planchas o usando planchas de refuerzo.

En vigas reforzadas con planchas de refuerzo conectadas con pernos, el área total de las planchas agregadas no debe exceder de 70% del área total del ala.

## NCh427/1:2016

Los pernos de alta resistencia o la soldadura que conecta el ala al alma, o planchas de refuerzo al ala, deben ser dimensionados para resistir un corte horizontal total resultante de las fuerzas de flexión en la viga. La distribución longitudinal de estos pernos o soldaduras intermitentes debe ser en proporción a la intensidad del corte.

Sin embargo, el espaciamiento longitudinal no debe exceder del máximo especificado para miembros en compresión o tracción en Secciones E6 o D4, respectivamente. Los pernos o soldadura que conectan el ala al alma deben también ser dimensionados para transmitir al alma cualquier carga aplicada directamente sobre el ala, a no ser que se disponga una forma de transmitir tales cargas mediante apoyo directo.

Las planchas de refuerzo de longitud parcial deben extenderse más allá del punto teórico de corte y la extensión debe quedar conectada a la viga por pernos de alta resistencia mediante una conexión de deslizamiento crítico o por soldadura de filete. Esta unión debe ser adecuada, en la resistencia aplicable dada por Secciones J2.2, J3.8 o B3.11 para desarrollar el aporte de resistencia a flexión de la placa de refuerzo en la viga en el punto teórico de corte.

Para planchas de refuerzo soldadas, las soldaduras que conectan el borde de la plancha de refuerzo a la viga deben ser continuas a lo largo de ambos bordes de la placa de refuerzo en la longitud  $a'$ , definida abajo, y debe ser adecuada para desarrollar el aporte de resistencia a flexión de la placa a la resistencia en flexión de la viga a una distancia  $a'$  desde el extremo de la placa de refuerzo.

- a) Cuando hay una soldadura continua mayor o igual que tres cuartos del espesor de placa a través del extremo de la placa

$$a' = w \quad (\text{F13-5})$$

en que:

$w$  = ancho de la placa de refuerzo, mm.

- b) Cuando hay una soldadura continua menor que tres cuartos del espesor de la plancha a través del extremo de la plancha

$$a' = 1,5 w \quad (\text{F13-6})$$

- c) Cuando no hay soldadura a través del extremo de la plancha

$$a' = 2 w \quad (\text{F13-7})$$

## 4. Vigas armadas

Cuando dos o más vigas o canales son usados lado a lado para formar un miembro en flexión, ellas deben ser conectadas de acuerdo con la Sección E6.2. Cuando hay cargas concentradas que son llevadas de una viga a la otra o distribuidas entre las vigas, se deberá soldar o apernar diafragmas con suficiente rigidez para distribuir la carga entre las vigas.

## 5. Longitud no arriostrada para redistribución de momentos

Para la redistribución de momentos en vigas de acuerdo con Sección B3.7, la longitud no arriostrada lateralmente  $L_b$ , del ala en compresión adyacente a la ubicación en el extremo del momento redistribuido no debe de exceder  $L_m$ , que se determina de la manera siguiente:

- a) Para vigas secciones H de doble simetría y de un eje de simetría con el ala en compresión igual o mayor que el ala en tracción cargada en el plano del alma:

$$L_m = \left[ 0,12 + 0,076 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{F13-8})$$

- b) Para barras sólidas rectangulares y vigas de cajón simétricas flectadas sobre su eje mayor:

$$L_m = \left[ 0,17 + 0,10 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \geq 0,10 \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{F13-9})$$

en que:

$F_y$  = tensión de *fluencia mínima especificada* en el ala de compresión, MPa;

$M_1$  = menor momento en el extremo de la longitud no arriostrada, N-mm;

$M_2$  = mayor momento en el extremo de la longitud no arriostrada, N-mm;

$r_y$  = radio de giro en torno al eje y menor, mm.

( $M_1/M_2$ ) es positivo cuando los momentos producen *doble curvatura* y negativo para *curvatura simple*.

No hay límite en  $L_b$  para miembros con secciones trasversales cuadradas o redondas o para cualquier miembro flexionado en torno al eje el menor de inercia.

NCh427/1:2016

## Capítulo G: Diseño de miembros en corte

Este capítulo abarca el diseño de las almas de miembros con simetría doble o simple solicitados por corte en el plano del alma, ángulos simples y perfiles tubulares, y corte en la dirección débil de perfiles de simetría doble o simple.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

G.1 Disposiciones generales

G.2 Miembros con almas no atiesadas o atiesadas

G.3 Campo de tracciones

G.4 Ángulos simples

G.5 Tubos de Sección HSS rectangular y cajón

G.6 Tubos HSS redondos

G.7 Corte en eje débil en perfiles con simetría simple y doble

G.8 Vigas con aberturas en el alma

NOTA Las secciones siguientes aplican para los casos que no se incluyen en este capítulo:

H3.3 Secciones asimétricas.

J4.2 Resistencia de corte de elementos conectores.

J10.6 Corte en la *Zona panel* del alma.

### G.1 Disposiciones generales

Se presentan dos métodos para calcular la resistencia al corte. El método presentado en Sección G2 no utiliza la resistencia post pandeo del miembro (campo de tracciones). El método presentado en Sección G3 utiliza el campo de tracciones.

La resistencia de corte de diseño,  $\phi_v V_n$ , o la resistencia de corte admisible,  $V_n/\Omega_v$ , deben ser determinados de la manera siguiente:

Para todas las disposiciones en este capítulo, excepto la Sección G2.1a:

$$\phi_v = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_v = 1,67 \text{ (ASD)}$$

### G.2 Miembros con almas no atiesadas o atiesadas

#### 1. Resistencia al corte

Esta sección aplica para las almas de miembros de simetría doble o simple y canales solicitados a corte en el plano del alma.

La resistencia nominal de corte,  $V_n$ , de almas no atiesadas o atiesadas de acuerdo con el estado límite de fluencia en corte y pandeo en corte, es:

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (G2-1)$$

- a) Para almas de miembros laminados de Sección H con  $h / t_w \leq 2,24\sqrt{E / F_y}$  :

$$\phi_v = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega_v = 1,50 \text{ (ASD)}$$

y

$$C_v = 1,0 \quad (G2-2)$$

NOTA Todos los perfiles actuales ASTM A6 W, S, y HP, excepto los perfiles W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26, y W12x14, cumplen con el criterio establecido en Sección G2.1(a) para  $F_y = 345 \text{ MPa}$ .

- b) Para almas de todos los otros perfiles de simetría doble o simple y canales, excepto tubos circulares, el coeficiente de corte del alma,  $C_v$ , se determina de la manera siguiente:

- i) Cuando  $h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = 1,0 \quad (G2-3)$$

- ii) Cuando  $1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w} \quad (G2-4)$$

- iii) Cuando  $h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y} \quad (G2-5)$$

en que:

$A_w$  = área del alma, la altura total multiplicada por el espesor del alma,  $dt_w$ , mm<sup>2</sup>;

$h$  = para secciones laminadas, la distancia libre entre alas menos el filete o radio de esquina, mm;

= para secciones armadas soldadas, la distancia libre entre alas, mm;

= para secciones armadas apernadas, la distancia entre líneas de sujetadores, mm;

= para secciones T, la altura total, mm;

$t_w$  = espesor del alma, mm.

El coeficiente de pandeo por corte del alma,  $k_v$ , se determina como se indica a continuación:

- i) Para almas sin atiesadores transversales y con  $h/t_w < 260$ :

$$k_v = 5$$

Excepto para el alma de perfiles T donde  $k_v = 1,2$ .

NCh427/1:2016

ii) Para almas atiesadas:

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (G2-6)$$

$$= 5 \text{ cuando } a/h > 3,0 \text{ ó } a/h > \left[ \frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$$

en que:

$a$  = distancia libre entre atiesadores transversales, expresada en milímetros (mm).

NOTA Para todos los perfiles ASTM A6 W, S, M y HP, excepto para los perfiles M12.5 × 12.4, M12.5 × 11.6, M12 × 11.8, M12 × 10.8, M12 × 10, M10 × 8, y M10 × 7.5, donde  $F_y = 345 \text{ MPa}$ ,  $C_v = 1.0$ .

## 2. Atiesadores transversales

No se requiere atiesadores transversales cuando  $h/t_w \leq 2,46\sqrt{E/F_y}$ , o cuando la resistencia disponible de corte disponible al corte de acuerdo con la Sección G2.1 para  $k_v = 5$  sea mayor a la resistencia requerida de corte.

El momento de inercia,  $I_{st}$  de los atiesadores transversales usados para desarrollar la resistencia al corte disponible del alma, tal como se indica en Sección G2.1, respecto a un eje que pasa por el centro del alma para pares de atiesadores o en torno de la cara en contacto con la plancha de alma para atiesadores simples, deberá cumplir los requisitos siguientes:

$$I_{st} \geq b t_w^3 j \quad (G2-7)$$

en que:

$$j = \frac{2,5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0,5 \quad (G2-8)$$

y  $b$  es la menor de las dimensiones entre  $a$  y  $h$ .

Se permite que los atiesadores transversales no estén en contacto con el ala en tracción, siempre que no sea necesario el desarrollo de aplastamiento para transmitir las cargas concentradas o reacciones. La soldadura que une los atiesadores transversales al alma debe ser terminada a una distancia no menor que cuatro veces ni mayor que seis veces el espesor de alma medida desde el borde del ala. Cuando se utilizan atiesadores simples, estos deben ser unidos al ala comprimida si ella es en una plancha rectangular, de manera de resistir cualquier tendencia a levantamiento ocasionado por torsión del ala.

Los pernos que conectan atiesadores al alma de una viga deben estar espaciados no más de 305 mm entre centros. Cuando se usan filetes intermitentes de soldaduras, la distancia libre entre soldaduras no debe ser mayor que 16 veces el espesor del alma ni mayor que 250 mm.

### G.3 Campo de tracciones

#### 1. Límites en el uso del campo de tracciones

Se permite el uso del campo de tracciones en miembros con alas cuando la plancha del alma es soportada por sus cuatro lados por alas o atiesadores. No se permite considerar esta acción en los casos siguientes:

- Para *paneles extremos* en todos los miembros con *atiesadores transversales*;
- Cuando  $a/h$  es mayor que 3,0 ó  $[260/(h/t_w)]^2$ ;
- Cuando  $2A_w/(A_{fc} + A_{ft}) > 2,5$ ; o
- Cuando  $h/b_{fc}$  o  $h/b_{ft}$  son mayores que 6,0.

en que:

$A_{fc}$  = área del ala en compresión, mm<sup>2</sup>;

$A_{ft}$  = área del ala en tracción, mm<sup>2</sup>;

$b_{fc}$  = ancho del ala en compresión, mm;

$b_{ft}$  = ancho del ala en tracción, mm.

En estos casos, la resistencia de corte nominal,  $V_n$ , debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de Sección G2.

#### 2. Resistencia de corte considerando el campo de tracciones

Cuando el campo de tracciones es permitido de acuerdo con la Sección G3.1, la resistencia al corte nominal,  $V_n$ , considerando el campo de tracciones y de acuerdo con el estado límite de fluencia debe ser:

- Cuando  $h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E/F_y}$

$$V_n = 0,6 F_y A_w \quad (G3-1)$$

- Cuando  $h/t_w > 1,10\sqrt{k_v E/F_y}$

$$V_n = 0,6 F_y A_w \left( C_v + \frac{1 - C_v}{1,15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \quad (G3-2)$$

donde  $k_v$  y  $C_v$  son definidas en la Sección G2.1.

#### 3. Atiesadores transversales

Los atiesadores transversales necesarios para la formación del campo de tracciones deben cumplir los requerimientos de la Sección G2.2 y las limitaciones siguientes:

$$1) \quad (b/t)_{st} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}} \quad (G3-3)$$

NCh427/1:2016

$$2) \quad I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left[ \frac{V_r - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}} \right] \quad (\text{G3-4})$$

en que:

$(b/t)_{st}$  = razón ancho/espesor del atiesador;

$F_{yst}$  = tensión de fluencia mínima especificada del material del atiesador, MPa;

$I_{st}$  = momento de inercia del atiesador transversal sobre un eje en el centro del alma para un par de atiesadores, o sobre la cara en contacto con la plancha del alma para un atiesador único, mm<sup>4</sup>;

$I_{st1}$  = momento de inercia mínimo del atiesador transversal requerido para el desarrollo de la resistencia por pandeo de corte del alma en Sección G2.2, mm<sup>4</sup>;

$I_{st2}$  = momento de inercia mínimo del atiesador transversal requerido para el desarrollo de la resistencia total por pandeo de corte del alma más la resistencia por campo de tracciones en el alma,  $V_r = V_{c2}$ , mm<sup>4</sup>;

$$= \frac{h^4 \rho_{st}^{1,3}}{40} \left( \frac{F_{yw}}{E} \right)^{1,5} \quad (\text{G3-5})$$

$V_r$  = la mayor de las resistencias requeridas al corte en los paneles adyacentes al atiesador, usando las combinaciones LRFD o ASD, N;

$V_{c1}$  = la menor de las resistencias al corte disponibles en los paneles adyacentes al atiesador con  $V_n$  tal como se define en Sección G2.1, N;

$V_{c2}$  = la menor de las resistencias al corte disponibles en los paneles adyacentes al atiesador con  $V_n$  tal como se define en Sección G3.2, N;

$\rho_{st}$  = el mayor entre  $F_{yw}/F_{yst}$  y 1,0;

$F_{yw}$  = tensión de fluencia mínima especificada del material del alma, MPa.

#### G.4 Ángulos simples

La resistencia de corte nominal,  $V_n$ , del ala de un ángulo simple debe ser determinada usando Ecuación G2-1 y Sección G2.1(b) con  $A_w = bt$ .

en que:

$b$  = ancho del ala que resiste la fuerza de corte, mm;

$t$  = espesor del ala, mm;

$h/t_w = b/t$ ;

$k_v = 1,2$ .

## G.5 Tubos de Sección HSS rectangular y cajón

La resistencia de corte nominal,  $V_n$ , de tubos HSS rectangulares y cuadrados debe ser determinada usando las disposiciones de la Sección G.2.1 con  $A_w = 2ht$

en que:

$h$  = el ancho resistente a la fuerza de corte, tomado como la distancia libre entre alas menos el radio de esquina interior en cada lado, mm;

$t$  = espesor de diseño de la pared, igual a 0,93 veces el espesor nominal de la pared para HSS soldadas por resistencia eléctrica (ERW), o espesor nominal para HSS soldadas mediante arco-sumergido (SAW), mm;

$t_w$  =  $t$ , mm;

$k_y$  = 5.

Si el radio de esquina es desconocido,  $h$  se debe tomar como la respectiva dimensión exterior menos tres veces el espesor.

## G.6 Tubos HSS redondos

La resistencia de corte nominal,  $V_n$ , de tubos HSS redondos, debe ser determinada de acuerdo con los estados límites de fluencia en corte y pandeo en corte:

$$V_n = F_{cr} A_g / 2 \quad (\text{G6-1})$$

en que:

$F_{cr}$  debe ser el mayor entre:

$$F_{cr} = \frac{1,60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}} \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}} \quad (\text{G6-2a})$$

y

$$F_{cr} = \frac{0,78E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \quad (\text{G6-2b})$$

Pero no debe exceder 0,6  $F_y$ .

$A_g$  = área bruta de la sección del miembro, mm<sup>2</sup>;

$D$  = diámetro exterior, mm;

$L_v$  = la distancia entre la fuerza de corte máxima y la fuerza de corte cero, mm;

NCh427/1:2016

$t$  = *espesor de pared de diseño*, igual a 0,93 veces el espesor de pared nominal para perfiles tubulares HSS soldados por resistencia eléctrica (ERW HSS) e igual al espesor nominal para perfiles tubulares HSS soldados al arco sumergido (SAW HSS), mm.

NOTA Las ecuaciones de pandeo en corte, Ecuaciones G6-2a y G-62b, controlarán para  $D/t$  mayor que 100, aceros de alta resistencia, y grandes longitudes. Para secciones estándar, la fluencia en corte controlara usualmente.

## G.7 Corte respecto del eje débil en perfiles con simetría simple y doble

Para perfiles con simetría doble y simple cargados en el eje débil sin torsión, la resistencia de corte nominal,  $V_n$ , para cada elemento resistente al corte debe ser determinado usando Ecuación G2-1 y Sección G2.1(b) con  $A_w = b_f t_f$ ,  $h/t_w = b/t_f$ ,  $k_v = 1,2$  y

$b$  = para alas de secciones H, la mitad de la longitud completa del ala,  $b_f$ ; para las alas de canales, la *dimensión nominal* completa del ala, mm.

NOTA Para todos los perfiles ASTM A6 W, S, M y HP, cuando  $F_y \leq 3,520$  kgf/cm<sup>2</sup> (345 MPa),  $C_v = 1,0$ .

## G.8 Vigas con aberturas en el alma

El efecto de las aberturas en el alma de vigas de acero y vigas compuestas se debe determinar en la resistencia al corte. Cuando la resistencia requerida excede la resistencia disponible se deberá disponer del refuerzo adecuado en la abertura.

## Capítulo H: Diseño de miembros para solicitudes combinadas y torsión

Este capítulo abarca el diseño de miembros solicitados a carga axial y flexión en torno a uno o dos ejes, con o sin torsión, y miembros solicitados a torsión pura.

El capítulo está organizado de la manera siguiente:

H.1 Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial

H.2 Miembros asimétricos y otros solicitados a flexión y carga axial

H.3 Miembros sujetos a torsión y combinación de torsión, flexión, corte, y/o carga axial

H.4 Rotura de alas perforadas sujetas a tracción

NOTA Para miembros de sección compuesta, ver Capítulo I.

### H.1 Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial

#### 1. Miembros con simetría doble y simple solicitados a flexión y compresión

La interacción de flexión y compresión en miembros con simetría doble y miembros con simetría simple que cumplen  $0,1 \leq (I_{yc}/I_y) \leq 0,9$ , y que están solicitados a flexión en torno a un eje geométrico ( $x$  y/o  $y$ ) deben satisfacer Ecuaciones H1-1a y H1-1b, donde  $I_{yc}$  es el momento de inercia del ala en compresión en torno al eje  $y$ , mm<sup>4</sup>.

NOTA Se permite utilizar la Sección H2 en vez de las disposiciones de esta sección.

a) Cuando  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1-1a})$$

a) Cuando  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1-1b})$$

en que:

$P_r$  = resistencia de compresión axial requerida, usando combinaciones de carga LRFD o ASD, N;

$P_c$  = resistencia de compresión axial disponible, N;

$M_r$  = resistencia de flexión requerida, usando combinaciones de carga LRFD o ASD, N-mm;

$M_c$  = resistencia de flexión disponible, N-mm;

$x$  = subíndice que indica flexión en torno al eje *fuerte*;

$y$  = subíndice que indica flexión en torno al eje *débil*.

NCh427/1:2016

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD):**

- $P_r$  = resistencia de compresión axial requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;
- $P_c$  =  $\phi_c P_n$  = resistencia de compresión axial de diseño, determinada de acuerdo a Capítulo E, N;
- $M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;
- $M_c$  =  $\phi_b M_n$  = resistencia de flexión de diseño, determinada de acuerdo con capítulo F, N-mm;
- $\phi_c$  = factor de resistencia en compresión = 0,90;
- $\phi_b$  = factor de resistencia en flexión = 0,90;

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.4 (ASD):**

- $P_r$  = resistencia de compresión axial requerida usando las combinaciones de carga ASD, N;
- $P_c$  =  $P_n/\Omega_c$  = resistencia de compresión axial admisible, determinada de acuerdo a Capítulo E, N;
- $M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga ASD, N-mm;
- $M_c$  =  $M_n/\Omega_b$  = resistencia de flexión admisible, determinada de acuerdo con capítulo F, N-mm;
- $\Omega_c$  = factor de seguridad en compresión = 1,67;
- $\Omega_b$  = factor de seguridad en flexión = 1,67;

**2. Miembros con simetría doble y simple sujetos a flexión y tracción**

La interacción de flexión y tracción en miembros con simetría doble y simple que están solicitados a flexión en torno a un eje geométrico ( $x$  y/o  $y$ ) deben satisfacer Ecuaciones H1-1a y H1-1b, donde:

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD):**

- $P_r$  = resistencia de tracción axial requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;
- $P_c$  =  $\phi_t P_n$  = resistencia de tracción axial de diseño, determinada de acuerdo a Sección D2, N;
- $M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;
- $M_c$  =  $\phi_b M_n$  = resistencia de flexión de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo F, N-mm;
- $\phi_t$  = factor de resistencia en tracción (ver Sección D2);
- $\phi_b$  = factor de resistencia en flexión = 0,90.

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.4 (ASD):**

- $P_r$  = resistencia de tracción axial requerida usando las combinaciones de carga ASD, N;
- $P_c$  =  $P_n/\Omega_t$  = resistencia de tracción axial admisible, determinada de acuerdo a Sección D2, N;
- $M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga ASD, N-mm;

$M_c = M_n/\Omega_b$  = resistencia de flexión admisible, determinada de acuerdo con capítulo F, N-mm;

$\Omega_t$  = factor de seguridad en tracción (ver Sección D2);

$\Omega_b$  = factor de seguridad en flexión = 1,67;

Para miembros con simetría doble, el factor  $C_b$  en Capítulo F puede ser aumentado por  $\sqrt{1 + \frac{\alpha P_r}{P_{ey}}}$  para tracción axial que actúa simultáneamente con flexión, donde  $P_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_b^2}$ .

y

$$\alpha = 1,0 \text{ (LRFD)}; \alpha = 1,6 \text{ (ASD)}$$

Se permite un análisis más detallado de la interacción de flexión y tracción en vez de las Ecuaciones H1-1a y H1-1b.

### 3. Miembros laminados compactos con simetría doble sometidos a flexión simple y compresión

Para miembros laminados compactos con doble simetría con  $(KL)_z \leq (KL)_y$  solicitados a flexión y compresión con momentos principalmente con respecto a su eje mayor, se permite considerar dos estados límites independientes, *inestabilidad en el plano* y *pandeo fuera del plano o pandeo flexo-torsional*, en vez de lo dispuesto en la Sección H1.1.

Para miembros con  $M_{ry}/M_{cy} \geq 0,05$ , se deben seguir las disposiciones de la Sección H1.1.

- a) Para el estado límite de inestabilidad en el plano, las Ecuaciones H1-1 deben ser usadas con  $P_c$ ,  $M_{rx}$  y  $M_{cx}$  determinados en el plano de flexión.
- b) Para el estado límite de pandeo fuera del plano y pandeo flexo-torsional:

$$\frac{P_r}{P_{cy}} \left( 1,5 - 0,5 \frac{P_r}{P_{cy}} \right) + \left( \frac{M_{rx}}{C_b M_{cx}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{H1-2})$$

en que:

$P_{cy}$  = resistencia de compresión axial disponible fuera del plano de flexión, N;

$C_b$  = factor de modificación por pandeo flexo-torsional, determinado de la Sección F1;

$M_{cx}$  = resistencia de flexo-torsión (volcamiento) disponible para flexión en el eje fuerte, determinada en acuerdo con Capítulo F, usando  $C_b = 1,0$ , N-mm.

NOTA En la Ecuación H1-2,  $C_b M_{cx}$  puede ser mayor que  $\phi_b M_{px}$  en LRFD o  $M_{px}/\Omega_b$  en ASD. La resistencia en fluencia de la viga-columna es reflejada por las Ecuaciones de H1-1.

NCh427/1:2016

## H.2 Miembros asimétricos y otros solicitados a flexión y carga axial

Esta sección abarca la interacción de tensiones de flexión y axial para secciones no cubiertas en Sección H1. Se permite utilizar las disposiciones de esta sección para cualquier sección en vez de las disposiciones de Sección H1.

$$\left| \frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbw}}{F_{cbw}} + \frac{f_{rbz}}{F_{cbz}} \right| \leq 1,0 \quad (\text{H2-1})$$

en que:

- $f_{ra}$  = tensión axial requerida en el punto considerado, MPa;
- $F_{ca}$  = tensión axial disponible en el punto considerado, MPa;
- $f_{rbw}, f_{rbz}$  = tensión de flexión requerida en el punto considerado usando las combinaciones de carga ASD o LRFD, MPa;
- $F_{cbw}, F_{cbz}$  = tensión de flexión disponible en el punto considerado usando las combinaciones de carga ASD o LRFD , MPa;
- $w$  = subíndice que indica flexión en torno al eje principal mayor;
- $z$  = subíndice que indica flexión en torno al eje principal menor.

Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD):

- $f_{ra}$  = tensión axial requerida en el punto considerado usando las combinaciones de carga LRFD, MPa;
- $F_{ca} = \phi_c F_{cr}$  = tensión axial de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo E para compresión o Sección D2 para tracción, MPa;
- $f_{rbw}, f_{rbz}$  = tensión de flexión requerida en el punto considerado de la sección, usando las combinaciones de carga LRFD, MPa;
- $F_{cbw}, F_{cbz} = \frac{\phi_b M_n}{S}$  = tensión de flexión de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo F, MPa;  
Usar el módulo de sección para la ubicación específica en la sección y considerar el signo de la tensión;
- $\phi_c$  = factor de resistencia en compresión = 0,90;
- $\phi_t$  = factor de resistencia en tracción (Sección D2);
- $\phi_b$  = factor de resistencia en flexión = 0,90.

Para diseño de acuerdo con Sección B3.4 (ASD):

- $f_{ra}$  = tensión axial requerida en el punto considerado usando las combinaciones de carga ASD, MPa;

$F_{ca}$	=	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	= tensión axial admisible, determinada de acuerdo con Capítulo E para compresión o Sección D2 para tracción, MPa;
$f_{rbw}, f_{rbz}$	=		tensión de flexión requerida en el punto considerado de la sección, usando las combinaciones de carga ASD, MPa;
$F_{cbw}, F_{cbz}$	=	$\frac{M_n}{\Omega_b S}$	tensión de flexión admisible, determinada de acuerdo con Capítulo F, MPa;
	=		Usar el módulo de sección para la ubicación específica en la sección y considerar el signo de la tensión;
$\Omega_c$	=		factor de seguridad en compresión = 1,67;
$\Omega_t$	=		factor de seguridad en tracción (Sección D2);
$\Omega_b$	=		factor de seguridad en flexión = 1,67.

La Ecuación H2-1 debe ser evaluada usando ejes principales de flexión considerando el sentido de las tensiones de flexión en los puntos críticos de la sección. Los términos de flexión deben ser sumados o restados del término axial según corresponda. Cuando la fuerza axial es de compresión, los *efectos de segundo orden* deben ser incluidos de acuerdo con las disposiciones del Capítulo C.

Se permite un análisis más detallado de la interacción de flexión y tracción en vez de Ecuación H2-1.

### H.3 Miembros bajo torsión y combinación de torsión, flexión, corte, y/o carga axial

#### 1. Resistencia torsional de secciones tubulares redondas y HSS rectangulares

La resistencia torsional de diseño,  $\phi_T T_n$ , y la resistencia torsional admisible,  $T_n/\Omega_T$ , para secciones tubulares redondas o HSS rectangulares, de acuerdo con los estados límites de fluencia torsional y pandeo torsional, debe ser determinada como sigue:

$$\phi_T = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_T = 1,67 \text{ (ASD)}$$

$$T_n = F_{cr} C \quad (\text{H3-1})$$

donde  $C$  es la constante torsional para secciones tubulares.

La tensión crítica,  $F_{cr}$ , debe ser determinada como sigue:

a) Para tubos redondos,  $F_{cr}$  debe ser el mayor entre:

$$\text{i) } F_{cr} = \frac{1,23E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^4}} \quad (\text{H3-2a})$$

y

$$\text{ii)} \quad F_{cr} = \frac{0,60E}{\left(\frac{D}{t}\right)^2} \quad (\text{H3-2b})$$

pero no debe exceder 0,6  $F_y$ , donde:

$L$  = longitud del miembro, mm;

$D$  = diámetro exterior, mm.

b) Para tubos HSS rectangulares

i) Cuando  $h/t \leq 2,45\sqrt{E/F_y}$

$$F_{cr} = 0,6 F_y \quad (\text{H3-3})$$

ii) Cuando  $2,45\sqrt{E/F_y} < h/t \leq 3,07\sqrt{E/F_y}$

$$F_{cr} = \frac{0,60F_y(2,45\sqrt{E/F_y})}{\left(\frac{h}{t}\right)} \quad (\text{H3-4})$$

iii) Cuando  $3,07\sqrt{E/F_y} < h/t \leq 260$

$$F_{cr} = \frac{0,458\pi^2 E}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \quad (\text{H3-5})$$

en que:

$h$  = ancho plano o lado de mayor longitud tal como se define en Sección B4.1b(d), mm;

$t$  = espesor de diseño de la pared tal como se define en Sección B4.2, mm.

NOTA La constante torsional,  $C$ , puede ser tomada conservadoramente como:

$$\text{Para tubos redondos: } C = \frac{\pi(D-t)^2 t}{2}$$

$$\text{Para tubos HSS rectangulares: } C = 2(B-t)(H-t)t - 4,5(4-\pi)t^3.$$

## 2. Secciones tubulares solicitadas a combinación de torsión, corte, flexión y carga axial

Cuando la resistencia torsional requerida,  $T_r$ , es menor o igual que el 20% de la resistencia torsional disponible,  $T_c$ , la interacción de torsión, corte, flexión y/o carga axial para secciones tubulares debe ser determinada de acuerdo con la Sección H1 y los efectos torsionales deben ser despreciados. Cuando  $T_r$  excede el 20% de  $T_c$ , la interacción de torsión, corte, flexión y/o carga axial debe ser determinada en el punto de consideración por

$$\left( \frac{P_r}{P_c} + \frac{M_r}{M_c} \right) + \left( \frac{V_r}{V_c} + \frac{T_r}{T_c} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{H3-6})$$

donde:

### Para diseño de acuerdo con Sección B3.3 (LRFD):

$P_r$  = resistencia axial requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;

$P_c$  =  $\phi P_n$  = resistencia de tracción o compresión axial de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo D o E, N;

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;

$M_c$  =  $\phi_b M_n$  = resistencia de flexión de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo F, N-mm;

$V_r$  = resistencia de corte requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;

$V_c$  =  $\phi_v V_n$  = resistencia de corte de diseño, determinada de acuerdo con Capítulo G, N;

$T_r$  = resistencia torsional requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;

$T_c$  =  $\phi_T T_n$  = resistencia torsional de diseño, determinada de acuerdo con Sección H3.1, N-mm;

### Para diseño de acuerdo con Sección B3.4 (ASD):

$P_r$  = resistencia axial requerida usando las combinaciones de carga ASD, N.

$P_c$  =  $P_n/\Omega$  = resistencia de tracción o compresión axial admisible, determinada de acuerdo con Capítulo D o E, N.

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga ASD, N-mm.

$M_c$  =  $M_n/\Omega_b$  = resistencia de flexión admisible, determinada de acuerdo con Capítulo F, N-mm.

$V_r$  = resistencia de corte requerida usando las combinaciones de carga ASD, N.

$V_c$  =  $V_n/\Omega_v$  = resistencia de corte admisible, determinada de acuerdo con Capítulo G, N.

$T_r$  = resistencia torsional requerida usando las combinaciones de carga ASD, N-mm.

$T_c$  =  $T_n/\Omega_T$  = resistencia torsional admisible, determinada de acuerdo con Sección H3.1, N-mm.

NCh427/1:2016

### 3. Miembros no tubulares bajo torsión y tensiones combinadas

La resistencia torsional disponible para miembros de sección no tubular debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de *fluencia* bajo tensión normal, *fluencia en corte* bajo tensión de corte, o *pandeo*, determinado como sigue:

$$\phi_T = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_T = 1,67 \text{ (ASD)}$$

- a) Para el estado límite de fluencia bajo tensión normal

$$F_n = F_y \quad (\text{H3-7})$$

- b) Para el estado límite de fluencia en corte bajo tensión de corte

$$F_n = 0,6 F_y \quad (\text{H3-8})$$

- c) Para el estado límite de pandeo

$$F_n = F_{cr} \quad (\text{H3-9})$$

en que:

$F_{cr}$  = tensión de pandeo para la sección determinada por análisis, MPa.

Se permite algo de fluencia por pandeo local siempre que esté restringido a zonas adyacentes a las áreas que deben permanecer elásticas.

### H.4 Rotura de alas perforadas sujetas a tracción

En la ubicación de las perforaciones para pernos en las alas sujetas a tracción bajo fuerzas axiales y de flexión sobre el eje mayor combinadas, la resistencia de ruptura por tracción del ala deberá ser limitada por Ecuación H4-1. Cada ala sujeta a tracción por carga axial y flexión deberá ser verificada separadamente.

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{M_{rx}}{M_{cx}} \leq 1,0 \quad (\text{H4-1})$$

en que:

$P_r$  = resistencia axial requerida del miembro en la ubicación de las perforaciones de los pernos, positiva en tensión, negativa en compresión, N;

$P_c$  = resistencia axial disponible para los estados límite de ruptura por tracción del área neta en la ubicación de las perforaciones de los pernos, N;

$M_{rx}$  = resistencia de flexión requerida en la ubicación de las perforaciones de los pernos; positiva para tracción en el ala en consideración, negativa para compresión, N-mm;

$M_{cx}$  = resistencia de flexión disponible en el eje x para el estado límite de rotura por tracción del ala, determinada de acuerdo con Sección F13.1. Cuando el estado límite de rotura por tracción por flexión no se aplica, use el momento plástico por flexión,  $M_p$ , determinado sin considerar las perforaciones de los pernos, N-mm.

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD):**

$P_r$  = resistencia axial requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;

$P_c$  =  $\phi_t P_n$  = resistencia axial de diseño para el estado límite de rotura por tracción, determinada de acuerdo con Sección D2(b), N;

$M_{rx}$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm.

$M_{cx}$  =  $\phi_b M_n$  = resistencia de flexión de diseño, determinada de acuerdo con la Sección F13.1 o el momento plástico por flexión,  $M_p$ , determinado sin considerar las perforaciones de los pernos, según sea aplicable, N-mm;

$\phi_t$  = factor de resistencia para rotura por tracción = 0,75;

$\phi_b$  = factor de resistencia en flexión = 0,90.

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.4 (ASD):**

$P_r$  = resistencia axial requerida usando las combinaciones de carga ASD, N;

$P_c$  =  $P_n/\Omega_t$  = resistencia axial admisible para el estado límite de rotura por tracción, determinada de acuerdo con Sección D2 (b), N;

$M_{rx}$  = resistencia de flexión requerida usando las combinaciones de carga ASD, N-mm;

$M_{cx}$  =  $M_n/\Omega_b$  = resistencia de flexión de admisible, determinada de acuerdo con la Sección F13.1 o el momento plástico por flexión,  $M_p$ , determinado sin considerar las perforaciones de los pernos, según sea aplicable, N-mm;

$\Omega_t$  = factor de seguridad en tracción;

= 2,00

$\Omega_b$  = factor de seguridad en flexión;

= 1,67

NCh427/1:2016

## Capítulo I: Diseño de miembros de sección compuesta

Este capítulo abarca el diseño de miembros compuestos formados por perfiles de acero estructural laminados o armados, Secciones tubulares HSS y hormigón estructural actuando en conjunto, y vigas de acero que soportan losas de hormigón reforzado conectadas de manera tal que actúan en conjunto para resistir la flexión. También se incluyen vigas de sección compuesta simples y continuas con conectores de corte de acero y vigas embebidas en hormigón y vigas rellenas en hormigón, construidas con o sin apuntalamientos temporales.

El Capítulo está organizado de la manera siguiente:

- I.1 Disposiciones generales
- I.2 Fuerza axial
- I.3 Flexión
- I.4 Corte
- I.5 Combinación de carga axial y flexión
- I.6 Transferencia de cargas
- I.7 Diafragmas compuestos y vigas colectoras
- I.8 Anclajes de acero
- I.9 Casos especiales

### I.1 Disposiciones generales

Para determinar los efectos de carga en miembros y conexiones de una estructura que incluye miembros compuestos, se debe considerar la sección efectiva para cada instante de incremento de carga aplicada.

#### 1. Hormigón y acero de refuerzo

El diseño, detallamiento y propiedades de los materiales relacionados a las partes de hormigón y acero de refuerzo en la construcción compuesta deben cumplir con las normas de diseño para hormigón reforzado y barras de refuerzo estipuladas en NCh430 con las excepciones y limitaciones siguientes:

- 1) Secciones 7.8.2 y 10.13, y Capítulo 21 serán excluidos en su totalidad.
- 2) Las limitaciones sobre hormigón y el acero de refuerzo serán las especificadas en la Sección I1.3
- 3) Las limitaciones de Refuerzo transversal serán las especificadas en la Sección I2.1a (2), como complemento a las especificadas en NCh430.
- 4) La mínima razón de refuerzo longitudinal para miembros embebidos en hormigón será la especificada en la Sección I2.1a (3).

Los componentes de hormigón y de acero de refuerzo diseñados de acuerdo con NCh430 deben estar basados en el nivel de carga correspondiente a las combinaciones de carga LRFD.

**NOTA** La intención de la norma es que las porciones de hormigón y de acero de refuerzo en miembros compuestos de hormigón sean detallados empleando las disposiciones para elementos no compuestos de NCh430 siendo modificadas por la norma. Todos los requerimientos específicos para miembros compuestos son cubiertos en la norma.

Nótese que la base de diseño para NCh430 es el diseño por resistencia. Los diseñadores que empleen ASD en acero deben estar conscientes de los diferentes factores de carga

## 2. Resistencia nominal de secciones compuestas

La resistencia nominal de secciones compuestas deberá ser determinada de acuerdo con el método de distribución de las tensiones plásticas o el método de compatibilidad de las deformaciones tal como se define en esta sección.

La resistencia a tracción del hormigón deberá ser despreciada en la determinación de la resistencia nominal de miembros compuestos.

Los efectos por pandeo local deberán ser considerados para *miembros compuestos rellenos* como se define en la Sección I1.4. Los efectos por pandeo local no necesitan ser considerados para los *miembros compuestos embebidos*.

### 2a Método de distribución de las tensiones plásticas

Para el *método de distribución de las tensiones plásticas*, la *resistencia nominal* debe ser calculada suponiendo que los componentes de acero han alcanzado la tensión  $F_y$  en tracción o en compresión, según corresponda y que los componentes de hormigón debido a fuerzas axiales y/o flexión han alcanzado la tensión de  $0,85 f'_c$ . En el caso de secciones tubulares HSS redondas, llenas de hormigón se permite emplear una tensión de  $0,95 f'_c$ , para tomar en cuenta los efectos de confinamiento en las componentes de hormigón sometidas a compresión por fuerzas axiales y/o por flexión.

### 2b Método de compatibilidad de las deformaciones

En el caso del *método de compatibilidad de las deformaciones*, se debe suponer una distribución lineal de las deformaciones en la sección, con una deformación unitaria máxima del hormigón en compresión de  $0,003 \text{ mm/mm}$ . Las relaciones tensión-deformación del acero y del hormigón deben ser obtenidas de ensayos o de resultados publicados para materiales similares.

**NOTA** El método de compatibilidad de las deformaciones debe ser usado para determinar la resistencia nominal de secciones irregulares y para casos donde el acero no exhibe un comportamiento elasto-plástico. Guías generales para el método de compatibilidad de deformaciones para columnas embebidas sujetas a fuerza axial, flexión o a ambas se presentan en la *Guía de Diseño 6 AISC* y en NCh430.

## 3. Limitaciones del material

Para hormigón, *acero estructural* y barras de acero de refuerzo en sistemas compuestos se deberán cumplir las limitaciones siguientes, a menos que se justifique valores distintos mediante ensayos o análisis: Para la determinación de la resistencia disponible, el hormigón debe tener una resistencia de compresión  $f'_c$  no menor que  $21 \text{ MPa}$  ni mayor que  $70 \text{ MPa}$  en hormigón de peso normal y no menor que  $21 \text{ MPa}$  ni mayor que  $42 \text{ MPa}$  en el caso de hormigón liviano.

NCh427/1:2016

NOTA Hormigón de mayor resistencia puede ser utilizado para cálculos de rigidez pero no se puede contar con él para cálculos de resistencia a menos que sea justificado mediante ensayos o análisis.

- 5) La tensión de fluencia mínima especificada del acero estructural y de las barras de refuerzo, usada en el cálculo de la resistencia de un miembro compuesto, no debe exceder de 525 MPa.

#### 4. Clasificación de secciones compuestas rellenas para pandeo local

Para compresión, las secciones compuestas rellenas se clasifican como compactas, no compactas o esbeltas. Para que una sección califique como compacta, la máxima razón ancho-espesor de sus elementos de acero sujetos a compresión no debe exceder la razón ancho-espesor límite,  $\lambda_p$ , de Tabla I1.1a. Si la máxima razón ancho-espesor de uno o más de sus elementos de acero sujetos a compresión excede  $\lambda_p$ , pero no  $\lambda_r$  de Tabla I1.1a, la sección compuesta rellena es no compacta. Si la máxima razón ancho-espesor de cualquier elemento de acero sujeto a compresión excede  $\lambda_r$ , la sección es esbelta. La máxima razón ancho-espesor permitida deberá ser la especificada en la tabla.

Para flexión, las secciones compuestas rellenas son clasificadas como compactas, no compactas o esbeltas. Para que una sección califique como compacta, la máxima razón ancho-espesor entre sus elementos de acero sujetos a compresión no debe exceder la razón ancho-espesor límite,  $\lambda_p$ , de Tabla I1.1b. Si la máxima razón ancho-espesor de uno o más de sus elementos de acero sujetos a compresión excede  $\lambda_p$ , pero no  $\lambda_r$  de Tabla I1.1b, la sección compuesta rellena es no compacta. Si la máxima razón ancho-espesor de cualquier elemento de acero sujeto a compresión excede  $\lambda_r$ , la sección es esbelta. La máxima razón ancho-espesor permitida deberá ser la especificada en la tabla.

Para definiciones de ancho ( $b$  y  $D$ ) y de espesor ( $t$ ) para secciones tubulares HSS rectangulares y redondas referirse a Tabla B4.1a y a Tabla B4.1b.

NOTA Todas las secciones tubulares rectangulares corrientes HSS ASTM A500 Grado B son compactas de acuerdo con los límites de la Tabla I1.1a y Tabla I1.1b, excepto HSS7 × 7 × 1/8, HSS8 × 8 × 1/8, HSS9 × 9 × 1/8, HSS7 × 7 × 1/8, HSS12 × 12 × 3/16, las que son no compactas tanto para compresión axial como para flexión.

Todas las secciones tubulares circulares corrientes HSS ASTM A500 Grado B son compactas de acuerdo con los límites de la Tabla I1.1a y Tabla I1.1b, excepto HSS16,0x0,25, la que es no compacta para flexión.

**Tabla I1.1a – Razones ancho-espesor límites para elementos de acero comprimidos en miembros compuestos sujetos a compresión axial para uso con Sección I2.2**

Descripción del elemento	Razón Ancho-espesor	$\lambda_p$ Compacto/ No compacto	$\lambda_r$ No compacto/ esbelto	Máximo permitido
Paredes de secciones tubulares rectangulares HSS y de cajón de espesor uniforme	$b/t$	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Secciones tubulares HSS redondas	$D/t$	$\frac{0,15E}{F_y}$	$\frac{0,19E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$

**Tabla I1.1b – Razones ancho-Espesor límites para elementos de acero comprimidos en miembros compuestos sujetos a flexión para uso con Sección I3.4**

Descripción del elemento	Razón ancho-espesor	$\lambda_p$ Compacto/ No compacto	$\lambda_p$ No compacto/ Esbelto	Máximo permitido
Alas de secciones tubulares rectangulares HSS y de cajón de espesor uniforme	$b/t$	$2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Almas de secciones tubulares rectangulares HSS y de cajón de espesor uniforme	$h/t$	$3,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Secciones tubulares HSS redondas	$D/t$	$\frac{0,09E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$	$\frac{0,31E}{F_y}$

## I.2 Fuerza axial

Esta Sección aplica a dos tipos de miembros compuestos sometidos a carga axial: miembros compuestos embebidos y miembros compuestos rellenos.

### 1. Miembros compuestos embebidos

#### 1a Limitaciones

- 1) Los miembros compuestos embebidos deben ser sujetos a las siguientes limitaciones:
- 2) El área de la sección del núcleo de acero debe ser por lo menos el 1% de la sección compuesta total.

El hormigón que rodea al núcleo de acero debe ser reforzado con barras longitudinales continuas y armaduras transversales, materializadas como estribos, ganchos o armaduras helicoidales.

Cuando se empleen ganchos, un mínimo de ya sea una barra N° 3 (10 mm) espaciada a un máximo de 305 mm entre trabas, o una barra N° 4 (13 mm) con un espaciamiento mayor de 406 mm entre trabas deberá ser empleado. Refuerzo de alambre deformado o soldado de área equivalente es permitido.

El espaciamiento máximo de ganchos laterales no debe exceder 0,5 veces la menor dimensión de la *columna*.

- 3) La cuantía mínima del refuerzo longitudinal continuo,  $\rho_{sr}$ , debe ser 0,004, donde  $\rho_{sr}$  es dado por:

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \quad (I2-1)$$

en que:

$A_g$  = área bruta del miembro compuesto,  $\text{mm}^2$ ;

$A_{sr}$  = área de barras de refuerzo continuo,  $\text{mm}^2$ .

**NOTA** Referirse a las Secciones 7.10 y 10.9.3 de NCh430 para estribos adicionales y disposiciones sobre zunchos de refuerzo.

NCh427/1:2016

## 1b Resistencia a compresión

La resistencia de diseño de compresión,  $\phi_c P_n$ , o la resistencia admisible de compresión,  $P_n/\Omega_c$ , de columnas compuestas embebidas doblemente simétricas cargadas axialmente debe ser determinada para el estado límite de pandeo por flexión basado en la esbeltez de la columna como sigue:

$$\phi_c = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega_c = 2,00 \text{ (ASD)}$$

a) Cuando  $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25$

$$P_n = P_{no} \left[ 0,658 \left( \frac{P_{no}}{P_e} \right) \right] \quad (I2-2)$$

b) Cuando  $\frac{P_{no}}{P_e} > 2,25$

$$P_n = 0,877 P_e \quad (I2-3)$$

en que:

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c \quad (I2-4)$$

$$\begin{aligned} P_e &= \text{carga crítica de pandeo elástico determinada de acuerdo con Capítulo C o con Anexo 7, N;} \\ &= \pi^2 (EI_{eff})/(KL)^2 \end{aligned} \quad (I2-5)$$

$$A_c = \text{área de hormigón, mm}^2;$$

$$A_s = \text{área de la sección de acero, mm}^2;$$

$$E_c = \text{módulo de elasticidad del hormigón} = 0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c}, \text{ MPa};$$

$$EI_{eff} = \text{rigidez efectiva de la sección compuesta, N-mm}^2;$$

$$= E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c \quad (I2-6)$$

$$\begin{aligned} C_1 &= \text{coeficiente para el cálculo de la rigidez efectiva de una sección compuesta embebida en compresión;} \\ &= 0,1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,3 \end{aligned} \quad (I2-7)$$

$$E_s = \text{módulo de elasticidad del acero} = 200\,000 \text{ MPa};$$

$$F_y = \text{tensión de fluencia mínima especificada de la sección de acero, MPa};$$

$$F_{ysr} = \text{tensión de fluencia mínima especificada de las barras de refuerzo, MPa};$$

$$I_c = \text{momento de inercia de la sección de hormigón respecto al eje neutro elástico de la sección compuesta, mm}^4;$$

$$I_s = \text{momento de inercia del perfil de acero respecto al eje neutro elástico de la sección compuesta, mm}^4;$$

$I_{sr}$  = momento de inercia de las barras de refuerzo respecto al eje neutro elástico de la sección compuesta, mm<sup>4</sup>;

$K$  = factor de longitud efectiva;

$L$  = longitud no arriostrada lateralmente del miembro, mm;

$f'_c$  = resistencia a compresión especificada del hormigón, MPa;

$w_c$  = peso del hormigón por unidad de volumen ( $1\ 500 \leq w_c \leq 2\ 500$  kgf/m<sup>3</sup>).

La resistencia disponible a compresión no necesita ser menor que la especificada para el miembro de acero no embebido según los requisitos de Capítulo E.

### 1c Resistencia a tracción

La resistencia disponible de tracción de miembros compuestos embebidos cargados axialmente debe ser determinada por el estado límite de fluencia como se muestra a continuación:

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \quad (I2-8)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

### 1d Transferencia de carga

Los requisitos de transferencia de carga para miembros compuestos embebidos deberán ser determinados de acuerdo con la Sección I6.

### 1e Requisitos de detallamiento

Deberá existir un espaciamiento libre entre el núcleo de acero y el refuerzo longitudinal de un mínimo de 1,5 veces el diámetro de las barras de refuerzo, pero no menos que 38 mm.

Cuando la sección compuesta se construye con una sección armada de perfiles estructurales, los perfiles deben ser conectados con enlaces, planchas de asiento, planchas de refuerzo o componentes similares a fin de prevenir el pandeo de los perfiles individuales bajo cargas aplicadas previo al endurecimiento del hormigón.

## 2. Columnas compuestas rellenas

### 2a Límites

Para miembros compuestos llenos, el área transversal de la sección de acero deberá contener por lo menos un 1% del área total de sección compuesta.

Los miembros compuestos llenos deberán ser clasificados para pandeo local de acuerdo con la Sección I1.4.

NCh427/1:2016

## 2b Resistencia de compresión

La resistencia de compresión disponible de miembros compuestos rellenos con doble simetría cargados axialmente deberá ser determinada para el estado límite de pandeo por flexión basado en la Sección I2.1b con las modificaciones siguientes:

- a) Para secciones compactas

$$P_{no} = P_p \quad (I2-9a)$$

en que:

$$P_p = F_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9b)$$

$C_2 = 0,85$  para secciones rectangulares y  $0,95$  para secciones circulares.

- b) Para secciones no compactas

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (I2-9c)$$

en que:

$\lambda$ ,  $\lambda_p$  y  $\lambda_r$  son las razones de esbeltez determinadas de Tabla I1.1a.

$P_p$  es determinado de ecuación I2-9b.

$$P_p = F_y A_s + 0,7 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9d)$$

- c) Para secciones esbeltas

$$P_{no} = F_{cr} A_s + 0,7 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (I2-9e)$$

en que:

- i) Para secciones rectangulares llenas

$$F_{cr} = \frac{9,0 E_s}{(b / t)^2} \quad (I2-10)$$

- ii) Para secciones redondas llenas

$$F_{cr} = \frac{0,72 F_y}{\left( (D / t) \frac{F_y}{E_s} \right)^{0,2}} \quad (I2-11)$$

La rigidez efectiva de una sección compuesta,  $EI_{eff}$ , para todas las secciones debe ser de:

$$EI_{eff} = E_s l_s + E_s l_{sr} + C_3 E_c l_c \quad (I2-12)$$

en que:

$C_3$  = coeficiente para el cálculo de la rigidez efectiva de miembros compuestos rellenos en compresión

$$= 0,6 + 2\left(\frac{A_s}{A_c + A_s}\right) \leq 0,9 \quad (I2-13)$$

La resistencia a compresión disponible no necesita ser menor que la especificada para el miembro de acero no relleno según los requisitos del Capítulo E.

## 2c Resistencia a tracción

La resistencia disponible a tracción de miembros compuestos rellenos cargados axialmente deberá ser determinada para el estado límite de fluencia como sigue:

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \quad (I2-14)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

## 2d Transferencia de carga

Los requisitos de transferencia de carga para miembros compuestos rellenos deberán ser determinados de acuerdo con la Sección I6.

## I.3 Flexión

Esta Sección aplica a tres tipos de miembros compuestos sujetos a flexión: vigas compuestas con anclajes de acero consistentes de pernos o canales conectores de corte, miembros compuestos embebidos y miembros compuestos rellenos.

### 1. General

#### 1a Ancho efectivo

El ancho efectivo de la losa de hormigón es la suma de los anchos efectivos a cada lado del eje de la viga, cada uno de los cuales no puede exceder:

- 1) un octavo de la luz de viga, medida centro a centro de los apoyos;
- 2) un medio de la distancia al eje de la viga adyacente; o
- 3) la distancia al borde de la losa.

#### 1b Resistencia durante la construcción

Cuando no se disponga apuntalamiento temporal durante la construcción, la sección de acero sola debe tener la resistencia suficiente para soportar todas las cargas aplicadas antes que el hormigón alcance el 75% de su resistencia especificada,  $f'_c$ . La resistencia disponible de flexión de la sección de acero debe ser determinada de acuerdo con Capítulo F.

## 2. Vigas compuestas con conectores de corte

### 2a Resistencia para flexión positiva

La resistencia de diseño para flexión positiva,  $\phi_b M_n$ , o la resistencia admisible de flexión positiva,  $M_n / \Omega_b$ , debe ser determinada por el estado límite de fluencia como sigue:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

- a) Para  $h / t_w \leq 3,76\sqrt{E / F_y}$

$M_n$  debe ser determinado a partir de la distribución de tensiones plásticas en la sección compuesta para el estado límite de fluencia (momento plástico).

NOTA Todos los perfiles actuales ASTM A6 W, S, y HP satisfacen el límite dado en la Sección I3.2a(a) para  $F_y \leq 345$  MPa.

- b) Cuando  $h / t_w > 3,76\sqrt{E / F_y}$

$M_n$  debe ser determinado por la superposición de tensiones elásticas, considerando los efectos de alzaprimado, para el estado límite de fluencia (momento de primera fluencia).

### 2b Resistencia para flexión negativa

La resistencia para flexión negativa disponible debe ser determinada solo para la sección de acero sola, de acuerdo con los requisitos de Capítulo F.

Alternativamente, la resistencia disponible de flexión negativa debe ser determinada a partir de una distribución de tensiones plásticas en la sección compuesta, para el estado límite de fluencia (momento plástico), con:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

supuesto que:

- 1) La viga de acero es compacta y está debidamente arriostrada de acuerdo con Capítulo F.
- 2) La losa está vinculada a la viga de acero en la región de momento negativo mediante conectores de corte.
- 3) El refuerzo de losa paralelo a la viga de acero se desarrolla apropiadamente dentro del ancho efectivo de la losa.

### 2c Resistencia de vigas compuestas con placas colaborantes de acero

#### 1) General

La resistencia disponible de flexión de una construcción compuesta consistente en losas de hormigón sobre placas colaborantes de acero conectadas a vigas de acero debe ser determinada por las disposiciones aplicables de las Secciones I3.2a y I3.2b, con los requisitos siguientes:

- 3) La altura nominal del nervio no debe ser mayor que 75 mm. El ancho promedio del nervio de hormigón o cartela,  $w_r$ , no debe ser menor que 50 mm, y para efectos de cálculo no mayor que la distancia libre al borde superior de la placa colaborante.

- 4) La losa de hormigón debe ser conectada a la viga de acero con pernos conectores de corte soldados de 19 mm de diámetro o menor (AWS D1.1/D1.1M). Los conectores de corte pueden ser soldados a través de la placa colaborante de acero o pueden soldarse directamente a la sección de acero. Después de su instalación, los conectores se deben extender no menos que 38 mm por sobre el borde superior de la placa colaborante de acero y debe haber por lo menos 13 mm de recubrimiento de hormigón por sobre la cabeza de los conectores instalados.
- 5) El espesor de losa por sobre la placa colaborante de acero no debe ser menor que 50 mm.
- 6) La placa colaborante de acero debe quedar anclada a todos los miembros soportantes con un espaciamiento que no debe exceder 460 mm. Tal anclaje debe ser realizado mediante conectores de corte con cabeza, una combinación de espárragos y soldaduras de tapón u otro dispositivo especificado por los documentos contractuales.

## 2) Nervios orientados perpendicularmente a la viga de acero

En la determinación de las propiedades de la sección compuesta y al calcular  $A_c$  para nervios orientados perpendicularmente a las vigas de acero, se despreciará el hormigón ubicado bajo el borde superior de la placa colaborante de acero.

## 3) Nervios orientados paralelamente a la viga de acero

En la determinación de las propiedades de la sección compuesta, puede considerarse el hormigón ubicado bajo el borde superior de la placa colaborante de acero y debe ser considerado al calcular  $A_c$ .

Los nervios de la placa colaborante de acero sobre vigas soportantes se pueden separar longitudinalmente para formar una cartela de hormigón.

Cuando la profundidad nominal de la placa de acero es de 38 mm o mayor, el ancho promedio,  $w_r$ , del nervio no debe ser menor que 50 mm para el primer conector de corte en la fila transversal más cuatro diámetros del conector con cabeza para cada conector adicional.

## 2d Transferencia de carga entre la viga de acero y la losa de hormigón

### 1) Transferencia de carga para momento positivo

El corte horizontal total en la interface entre la viga de acero y la losa de hormigón debe suponerse que es transferida por conectores de corte, excepto para vigas embebidas en hormigón como se define en la Sección I3.3. Para la acción colaborante con hormigón solicitado en compresión por flexión, el corte nominal entre la viga de acero y la losa de hormigón, transferido por anclajes de acero,  $V'$ , entre el punto de máximo momento positivo y el punto de momento cero debe ser determinado como el menor valor de acuerdo con los estados límites de aplastamiento del hormigón, fluencia en tracción de la sección de acero o la resistencia al corte de los anclajes de acero:

- a) Para el estado límite de aplastamiento del hormigón:

$$V' = 0,85 f'_c A_c \quad (\text{I3-1a})$$

- b) Para el estado límite de fluencia en tracción de la sección de acero:

$$V' = F_y A_s \quad (\text{I3-1b})$$

NCh427/1:2016

- c) Para el estado límite de resistencia del conector de corte

$$V' = \Sigma Q_n \quad (\text{I3-1c})$$

en que:

$A_c$  = área de la losa de hormigón dentro del ancho efectivo, mm<sup>2</sup>;

$A_s$  = área de la sección de acero, mm<sup>2</sup>;

$\Sigma Q_n$  = suma de las resistencias nominales de los conectores de corte entre el punto de máximo momento positivo y el punto de momento cero, N.

## 2) Carga transferida para momento negativo

Para vigas compuestas continuas donde el refuerzo de acero longitudinal en la región de momentos negativos se considera que actúa en colaboración con la viga de acero, el corte horizontal total entre el punto de máximo momento negativo y el punto de momento cero debe ser determinado como el menor valor de acuerdo con los siguientes estados límites:

- a) Para el estado límite de fluencia en tracción del refuerzo de la losa:

$$V' = F_{ysr} A_{sr} \quad (\text{I3-2a})$$

en que:

$A_{sr}$  = área de refuerzo de acero longitudinal debidamente desarrollado dentro del ancho efectivo de la losa de hormigón, mm<sup>2</sup>;

$F_{ysr}$  = tensión de fluencia mínima especificada del acero de refuerzo, MPa.

- b) Para el estado límite de resistencia del conector de corte:

$$V' = \Sigma Q_n \quad (\text{I3-2b})$$

## 3. Miembros compuestos embebidos

La resistencia de flexión disponible de miembros compuestos embebidos debe ser determinada como sigue a continuación:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}; \Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , deberá ser determinada con uno de los métodos siguientes:

- Para el estado límite de la primera fluencia (momento de primera fluencia), se determina mediante la superposición de tensiones elásticas en la sección compuesta, considerando los efectos del alzaprimado.
- Para el estado límite de fluencia (momento plástico), por distribución de tensiones plásticas en la sección de acero solamente.
- Para el estado límite de fluencia (momento plástico), se permite por distribución de tensiones plásticas o por el método de compatibilidad de deformaciones en la sección compuesta. Para miembros embebidos en hormigón, deben emplearse anclajes de acero.

## 4. Miembros compuestos rellenos

### 4a Limitantes

Las secciones compuestas rellenas deberán ser clasificadas para pandeo local de acuerdo con la Sección I1.4.

### 4b Resistencia a flexión

La resistencia a flexión disponible de miembros compuestos rellenos debe ser determinada como sigue:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal a flexión,  $M_n$ , deberá ser determinada como sigue:

- a) Para secciones compactas

$$M_n = M_p \quad (\text{I3-3a})$$

en que:

$M_p$  = momento correspondiente a la distribución de tensiones plásticas en la sección transversal del miembro compuesto, N-mm.

- b) Para secciones no compactas:

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (\text{I3-3b})$$

en que:

$\lambda$ ,  $\lambda_p$  y  $\lambda_r$  = son las razones de esbeltez determinadas en Tabla I1.1b;

$M_y$  = momento de fluencia correspondiente a la fluencia del ala en tracción y en la primera fluencia del ala en compresión, N-mm. La capacidad en la primera fluencia debe ser calculada suponiendo una distribución lineal elástica de tensiones con una tensión en el hormigón limitada a un máximo de 0,7  $f'_c$  y una tensión en el acero limitada a un máximo de  $F_y$ .

- c) Para secciones esbeltas,  $M_n$  debe ser determinada como el momento de primera fluencia. Las tensiones en el ala comprimida deberán estar limitadas a la tensión de pandeo local  $F_{cr}$ , la que se determina empleando la Ecuación I2-10 o I2-11. La distribución de tensiones en el hormigón deberá ser lineal elástica con la tensión limitada a un máximo en compresión de 0,7  $f'_c$ .

NCh427/1:2016

## I.4 Corte

### 1. Miembros compuestos embebidos y rellenos

La resistencia de diseño al corte,  $\phi_v V_n$ , o la resistencia admisible al corte,  $V_n/\Omega_v$ , deben ser determinadas basadas en uno de los casos a continuación:

- a) La *resistencia disponible al corte* de la sección de acero sola es especificada en Capítulo G.
- b) La resistencia disponible al corte de la porción de hormigón reforzado (hormigón más el acero de refuerzo) es definida en NCh430 con:

$$\phi_v = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega_v = 2,00 \text{ (ASD)}$$

- c) La *resistencia nominal al corte* de la sección de acero es definida en Capítulo G, más la resistencia nominal del acero de refuerzo tal como se define en NCh430 con un factor de resistencia combinada o de seguridad de:

$$\phi_v = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega_v = 2,00 \text{ (ASD)}$$

### 2. Vigas compuestas con placa colaborante de acero

La resistencia disponible al corte de vigas compuestas con conectores de corte o perfiles canales deberá ser determinada basada solo en las propiedades de la sección de acero según el Capítulo G.

## I.5 Combinación de carga axial y flexión

La interacción entre fuerza axial y flexión en miembros compuestos debe tomar en cuenta la estabilidad como lo requiere el Capítulo C. La resistencia disponible en compresión y la resistencia disponible en flexión deberán ser determinadas según se define en la Sección I2 e I3, respectivamente. Para considerar la influencia de los *efectos por longitud* en la resistencia axial del miembro, la resistencia nominal axial del miembro deberá ser determinada de acuerdo con la Sección I2.

Para miembros compuestos embebidos y miembros compuestos rellenos con secciones compactas, la interacción entre fuerza axial y flexión debe estar basada en las ecuaciones de interacción de la Sección H1.1 o en uno de los métodos definidos en la Sección I1.2.

Para miembros compuestos con secciones no compactas o esbeltas, la interacción entre fuerza axial y flexión deberá estar basada en las ecuaciones de interacción de la Sección H1.1.

NOTA Los métodos para determinar la capacidad de vigas-columnas compuestas son discutidos en el Comentario.

## I.6 Transferencia de carga

### 1. Requisitos generales

Cuando las fuerzas externas son aplicadas a un miembro compuesto embebido o relleno cargado axialmente, la introducción de fuerzas al miembro y la transferencia de cortes longitudinales dentro del miembro deben ser tratadas de acuerdo con los requisitos para la ubicación de las fuerzas presentes en esta sección.

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , del mecanismo de transferencia de fuerzas aplicable, se determina de acuerdo con la Sección I6.3, y deberá ser igual o exceder la fuerza de corte longitudinal requerida a ser transferida,  $V'_r$ , de acuerdo a lo indicado en la Sección I6.2.

## 2. Asignación de las fuerzas

La asignación de las fuerzas deberá ser determinada basada en la distribución de las fuerzas externas de acuerdo con los siguientes requisitos:

NOTA Las disposiciones sobre resistencia al aplastamiento por la aplicación de fuerzas externas son entregadas en la Sección J8. Para miembros compuestos rellenos, el término  $\sqrt{A_2/A_1}$  en Ecuación J8-2 deberá ser tomada igual a 2,0 debido a efectos de confinamiento.

### 2a Fuerzas externas aplicadas a la sección de acero

Cuando la fuerza externa total es aplicada directamente en la sección de acero, la fuerza requerida a transferir al hormigón,  $V'_r$  deberá ser determinada como sigue:

$$V'_r = P_r (1 - F_y A_s / P_{no}) \quad (I6-1)$$

en que:

$P_{no}$  = resistencia nominal de compresión axial sin considerar los efectos de longitud, determinada con Ecuación I2-4 para los miembros compuestos embebidos, y con Ecuación I2-9a para miembros compuestos rellenos, N;

$P_r$  = fuerza externa requerida aplicada en el miembro compuesto, N.

### 2b Fuerzas externas aplicadas al hormigón

Cuando la fuerza externa total es aplicada directamente al revestimiento de hormigón, o al relleno de hormigón, la fuerza requerida a ser transferida al acero,  $V'_r$ , deberá ser determinada como sigue:

$$V'_r = P_r (F_y A_s / P_{no}) \quad (I6-2)$$

en que:

$P_{no}$  = resistencia nominal de compresión axial sin considerar los efectos de longitud, determinada con Ecuación I2-4 para los miembros compuestos embebidos, y con Ecuación I2-9a para miembros compuestos rellenos, N;

$P_r$  = fuerza externa requerida aplicada en el miembro compuesto, N.

### 2c Fuerzas externas aplicadas conjuntamente al acero y al hormigón

Cuando las fuerzas externas son aplicadas conjuntamente a la sección de acero y al hormigón embebido o al hormigón de relleno,  $V'_r$  deberá ser determinada como la fuerza requerida para establecer equilibrio en la sección transversal.

NOTA El Comentario entrega un método aceptable para determinar el corte longitudinal requerido para el equilibrio de la sección transversal.

### 3. Mecanismo de transferencia de fuerzas

La resistencia nominal,  $R_n$ , del mecanismo de transferencia de fuerzas de interacción por adherencia directa, conexión de corte y aplastamiento directo deberá ser determinada de acuerdo con esta sección. El uso del mecanismo de transferencia de fuerzas que entregue la mayor resistencia nominal es permitido. Los mecanismos de transferencia de fuerzas no pueden ser sobrepuertos.

El mecanismo de transferencia de interacción por adherencia directa no debe ser empleado para miembros compuestos embebidos.

#### 3a Aplastamiento directo

Cuando las fuerzas son transferidas en un miembro compuesto embebido o en un miembro compuesto relleno por aplastamiento directo a partir de mecanismos de aplastamiento internos, la resistencia al aplastamiento disponible del hormigón para el estado límite de aplastamiento del hormigón debe ser determinada como sigue:

$$R_n = 1,7 f'_c A_1 \quad (16-3)$$

$$\phi_B = 0,65 \text{ (LRFD); } \Omega_B = 2,31 \text{ (ASD)}$$

en que:

$$A_1 = \text{área de hormigón cargada, mm}^2.$$

NOTA Un ejemplo de transferencia de fuerzas por medio de un mecanismo de aplastamiento interno es el uso de planchas de acero internas dentro del miembro compuesto relleno.

#### 3b Conectores de corte

Cuando las fuerzas son transferidas en un miembro compuesto embebido o en un miembro compuesto relleno mediante conectores de corte o canales, la resistencia disponible al corte de los conectores de corte debe ser determinada como sigue:

$$R_c = \Sigma Q_{cv} \quad (16-4)$$

en que:

$\Sigma Q_{cv}$  = suma de las resistencias disponibles al corte,  $\phi Q_{nv}$  o  $Q_{nv}/\Omega$  según sea apropiado, de los conectores de corte o canales, determinadas de acuerdo con la Sección 18.3a o 18.3d, respectivamente, ubicados dentro de la longitud de introducción de carga, como se define en la Sección 16.4, N.

### 3c Interacción de adherencia directa

Cuando las fuerzas son transferidas en miembros compuestos rellenos por interacción de adherencia directa, la resistencia disponible a la adherencia entre el acero y el hormigón debe ser determinado como sigue:

$$\phi = 0,45 \text{ (LRFD); } \Omega = 3,33 \text{ (ASD)}$$

- a) Para secciones rectangulares de acero llenas de hormigón:

$$R_n = B^2 C_{in} F_{in} \quad (I6-5)$$

- b) Para secciones redondas de acero llenas de hormigón:

$$R_n = 0,25 \pi D^2 C_{in} F_{in} \quad (I6-6)$$

en que:

$C_{in}$  = 2 si el miembro compuesto relleno se extiende a un lado del punto de transferencia de las fuerzas; 4 si el miembro compuesto relleno se extiende a ambos lados del punto de transferencia de las fuerzas;

$R_n$  = resistencia nominal de adherencia, N;

$F_{in}$  = tensión nominal de adherencia;

= 0,40 MPa;

$B$  = ancho total de la sección rectangular a lo largo de la cara de transferencia de carga, mm;

$D$  = diámetro exterior de secciones tubulares HSS redondas, mm.

## 4. Requisitos de detallamiento

### 4a Miembros compuestos embebidos

Anclajes de acero empleados para transferir cortes longitudinales deberán ser distribuidos dentro de la *longitud de introducción de la carga*, la que no deberá exceder una distancia de dos veces la mínima dimensión transversal de miembros compuestos embebidos, sobre y bajo la región de transferencia de carga. Los anclajes empleados para transferir cortes longitudinales deberán ser utilizados en al menos dos caras del elemento de acero en una configuración generalmente simétrica sobre el eje de la sección de acero.

El espaciamiento de los anclajes de acero, tanto dentro como fuera de la longitud de introducción de la carga, deberá satisfacer la Sección I8.3e.

### 4b Miembros compuestos rellenos

Donde sea requerido, anclajes de acero que transfieran los cortes longitudinales deberán ser distribuidos dentro de la longitud de introducción de la carga, la que no deberá exceder una distancia de dos veces la mínima dimensión transversal de miembros de acero rectangulares o dos veces el diámetro de miembros de acero redondos, ambos sobre y bajo la región de transferencia de carga. El espaciamiento de anclajes de acero dentro de la longitud de introducción de cargas deberá ser conforme a la Sección I8.3e.

## 1.7 Diagramas compuestos y vigas colectoras

Los diagramas de losas compuestas y vigas colectoras deberán ser diseñadas y detalladas para transferir cargas dentro del diafragma, los miembros del borde del diafragma y los elementos colectores, y elementos del sistema resistente a las cargas laterales.

NOTA Guias de diseño para los diafragmas compuestos y vigas colectoras pueden ser encontrados en el Comentario.

## 1.8 Anclajes de acero

### 1. General

El diámetro de los conectores de corte no debe ser mayor a 2,5 veces el espesor del metal base al cual es soldado, a menos que sea soldado a un ala directamente sobre el alma.

La Sección I8.2 aplica para los miembros compuestos en flexión donde los anclajes de acero son embebidos en una losa de hormigón sólido o en una losa de hormigón construida sobre una placa de acero colaborante. La Sección I8.3 aplica para todos los otros casos.

### 2. Anclajes de acero en vigas compuestas

La longitud de los conectores de corte no debe ser inferior a cuatro diámetros del perno desde la base al extremo de la cabeza del perno después de ser instalado.

#### 2a Resistencia de pernos conectores de corte

La resistencia nominal de un perno de corte embebido en una losa de hormigón sólido o en una losa compuesta con placa colaborante de acero debe ser determinada como:

$$Q_h = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u \quad (\text{I8-1})$$

en que:

$A_{sa}$  = área de la sección transversal del conector con cabeza de corte, mm<sup>2</sup>;

$E_c$  = módulo de elasticidad del hormigón =  $0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f_c}$ , MPa;

$F_u$  = resistencia mínima a tracción especificada de un conector con cabeza de corte, MPa;

$R_g$  = 1,0 para:

- para un conector con cabeza soldado en un nervio de la placa colaborante con la placa orientada perpendicularmente al perfil de acero;
- para cualquier número de conectores con cabeza soldados en una fila directamente al perfil de acero;
- para cualquier número de conectores con cabeza soldados en una fila a través de la placa colaborante orientada en dirección paralela al perfil de acero y con una razón ancho promedio a profundidad del nervio  $\geq 1,5$ .

= 0,85 para:

- a) para dos conectores con cabeza soldados en un nervio de la placa colaborante con la plancha orientada perpendicularmente al perfil de acero;
- b) para un conector con cabeza soldado a través de la placa colaborante con la plancha orientada paralelamente al perfil de acero y con una razón ancho promedio a profundidad del nervio < 1,5.
- = 0,7; (a) para tres o más conectores con cabeza soldados en un nervio de la placa colaborante con la placa orientada perpendicularmente al perfil de acero;

$R_p$  = 0,75 para;

- a) para conectores con cabeza soldados directamente al perfil de acero;
- b) para conectores con cabeza soldados en una losa compuesta con placa colaborante orientada perpendicularmente a la viga y con  $e_{mid ht} \geq 50$  mm;
- c) para conectores con cabeza soldados a través de la placa colaborante, o de una placa de acero usado como material de sellado en vigas, y embebidas en una losa compuesta con placa colaborante orientada paralela a la viga.
- = 0,6; para conectores con cabeza soldados en una losa compuesta con placa colaborante orientada perpendicularmente a la viga y con  $e_{mid ht} < 50$  mm.

$e_{mid ht}$  = distancia desde el borde del conector con cabeza hasta el alma de la placa colaborante, medida a media altura del nervio de la placa, y en la dirección de carga del conector (en otras palabras, en la dirección de momento máximo para una viga simplemente apoyada), mm.

NOTA La tabla siguiente presenta valores de  $R_g$  y  $R_p$  para varios casos. Las capacidades de los conectores de corte pueden ser encontradas en el Manual.

Condición	$R_g$	$R_p$
Sin placa colaborante de acero	1,0	0,75
Placa colaborante orientada paralelamente al perfil de acero		
$\frac{w_r}{h_r} \geq 1,5$	1,0	0,75
$\frac{w_r}{h_r} < 1,5$	0,85**	0,75
Placa orientada perpendicularmente al perfil de acero		
Número de conectores ocupando el mismo nervio		
1	1,0	0,6+
2	0,85	0,6+
3 o más	0,7	0,6+

$h_r$  = altura nominal del nervio, mm.  
 $w_r$  = ancho promedio del nervio o ménsula de hormigón (como se define en la Sección I3.2c), mm.  
 \*\* para perno individual.  
 + este valor se puede aumentar a 0,75 cuando  $e_{mid ht} \geq 51$  mm.

## 2b Resistencia de conectores de corte tipo canal

La resistencia nominal de un conector de corte tipo canal laminada embebida en una losa de hormigón sólido debe ser determinado como sigue:

$$Q_n = 0,3(t_f + 0,5t_w)l_a\sqrt{f'_cE_c} \quad (18-2)$$

en que:

$l_a$  = longitud del canal, mm;

$t_f$  = espesor de la ala del canal, mm;

$t_w$  = espesor del alma del canal, mm.

La resistencia del conector de corte canal debe ser desarrollada soldando la canal al ala de la viga para una fuerza igual a  $Q_n$ , considerando la excentricidad en el conector.

## 2c Número requerido de conectores de corte

El número de conectores de corte requeridos entre la sección de momento de flexión máximo, positivo o negativo, y la sección adyacente de momento cero debe ser igual a la fuerza de corte horizontal determinada de acuerdo con las Secciones I3.2d (1') y I3.2d(2) dividido por la resistencia nominal de un conector de corte como se determina por la Sección I8.2a o Sección I8.2b. El número de anclajes de acero requeridos entre cualquier fuerza concentrada y el punto más cercano de cero momento debe ser suficiente para desarrollar el máximo momento requerido en el punto de la carga concentrada.

## 2d Requisitos de detailamiento

Los anclajes de acero requeridos en cada lado del punto de máximo momento de flexión, positivo o negativo, deben ser distribuidos uniformemente entre este punto y los puntos adyacentes de momento cero, a menos que se especifique de otra manera en los documentos contractuales.

Los conectores de corte deben tener por lo menos 25 mm de recubrimiento lateral de hormigón en la dirección perpendicular a la fuerza de corte, excepto para anclajes instalados en los nervios de placas colaborantes de acero. La distancia mínima entre el centro de un anclaje a un borde libre en la dirección de la fuerza de corte es de 203 mm si se emplea hormigón de peso normal y 250 mm si el empleado si se emplea hormigón de peso liviano. Se permite el uso de las disposiciones de NCh430, Anexo D en lugar de dichos valores.

El espaciamiento mínimo de conectores (medido centro a centro) debe ser seis diámetros a lo largo del eje longitudinal de la viga compuesta soportante y cuatro diámetros en la dirección transversal, excepto dentro de los nervios de la placa colaborante orientadas perpendicularmente a la viga de acero, donde el espaciamiento mínimo debe ser cuatro diámetros en cualquier dirección. El espaciamiento máximo de conectores de corte no debe exceder ocho veces el espesor total de losa ni 900 mm.

### 3. Conectores de acero en componentes compuestos

Esta sección debe aplicar al diseño de pernos conectores de corte de componentes compuestos conectados en sitio.

Las disposiciones del código de construcción aplicable o NCh430, Anexo D de pueden usar en vez de las disposiciones de esta sección.

**NOTA** Las disposiciones sobre la resistencia de conectores de acero en esta sección son aplicables principalmente para anclajes ubicados en la región de transferencia de carga (conexión) de columnas compuestas y viga-columnas, vigas compuestas embebidas y rellenas de hormigón, vigas de acoplamiento compuestas, y muros compuestos, donde el acero y el hormigón trabajan conjuntamente dentro del miembro. No están especificadas para construcciones híbridas donde el acero y el hormigón no trabajan en forma conjunta, tal como en insertos.

La Sección I8.2 especifica la resistencia de los conectores de acero insertados en losas de hormigón sólido con placa colaborante de acero en una viga compuesta.

Los estados límites para la sección transversal del conector y para la rotura del hormigón en corte son cubiertos directamente en esta sección. Adicionalmente, el espaciamiento y las limitaciones dimensionales entregadas en estas disposiciones consideran los estados límite de desprendimiento del hormigón para anclajes sujetos a corte y el arrancamiento del hormigón para anclajes en tracción según se define en NCh430, Anexo D.

Para hormigón de peso normal: la longitud de los anclajes de acero sujetos únicamente a corte no debe ser menos que cinco diámetros del perno desde la base del perno hasta el extremo superior después de su instalación. Para anclajes de acero sujetos a tracción, o a interacción de corte y tracción, la longitud no debe ser menor que ocho diámetros del perno desde la base del perno hasta el extremo superior de éste después de instalado.

Para hormigón de peso liviano: la longitud de los anclajes de acero sujetos únicamente a corte no debe de ser menor que siete diámetros del perno desde la base del perno hasta el extremo superior del perno después de instalado. Para anclajes de acero sujetos a tracción, la longitud no debe de ser menor que diez diámetros del perno desde la base del perno hasta el extremo superior del perno después de instalado. La resistencia nominal de los anclajes de acero sujetos a la interacción de corte y tracción para hormigón liviano debe ser determinado según se estipula en el código de construcción aplicable o en NCh430 Anexo D.

Los anclajes de acero sujetos a tracción o a interacción de corte y tracción deben tener un diámetro de la cabeza mayor o igual a 1,6 veces el diámetro del cuerpo del vástago del conector.

**NOTA** La tabla siguiente presenta valores mínimos de la razón  $h/d$  en anclajes de acero para cada condición considerada en la norma:

Condición de carga	Hormigón de peso normal	Hormigón de peso liviano
Corte	$h/d \geq 5$	$h/d \geq 7$
Tracción	$h/d \geq 8$	$h/d \geq 10$
Corte + Tracción	$h/d \geq 8$	N/A*

$h/d$  = razón entre la longitud y el diámetro del vástago del perno de anclaje.

\* Refiere a NCh430, Anexo D para el cálculo de los efectos de interacción de anclajes embebidos en hormigón liviano.

### 3a Resistencia al corte de anclajes de acero en componentes compuestos

Cuando la resistencia al arrancamiento del hormigón en corte no es un estado límite aplicable, la resistencia de diseño al corte,  $\phi_v Q_{nv}$ , o la resistencia admisible al corte,  $Q_{nv}/\Omega_v$ , de un perno de anclaje de acero único debe ser determinada como sigue:

$$Q_{nv} = F_u A_{sa}$$

$$\phi_v = 0,65 \text{ (LRFD)}; \Omega_v = 2,31 \text{ (ASD)}$$

en que:

$$Q_{nv} = \text{resistencia nominal al corte del anclaje de acero, N};$$

$$A_{sa} = \text{área de la sección transversal del anclaje de acero, mm}^2;$$

$$F_u = \text{resistencia mínima a tracción especificada del anclaje de acero, MPa.}$$

Cuando la resistencia al arrancamiento del hormigón en corte es un estado límite aplicable, la resistencia disponible al corte de un perno de anclaje de acero debe ser determinada mediante uno de los métodos siguientes:

- 1) Donde el anclaje es desarrollado de acuerdo con NCh430, Capítulo 12 de en ambos lados de la superficie de arranque del hormigón para el anclaje de acero, el mínimo de la resistencia nominal al corte del acero en Ecuación 18-3 y la resistencia nominal del anclaje de refuerzo debe ser usado para la resistencia nominal al corte,  $Q_{nv}$  del anclaje de acero.
- 2) Según sea estipulado por el código de construcción aplicable o en NCh430, Anexo D.

**NOTA** Si la resistencia al arrancamiento del hormigón por corte es un estado límite aplicable (por ejemplo, donde el prisma de arranque no está restringido por plancha de acero alguna, ala, o alma), se requiere armadura de refuerzo para anclaje apropiado para ser usados por las disposiciones de esta sección. Alternativamente, las disposiciones del código de construcción aplicable o Anexo D de NCh430 pueden ser empleadas.

### 3b Resistencia a tracción de anclajes de acero en componentes compuestos

La distancia del centro de un anclaje al borde libre del hormigón en dirección perpendicular a la altura del anclaje es mayor o igual a 1,5 veces la altura del anclaje medido al extremo superior de la cabeza, y donde el espaciamiento entre el centro de un anclaje de acero a otro es mayor o igual a tres veces la altura del anclaje medido al extremo superior de la cabeza, la resistencia disponible a tracción del anclaje de acero debe ser determinada como sigue:

$$Q_{nt} = F_u A_{sa}$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (LRFD)}; \Omega_t = 2,00 \text{ (ASD)}$$

en que:

$$Q_{nt} = \text{resistencia nominal a tracción del anclaje de acero, N.}$$

Cuando la distancia del centro de un anclaje al borde libre del hormigón en dirección perpendicular a la altura del perno de anclaje es menor a 1,5 veces la altura del perno de anclaje medido al extremo superior de la cabeza del perno, o donde el espaciamiento entre el centro de un perno de anclaje de acero a otro es menor a tres veces la altura del perno de anclaje medido al extremo superior de la cabeza del perno, la resistencia nominal a tracción de un perno de anclaje de acero debe ser determinada por uno de los siguientes:

- Cuando el anclaje de refuerzo es desarrollado de acuerdo con NCh430, Capítulo 12 en ambos lados de la *superficie de arranque del hormigón* para el perno de anclaje de acero, la resistencia nominal mínima a la tracción del acero en Ecuación I8-4 y la resistencia nominal del anclaje de refuerzo debe ser usado para la resistencia nominal a tracción,  $Q_{nt}$  del perno de anclaje de acero.
- Según sea estipulado por el código de construcción aplicable o en NCh430, Anexo D.

NOTA Refuerzo suplementario de confinamiento es recomendado alrededor del conector sujeto a tracción o a interacción de corte y tracción para evitar efectos de borde o efectos provenientes de anclajes cercanos. Ver Comentario y NCh430 Sección D5.2.9 para recomendaciones

### 3c Resistencia de anclajes de acero para interacción de corte y tracción en componentes compuestos

Cuando la resistencia al arranque del hormigón en corte no es el estado límite que controle, y donde la distancia de un anclaje al borde libre del hormigón en dirección perpendicular a la altura del anclaje es mayor o igual a 1,5 veces la altura del perno de anclaje medido al extremo superior de la cabeza de este perno, y donde el espaciamiento entre el centro de un anclaje de acero a otro es mayor o igual a tres veces la altura del anclaje medido al extremo superior de la cabeza del perno, la resistencia nominal por interacción de corte y tracción de un anclaje de acero debe ser determinada como sigue:

$$\left[ \left( \frac{Q_{rt}}{Q_{ct}} \right)^{5/3} + \left( \frac{Q_{rv}}{Q_{cv}} \right)^{5/3} \right] \leq 1,0 \quad (\text{I8-5})$$

en que:

$Q_{ct}$  = resistencia disponible a tracción, N;

$Q_{rt}$  = resistencia requerida a tracción, N;

$Q_{cv}$  = resistencia disponible al corte, N;

$Q_{rv}$  = resistencia requerida al corte, N.

#### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD):

$Q_{rt}$  = resistencia de tracción axial requerida usando las combinaciones de carga LRFD, N;

$Q_{ct}$  =  $\phi_t Q_{nt}$  = resistencia de tracción axial de diseño, determinada de acuerdo a la Sección I8.3b, N;

$Q_{rv}$  = resistencia requerida al corte usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;

$Q_{cv}$  =  $\phi_v Q_{nv}$  = resistencia de diseño al corte, determinada de acuerdo con la Sección I8.3a, N;

$\phi_t$  = factor de resistencia para tracción = 0,75;

$\phi_v$  = factor de resistencia para corte = 0,65.

**Para diseño de acuerdo con la Sección B3.4 (ASD):**

- $Q_{rt}$  = resistencia de tracción axial requerida usando las combinaciones de carga ASD, N;
- $Q_{ct}$  =  $Q_{nt}/\Omega_t$  = resistencia de tracción axial admisible, determinada de acuerdo a Sección I8.3b, N;
- $Q_{rv}$  = resistencia requerida al corte usando las combinaciones de carga ASD, N-mm;
- $Q_{cv}$  =  $Q_{nv}/\Omega_v$  = resistencia admisible al corte, determinada de acuerdo con la Sección I8.3a, N;
- $\Omega_t$  = factor de seguridad en tracción = 2,00;
- $\Omega_v$  = factor de seguridad en corte = 2,31.

Donde la resistencia al arranque del hormigón en corte es un estado límite aplicable, o donde la distancia del centro de un anclaje al borde libre del hormigón en dirección perpendicular a la altura del anclaje es menor a 1,5 veces la altura del anclaje medido al extremo superior de la cabeza del perno, o donde el espaciamiento entre el centro de un anclaje de acero a otro es menor a tres veces la altura del anclaje medido al extremo superior de la cabeza del perno, la resistencia nominal de un anclaje de acero para la interacción de corte y tracción debe ser determinada con uno de los siguientes métodos:

- a) Donde el anclaje de refuerzo es desarrollado de acuerdo con NCh430, Capítulo 12 en ambos lados de la superficie de arranque del hormigón del anclaje de acero, el mínimo de la resistencia nominal al corte en Ecuación I8-3 y de la resistencia nominal del anclaje de refuerzo debe ser usado para la resistencia nominal al corte,  $Q_{nv}$  del perno de anclaje de acero, y el mínimo de la resistencia nominal a tracción a partir de Ecuación I8-4 y la resistencia nominal del anclaje de refuerzo debe ser usado para la resistencia nominal a tracción,  $Q_{nt}$ , del perno de anclaje de acero para uso en Ecuación I8-5.
- b) Según sea estipulado por el código de construcción aplicable o en NCh430 Anexo D.

**3d Resistencia al corte de canales de anclaje de acero en componentes compuestos**

La resistencia disponible al corte de canales de anclaje de acero debe basarse en las disposiciones de la Sección I8.2b con el factor de resistencia y el factor de seguridad que se especifica abajo.

$$\phi_v = 0,75 \text{ (LRFD)}; \Omega_v = 2,00 \text{ (ASD)}$$

**3e Requisitos de detallamiento en componentes compuestos**

Los anclajes de acero deben tener al menos 25 mm de recubrimiento lateral de hormigón libre. El espaciamiento mínimo entre el centro de un anclaje a otro debe ser cuatro diámetros en cualquier dirección. El espaciamiento máximo entre el centro de un perno de anclaje a otro no debe exceder 32 veces el diámetro del cuerpo del anclaje. El espaciamiento máximo entre el centro de una canal de anclaje de acero y otra debe ser de 600 mm.

NOTA Los requisitos de detallamiento entregados son límites absolutos. Ver Sección I8.3a, I8.3b y I8.3c para información adicional requerida para consideraciones de efectos de borde y de grupo.

## I.9 Casos especiales

Cuando la construcción compuesta no satisface los requisitos de las Secciones I1 a I8, la resistencia de los anclajes de corte y el detallamiento para la construcción deben ser establecidos mediante ensayos.

## Capítulo J: Diseño de conexiones

Este Capítulo abarca el diseño de elementos de conexión, conectores, y los elementos involucrados de los miembros conectados no solicitados por cargas de fatiga.

El Capítulo está organizado de la manera siguiente:

- J.1 Disposiciones generales
- J.2 Soldaduras
- J.3 Pernos y partes roscadas
- J.4 Elementos involucrados de miembros y elementos de conexión
- J.5 Planchas de relleno
- J.6 Empalmes
- J.7 Resistencia de aplastamiento
- J.8 Bases de columnas y aplastamiento del hormigón
- J.9 Barras de anclaje e insertos
- J.10 Alas y almas con cargas concentradas
- J.11 Fuerzas para el diseño de conexiones de corte

NOTA Las secciones siguientes aplican para los casos no incluidos en este Capítulo:

Capítulo K. Diseño de Conexiones para Perfiles Tubulares.

Anexo 3. Diseño para Fatiga.

### J.1 Disposiciones generales

#### 1. Bases de diseño

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , de las conexiones debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de este Capítulo y las de Capítulo B.

La resistencia requerida de las conexiones debe ser determinada mediante análisis estructural para las cargas de diseño especificadas, consistente con el tipo de construcción especificada, o bien una proporción de la resistencia requerida del miembro conectado cuando así se especifica.

Se deben considerar los efectos de excentricidad cuando los ejes centroidales de los miembros cargados axialmente no se intersectan en un mismo punto.

## 2. Conexiones simples

Las conexiones simples de vigas y enrejados deben ser diseñadas como flexibles y se permite dimensionarlas solamente para reacciones de corte, excepto que se indique lo contrario en los documentos de diseño. Las conexiones flexibles de vigas simples deben ser capaces de soportar las rotaciones de esas vigas en sus extremos. Se permite que la conexión desarrolle algo de deformación inelástica, pero auto-limitante, para acomodar las rotaciones de una viga simple en sus extremos.

## 3. Conexiones de momento

Las conexiones en los extremos empotrados de vigas y enrejados deben ser diseñadas para el efecto combinado de fuerzas de momento y de corte inducidos por la rigidez de las conexiones. El criterio de respuesta para las conexiones de momento es especificado en la Sección B3.6b.

NOTA

Para establecer la resistencia requeridas para el diseño de la conexión, ver Capítulo C y Anexo 7.

## 4. Miembros en compresión y juntas de aplastamiento

Los miembros en compresión que realicen la transferencia de carga mediante aplastamiento deben cumplir los requerimientos siguientes:

- 1) Cuando las columnas se apoyan sobre planchas de apoyo o tiene una superficie de apoyo lisa para apoyarse sobre empalmes, debe haber suficientes conectores de manera de asegurar todas las partes en su lugar.
- 2) Cuando los miembros en compresión que no sean columnas se interrumpen para ser empalmados, el material de empalme y sus conectores deben ser distribuidos para mantener alineadas todas las partes y su resistencia debe ser el menor valor de:
  - i) Una tracción axial de 50% de la resistencia de compresión requerida del miembro; o
  - ii) El momento y corte resultantes de una carga transversal igual al 2% de la resistencia requerida del miembro en compresión. La carga transversal debe ser aplicada en la ubicación del empalme independientemente de otras cargas que actúan en el miembro. El miembro debe considerarse como rotulado para la determinación de los cortes y momentos en el empalme.

NOTA Todas las uniones de compresión deben también ser dimensionadas para resistir cualquier tracción producida por las combinaciones de cargas estipuladas en la Sección B2.

No se permitirán juntas de contacto en columnas y miembros en compresión.

NOTA La práctica nacional en el diseño y fabricación de empalmes de columnas y/o elementos en compresión no utiliza conexiones de contacto, y por tanto, las cargas son transmitidas a través de los conectores.

Tener presente que bajo condiciones sísmicas, las cargas axiales sobre los elementos podrían ser de tracción, por lo cual, la juntas de contacto pudieran no ser aplicables.

## 5. Empalmes en secciones pesadas

Cuando se deben transmitir fuerzas de tracción originadas por cargas de tracción o flexión a través de empalmes en secciones pesadas, como se define en las Secciones A3.1c y A3.1d, por soldaduras de bisel de penetración completa (CJP), se deben aplicar los requisitos siguientes:

- 1) requerimientos de tenacidad del material dados en las Secciones A3.1c y A3.1d;

- 2) detalles de los requerimientos de agujeros de acceso a soldaduras dados en la Sección J1.6;
- 3) requisitos de metal de relleno entregados en Sección J2.6; y (4) requisitos de preparación e inspección de las superficies cortadas con corte térmico dadas en la Sección M2.2. Las disposiciones anteriores no se aplican a empalmes de elementos de perfiles armados que son soldados antes del armado del perfil.

**NOTA** Los empalmes con soldadura de tope de penetración completa (CJP) de secciones pesadas pueden exhibir efectos perjudiciales de retracción de la soldadura. Los miembros que fueron dimensionados en compresión y que también están solicitados por fuerzas de tracción pueden ser menos susceptibles al daño por retracción si son empalmados utilizando soldadura de tope de penetración parcial (PJP) en las alas y soldadura de filete en las planchas de alma o por medio de conexiones apernadas para una parte o para la totalidad del empalme.

## 6. Perforaciones de acceso a la soldadura

Todas los recortes para acceso a la soldadura que se necesiten para facilitar las operaciones de soldado deben ser detalladas de forma tal de entregar espacio para el respaldo de la soldadura según sea necesario. La perforación o recorte de acceso debe tener una longitud, medida desde el talón de preparación de la soldadura no menor que 1,5 veces el espesor del material donde se hace la perforación, la que no debe ser menor a 38 mm. La altura del recorte de acceso no debe ser menor al espesor del material donde se recorta, pero no menor que 19 mm, no necesitando ser mayor que 50 mm.

Para secciones laminadas, o secciones soldadas ensambladas antes del corte, el borde del alma debe ser achaflanado o curvo, desde la superficie del alma hasta la superficie reentrante del recorte de acceso. Los recortes de acceso en perfiles laminados y perfiles armados con soldaduras de tope de penetración completa (CJP) que unen el alma al ala deben estar libres de muescas y esquinas reentrantes afiladas. Ningún arco de los recortes de acceso a la soldadura debe tener un radio menor que 10 mm.

Los recortes de acceso a soldaduras en perfiles armados con soldadura de filete o de tope de penetración parcial (PJP) que unen el alma al ala deben estar libres de muescas y esquinas reentrantes afiladas. Se permite que los recortes de acceso terminen perpendicularmente al ala, cumpliéndose que la soldadura se termine antes de alcanzar la perforación de acceso por lo menos a una distancia igual al tamaño de la soldadura.

Para secciones pesadas como se define en las Secciones A3.1c y A3.1d, las superficies cortadas térmicamente en los recortes de acceso deben pulirse hasta alcanzar el metal brillante y deben ser inspeccionadas por métodos de partículas magnéticas o líquidos penetrantes, previo al depósito de soldaduras de empalme. Cuando la porción de transición curva de los recortes de acceso es formada por pre-taladrado o por recortes aserrados, aquella porción no necesita pulirse. Las perforaciones de acceso a soldadura en otros perfiles no necesitan pulirse ni ser inspeccionados por métodos de partículas magnéticas o líquidos penetrantes.

## 7. Ubicación de soldaduras y pernos

Los grupos de soldaduras o grupos de pernos en los extremos de cualquier miembro que transmite carga axial deben ser dimensionados de manera tal que el centro de gravedad del grupo coincida con el centro de gravedad del miembro, a no ser que se considere su excentricidad en el diseño. La disposición anterior no es aplicable a conexiones extremas de ángulos simples, ángulos dobles, y miembros similares.

## 8. Pernos en combinación con soldaduras

No se permite considerar que los pernos comparten la carga en combinación con soldaduras solamente excepto en conexiones de corte con pernos de cualquier grado según Sección A3.3 instalados en perforaciones estándar o en ranuras cortas transversales a la dirección de la carga trabajando en conjunto con soldadura de filete cargada longitudinalmente. En tales conexiones la resistencia disponible de los pernos no debe tomarse mayor que el 50% de la resistencia disponible de pernos tipo aplastamiento en la conexión.

Cuando se realizan alteraciones mediante soldaduras a las estructuras, se permite utilizar los conectores existentes (remaches y pernos de alta resistencia apretados según los requisitos para conexiones de deslizamiento crítico) para transferir las cargas presentes en el momento de la alteración y la soldadura sólo necesita cubrir la resistencia requerida adicional.

## 9. Pernos de alta resistencia en combinación con remaches

Tanto en trabajos nuevos y en alteraciones, se permite considerar que los pernos de alta resistencia comparten la carga con remaches existentes, sólo si se diseña la conexión como de deslizamiento crítico de acuerdo con las disposiciones de la Sección J3.

## 10. Limitaciones en conexiones apernadas y soldadas

Uniones con pernos pretensionados o con soldaduras deben ser utilizadas para las siguientes conexiones:

- 1) Empalmes de columna en todas las estructuras de pisos múltiples por sobre los 38 m de altura.
- 2) Conexiones de todas las vigas a columnas y a cualquier otra viga que fije un arriostramiento de columna en estructuras por sobre los 38 m de altura.
- 3) En todas las estructuras que soporten grúas sobre 50 kN de capacidad: empalmes de vigas de entrejados de techo y conexiones de entrejados a columnas, empalmes de columnas, arriostramiento de columnas, cartelas y soportes de grúas.
- 4) Conexiones para el soporte de maquinaria y otras cargas vivas que produzcan cargas de impacto o cargas reversibles.

Se permiten las juntas de apriete ajustado o uniones con pernos ASTM A307 excepto donde se especifique lo contrario.

NOTA La práctica nacional en el diseño y montaje de conexiones apernadas considera que todos los pernos en conexiones sometidas a cargas sismicas deben ser pretensionados.

## 11. Soldadura entre alas y alma de perfiles armados

Para perfiles armados la soldadura entre almas y alas se debe dimensionar para resistir el máximo esfuerzo de diseño.

## J.2 Soldaduras

En esta norma, se aplican todas las disposiciones de la AWS D1.1/D1.1M, con la excepción de las secciones de la Especificación AISC enumeradas a continuación, que aplican en vez de las disposiciones AWS citadas:

- 1) Sección J1.6, en vez de la Sección 5.17.1, AWS D1.1/D1.1M.
- 2) Sección J2.2a, en vez de la Sección 2.3.2, AWS D1.1/D1.1M.
- 3) Tabla J2.2, en vez de Tabla 2.1, AWS D1.1/D1.1M.
- 4) Tabla J2.5, en vez de Tabla 2.3, AWS D1.1/D1.1M.
- 5) Tabla A-3.1 del Anexo 3, en vez de Tabla 2.5, AWS D1.1/D1.1M.
- 6) Sección B3.11 y el Anexo 3, en vez de la Parte C, Sección 2, AWS D1.1/D1.1M.
- 7) Sección M2.2, en vez de las Secciones 5.15.4.3 y 5.15.4.4, AWS D1.1/D1.1M.

### 1. Soldaduras de tope

#### 1a Área efectiva

Se debe considerar el área efectiva de las soldaduras de tope como la longitud de la soldadura por el espesor de la garganta efectiva.

El espesor de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración completa (CJP) debe ser el espesor de la parte más delgada conectada.

El espesor de garganta efectivo de una soldadura de tope con junta de penetración parcial (PJP) debe ser el que se muestra en Tabla J2.1.

**Tabla J2.1 – Garganta Efectiva de Soldaduras de tope con Junta de penetración parcial**

Proceso de soldado	Posición de soldado F (plano), H (horizontal), V (vertical), OH (sobre cabeza)	Tipo de surco (Figura 3.3, AWS D1.1)	Garganta efectiva	
Arco de electrodo revestido (SMAW)	Todos	Bisel J o U	Profundidad del bisel	
Arco metálico y gas (GMAW)		60° V		
Arco con núcleo de fundente (FCAW)				
Arco sumergido (SAW)	F	Bisel J o U Bisel 60° o V	Profundidad del bisel	
Arco metálico y gas (GMAW)	F, H	Bisel 45°		
Arco con núcleo de fundente (FCAW)			Profundidad del bisel menos 3 mm	
Arco de electrodo revestido (SMAW)	Todos	Bisel 45°		
Arco metálico y gas (GMAW)	V, OH			
Arco con núcleo de fundente (FCAW)				

**NOTA** El tamaño de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración parcial depende del proceso utilizado y de la posición de la soldadura. Los planos de diseño deben indicar la garganta efectiva o la resistencia de la soldadura requerida, y el fabricante debe detallar la junta basándose en el proceso de soldadura y en la posición a utilizar para soldar la junta

El tamaño de la soldadura efectiva para soldaduras de tope con bisel convexo, cuando se llena al nivel de la superficie de una barra redonda, del doblez de 90° en una sección conformada, o en un tubo rectangular, debe ser como se muestra en Tabla J2.2 a no ser que otras gargantas efectivas sean demostradas por ensayos. El tamaño efectivo de las soldaduras de tope con bisel convexo no llenado a ras deben ser como se muestra en Tabla J2.2, menos la mayor dimensión perpendicular medida desde la línea de nivelado de la superficie del metal base hasta la superficie de soldadura.

Se permiten espesores de garganta efectiva mayores que los mostrados en Tabla J2.2 para un procedimiento de soldado especificado (WPS), siempre que el fabricante pueda establecer por calificación la producción consistente de tales espesores mayores de garganta efectiva. La calificación debe consistir en el seccionamiento de soldaduras normales en su eje en la mitad y en sus extremos terminales. Tal seccionamiento debe ser realizado en un número de combinaciones de tamaños de material representativo del rango a ser utilizado en la fabricación.

**Tabla J2.2 – Tamaño de soldadura efectiva de soldaduras de tope biselada curva**

Proceso de soldado	Surco de bisel curvo <sup>a)</sup>	Surco V curvo
GMAW y FCAW-G	5/8 R	3/4 R
SMAW y FCAW-S	5/16 R	5/8 R
SAW	5/16 R	1/2 R

a) Para surcos de bisel curvo con  $R < 10$  mm usar solamente soldadura de filete de refuerzo en juntas llenadas a tope.

NOTA general  $R$  = radio de la superficie de junta (se puede suponer igual a 2 t para secciones tubulares), mm.

## 1b Limitaciones

El espesor mínimo de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración parcial no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas ni el tamaño mostrado en Tabla J2.3. El tamaño de soldadura mínimo se determina por la más delgada de las dos partes unidas.

**Tabla J2.3 – Espesor mínimo de garganta efectiva<sup>a)</sup>**

Espesor de material de parte unida más delgada mm	Espesor mínimo de garganta efectiva mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Entre 19 y 38	8
Entre 38 y 57	10
Entre 57 y 150	13
Mayor que 150	16

a) Ver Tabla J2.1.

## 2. Soldaduras de filete

### 2a Área efectiva

El área efectiva de una soldadura de filete será la longitud efectiva multiplicada por la garganta efectiva. La garganta efectiva de una soldadura de filete debe ser la menor distancia desde la raíz hasta la superficie de la soldadura. Se permite un aumento en la garganta efectiva si se demuestra una penetración consistente más allá de la raíz de la soldadura mediante ensayos consistentes al proceso de producción y las variables de procedimiento.

Para soldadura de filete en perforaciones y ranuras, la longitud efectiva debe ser la longitud del eje central de la soldadura a lo largo del plano que pasa a través de la garganta. En el caso de filetes traslapados, el área efectiva no debe exceder el área nominal de la perforación o ranura, en el plano de la superficie de contacto.

### 2b Limitaciones

El tamaño mínimo de las soldaduras de filete no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas, ni menor que el tamaño que se muestra en Tabla J2.4. Estas disposiciones no aplican para refuerzos de soldadura de filete en soldaduras de tope con junta de penetración parcial o completa.

Tabla J2.4 – Tamaño mínimo de soldadura de filete

Espesor de parte unida más delgada mm	Espesor mínimo de soldadura de filete <sup>a)</sup> mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

a) Dimensión del lado de la soldadura de filete. Se deben utilizar soldaduras de paso simple.

NOTA Ver la Sección J2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

El tamaño máximo de soldadura de filete para partes conectadas debe ser:

- A lo largo de los bordes del material con espesor menor a 6 mm, no mayor que el espesor del material.
- A lo largo de los bordes del material con espesor mayor o igual a 6 mm, no mayor que el espesor del material menos 2 mm, a no ser que la soldadura sea designada especialmente en los planos para ser ejecutada de manera de obtener el espesor de la garganta completa. Una vez soldado, se permite que la distancia entre el borde del metal base y el talón de la soldadura sea menor que 2 mm siempre que sea posible verificar el tamaño de la soldadura.

La longitud efectiva mínima de las soldaduras de filete diseñadas por resistencia no debe ser menor que cuatro veces el lado, en caso contrario, para efectos de cálculo, se debe considerar que el tamaño de la soldadura no excede un cuarto de su longitud efectiva. Cuando las soldaduras de filete longitudinales son empleadas solamente en las conexiones de los extremos de los miembros modelados como estructuras de barras planas solicitadas a tracción, la longitud de cada filete de soldadura no debe ser menor que la distancia perpendicular entre ellas. Ver la Sección D3.3 para el efecto de la longitud de soldadura de filete longitudinal en conexiones extremas que consideran el área efectiva del miembro conectado.

Para soldaduras de filete cargado en su extremo con una longitud de hasta 100 veces la dimensión del lado, se permite tomar la longitud efectiva igual a la longitud real. Cuando la longitud de la soldadura de filete de carga extrema excede de 100 veces el tamaño de soldadura, la longitud efectiva debe ser determinada multiplicando la longitud real por el factor de reducción,  $\beta$ , determinado a continuación:

$$\beta = 1,2 \cdot 0,002(l/w) \leq 1,0 \quad (\text{J2-1})$$

en que:

$l$  = longitud de la soldadura del filete cargado en el extremo, mm;

$w$  = lado de la soldadura, mm.

Cuando la longitud de la soldadura excede de 300 veces el tamaño de la soldadura,  $w$  la longitud efectiva debe ser tomada como 180  $w$ .

Se permite utilizar las soldaduras de filete intermitentes para transmitir las tensiones calculadas a través de la junta o superficies de contacto y para unir componentes de miembros armados. La longitud de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente no debe ser menor que cuatro veces el tamaño de la soldadura, con un mínimo de 38 mm.

En juntas de traslape, la cantidad mínima de traslapo debe ser de cinco veces el espesor de la parte unida más delgada, pero no menor que 25 mm. Las juntas de traslape que unen planchas o barras solicitadas por tracción axial, y que solamente utilizan soldaduras de filete transversal, deben ser soldadas a lo largo del extremo de ambas partes traslapadas, excepto donde la flexión de las partes traslapadas esté suficientemente restringida para prevenir una apertura de la unión bajo condición de carga máxima.

Se permite que las terminaciones de filetes de soldadura sean detenidas antes del extremo, o ser cerradas, excepto por las limitaciones presentadas a continuación:

- 1) Para los elementos traslapados de miembros en que una parte conectada se extiende más allá del borde de otra parte conectada solicitada por la tracción calculada, las soldaduras de filete deben terminar a una distancia no menor que el tamaño de la soldadura desde el borde.
- 2) Para conexiones donde se requiere de flexibilidad de los elementos sobresalientes, cuando se utilizan retornos extremos, la longitud del retorno no debe exceder cuatro veces el tamaño nominal de la soldadura ni la mitad del ancho de la parte.
- 3) Las soldaduras de filete que conectan atiesadores transversales a las almas de vigas de espesor 19 mm o menor, deben terminar a una distancia no menor que cuatro veces ni mayor que 6 veces el espesor del alma en el pie donde se ubican las soldaduras alma-ala, excepto donde los extremos de los atiesadores sean soldados al ala.
- 4) Soldaduras de filete que ocurren en lados opuestos en un plano común deben ser interrumpidas en la esquina común de ambas soldaduras.

**NOTA** Las terminaciones de soldadura de filete deben ser ubicadas aproximadamente a un tamaño de soldadura desde el borde de la conexión para minimizar muescas en el metal base. Las soldaduras de filete terminadas en el extremo de la junta, que no sean aquellas que conectan atiesadores a almas de vigas, no necesitan ser corregidas.

Las soldaduras de filete en perforaciones y ranuras pueden utilizarse para transmitir corte y resistir cargas perpendiculares a la superficie de contacto en juntas de traslape o para prevenir el pandeo o separación de partes traslapadas y para unir las partes que componen los miembros armados. Tales soldaduras de filete pueden traslaparse, sujetas a las disposiciones de la Sección J2. Las soldaduras de filete en perforaciones o ranuras no se deben considerar como soldaduras de tapón.

### 3. Soldaduras de tapón y de ranura

#### 3a Área efectiva

El área de corte efectivo de soldaduras de tapón y de ranura debe ser considerada como el área nominal de la perforación o ranura en el plano de la superficie de contacto.

#### 3b Limitaciones

Se permite que las soldaduras de tapón o de ranura sean utilizadas para transmitir el corte en juntas de traslape o para prevenir el pandeo de partes traslapadas y para unir las partes que componen a los miembros armados.

El diámetro de las perforaciones para una soldadura de tapón no debe ser menor que el espesor de la parte que la contiene más 8 mm aproximado al mayor valor par en mm, ni mayor que el diámetro mínimo más 3 mm o 2½ veces el espesor de la soldadura.

El espaciamiento centro a centro mínimo de soldaduras de tapón debe ser igual a cuatro veces el diámetro de la perforación.

La longitud de la ranura para una soldadura de ranura no debe exceder de 10 veces el espesor de la soldadura. El ancho de la ranura no debe ser menor que el espesor de la parte que lo contiene más 8 mm aproximado al mayor valor par en mm, y no debe ser mayor que 2½ veces el espesor de la soldadura. Los extremos de la ranura deben ser semicirculares o deben tener esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la parte que lo contiene, excepto aquellos extremos que se extienden hasta el borde de la parte.

El espaciamiento mínimo de líneas de soldaduras de ranura en la dirección transversal a su longitud debe ser cuatro veces el ancho de la ranura. El espaciamiento centro a centro mínimo en la dirección longitudinal de cualquier línea debe ser dos veces la longitud de la ranura.

El espesor de las soldaduras de tapón o de ranura en un material de espesor 16 mm o menor debe ser igual al espesor del material. En materiales con espesores mayores a 16 mm, el espesor de la soldadura debe ser por lo menos un medio del espesor del material pero no menor que 16 mm.

### 4. Resistencia

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$  o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , de juntas soldadas debe ser el valor menor entre la resistencia del material base determinada de acuerdo con los estados límites de rotura en tracción y rotura en corte y la resistencia del metal de soldadura determinada de acuerdo con el estado límite de rotura, como se menciona a continuación:

- Para el metal base

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (J2-2)$$

**Tabla J2.5 – Resistencia disponible de juntas soldadas, MPa**

Tipo de carga y dirección relativa al eje de soldadura	Metal pertinente	$\phi \times \Omega$	Tensión nominal ( $F_{nBM}$ o $F_{nw}$ ) MPa	Área efectiva ( $A_{BM}$ o $A_{we}$ ) mm <sup>2</sup>	Nivel de resistencia requerida del metal de aporte <sup>a) b)</sup>
<b>Soldaduras de tope con junta de penetración completa</b>					
Tracción Normal al eje de soldadura	Resistencia de la junta controlada por el metal base			Se debe usar metal de aporte compatible con el metal base. Para juntas Ty de esquina sin remoción de plancha de respaldo, se requiere de metal de aporte con tenacidad especificada. Ver la Sección J2.6	
Compresión Normal el eje de soldadura	Resistencia de la junta controlada por el metal base			Se permite metal de aporte con nivel de resistencia igual a un nivel de resistencia menor que a los más el metal de aporte compatible con el metal base	
<b>Soldaduras de tope con junta de penetración parcial incluyendo soldaduras de surcos y/o bisel acampanados</b>					
Tracción Normal al eje de soldadura	Base	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$F_u$	Ver J4	Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte correspondiente con el metal base
	Soldadura	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,60 F_{Exx}$	Ver J2.1a	
Compresión Columna a placa base y empalmes de columna diseñadas por Sección J1.4a)	No se necesita considerar la tensión de compresión en el diseño de soldaduras que conectan las partes				
Compresión Conexiones de miembros diseñados para transmitir fuerzas por contacto que no sean columnas como se describe en Sección J1.4b)	Base	$\phi = 0,90$ $\Omega = 1,67$	$F_y$	Ver J4	
	Soldadura	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,60 F_{Exx}$	Ver J2.1a	
Compresión Conexiones no terminadas para soporte en que se transmite por contacto la carga	Base	$\phi = 0,90$ $\Omega = 1,67$	$F_y$	Ver J4	
	Soldadura	$\phi = 0,80$ $\Omega = 1,88$	$0,90 F_{Exx}$	Ver J2.1a	
Tracción o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes				
Corte	Base	Gobernado por J4			
	Soldadura	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	$0,60 F_{Exx}$	Ver J2.1a	

(continúa)

Tabla J2.5 – Resistencia disponible de juntas soldadas, MPa (conclusión)

Tipo de carga y dirección relativa al eje de soldadura	Metal pertinente	$\phi$ y $\Omega$	Tensión nominal ( $F_{nBM}$ o $F_{nw}$ ) MPa	Área efectiva ( $A_{BM}$ o $A_{we}$ ) mm <sup>2</sup>	Nivel de resistencia requerida del metal de aporte <sup>a) b)</sup>	
Corte	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte correspondiente con metal base	
	Soldadura	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	0,60 $F_{EXX}^d)$	Ver J2.2a		
Tensión o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o la compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes					
Soldaduras de tapón y de ranura						
Corte Paralelo a la superficie de contacto en el área efectiva	Base	Gobernado por J4			Se permite un metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aporte correspondiente con metal base	
	Soldadura	$\phi = 0,75$ $\Omega = 2,00$	0,60 $F_{EXX}$	Ver J2.3a		
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Para metal de soldadura correspondiente con metal base ver la Sección 3.3 de AWS D1.1.</li> <li>b) Se permite un metal de aporte a lo más con nivel de resistencia mayor que el correspondiente con metal base.</li> <li>c) Se pueden usar metales de aporte con un nivel de resistencia menor que aquel compatible con metal base para soldaduras de tope entre las almas y alas de secciones armadas transfiriendo las cargas de corte, o en aplicaciones donde la alta condición de restricción es una preocupación. En estas aplicaciones, la junta soldada puede ser detallada y la soldadura puede ser diseñada utilizando el espesor del material como la garganta efectiva, <math>\phi = 0,80</math>, <math>\Omega = 1,88</math> y 0,60 <math>F_{EXX}</math> como resistencia nominal.</li> <li>d) Alternativamente, se permiten las disposiciones de la Sección J2.4(a) cuando se considera la compatibilidad de deformaciones de los variados elementos de soldadura. Las Secciones J2.4(b) y (c) son aplicaciones especiales de la Sección J2.4(a) que proveen la compatibilidad de deformación.</li> </ul>						

b) Para el metal de soldadura

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (J2-3)$$

en que:

$F_{nBM}$  = tensión nominal del metal base, MPa;

$F_{nw}$  = tensión nominal del metal de soldadura, MPa;

$A_{BM}$  = área de la sección transversal del metal base, mm<sup>2</sup>;

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura, mm<sup>2</sup>.

Los valores de  $\phi$ ,  $\Omega$ ,  $F_{nBM}$  y  $F_{nw}$ , y las limitaciones respectivas se entregan en Tabla J2.5.

Alternativamente, para soldaduras de filete se permite determinar la resistencia disponible de la forma siguiente:

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD)}; \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

- a) Para un grupo lineal de soldaduras con un tamaño de lado uniforme, cargado a través del centro de gravedad:

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{J2-4})$$

en que:

$$F_{nw} = 0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5}(\theta)) \quad (\text{J2-5})$$

y

$F_{EXX}$  = resistencia de clasificación del metal de aporte, MPa;

$\theta$  = ángulo de carga medido desde el eje longitudinal de la soldadura, grados.

NOTA Un grupo lineal de soldaduras es aquel en que todos sus elementos están en una línea o son paralelos.

- b) Para elementos de soldadura dentro de un grupo de soldaduras que están analizadas utilizando el método del centro instantáneo de rotación, se permite determinar los componentes de la resistencia nominal,  $R_{nx}$  y  $R_{ny}$ , y la capacidad de momento nominal,  $M_n$ , de acuerdo con lo siguiente:

$$R_{nx} = \Sigma F_{nwix} A_{wei} \quad (\text{J2-6a})$$

$$R_{ny} = \Sigma F_{nwiy} A_{wei} \quad (\text{J2-6b})$$

$$M_n = \Sigma [F_{nwiy} A_{wei}(x_i) - F_{nwix} A_{wei}(y_i)] \quad (\text{J2-7})$$

en que:

$A_{wei}$  = área efectiva de garganta de soldadura del elemento "i" de soldadura, mm<sup>2</sup>;

$$F_{nwi} = 0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta_i) f(p_i) \quad (\text{J2-8})$$

$$f(p_i) = [p_i (1,9 - 0,9 p_i)]^{0,3} \quad (\text{J2-9})$$

$F_{nwi}$  = tensión nominal del elemento "i" de soldadura, MPa;

$F_{nwix}$  = componente x de la tensión,  $F_{nwi}$ , MPa;

$F_{nwiy}$  = componente y de la tensión,  $F_{nwi}$ , MPa;

- $p_i$  =  $\Delta_i / \Delta_{mi}$  razón entre la deformación del i-ésimo elemento y la deformación a la tensión máxima tensión para el elemento "i";

$r_{cr}$  = distancia desde el centro instantáneo de rotación hasta el elemento de soldadura con valor mínimo de razón  $\Delta_u / r_i$ , mm;

$r_i$  = distancia desde el centro instantáneo de rotación hasta el i-ésimo elemento de soldadura, mm;

- $x_i$  = componente  $x$  de  $r_i$ ;
- $y_i$  = componente  $y$  de  $r_i$ ;
- $\Delta_i$  =  $r_i \Delta_{ucr}/r_{cr}$  = deformación del elemento  $i$ -ésimo de soldadura para niveles de tensión intermedios, linealmente proporcionados para la deformación crítica basados en la distancia desde el centro instantáneo de rotación,  $r_i$ , mm;
- $\Delta_{mi}$  =  $0,209 (\theta_i + 2)^{-0,32} w$ , la deformación del  $i$ -ésimo elemento de soldadura a la tensión máxima, mm;
- $\Delta_{ucr}$  = deformación del elemento de soldadura con la razón  $\Delta_u/r_i$  en su mínimo para la tensión última (rotura), usualmente en el elemento más alejado del centro instantáneo de rotación, mm;
- $\Delta_{ui}$  =  $1,087 (\theta_i + 6)^{-0,65} w \leq 0,17w$ , la deformación del  $i$ -ésimo elemento de soldadura en su tensión última (rotura);
- $\theta_i$  = ángulo entre el eje longitudinal del  $i$ -ésimo elemento de soldadura y la dirección de la fuerza resultante actuando en el elemento, grados sexagesimales.

- c) Para grupos de soldadura de filete cargados concéntricamente y consistentes de elementos con un largo de lado uniforme que están orientados tanto longitudinal como transversalmente a la dirección de aplicación de la carga, la resistencia combinada,  $R_n$ , del grupo de soldaduras de filete debe ser determinado como el mayor valor entre:

i)  $R_n = R_{nwl} + R_{nwt}$  (J2-10a)

o

ii)  $R_n = 0,85 R_{nwl} + 1,5 R_{nwt}$  (J2-10b)

en que:

$R_{nwl}$  = resistencia nominal total de las soldaduras de filete cargadas longitudinalmente, como se determina de acuerdo con Tabla J2.5, N;

$R_{nwt}$  = resistencia nominal total de las soldaduras de filete cargadas transversalmente, como se determina de acuerdo con Tabla J2.5 sin la alternativa de la Sección J2.4(a), N.

## 5. Combinación desoldaduras

Si dos o más tipos generales de soldadura (tope, filete, tapón, ranura) son combinadas en una misma junta, la resistencia de cada una debe ser calculada por separado con referencia al eje del grupo a fin de poder determinar la resistencia de la combinación.

## 6. Requisitos del metal de aporte

La elección del electrodo para ser usado en soldaduras de tope con junta de penetración completa solicitada a tracción normal al área efectiva debe cumplir con los requisitos para metales de aporte según el metal base dados en AWS D1.1.

**NOTA** La tabla siguiente resume las disposiciones de la AWS D1.1 para metales de aporte correspondiente con el metal base. Existen otras restricciones también. Para una lista completa de metales base y metales de aporte compatibles precalificados ver Tabla 3.1 de AWS D1.1.

Metal base	Metal de aporte correspondiente
A36, espesor ≤ 19 mm	Grado E60 & E70
A36, espesor > 19 mm	A572 (Gr.50&55)
A588*	A913 (Gr.50)
A1011	A992
	A1018
A913 (Gr.60&65)	grado E80

\* Para resistencia a la corrosión y color similar a la base ver Sección 3.7.3 de AWS D1.1.  
**NOTA** Los metales de aporte deben cumplir con los requisitos de A5.1, A5.5, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23, A5.28, y A5.29 de AWS.  
En juntas con metales base de diferente resistencia se debe utilizar cualquiera de los metales de aporte correspondiente con la mayor resistencia del metal base o un metal de aporte correspondiente con la menor resistencia y produzca una baja deposición de hidrógeno.

Un metal de aporte con tenacidad "Muesca en V de Charpy" (CVN) especificada de 27J a 4°C o menos, debe ser usado en las siguientes juntas:

1) Juntas T y de esquina soldadas de tope con junta de penetración completa, con planchas de respaldo de acero dejado sin remover, solicitada por tracción normal al área efectiva, a no ser que las juntas sean diseñadas utilizando la resistencia nominal y el factor de resistencia o el factor de seguridad aplicables para soldadura de tope con junta de penetración parcial.

2) Empalmes soldados de tope con junta de penetración completa solicitadas por tracción normal al área efectiva en secciones pesadas como se define en los Artículos A3.1c y A3.1d.

El Certificado de conformidad del fabricante será suficiente evidencia de cumplimiento.

## 7. Metal de soldadura mezclado

Cuando se especifica la tenacidad Charpy, los materiales utilizados en el proceso para todos los metales de soldadura, soldaduras de punto, pasos de raíz y pasos subsecuentes depositados en una junta, deben ser compatibles para asegurar la tenacidad del metal de acero compuesto.

### J.3 Pernos y partes roscadas

#### 1. Pernos de alta resistencia

El uso de pernos de alta resistencia debe satisfacer las disposiciones de la *Specification for Structural Joints Using High Strength Bolts*, de ahora en adelante referida como la Especificación RCSC, aprobada por el Consejo de Investigación de Uniones Estructurales, excepto cuando se disponga lo contrario en esta norma. Los pernos de alta resistencia en esta norma son agrupados de acuerdo con la resistencia del material según lo siguiente:

Grupo A-ASTM A325, A325M, F1852, A354 Grado BC y A449

Grupo B-ASTM A490, A490M, F2280, A354 Grado BD

Todas las superficies de la junta cuando es ensamblada, incluyendo aquellas adyacentes a las arandelas o golillas, deben estar libres de escamas, excepto las escamas fuertemente adheridas.

Se permite que los pernos sean instalados en la condición de apriete ajustado cuando se usan en:

- a) Conexiones de tipo aplastamiento, con las excepciones descritas en la Sección E6 o en Sección J1.10;
- b) Aplicaciones de tracción o combinación de corte y tracción, solamente para pernos del Grupo A, donde la pérdida de apriete o fatiga debido a vibración o fluctuaciones de la carga no se consideran en el diseño.

La condición de apriete ajustado se define como el apriete necesario para llevar los elementos conectados a un contacto firme. Los pernos apretados a una condición de contacto diferente del apriete ajustado deberán ser claramente identificados en los planos de diseño.

Todos los pernos de alta resistencia especificados en los planos de diseño para ser usados en juntas pretensionadas o de deslizamiento crítico deben ser apretados para una tracción en el perno no menor que las entregadas en Tablas J3.1 o J3.1M. La instalación debe ser realizada por cualquiera de los métodos siguientes: método del giro de la tuerca, indicador de tracción directa, pernos de tensión controlada, llave calibrada o por algún diseño alternativo de los pernos.

**NOTA** No hay requisitos mínimos o máximos específicos para la tensión de apriete de pernos de apriete ajustado. Pernos completamente pretensionados como los F1852 o F2280 son permitidos a menos que sean específicamente prohibidos en los planos de diseño

Cuando los requisitos para pernos no se pueden cumplir de acuerdo con las limitaciones de la Especificación RCSC, debido a que los requisitos de longitud exceden de 12 diámetros o los diámetros exceden de 38 mm, se permite utilizar pernos o barras roscadas de material conforme al Grupo A o al Grupo B, de acuerdo con las disposiciones para partes roscadas en Tabla J3.2.

**Tabla J3.1 – Pretensión mínima de pernos, ton<sup>\*)</sup>**

Tamaño perno, in	Grupo A (por ejemplo, pernos A325)	Grupo B (por ejemplo, pernos A490)
1/2	5,44	6,80
5/8	8,62	10,89
3/4	12,70	15,88
7/8	17,69	22,23
1	23,13	29,03
1 1/8	25,40	36,29
1 1/4	32,21	46,27
1 3/8	38,56	54,88
1 1/2	46,72	67,13

<sup>\*)</sup> Igual a 0,70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con hilo UNC.

**Tabla J3.1M – Pretensión mínima de pernos, ton<sup>\*)</sup>**

Tamaño perno, in	Grupo A (por ejemplo, pernos A325M)	Grupo B (por ejemplo, pernos A490M)
M16	9,28	11,62
M20	14,48	18,25
M22	17,94	22,53
M24	20,90	26,20
M27	27,22	34,05
M30	33,23	41,59
M36	48,42	60,65

<sup>\*)</sup> Igual a 0,70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con hilo UNC.

Cuando se utilizan perno o barras roscadas de material ASTM A354 Gr. BC, A354 Gr. BD, o A449 en conexiones de deslizamiento crítico, la geometría del perno incluyendo el paso del hilo, la cabeza y la(s) tuerca(s) debe ser igual o proporcional a la longitud del hilo entregada por la especificación de RCSC. La instalación debe cumplir con los requisitos aplicables por la Especificación RCSC con modificaciones según lo requiera para el diámetro aumentado y/o la longitud para proveer la pretensión de diseño.

**Tabla J3.2 – Tensión nominal de conectores y partes roscadas, MPa**

Descripción del conector	Tensión de tracción nominal, $F_{nt}$ MPa <sup>a)</sup>	Tensión de corte nominal en conexiones de tipo aplastamiento, $F_{nv}$ MPa <sup>b)</sup>
Pernos A307	310 <sup>c)</sup>	188 <sup>c) d)</sup>
Grupo A (por ejemplo, pernos A325), cuando el hilo no está excluido del plano de corte	620	372
Grupo A (por ejemplo, pernos A325), cuando el hilo está excluido del plano de corte	620	469
Grupo B (por ejemplo, pernos A490), cuando el hilo no está excluido del plano de corte	780	469
Grupo B (por ejemplo, pernos A490), cuando el hilo está excluido del plano de corte	780	579
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la Sección A3.4, cuando el hilo no está excluido del plano de corte	0,75 $F_u$	0,450 $F_u$
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la Sección A3.4, cuando el hilo está excluido del plano de corte	0,75 $F_u$	0,563 $F_u$

a) Para pernos de alta resistencia sujetos a fatiga por cargas de tracción, ver Anexo 3.  
 b) Para conexiones cargadas en los extremos con un patrón de conectores con una longitud mayor a 965 mm,  $F_{nv}$  debe ser reducido a un 83,3% de los valores tabulados. La longitud del patrón de conectores es la máxima distancia paralela a la línea de fuerzas entre la línea central de los pernos que conectan dos partes con una superficie de apriete entre los centros de los pernos extremos.  
 c) Para pernos A307 los valores tabulados deben ser reducidos por 1% para cada 2 mm sobre 5 diámetros de longitud en el agarre.  
 d) Hilo permitido en los planos de corte.

## 2. Tamaño y uso de las perforaciones

Los tamaños máximos de perforaciones para pernos se entregan en Tabla J3.3 y Tabla J3.3M, excepto en el caso de detalles de placa base de columnas, en los cuales se permite perforaciones más grandes, pues se requieren una mayor tolerancia, para la ubicación de los pernos de anclaje en las fundaciones de hormigón.

Se deben proveer perforaciones estándar o perforaciones de ranura corta transversal a la dirección de la carga, de acuerdo con las disposiciones de esta norma, a menos que el ingeniero estructural responsable del proyecto apruebe por escrito perforaciones con sobretamaño, perforaciones de ranura corta paralela a la dirección de carga, o perforaciones de ranura larga. Se permiten cuñas ranuradas de hasta 6 mm en conexiones de deslizamiento crítico diseñadas en la base de perforaciones estándar sin reducción de la resistencia de corte nominal del conector en relación a la especificada para perforaciones ranuradas.

Se permiten perforaciones sobretamaño en cualquiera o todas las piezas de conexiones de deslizamiento crítico, sin embargo, estas no deben ser utilizadas en conexiones de tipo aplastamiento.

Se deben instalar arandelas o golillas endurecidas en perforaciones sobretamaño en la cara exterior de las perforaciones.

Se permiten perforaciones de ranura corta en cualquiera a todas las piezas de conexiones de deslizamiento crítico o de tipo aplastamiento. Se permiten las ranuras sin consideración de la dirección de carga en conexiones de deslizamiento crítico, pero en conexiones tipo aplastamiento la longitud debe ser normal a la dirección de carga. Las arandelas o golillas deben ser instaladas sobre las perforaciones de ranura corta en la pieza exterior; tales arandelas o golillas deben ser endurecidas cuando se utilizan pernos de alta resistencia, dichas arandelas deben cumplir con ASTM F436.

Cuando pernos Grupo B sobre 1 pulgada (25 mm) de diámetro son usados en perforaciones de ranura o en perforaciones sobretamaño en piezas exteriores, una única arandela o golilla endurecida conforme a ASTM F436, pero con espesor mínimo de 8 mm, deberá ser empleada en vez de la arandela o golilla estándar.

**NOTA** Los requisitos que deben cumplir las golillas se presentan en la Sección 6 de la Especificación RCSC.

Se permiten perforaciones de ranura larga solamente en una de las partes conectadas tanto en conexiones de deslizamiento crítico o de tipo aplastamiento como en cada superficie de contacto.

**Tabla J3.3 – Dimensiones de agujero nominal, in**

Diámetro perno	Dimensiones agujero			
	Estándar (Dia.)	Sobretamaño (Dia.)	Ranura corta (Ancho x Largo)	Ranura larga (Ancho x Largo)
1/2	9/16	5/8	9/16 x 1 1/16	9/16 x 1 1/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 1/2
≥ 1 1/8	$d + 1/16$	$d + 5/16$	$(d + 1/16) \times (d + 3/8)$	$(d + 1/16) \times (2,5 \times d)$

Se permiten perforaciones de ranura larga sin consideración de la dirección de carga en conexiones de deslizamiento crítico, pero deben ser perpendiculares a la dirección de carga en conexiones de tipo aplastamiento. Cuando se utilizan perforaciones de ranura larga en una pieza exterior, se debe proveer de planchas a modo de golillas o una barra plana con perforaciones estándar, que tenga un tamaño suficiente para cubrir completamente la ranura después de la instalación. En conexiones con pernos de alta resistencia, tales planchas o barras continuas deben tener un espesor no menor que 8 mm y deben ser de un material con grado estructural, pero no necesitan ser endurecidas. Cuando se necesiten arandelas o golillas endurecidas para ser utilizadas en pernos de alta resistencia, las golillas endurecidas deben ser ubicadas sobre la superficie exterior de la plancha o barra.

Tabla J3.3M – Dimensiones de agujero nominal, mm

Diámetro perno	Dimensiones agujero			
	Estándar (Dia.)	Sobretamaño (Dia.)	Ranura corta (Ancho x Largo)	Ranura larga (Ancho x Largo)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27 <sup>a)</sup>	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	$d + 3$	$d + 8$	$(d + 3) \times (d + 10)$	$(d + 3) \times 2,5\ d$

### 3. Espaciamiento mínimo

La distancia entre centros de perforaciones estándar, sobretamaño, o ranuradas, no debe ser menor que 2-2/3 veces el diámetro nominal,  $d$ , del conector; se prefiere una distancia de 3  $d$ .

NOTA Barras de anclaje ASTM F 1554 pueden ser suministradas de acuerdo con las normas del producto con un diámetro de cuerpo menor que el diámetro nominal. Los efectos de carga tales como flexión y elongación deben ser determinados basados en los diámetros mínimos permitidos por las norma del producto. Ver ASTM F1554 y la tabla "normas ASTM aplicables para Varios Tipos de Conectores Estructurales" en Parte 2 de AISC Steel Construction Manual.

### 4. Distancia mínima al borde

La distancia desde el centro de un perforación estándar hasta el borde de una parte conectada en cualquier dirección no debe ser menor que el valor aplicable de Tabla J3.4 o Tabla J3.4M, o el requerido en la Sección J3.10. La distancia desde el centro de un perforación sobretamaño o ranurado hasta el borde de una parte conectada no debe ser menor que el requerido por un perforación estándar hasta el borde de una parte conectada más el incremento aplicable  $C_2$  que se obtiene de Tabla J3.5 o Tabla J3.5M.

NOTA Las distancias de borde en Tabla J3.4 son distancias de borde mínimas basadas en prácticas de fabricación estándar y tolerancias de instalación. Se deben satisfacer las disposiciones apropiadas de las Secciones J3.10 y J4.

**Tabla J3.4 – Distancia mínima al borde<sup>a)</sup>, in, desde el centro del agujero estándar<sup>b)</sup> hasta el borde de la parte conectada**

Diámetro perno (in)	Distancia mínima al borde
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{3}{4}$	1
$\frac{7}{8}$	$1 \frac{1}{8}$
1	$1 \frac{1}{4}$
$1 \frac{1}{8}$	$1 \frac{1}{2}$
$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{5}{8}$
Sobre $1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4} \times d$
b)	
a) De ser necesario, se permite utilizar distancias de borde menores que satisfagan las disposiciones de la Sección J3.10 y de Sección J4. Sin embargo, distancias al borde menores que un diámetro del perno no son permitidas sin aprobación del ingeniero a cargo.	
b) Para agujeros sobretamaño y ranurados, ver Tabla J3.5.	

**Tabla J3.4M – Distancia mínima al borde<sup>a)</sup>, mm, desde el centro del agujero estándar<sup>b)</sup> hasta el borde de la parte conectada**

Diámetro perno mm	Distancia mínima al borde
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Sobre 36	$1,25 d$
a) De ser necesario, se permite utilizar distancias de borde menores que satisfagan las disposiciones de la Sección J3.10 y de Sección J4. Sin embargo, distancias al borde menores que un diámetro del perno no son permitidas sin aprobación del ingeniero a cargo.	
b) Para agujeros sobretamaño y ranurados, ver Tabla J3.5.	

Tabla J3.5 – Valores del incremento de distancia de borde  $C_2$ , in

Damero nominal del conector (in)	Agujero sobretamaño	Agujeros ranurados		
		Eje largo perpendicular al borde		Eje largo paralelo al borde
		Ranura corta	Ranura larga <sup>a)</sup>	
$\leq \frac{7}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4} d$	0
1	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$		
$\geq 1 \frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$		

a) Cuando la longitud de la ranura es menor que el máximo admisible (ver Tabla J3.3), se permite que  $C_2$  sea reducido por la mitad de la diferencia entre las longitudes de ranura máxima y actual.

Tabla J3.5M – Valores del incremento de distancia de borde  $C_2$ , mm

diámetro nominal del conector (in)	Agujero sobretamaño	Agujeros ranurados		
		Eje largo perpendicular al borde		Eje largo paralelo al borde
		Ranura corta	Ranura larga <sup>a)</sup>	
$\leq 22$	2	3	0,75 d	0
24	3	3		
$\leq 27$	3	5		

a) Cuando la longitud de la ranura es menor que el máximo admisible (ver Tabla J3.3), se permite que  $C_2$  sea reducido por la mitad de la diferencia entre las longitudes de ranura máxima y actual.

## 5. Distancias a los bordes y espaciamiento máximo

La distancia máxima desde el centro de cualquier perno hasta el borde más cercano de partes en contacto debe ser 12 veces el espesor de la parte conectada bajo consideración, pero no debe exceder de 150 mm. El espaciamiento longitudinal de los conectores entre elementos en contacto continuo consistentes de un perfil y dos planchas en contacto continuo debe ser la siguiente:

- a) Para miembros pintados o sin pintar no sujetos a corrosión, el espaciamiento no debe exceder de 24 veces el espesor de la plancha más delgada o 305 mm.
- b) Para miembros sin pintar de acero resistente a la corrosión atmosférica, el espaciamiento no debe exceder de 14 veces el espesor de la plancha más delgada o 180 mm.

NOTA Las dimensiones en (a) y (b) no se aplican para elementos consistentes de dos perfiles en contacto continuo.

## 6. Resistencia de tracción y corte de pernos y partes roscadas

La resistencia de diseño de tracción o de corte,  $\phi R_n$ , y la resistencia admisible de tracción o de corte,  $R_n/\Omega$ , de un perno de alta resistencia con apriete ajustado o pretensionado o de una parte roscada debe ser determinada de acuerdo con los estados límites de rotura en tracción y rotura en corte como se indica a continuación:

$$R_n = F_n A_b \quad (\text{J3-1})$$

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

en que:

$A_b$  = área bruta del perno o parte roscada, mm<sup>2</sup>;

$F_{nt}$  = tensión de tracción nominal,  $F_{nv}$ , o tensión de corte nominal,  $F'_{nv}$ , según la Tabla J3.2, MPa.

La resistencia requerida de tracción debe incluir cualquier tracción resultante por la acción de palanca producida por la deformación de las partes conectadas.

**NOTA** La fuerza que puede ser resistida por pernos de alta resistencia o partes roscadas ya sean pretensionados o de apriete ajustado, pueden estar limitados por la resistencia al aplastamiento de la perforación del perno según Sección J3.10. La resistencia efectiva de un conector individual puede ser tomada como el menor valor entre la resistencia al corte del conector según Sección J3.6 y por la resistencia al aplastamiento de la perforación del perno por Sección J3.10. La resistencia del grupo de pernos es tomada como la suma de las resistencias efectivas de los conectores individuales

## 7. Combinación de tracción y corte en conexiones tipo aplastamiento

La resistencia disponible de tracción de un perno solicitado por una combinación de tracción y corte debe ser determinada de acuerdo con los estados límites de rotura en tracción y en corte de acuerdo con lo siguiente:

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (\text{J3-2})$$

$\phi = 0,75$  (LRFD);  $\Omega = 2,00$  (ASD)

en que:

$F'_{nt}$  = tensión de tracción nominal modificada para incluir los efectos de la tensión de corte, MPa.

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{nv} \leq F_{nt} \quad (\text{J3-3a})$$

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_{nv} \leq F_{nt} \quad (\text{J3-3b})$$

$F_{nt}$  = tensión de tracción nominal según Tabla J3.2, MPa;

$F_{nv}$  = tensión de corte nominal según Tabla J3.2, MPa;

$f_{nv}$  = tensión requerida de corte usando las combinaciones de carga LRFD o ASD, MPa.

La resistencia disponible de corte del conector debe ser mayor o igual que la tensión requerida de corte,  $f_{nv}$ .

**NOTA** Notar que cuando la tensión requerida,  $f$ , tanto en corte o tracción, es menor o igual que el 30% de la tensión disponible correspondiente, los efectos combinados de tensiones no necesita ser considerado. Además, hay que notar que Ecuaciones J3-3a y J3-3b pueden ser escritas de manera tal de encontrar la tensión de corte nominal,  $F'_{nv}$ , como una función de la tensión de tracción requerida,  $f_t$ .

## 8. Pernos de alta resistencia en conexiones de deslizamiento crítico

Las conexiones de deslizamiento crítico deben ser diseñadas para prevenir el deslizamiento y para satisfacer los estados límites en conexiones de tipo aplastamiento. Cuando los pernos de deslizamiento crítico pasen a través de *planchas de relleno*, todas las superficies sujetas al deslizamiento deben estar preparadas para alcanzar la resistencia de deslizamiento.

La resistencia de deslizamiento disponible,

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad (\text{J3-4})$$

- a) Para perforaciones de tamaño estándar y de ranura corta perpendiculares a la dirección de la carga:

$$\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$$

- b) Para perforaciones de sobretamaño y de ranura corta paralelos a la dirección de la carga:

$$\phi = 0,85 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,76 \text{ (ASD)}$$

- c) Para perforaciones de ranura larga:

$$\phi = 0,70 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,14 \text{ (ASD)}$$

en que:

$\mu$  = coeficiente de deslizamiento promedio para superficies Clase A o B, cuando sea aplicable, determinado como sigue o mediante ensayos;

- i) para superficies Clase A (superficies de acero sin pintar, limpias, con escamas de laminación o superficies con pintura Clase A en acero granallado o galvanizado en caliente y superficies intencionalmente rugosas):

$$\mu = 0,30$$

- ii) para superficies Clase B (superficies de acero sin pintar, limpiadas mediante granallado o superficies con pinturas Clase B en acero limpiado mediante granallado):

$$\mu = 0,50$$

$D_u = 1,13$ ; multiplicador que refleja la razón entre la pretensión media del perno instalado y la pretensión mínima especificada del perno; el uso de otros valores pueden ser aprobados por el ingeniero estructural responsable del proyecto;

$T_b$  = tracción mínima del conector entregada en Tabla J3.1, N;

$h_f$  = factor por rellenos, determinado según se indica a continuación:

- i) Cuando no hay planchas de relleno o los pernos han sido agregados para distribuir cargas en la plancha de relleno:

$$h_f = 1,00$$

NCh427/1:2016

- ii) Cuando los pernos no han sido agregados para distribuir la carga en la plancha de relleno:

- a) Para un relleno entre las partes conectadas:

$$h_f = 1,00$$

- b) Para dos o más rellenos entre las partes conectadas:

$$h_f = 0,85$$

$n_s$  = número de planos de deslizamiento requeridos para que la conexión deslice.

## 9. Combinación de tracción y corte en conexiones de deslizamiento crítico

Cuando una conexión de deslizamiento crítico es solicitada por una tracción que disminuye la fuerza de apriete neta, la resistencia de deslizamiento disponible por perno, de la Sección J3.8, debe ser multiplicada por el factor,  $k_{sc}$ , como se muestra a continuación:

$$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} \quad (\text{LRFD}) \quad (\text{J3-5a})$$

$$k_{sc} = 1 - \frac{1,5 T_a}{D_u T_b n_b} \quad (\text{ASD}) \quad (\text{J3-5b})$$

en que:

$T_a$  = carga de tracción requerida debida a las combinaciones de carga ASD, N;

$T_u$  = carga de tracción requerida debida a las combinaciones de carga LRFD, N;

$n_b$  = número de pernos que transmiten la tracción aplicada.

## 10. Resistencia de aplastamiento de perforaciones de pernos

La resistencia de aplastamiento disponible,  $\phi R_n$  y  $R_n/\Omega$ , en perforaciones de pernos debe ser determinada para el estado límite de aplastamiento como se muestra a continuación:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \Omega = 2,00 \quad (\text{ASD})$$

La resistencia nominal de aplastamiento del material conectado,  $R_n$ , es determinada como sigue:

- a) Para un perno en una conexión con perforaciones estándar, sobretamaño y de ranura corta, independiente de la dirección de carga, o en perforaciones de ranura larga con la ranura paralela a la dirección de la fuerza de aplastamiento:

- i) Cuando la deformación en el perforación del perno bajo cargas de servicio se considera en el diseño:

$$R_n = 1,2 I_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \quad (\text{J3-6a})$$

- ii) Cuando la deformación en el perforación del perno bajo cargas de servicio no se considera en el diseño:

$$R_n = 1,5 I_c t F_u \leq 3,0 d t F_u \quad (\text{J3-6b})$$

- b) Para un perno en una conexión con perforaciones de ranura larga con la ranura perpendicular a la dirección de la fuerza:

$$R_n = 1,0 \ l_c t F_u \leq 2,0 \ dt F_u \quad (\text{J3-6c})$$

- c) Para conexiones hechas utilizando pernos que pasan completamente a través de miembros cajón no atiesados o perfiles tubulares HSS, ver la Sección J7 y Ecuación J7-1.

en que:

$F_u$  = resistencia última mínima especificada del material conectado, MPa;

$d$  = diámetro nominal del perno, mm;

$l_c$  = distancia libre, en la dirección de la carga, entre el borde del perforación y el borde del perforación adyacente o borde del material, mm;

$t$  = espesor del material conectado, mm.

La resistencia al aplastamiento de las conexiones debe ser tomada como la suma de las resistencias de aplastamiento de los pernos individuales.

La resistencia de aplastamiento debe ser revisada tanto para las conexiones de tipo aplastamiento como para las de deslizamiento crítico. El uso de perforaciones sobretamaño y perforaciones de ranura corta y larga paralela a la línea de carga se limita a conexiones de deslizamiento crítico, según se indica en la Sección J3.2.

**NOTA** La resistencia efectiva de un conector individual es la menor entre la resistencia al corte del conector según Sección J3.6 o la resistencia de aplastamiento de la perforación del perno según Sección J3.10. La resistencia del grupo de pernos es la suma de las resistencias efectivas de los conectores individuales.

## 11. Conectores especiales

La resistencia nominal de conectores especiales distintos a los conectores presentados en Tabla J3.2 debe ser verificada mediante ensayos.

## 12. Conectores de tracción

Cuando pernos u otros conectores en tracción son conectados a cajones no atiesados o a la pared de perfiles tubulares, la resistencia de la pared debe ser determinada mediante análisis estructural.

NCh427/1:2016

## J.4 Elementos involucrados de miembros conectados y elementos conexión

Esta Sección aplica para los elementos de miembros en conexiones y elementos conectores, tales como planchas, gussets, ángulos y soportes.

### 1. Resistencia de elementos en tracción

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , de elementos de conexión cargados en tracción debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia en tracción y rotura en tracción.

- a) Para fluencia en tracción de elementos de conexión:

$$R_n = F_y A_g \quad (\text{J4-1})$$

$\phi = 0,90$  (LRFD);  $\Omega = 1,67$  (ASD)

- b) Para rotura en tracción de elementos de conexión:

$$R_n = F_u A_e \quad (\text{J4-2})$$

$\phi = 0,75$  (LRFD);  $\Omega = 2,00$  (ASD)

en que:

$A_e$  = área neta efectiva como se define en la Sección D3, mm<sup>2</sup>; para planchas de empalme apernadas,  $A_e = A_n \leq 0,85 A_g$ .

NOTA El área efectiva neta de la plancha de conexión puede estar limitada debido a la distribución de tensiones las que son determinadas por métodos tales como la sección Whitmore.

### 2. Resistencia de elementos en corte

La resistencia de corte disponible de elementos involucrados y elementos de conexión en corte debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia en corte y rotura en corte:

- a) Para fluencia en corte del elemento:

$$R_n = 0,60 F_y A_{gv} \quad (\text{J4-3})$$

$\phi = 1,00$  (LRFD);  $\Omega = 1,50$  (ASD)

en que:

$A_{gv}$  = área bruta solicitada a corte, mm<sup>2</sup>.

- b) Para rotura en corte del elemento:

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} \quad (\text{J4-4})$$

$\phi = 0,75$  (LRFD);  $\Omega = 2,00$  (ASD)

en que:

$A_{nv}$  = área neta solicitada a corte, mm<sup>2</sup>.

### 3. Resistencia de bloque de corte

La resistencia disponible para el estado límite de rotura del bloque de corte a lo largo de la(s) trayectoria(s) de falla por corte y una trayectoria perpendicular de falla por tracción debe tomarse como

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (\text{J4-5})$$

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

en que:

$$A_{nt} = \text{área neta solicitada a tracción, mm}^2.$$

Cuando la tensión de tracción es uniforme,  $U_{bs} = 1$ ; si la tensión de tracción es no uniforme,  $U_{bs} = 0,5$ .

NOTA Casos típicos donde  $U_{bs}$  deben tomarse igual a 0,5 se ilustran en el Comentario.

### 4. Resistencia de elementos en compresión

La resistencia disponible de elementos de conexión en compresión para los estados límites de fluencia y pandeo se determinan de acuerdo con lo siguiente.

a) Para  $KL/r \leq 25$ :

$$P_n = F_y A_g \quad (\text{J4-6})$$

$$\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$$

b) Cuando  $KL/r > 25$ , aplican las disposiciones de Capítulo E.

### 5. Resistencia de elementos en flexión

La resistencia disponible en flexión de los elementos involucrados deberá ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límite de flexión de fluencia, pandeo local, pandeo lateral-torsional en flexión, y rotura por flexión.

## J.5 Planchas de relleno

### 1. Planchas de relleno en conexiones soldadas

Donde sea necesario el uso de planchas de relleno en juntas requeridas para transmitir fuerzas aplicadas, las planchas de relleno y las soldaduras de conexión deberán cumplir con los requisitos de J5.1a o J5.1b según corresponda.

#### 1a Planchas de relleno delgadas

Planchas de relleno con espesores menores a 6 mm no deben ser usadas para transmitir tensiones. Cuando el espesor de la plancha de relleno es menor que 6 mm, o cuando el espesor de la plancha de relleno es de 6 mm o mayor pero no adecuada para transferir las fuerzas aplicadas entre las partes conectadas, la plancha de relleno deberá ser mantenida alineada con el borde de la parte externa conectada. Además, el tamaño de la soldadura deberá ser aumentado sobre el tamaño requerido por una cantidad igual al espesor de la plancha de relleno.

NCh427/1:2016

### 1b Planchas de relleno gruesas

Cuando el espesor de la plancha de relleno es adecuado para transferir las fuerzas aplicadas entre las partes conectadas, la plancha de relleno debe extenderse más allá de los bordes externos de las partes metálicas conectadas que sirve de base. Las soldaduras que unen el exterior del metal base conectada a la plancha de relleno deberán ser suficientes para transmitir la fuerza a la plancha de relleno y el área sujeta a la fuerza aplicada en la plancha de relleno deberá ser adecuada para evitar tensiones excesivas en dicha plancha. Las soldaduras que unen la plancha de relleno al interior del metal base interior deberán ser adecuadas para transmitir las fuerzas aplicadas.

## 2. Planchas de relleno en conexiones apernadas

Cuando un perno que soporta cargas pasa a través de planchas de relleno que son de espesor igual o menor a 6 mm, la resistencia de corte deberá ser usada sin reducción. Cuando pernos que soporten cargas pasan a través de planchas de relleno con un espesor mayor a 6 mm, se debe de aplicar uno de los requisitos siguientes:

- La resistencia de corte de los pernos debe ser multiplicada por el factor.

$$1 - 0,015 \frac{4}{t} (t-6)$$

pero no menor a 0,85, donde  $t$  es el espesor total de las planchas de relleno, en mm.

- Las planchas de relleno deben ser extendidas más allá de la junta y la extensión de la plancha de relleno debe ser asegurada con suficientes pernos para distribuir uniformemente la carga total en el elemento conectado sobre las secciones transversales combinadas de los elementos conectados y rellenos;
- El tamaño de la unión debe ser aumentada para adecuar un número de pernos que sea equivalente al número total requerido en el punto (b) anterior; o
- La unión debe ser diseñada para prevenir el deslizamiento de acuerdo con la Sección J3.8 usando ya sea superficies Clase B o superficies Clase A con un apriete según el método del giro de la tuerca.

## J.6 Empalmes

Los empalmes con soldadura de tope en vigas deben desarrollar la resistencia nominal de la menor sección empalmada. Otros tipos de empalmes en secciones de vigas deben desarrollar la resistencia requerida por las cargas en el punto de empalme.

## J.7 Resistencia de aplastamiento

La resistencia de aplastamiento de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia de aplastamiento admisible,  $R_n/\Omega$ , de superficies en contacto debe ser determinada para el estado límite de aplastamiento (fluencia de compresión local) como se muestra a continuación:

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

La resistencia de aplastamiento nominal,  $R_n$ , debe ser determinada de acuerdo con lo siguiente:

- a) Para superficies terminadas, pasadores en perforaciones de borde, taladrados o punzonados, y extremos de atiesadores de aplastamiento ajustado.

$$R_n = 1,8 F_y A_{pb} \quad (\text{J7-1})$$

en que:

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada, MPa;

$A_{pb}$  = área proyectada de apoyo, mm<sup>2</sup>.

- b) Para apoyos deslizantes y balancines

- i) Cuando  $d \leq 635$  mm

$$R_n = 1,2 (F_y - 90) l_b d / 20 \quad (\text{J7-2M})$$

- ii) Cuando  $d > 635$  mm

$$R_n = 30,2 (F_y - 90) l_b \sqrt{d} / 20 \quad (\text{J7-3M})$$

en que:

$d$  = diámetro, mm;

$l_b$  = longitud de apoyo, mm.

## J.8 Placas bases de columnas y aplastamiento del hormigón

Se deben realizar disposiciones apropiadas para transferir las cargas y momentos de columna a las zapatas y fundaciones.

En ausencia de un marco regulatorio, se permite tomar la resistencia de aplastamiento de diseño,  $\phi_c P_p$ , o la resistencia de aplastamiento admisible,  $P_p \Omega_c$ , para el estado límite de rotura por aplastamiento del hormigón, como se muestra a continuación:

$$\phi_c = 0,65 \text{ (LRFD)}; \Omega_c = 2,31 \text{ (ASD)}$$

La resistencia de aplastamiento nominal,  $P_p$ , se determina como se indica a continuación:

- a) En el área total de apoyo de hormigón:

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 \quad (\text{J8-1})$$

- b) En un área menor a la total del apoyo de hormigón:

$$P_p = 0,85 f'_c ' A_1 \sqrt{A_2 / A_1} \leq 1,7 f'_c ' A_1 \quad (\text{J8-2})$$

en que:

$A_1$  = área de acero apoyada concéntricamente en un soporte de hormigón, mm<sup>2</sup>.

$A_2$  = máxima área de la porción de la superficie de apoyo que es geométricamente similar y concéntrica con el área de carga, mm<sup>2</sup>.

$f'_c$  = resistencia a compresión especificada del hormigón, MPa.

NCh427/1:2016

## J.9 Barras de anclaje e insertos

Las barras de anclaje deben ser diseñadas para entregar la resistencia requerida por las cargas de la estructura completa en la placa base de las columnas incluyendo las componentes de tracción neta debidas a cualquier momento de flexión que puedan resultar por las combinaciones de carga estipuladas en la Sección B2. Las barras de anclaje deben ser diseñadas de acuerdo con los requisitos para partes roscadas dados en Tabla J3.2.

El diseño de las placas bases de columnas y barras de anclaje para la transferencia de fuerzas a la fundación de hormigón incluyendo el aplastamiento sobre los elementos de hormigón deberán satisfacer los requisitos de NCh430 o ACI 349.

**NOTA** Cuando las columnas son requeridas para resistir una fuerza horizontal en la placa base, se debe de considerar el aplastamiento sobre los elementos de hormigón.

Cuando las barras de anclaje sean usadas para resistir fuerzas horizontales, el tamaño del agujero, la tolerancia de instalación de la barra de anclaje, y el movimiento horizontal de la columna deberán ser considerados en el diseño.

Se permiten perforaciones sobretamaño y perforaciones ranuradas mayores en placas base cuando se provee de un adecuado apoyo para la tuerca por medio del uso de arandelas o golillas estructurales según ASTM F844 o mediante planchas tipo golilla para enlazar la perforación.

**NOTA** Los tamaños de perforaciones permitidos y las dimensiones de golillas correspondientes se presentan en el *Manual de Construcción en Acero AISC*.

**NOTA** Ver NCh430 para el diseño de insertos y para el diseño por fricción. Ver OSHA para requisitos especiales de montaje para barras de anclaje.

## J.10 Alas y almas con cargas concentradas

Esta Sección aplica a las cargas concentradas simples y dobles aplicadas en sentido perpendicular a la(s) ala(s) de secciones de ala ancha y perfiles armados similares. Una carga concentrada simple puede ser tanto de tracción como de compresión. Cargas concentradas dobles corresponden a una en tracción y la otra en compresión y forman un par en el mismo lado del miembro cargado.

Cuando la solicitud excede la resistencia disponible determinada para los estados límites enumerados en esta Sección, se deben disponer de atiesadores y/o refuerzos dispuestos y dimensionados para la diferencia entre la resistencia requerida y la resistencia disponible para el estado límite aplicable. Los atiesadores también deben cumplir con los requisitos de la Sección J10.8. Los refuerzos también deben cumplir los requisitos de diseño de la Sección J10.9.

**NOTA** Ver Anexo 6.3 para los requisitos de los extremos de miembros en voladizo.

Se necesitan atiesadores en los extremos no restringidos de vigas de acuerdo con los requisitos de la Sección J10.7.

### 1. Flexión local del ala

Esta Sección aplica a las cargas concentradas simples y a la componente de tracción de las cargas concentradas dobles.

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , para el estado límite de flexión local del ala se determina como se indica a continuación:

$$R_n = 6,25 t_f^2 F_{yf} \quad (J10-1)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$$

en que:

$F_{yf}$  = tensión de fluencia mínima especificada del ala, MPa;

$t_f$  = espesor del ala cargada, mm.

Cuando la longitud de carga a través del ala del miembro es menor que  $0,15 b_f$ , donde  $b_f$  es el ancho del ala del miembro no se necesita verificar Ecuación J10-1.

Cuando la carga concentrada que debe ser resistida es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro que es menor que  $10 t_f$ , el valor  $R_n$  debe ser reducido en 50%.

Cuando sea requerido, un par de atiesadores transversales deberán ser dispuestos.

## 2. Fluencia local del alma

Esta sección aplica para cargas concentradas simples y ambos componentes de cargas concentradas dobles.

La resistencia disponible para el estado límite de fluencia local del alma debe ser determinada como se indica a continuación:

$$\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal,  $R_n$ , se debe determinar como se muestra a continuación:

- Cuando la carga concentrada que debe ser resistida es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro mayor que la profundidad del miembro  $d$ ,

$$R_n = F_{yw} t_w (5 k + l_b) \quad (J10-2)$$

- Cuando la carga concentrada que debe ser resistida es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro menor o igual a la profundidad del miembro  $d$ ,

$$R_n = F_{yw} t_w (2,5 k + l_b) \quad (J10-3)$$

en que:

$k$  = distancia desde la cara exterior del ala hasta el pie del filete del alma, mm;

$F_{yw}$  = tensión de fluencia mínima especificada del alma, MPa;

$l_b$  = longitud del apoyo (no menor que  $k$  para reacciones en los extremos de vigas), mm;

$t_w$  = espesor del alma, mm.

Cuando sea requerido, se debe disponer de un par de atiesadores de carga o planchas de refuerzo.

NCh427/1:2016

### 3. Aplastamiento del alma

Esta Sección aplica para las cargas concentradas simples de compresión o la componente de compresión de cargas concentradas dobles.

La resistencia disponible para el estado límite de aplastamiento local del alma debe ser determinada como se muestra a continuación:

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal,  $R_n$ , debe ser determinada como se muestra a continuación:

- Cuando la carga concentrada de compresión que debe ser resistida es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro que es mayor o igual a  $d/2$ :

$$R_n = 0,80t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{l_b}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-4})$$

- Cuando la carga concentrada de compresión que debe ser resistida es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro menor a  $d/2$ :

- Para  $l_b/d \leq 0,2$

$$R_n = 0,40t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{l_b}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-5a})$$

- Para  $l_b/d > 0,2$

$$R_n = 0,40t_w^2 \left[ 1 + \left( \frac{4l_b}{d} - 0,2 \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{J10-5b})$$

en que:

$d$  = altura total del miembro, mm.

Cuando se necesite, se debe disponer uno o un par de atiesadores de carga, o una plancha de refuerzo que se extienda por lo menos un medio de la profundidad del alma.

### 4. Pandeo lateral del alma

Esta Sección aplica solamente para las cargas concentradas simples de compresión aplicadas a miembros donde el movimiento lateral relativo entre el ala cargada en compresión y el ala cargada en tracción no está restringido en el punto de aplicación de la carga concentrada.

La resistencia disponible del alma para el estado límite de pandeo lateral debe ser determinada como se muestra a continuación:

$$\phi = 0,85 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,76 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal,  $R_n$ , se determina como se muestra a continuación:

- a) Si el ala en compresión está restringida de rotar:

- i) Para  $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 2,3$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 b_f}{h^2} \left[ 1 + 0,4 \left( \frac{h / t_w}{L_b / b_f} \right)^3 \right] \quad (\text{J10-6})$$

- ii) Para  $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 2,3$ , no aplica el estado límite de pandeo lateral del alma.

Cuando la resistencia requerida del alma excede la resistencia disponible, se puede disponer de arriostramiento lateral de forma local en el ala traccionada o también un par de atiesadores transversales o plancha de refuerzo de alma.

- b) Si el ala en compresión no está restringida de rotar:

- i) Para  $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 1,7$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 b_f}{h^2} \left[ 0,4 \left( \frac{h / t_w}{L_b / b_f} \right)^3 \right] \quad (\text{J10-7})$$

- ii) Para  $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 1,7$ , no aplica el estado límite de pandeo lateral del alma.

Cuando la resistencia requerida del alma excede la resistencia disponible, se puede disponer de arriostramiento lateral de forma local en ambas alas en el punto de aplicación de las cargas concentradas.

Las definiciones siguientes aplican en Ecuaciones J10-6 y J10-7:

$C_r$  =  $6,62 \times 10^6$  MPa cuando  $M_u < M_y$  (LRFD) o  $1,5 M_a < M_y$  (ASD) en la ubicación de la carga;

=  $3,31 \times 10^6$  MPa cuando  $M_u \geq M_y$  (LRFD) o  $1,5 M_a \geq M_y$  (ASD) en la ubicación de la carga;

$L_b$  = longitud no arriostrada lateralmente más larga a lo largo de cualquier ala en el punto de carga, mm;

$M_a$  = resistencia requerida en flexión usando las combinaciones de carga ASD, N-mm;

$M_u$  = resistencia requerida en flexión usando las combinaciones de carga LRFD, N-mm;

$b_f$  = ancho del ala, mm;

$h$  = distancia libre entre alas menos el filete o radio de curvatura para perfiles laminados; distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas cuando se utilizan soldaduras para perfiles armados, mm.

NOTA Referirse al Anexo 6 para la determinación de la restricción adecuada.

## 5. Pandeo del alma comprimida

Esta Sección aplica para un par de cargas concentradas simples de compresión o las componentes de compresión de un par de cargas concentradas dobles, aplicadas en ambas alas del miembro en la misma ubicación.

NCh427/1:2016

La resistencia disponible para el estado límite de pandeo local del alma debe ser determinada como se muestra a continuación:

$$R_n = \frac{24t_w^3\sqrt{EF_{yw}}}{h} \quad (\text{J10-8})$$

$$\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$$

Cuando el par de cargas concentradas de compresión que deben ser resistidas es aplicada a una distancia desde el extremo del miembro menor que  $d/2$ ,  $R_n$  debe ser reducido por 50%.

Cuando se requiera, se debe proveer un atiesador transversal, un par de atiesadores transversales, o una plancha de refuerzo del alma que se extienda a todo lo alto del alma.

## 6. Corte en la zona panel del alma

Esta Sección aplica para las cargas concentradas dobles aplicadas a una o ambas alas de un miembro en la misma ubicación.

La resistencia disponible de la zona panel del alma para el estado límite de fluencia en corte debe ser determinada como se menciona a continuación:

$$\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$$

La resistencia nominal,  $R_n$ , debe ser determinada como se detalla a continuación:

a) Cuando no se considera en el análisis el efecto de la deformación de la zona panel en la estabilidad del marco:

i) Para  $P_r \leq 0,4 P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \quad (\text{J10-9})$$

ii) Para  $P_r > 0,4 P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left( 1,4 - \frac{P_r}{P_c} \right) \quad (\text{J10-10})$$

b) Cuando se considera en el análisis la estabilidad del marco, incluyendo la deformación plástica de la zona panel:

i) Para  $P_r \leq 0,75 P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left( 1 + \frac{3b_{cft} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad (\text{J10-11})$$

ii) Para  $P_r > 0,75 P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left( 1 + \frac{3b_{cft} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left( 1,9 - \frac{1,2 P_r}{P_c} \right) \quad (\text{J10-12})$$

Las definiciones siguientes aplican en Ecuaciones J10-9 hasta J10-12;

$A_g$  = área bruta de la sección del miembro, mm<sup>2</sup>;

$b_{cf}$  = ancho del ala de la columna, mm;

$d_b$  = altura de la viga, mm;

$d_c$  = altura de la columna, mm;

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada del alma de la columna, MPa;

$P_c$  =  $P_y$ , N (LRFD);

$P_c$  = 0,6  $P_y$ , N (ASD);

$P_r$  = resistencia axial requerida usando las combinaciones de carga ASD o LRFD, N;

$P_y$  =  $F_y A_g$ , resistencia axial de fluencia de la columna, N;

$t_{cf}$  = espesor del ala de la columna, mm;

$t_w$  = espesor del alma de la columna, mm.

Se debe disponer cada vez que se requiera, plancha(s) de refuerzo de alma o un par de atiesadores diagonales dentro de los límites de la conexión rígida cuyas almas yacen en un plano común.

Ver la Sección J10.9 para requisitos de diseño de las planchas de refuerzo del alma.

## 7. Extremos de vigas no restringidos

En extremos no enmarcados de vigas no restringidos contra la rotación en torno a su eje longitudinal, se debe disponer de un par de atiesadores transversales, que se extiendan a todo lo alto del alma.

## 8. Requisitos adicionales para los atiesadores para cargas concentradas

Los atiesadores necesarios para resistir las cargas concentradas de tracción deben ser diseñados de acuerdo con los requisitos de la Sección J4.1 y deben ser soldados al ala cargada y al alma. Las soldaduras al ala deben ser dimensionadas para la diferencia entre la resistencia requerida y la resistencia disponible correspondiente al estado límite. Las soldaduras que conectan el atiesador al alma deben ser dimensionadas para transmitir al alma la diferencia algebraica de carga de tracción en los extremos del atiesador.

Los atiesadores requeridos para resistir las cargas concentradas de compresión deben ser diseñados de acuerdo con los requisitos de la Sección J4.4, y se deben apoyar o ser soldados al ala cargada y soldados al alma. Las soldaduras para el ala deben ser dimensionadas para la diferencia entre la resistencia requerida y la resistencia disponible correspondiente al estado límite. Las soldaduras que conectan el atiesador al alma deben ser dimensionadas para transmitir al alma la diferencia algebraica de carga de compresión en los extremos del atiesador. Para atiesadores de apoyo ajustado, ver Sección J7.

NCh427/1:2016

Los atiesadores de carga de altura completa utilizados para resistir las cargas de compresión aplicadas a la(s) ala(s) de una viga deben ser diseñados como miembros solicitados a compresión axial (columnas) de acuerdo con los requisitos de las Secciones E6.2 y J4.4.

Las propiedades de los miembros deben ser determinadas utilizando una longitud efectiva de 0,75 h y una sección compuesta de dos atiesadores y una franja del alma de ancho igual a  $25 t_w$  en atiesadores interiores y de  $12 t_w$  en atiesadores en los extremos de los miembros. La soldadura que conecta los atiesadores de carga de profundidad completa al alma debe ser dimensionada para transmitir la diferencia de carga de compresión en cada uno de los atiesadores del alma.

Los atiesadores transversales y diagonales deben cumplir con el criterio adicional siguiente:

- 1) El ancho de cada atiesador más medio espesor de alma de columna no debe ser menor que un tercio del ancho del ala o plancha de conexión de momento que produce la carga concentrada.
- 2) El espesor de un atiesador no debe ser menor que medio espesor del ala o plancha de conexión de momento que entrega la carga concentrada, y no menor que el ancho dividido por 16.
- 3) Los atiesadores transversales se deben extender por lo menos a un medio de la profundidad del miembro excepto como se requiere en J10.5 y J10.7.

## **9. Requisitos adicionales para las planchas de refuerzo de alma para cargas concentradas**

Las planchas de refuerzo de alma que se requieran para entregar la resistencia a la compresión deben ser diseñadas de acuerdo con los requisitos de Capítulo E.

Las planchas de refuerzo de alma que se requieran para entregar resistencia a la tracción deben ser diseñadas de acuerdo con los requisitos de Capítulo D.

Las planchas de refuerzo de alma que se requieran para entregar resistencia al corte (ver la Sección J10.6) deben ser diseñadas de acuerdo con las disposiciones de Capítulo G.

Las planchas de refuerzo de alma deben cumplir con los requisitos adicionales siguientes:

- 1) El espesor y la extensión de la plancha de refuerzo de alma debe aportar suficiente material para igualar o exceder los requisitos de resistencia.
- 2) La plancha de refuerzo de alma debe ser soldada para desarrollar la proporción de la carga total transmitida a la plancha de refuerzo.

## **10. Fuerzas para el diseño de conexiones de corte**

Las disposiciones que se presentan a continuación aplican a conexiones de corte en el alma de elementos isostáticos en flexión tales como vigas de piso, cuyos esfuerzos axiales son evidentemente despreciables frente al esfuerzo de corte.

Los requerimientos mínimos para el diseño de las conexiones corresponden a las reacciones de los elementos que se obtengan de las combinaciones de cargas ASD o LRFD aplicables y lo establecido en las disposiciones que se presentan a continuación. Para obtener conexiones seguras y económicas, se recomienda que el Ingeniero incorpore estas reacciones o cargas en los planos del proyecto.

**NOTA** La práctica nacional en el diseño de conexiones de corte ha tendido al concepto de diseño por capacidad. Sin embargo, este criterio puede conllevar a altos costos en fabricación y montaje cuando el porcentaje de capacidad establecido se evalúa entre 75% y 90%, y por otra parte, puede aún resultar insuficiente para satisfacer la resistencia requerida de algunos pocos miembros aislados.

En el caso que las reacciones o cargas no sean indicadas en los planos, se puede diseñar las conexiones de corte usando el criterio siguiente:

Sea:

$$\beta_v = \frac{A_w L}{S} \quad (\text{J11-1})$$

en que:

$S$  = módulo resistente de la viga con respecto a su eje fuerte;

$A_w$  =  $db_f$  = área del alma;

$d$  = altura nominal total del perfil;

$b_f$  = espesor del alma;

$L$  = luz de la viga.

Para vigas simplemente apoyadas:

Si  $\beta_v < 6,0$ ; diseñar para el 90% de la capacidad del alma, sin reducción por esbeltez.

Si  $\beta_v > 6,0$ ; diseñar para  $V = 2,4 \alpha S F_y / L$ .

Para vigas con dos apoyos continuos:

Si  $\beta_v < 9,0$ ; diseñar para el 90% de la capacidad del alma, sin reducción por esbeltez.

Si  $\beta_v > 9,0$ ; diseñar para  $V = 3,6 \alpha S F_y / L$ .

Para vigas con un apoyo simple y el otro continuo:

Si  $\beta_v < 7,5$ ; diseñar para el 100% de la capacidad del alma, sin reducción por esbeltez.

Si  $\beta_v > 7,5$ ; diseñar para  $V = 3,0 \alpha S F_y / L$ .

Para vigas en cantilever, diseñar para el 100% de la capacidad del alma, sin reducción por esbeltez.

$V$  = resistencia requerida al esfuerzo por corte (ASD o LRFD);

$F_y$  = tensión mínima de fluencia especificada para el acero del perfil;

$\alpha$  = 1,0 (ASD); 1,6 (LRFD).

**NOTA** El criterio presentado en este acápite está desarrollado considerando que las conexiones de corte en vigas no necesitan resistir más allá del agotamiento de la capacidad de flexión máxima del elemento bajo condiciones de carga uniformemente distribuida.

## NCh427/1:2016

El efecto de cualquier carga concentrada debe ser tomado en consideración.

Las conexiones de corte deberán ser diseñadas para resistir como mínimo el equivalente al 50% de la capacidad del alma, sin reducción por esbeltez.

Los requerimientos mínimos para el diseño de las conexiones corresponden a las reacciones de los elementos que se obtengan de las combinaciones de cargas ASD o LRFD aplicables y lo establecido respecto de cargas concentradas. Para obtener conexiones seguras y económicas, se recomienda que el Ingeniero incorpore estas reacciones o cargas en los planos del proyecto.

Las conexiones de elementos que trabajan axialmente deberán ser diseñadas para tener una resistencia requerida igual o superior a:

- a) Para puentes de techo: 20% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).
- b) Para puentes laterales de una estructura: 20% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).
- c) Para arriostramientos horizontales: 30% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).
- d) Para arriostramientos verticales: 50% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).
- e) Para tornapuntas: 50% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).
- f) Para elementos que trabajan a corte y tracción: 20% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma) y 50% de la resistencia requerida del alma al corte, sin reducción por esbeltez.
- g) Para diagonales y montantes sistemas enrejados: 50% de la resistencia requerida a la tracción por fluencia del área bruta (D2 (a) de la norma).

**NOTA** En el caso de estructuras sismorresistentes, las disposiciones para el diseño de conexiones son más restrictivas. Para mayor detalle ver NCh2369 *Diseño de estructuras e instalaciones industriales*.

## Capítulo K: Diseño de conexiones de perfiles tubulares HSS

Este Capítulo abarca las conexiones de miembros de sección tubular HSS y secciones cajón de espesor de pared uniforme.

**NOTA** La resistencia de la conexión es controlada habitualmente por el tamaño del miembro tubular HSS, especialmente el espesor de las cuerdas de los enrejados, y esto debe ser considerado en el diseño inicial.

El Capítulo está organizado de la manera siguiente:

K.1 Cargas concentradas en perfiles tubulares HSS

K.2 Conexiones de enrejados entre perfiles tubulares HSS

K.3 Conexiones de momento entre perfiles tubulares HSS

K.4 Soldadura de planchas y ramas para perfiles tubulares rectangulares HSS

**NOTA** Ver Capítulo J para requisitos adicionales para apernado en perfiles tubulares HSS. Ver la Sección J3.10(c) para pernos atravesados.

**NOTA** Los parámetros de las conexiones deben estar dentro de los límites aplicables. Los estados límites necesitan solo ser verificados cuando la geometría o la carga de la conexión están dentro de los parámetros dados en la descripción del estado límite.

### K.1 Cargas concentradas en secciones tubulares HSS

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ , o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ , de las conexiones debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de este capítulo y las de la Sección B3.6.

#### 1. Definición de parámetros

$A_g$  = área bruta de la sección transversal, mm<sup>2</sup>.

$B$  = ancho total del miembro tubo rectangular, medido a 90° del plano de la conexión, mm.

$B_p$  = ancho total de la plancha, medida a 90° del plano de la conexión, mm.

$D$  = diámetro exterior del miembro tubo redondo HSS, mm.

$F_c$  = tensión disponible, MPa.

=  $F_y$  para LRFD; 0,6  $F_y$  para ASD.

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada del material del tubo HSS, MPa.

$F_{yp}$  = tensión de fluencia mínima especificada del material de la plancha, MPa.

$F_u$  = tensión última mínima especificada del material del tubo, MPa.

$S$  = módulo de sección elástico del miembro, mm<sup>3</sup>.

$H$  = altura total del miembro tubo rectangular, medida en el plano de la conexión, mm.

NCh427/1:2016

$l_b$  = longitud de apoyo de la carga, medido paralelo al eje del miembro tubular HSS, (o medido a través del ancho del tubo en el caso de planchas de tapa cargadas), mm.

$t$  = espesor de diseño de la pared del tubo HSS, mm.

$t_p$  = espesor de la plancha, mm.

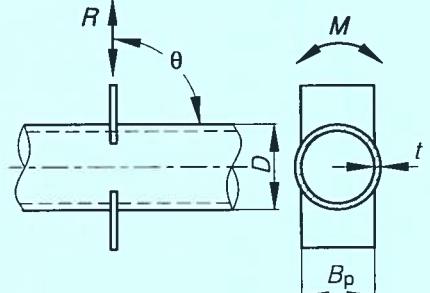
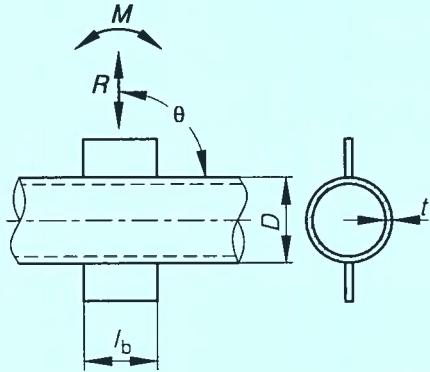
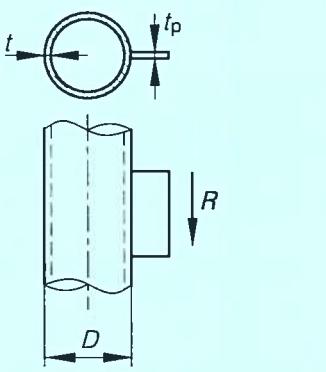
## 2. Secciones tubulares circulares

La resistencia disponible de las conexiones con cargas concentradas y dentro de los límites de Tabla K1.1A deben ser tomados como se muestra en Tabla K1.1.

## 3. Secciones tubulares rectangulares

La *resistencia disponible* de las conexiones con cargas concentradas y dentro de los límites de Tabla K1.2A deben ser tomados como el menor valor de los estados límites aplicables mostrados en Tabla K1.2.

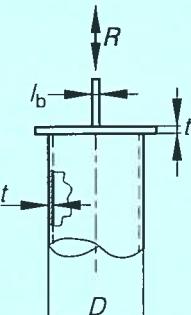
Tabla K.1.1 – Resistencias disponibles de conexiones de planchas con secciones tubulares circulares

Tipo de conexión	Resistencia disponible de la conexión	Flexión de la plancha	
		En el plano	Fuera del plano
Conexiones en T y en Cruz con Plancha transversal	<p>Estado límite: Fluencia local de la plancha del tubo por carga axial</p>  $R_n \sin \theta = F_y t^2 \left[ \frac{5,5}{1 - 0,81 \frac{B_p}{D}} \right] Q_f \quad (K1-1)$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p>	-	$M_n = 0,5 B_p R_n$
Conexiones en T, en Y y en Cruz con Plancha longitudinal	<p>Estado límite: Plastificación de la plancha del tubo por carga axial</p>  $R_n \sin \theta = 5,5 F_y t^2 \left[ 1 + 0,25 \frac{l_b}{D} \right] Q_f \quad (K1-2)$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p>	$M_n = 0,8 l_b R_n$	-
Conexión en T con Plancha longitudinal	<p>Estados límites: Estados límite de la plancha y corte por punzonamiento en la sección tubular</p> <p>Corte en la plancha:</p> <p>Para <math>R_n</math>, ver capítulo J.</p> <p>Adicionalmente, se debe cumplir la relación siguiente:</p> $t_p \leq \frac{F_u}{F_{yp}} t \quad (K1-3)$ 	-	-

(continúa)

NCh427/1:2016

**Tabla K.1.1 – Resistencias disponibles de conexiones de planchas con secciones tubulares circulares (conclusión)**

Tipo de conexión	Resistencia disponible de la conexión	Flexión de la plancha	
		En el plano	Fuera del plano
Conexiones de Plancha de tapado	<p>Estado límite: fluencia local del tubo por Carga axial</p> $R_n = 2 F_y t [5 t_p + l_b] \leq F_y A \quad (\text{K1-4})$ $\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$ 	-	-
<b>Funciones</b>			
$Q_f = 1$ para tubos (superficie conectada) en tracción $= 1,0 - 0,3 U (1 + U)$ para tubos (superficie de conexión) en compresión <span style="float: right;">(K1-5)</span> $U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ donde $P_{ro}$ y $M_{ro}$ son determinados en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión. $P_{ro}$ y $M_{ro}$ se refieren a las resistencias requeridas en el tubo. <span style="float: right;">(K1-6)</span> $P_{ro} = P_u$ para LRFD; $P_a$ para ASD. $M_{ro} = M_u$ para LRFD; $M_a$ para ASD.			

**Tabla K1.1A – Límites de aplicación de Tabla K1.1**

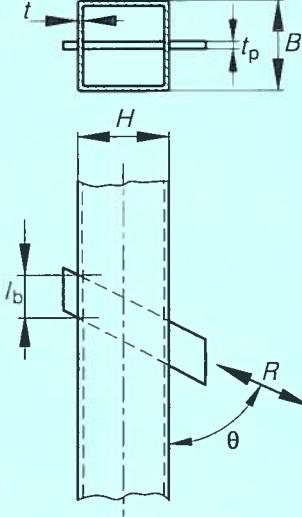
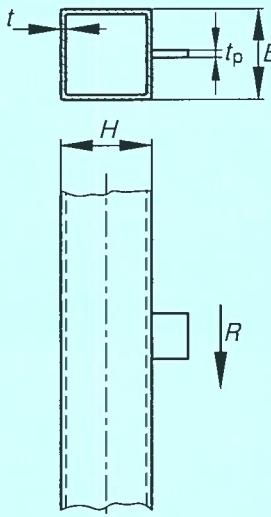
Ángulo de carga en la placa:	$\theta \geq 30^\circ$
Esbeltez de la pared del tubo:	$D/t \leq 50$ para conexiones en T bajo carga axial o flexión de la placa de la derivación $D/t \leq 40$ para conexiones en Cruz bajo carga axial o flexión de la placa de la derivación $D/t \leq 0,11 E/F_y$ bajo corte de la placa de la derivación $D/t \leq 0,11 E/F_y$ para conexiones de planchas de tapado en compresión
Razón de ancho:	$0,2 < B_p/D \leq 1,0$ para la plancha de conexión de la derivación transversal de las conexiones de las planchas a
Resistencia del material:	$F_y \leq 360 \text{ MPa}$
Ductilidad:	$F_y/F_u \leq 0,8$
NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable.	

**Tabla K1.2 – Resistencia disponible de conexiones de planchas con Secciones tubulares rectangulares**

Tipo de conexión	Resistencia disponible de la conexión
Conexiones en T y en Cruz con Plancha transversal solicitadas por carga axial a través de la plancha	<p>Estado límite: fluencia local de la plancha, para todo <math>\beta</math></p> $R_n = [10F_y t / (B/t)] B_p \leq F_{yt} t_p B_p \quad (\text{K1-7})$ $\phi = 0,95 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,58 \text{ (ASD)}$ <p>Diagrama: Se muestra un detalle de una conexión en T o en cruz. Una plancha de espesor <math>t_p</math> o <math>l_b</math> se une a una sección tubular rectangular de lado <math>B</math> y espesor <math>t</math>. La fuerza axial <math>R</math> actúa a través de la plancha. Los radios de curvatura de la plancha son <math>t_p</math> y <math>l_b</math>.</p> <p>Donde: <math>\beta = \frac{B_p}{B}</math></p>
	<p>Estado límite: Fluencia por corte en el tubo por punzonamiento, donde</p> $0,85 B \leq B_p \leq B - 2t$ $R_n = 0,6F_y t [2t_p + 2B_{ep}] \quad (\text{K1-8})$ $\phi = 0,95 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,58 \text{ (ASD)}$
	<p>Estado límite: fluencia local de las paredes de los lados de la sección tubular, donde <math>\beta = 1,0</math></p> $R_n = 2 F_{yt} [5k + l_b] \quad (\text{K1-9})$ $\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$
	<p>Estado límite: aplastamiento local de la pared del tubo, cuando <math>\beta = 1,0</math> y la plancha está en compresión, para conexiones en T</p> $R_n = 1,6t^2 \left[ 1 + \frac{3l_b}{H - 3t} \right] \sqrt{EF_y} Q_f \quad (\text{K1-10})$ $\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$
	<p>Estado límite: aplastamiento local de la pared del tubo, cuando <math>\beta = 1,0</math> y la plancha está en compresión, para conexiones en cruz</p> $R_n = \left[ \frac{48t^3}{H - 3t} \right] \sqrt{EF_y} Q_f \quad (\text{K1-11})$ $\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$
Conexiones en T, en Y y en Cruz con Plancha longitudinal solicitadas por Carga axial a través de la plancha	<p>Estado límite: Plastificación del tubo</p> $R_n \operatorname{sen}\theta = \frac{F_y t^2}{1 - \frac{t_p}{B}} \left[ \frac{2l_b}{B} + 4\sqrt{1 - \frac{t_p}{B}} Q_f \right] \quad (\text{K1-12})$ $\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$ <p>Diagrama: Se muestra un detalle de una conexión en T, Y o Cruz. Una plancha de espesor <math>t_p</math> se une a una sección tubular rectangular de lado <math>B</math> y espesor <math>t</math>. La fuerza axial <math>R</math> actúa a través de la plancha, formando un ángulo <math>\theta</math> con la dirección de la plancha. El radio de curvatura de la plancha es <math>l_b</math>.</p>

(continúa)

**Tabla K1.2 – Resistencia disponible de conexiones de planchas con Secciones tubulares rectangulares (continuación)**

Tipo de conexión	Resistencia disponible de la conexión
Conexiones en T y en Y con Plancha longitudinal pasante solicitadas por Carga axial a través de la plancha	Estado límite: Plastificación de la pared del tubo  $R_n \sin \theta = \frac{2F_y t^2}{1 - \frac{t_p}{B}} \left[ \frac{2l_b}{B} + 4\sqrt{1 - \frac{t_p}{B}} Q_f \right] \quad (\text{K1-13})$ <p style="text-align: center;"><math>\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}</math></p>
Conexiones en T con Plancha longitudinal solicitadas por corte a través de la plancha	Estados límites: Estados límite de la plancha y corte por punzonamiento en el tubo Para $R_n$ , ver Capítulo J.  Adicionalmente, se debe cumplir la relación siguiente: $t_p \leq \frac{F_u}{F_{yp}} t \quad (\text{K1-3})$

(continúa)

**Tabla K1.2 – Resistencia disponible de conexiones de planchas con Secciones tubulares rectangulares (continuación)**

Tipo de conexión	Resistencia disponible de la conexión
Conexiones de Plancha de tapado bajo carga axial	<p>Estado límite: fluencia local de las paredes del tubo</p> $R_n = 2 F_y t [5 t_p + l_b], \text{ cuando } (5 t_p + l_b) < B \quad (\text{K1-14a})$ $R_n = F_y A, \text{ cuando } (5 t_p + l_b) \geq B \quad (\text{K1-14b})$ $\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$ <p>Estado límite: aplastamiento local de la pared del tubo, cuando la plancha está en compresión</p> $R_n = 1,6 t^2 \left[ 1 + \frac{6 l_b}{B} \left( \frac{t}{t_p} \right)^{1,5} \right] \sqrt{E F_y \frac{t_p}{t}}, \text{ cuando } (5 t_p + l_b) < B \quad (\text{K1-15})$ $\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$
<b>Funciones</b>	
$Q_f = 1$ para tubos (superficie conectada) en tracción $= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta}$ para tubos (superficie de conexión) en compresión, en conexiones con planchas transversales <span style="float: right;">(K1-16)</span> $= \sqrt{1 - U^2}$ para tubos (superficie de conexión) en compresión, en conexiones con planchas longitudinales y con planchas longitudinales que atravesen el miembro <span style="float: right;">(K1-17)</span> $U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ donde $P_{ro}$ y $M_{ro}$ son determinados en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión. $P_{ro}$ y $M_{ro}$ se refieren a las resistencias requeridas en el tubo. <span style="float: right;">(K1-6)</span> $P_{ro} = P_u$ para LRFD; $P_a$ para ASD. $M_{ro} = M_u$ para LRFD; $M_a$ para ASD. $B_{ep} = \frac{10 B_p}{B / t} \leq B_p$ <span style="float: right;">(K1-18)</span> $k = \text{radio externo de la esquina del tubo} \geq 1,5 t$	

**Tabla K1.2A – Límites de aplicación de Tabla K1.2**

Ángulo de carga en la placa:	$\theta \geq 30^\circ$
Eslabetez de la pared del tubo:	$B/t$ o $H/t \leq 35$ para paredes cargadas, en conexiones con planchas transversales de la derivación  $B/t$ o $H/t \leq 40$ para paredes cargadas, en conexiones con planchas longitudinales y con planchas longitudinales de atravesio de la derivación  $(B - 3t)/t$ o $(H - 3t)/t \leq 1,40 \sqrt{E/F_y}$ para paredes cargadas, en conexiones con planchas cargadas en corte de la derivación
Razón de ancho:	$0,25 < B_p/B \leq 1,0$ para conexiones con planchas transversales a la derivación
Resistencia del material:	$F_y \leq 360 \text{ MPa}$
Ductilidad:	$F_y/F_u \leq 0,8$  NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable.

## K.2 Conexiones de enrejados entre perfiles tubulares HSS

La resistencia de diseño,  $\phi P_n$ , o la resistencia admisible,  $P_n/\Omega$ , de conexiones deben ser determinadas de acuerdo con las disposiciones de este capítulo y las disposiciones de la Sección B3.6.

Las conexiones tubo-tubo en enrejados se definen como conexiones que consisten en uno o más arranques que son soldados directamente a un cordón continuo que pasa a través de la conexión, los cuales serán clasificados como se indica a continuación:

- Cuando la carga de punzonamiento ( $P_r \sin \theta$ ) en un arranque es equilibrada por corte de flexión en un cordón, la conexión debe clasificar como una conexión en T cuando la rama es perpendicular al cordón y como una conexión en Y en otros casos.
- Cuando la carga de punzonamiento ( $P_r \sin \theta$ ) en un arranque es equilibrado esencialmente (dentro del 20%) por cargas en otros arranques en el mismo lado de la conexión, la conexión se debe clasificar como conexión en K. La excentricidad más importante es aquella entre los arranques principales cuyas cargas son equilibradas. Se puede considerar la conexión en N como una conexión en K.

NOTA Una conexión en K con un arranque perpendicular al cordón usualmente se llama conexión en N.

- Cuando la carga de punzonamiento ( $P_r \sin \theta$ ) es transmitida a través del cordón y es equilibrada por arranques en el lado opuesto, la conexión debe ser clasificada, como conexión en cruz.
- Cuando una conexión tiene más de un arranque principal, o arranques en más de un plano, la conexión debe clasificar como una conexión general o multiplanar.

Cuando los arranques transmiten parte de su carga como en conexiones en K y otra parte como en conexiones en T, Y, o en cruz, la resistencia nominal debe ser determinada por interpolación sobre la proporción de cada una en el total.

Para todos los efectos de esta norma, los ejes de los miembros de arranque y de los miembros de los cordones están en un mismo plano. Las conexiones de tubos rectangulares HSS, están limitados a mantener sus paredes paralelas al mismo plano. En el caso de enrejados fabricados con secciones HSS en las cuales los miembros están conectados por soldadura, las excentricidades dentro de los límites de aplicación están permitidas, sin consideración de los momentos resultantes del diseño de la conexión.

### 1. Definición de parámetros

- $A_g$  = área bruta de la sección transversal, mm<sup>2</sup>.
- $B$  = ancho total del miembro tubo rectangular, medido a 90° del plano de la conexión, mm.
- $B_b$  = ancho total de la rama de sección tubo rectangular HSS, medida a 90° del plano de la conexión, mm.
- $D$  = diámetro exterior del miembro principal de sección tubo redondo, mm.
- $D_b$  = diámetro exterior del arranque de sección tubo redondo, mm.
- $F_c$  = tensión disponible en la cuerda, MPa.
- =  $F_y$  para LRFD; 0,6  $F_y$  para ASD.

- $F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada del material del miembro principal tubo, MPa.
- $F_{yb}$  = tensión de fluencia mínima especificada del material de la rama tubular, MPa.
- $F_u$  = tensión de rotura mínima especificada del material del tubo, MPa.
- $H$  = altura total del miembro principal de sección tubo rectangular HSS, medida en el plano de la conexión, mm.
- $H_b$  = altura total del arranque de sección tubo rectangular, medida en el plano de la conexión, mm.
- $O_v$  =  $I_{ov}/I_p \times 100,00\%$ .
- $S$  = módulo elástico de sección del miembro, mm<sup>3</sup>.
- $e$  = excentricidad en la conexión del enrejado, siendo positiva cuando se aleja de los arranques, mm.
- $g$  = excentricidad entre los extremos de los arranques en una conexión en K con excentricidad, despreciando las soldaduras, mm.
- $I_b$  =  $H_b/\sin\theta$ , mm.
- $I_{ov}$  = longitud de traslape medida a lo largo de cara de la conexión del cordón entre dos arranques, mm.
- $I_p$  = longitud proyectada del arranque de traslape en la cuerda, mm.
- $t$  = espesor de diseño de la pared del miembro tubular principal, mm.
- $t_b$  = espesor de diseño de la pared de la arranque tubular, mm.
- $\beta$  = la razón de ancho; la razón entre el diámetro del arranque y de la cuerda =  $D_b/D$  para tubos redondos; la razón entre el ancho total del arranque y de la cuerda =  $B_b/B$  para tubos rectangulares.
- $\beta_{eff}$  = la razón de ancho efectiva; la suma de los perímetros de dos arranques en una conexión en K dividida por ocho veces el ancho de la cuerda.
- $\gamma$  = la razón de esbeltez de la cuerda; la razón entre el diámetro y dos veces el espesor de pared =  $D/2t$  para tubos redondos; la razón entre el ancho y dos veces el espesor de pared =  $B/2t$  para tubos rectangulares.
- $\eta$  = parámetro de longitud de carga, aplicable solamente para tubos rectangulares; la razón entre la longitud de contacto de la arranque con la cuerda en el plano de conexión y el ancho de la cuerda =  $I_b/B$ , en que  $I_b = H_b/\sin\theta$ .
- $\theta$  = ángulo agudo entre el arranque y la cuerda (°).
- $\zeta$  = razón de excentricidad; la razón de la excentricidad entre arranques de una conexión en K con excentricidad y el ancho de la cuerda =  $g/B$  para tubos rectangulares.

## 2. Secciones tubulares circulares

La *resistencia disponible* de las conexiones tubo-a-tubo, dentro de los límites, de Tabla K2.1A debe ser tomada como el menor valor del *estado límite* aplicable según se muestra en Tabla K2.1.

NCh427/1:2016

**Tabla K2.1 – Resistencia disponible de conexiones tubo-tubo para Secciones tubulares circulares en enrejados**

Tipo de conexión	Resistencia axial disponible de la conexión
Verificación General para Conexiones en T, en Y, en Cruz y en K con excentricidad  Donde $D_b$ (trag/comp) < $(D - 2t)$	Estado límite: Fluencia por corte (punzonamiento)  $P_n = 0,60F_y t \pi D_b \left[ \frac{1 + \operatorname{sen}\theta}{2\operatorname{sen}^2\theta} \right] \quad (\text{K2-1})$ $\phi = 0,95 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,58 \text{ (ASD)}$
Conexiones en Y y en T	Estado límite: plastificación del cuerda  $P_n \operatorname{sen}\theta = F_y t^2 [3,1 + 15,6\beta^2] \gamma^{0,2} Q_f \quad (\text{K2-2})$ $\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$
Conexiones en Cruz	Estado límite: plastificación del cuerda  $P_n \operatorname{sen}\theta = F_y t^2 \left[ \frac{5,7}{1 - 0,81\beta} \right] Q_f \quad (\text{K2-3})$ $\phi = 0,90 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,67 \text{ (ASD)}$

(continúa)

**Tabla K2.1 – Resistencia disponible de conexiones tubo-tubo para Secciones tubulares circulares en enrejados (conclusión)**

Tipo de conexión	Resistencia axial disponible de la conexión
Conexiones en K con excentricidad o gap	<p>Estado límite: Plastificación del cuerdas</p> <p><math>(P_n \operatorname{sen} \theta)_{\text{arranque en compresión}} = F_y t^2 \left[ 2,0 + 11,33 \frac{D_{b\text{comp}}}{D} \right] Q_g Q_f</math> (K2-4)</p> <p><math>(P_n \operatorname{sen} \theta)_{\text{arranque en tracción}} = (P_n \operatorname{sen} \theta)_{\text{arranque en compresión}}</math> (K2-5)</p> <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p>
<b>Funciones</b>	
<p><math>Q_f = 1</math> para cuerdas (superficie conectada) en tracción (K1-5a)</p> <p><math>= 1,0 - 0,3 U (1 + U)</math> para tubos (superficie de conexión) en compresión (K1-5b)</p>	
<p><math>U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right </math>, donde <math>P_{ro}</math> y <math>M_{ro}</math> son determinados en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión. <math>P_{ro}</math> y <math>M_{ro}</math> se refieren a las resistencias requeridas en el tubo. (K1-6)</p> <p><math>P_{ro} = P_u</math> para LRFD; <math>P_a</math> para ASD. <math>M_{ro} = M_u</math> para LRFD; <math>M_a</math> para ASD.</p>	
$Q_g = \gamma^{0,2} \left[ 1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{\exp\left(\frac{0,5g}{t} - 1,33\right) + 1} \right]^a)$ (K2-6)	
<p>a) NOTA que <math>\exp(x)</math> es igual a <math>e^x</math>, donde <math>e = 2,718 28</math> es la base del logaritmo natural.</p>	

NCh427/1:2016

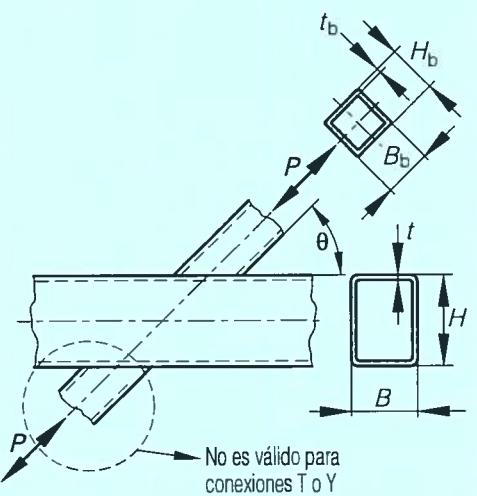
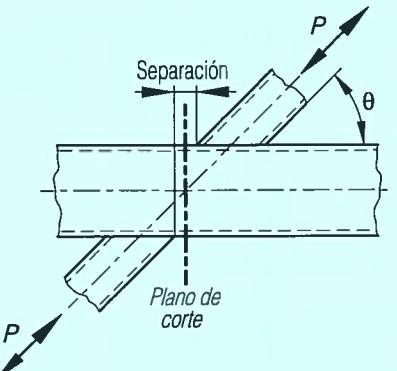
Tabla K2.1A – Límites de aplicación de Tabla K2.1

Excentricidad de la junta	$-0,55 \leq e/D \leq 0,25$ para conexiones en K
Ángulo de carga en la placa	$\theta \geq 30^\circ$
Esbeltez de la pared de la cuerda	$D/t \leq 50$ para conexiones en T, en Y y en K $D/t \leq 40$ para conexiones en Cruz $D_b/t_b \leq 50$ para el arranque en compresión
Esbeltez de la pared del arranque	$D_b/t_b \leq 0,05 E/F_{yb}$ para conexiones en K excéntricas $0,2 < D_b/D \leq 1,0$ para conexiones en T, en Y, en Cruz y en K traslapadas
Razón de ancho	$0,4 < D_b/D \leq 1,0$ para conexiones con planchas transversales al arranque
Excentricidad	$g \geq t_{bcomp} + t_{btrac}$ para conexiones en K excéntricas
Traslapo	$25\% \leq O_v \leq 100\%$ para conexiones en K traslapadas
Espesor del arranque	$t_b$ de traslapo $\leq t_b$ traslapado para arranques en conexiones en K traslapadas
Resistencia del material	$F_y$ y $F_{yb} \leq 360$ MPa
Ductilidad:	$F_y/F_u$ y $F_{yb}/F_{ub} \leq 0,8$
NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable.	

### 3. Secciones tubulares rectangulares

La *resistencia disponible* de las conexiones tubo-a-tubo en enrejados dentro de los límites de Tabla K2.2a deben ser tomados como el menor valor de los estados límites aplicables mostrados en Tabla K2.2.

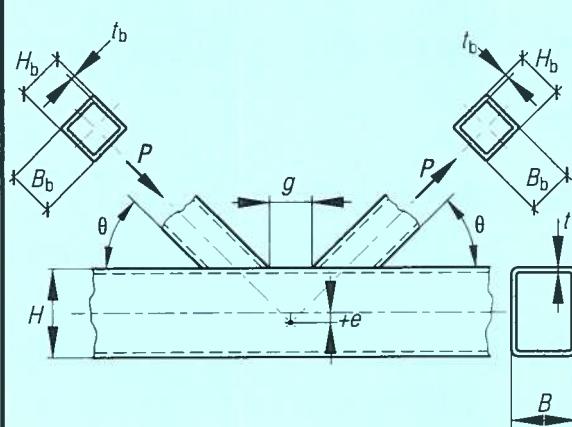
**Tabla K2.2 – Resistencia disponible de conexiones tubo-a-tubo con Secciones tubulares rectangulares**

Tipo de conexión	Resistencia axial disponible de la conexión
<p>Conexiones en T, en Y, y en Cruz</p>  <p>No es válido para conexiones T o Y</p>	<p>Estado límite: plastificación de la pared de la cuerda, cuando <math>\beta \leq 0,85</math></p> $P_n \sin \theta = F_y t^2 \left[ \frac{2\eta}{(1-\beta)} + \frac{4}{\sqrt{1-\beta}} \right] Q_f \quad (K2-7)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: Fluencia por corte (punzonamiento), cuando <math>0,85 \leq \beta \leq 1 - 1/\gamma</math> o <math>B/t &lt; 10</math></p> $P_n \sin \theta = 0,6 F_y t B [2\eta + 2\beta_{eo} \phi] \quad (K2-8)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia local de las paredes de los lados de la cuerda, cuando <math>\beta = 1,0</math></p> $P_n \sin \theta = 2 F_y t [5 k + l_b] \quad (K2-9)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p>
<p>Caso para verificar el estado límite de corte en las paredes del cordón</p> 	<p>Estado límite: aplastamiento local de la pared de la cuerda, cuando <math>\beta = 1,0</math> y la rama está en compresión, para conexiones en T o en Y</p> $P_n \sin \theta = 1,6 t^2 \left[ 1 + \frac{3l_b}{H - 3t} \right] \sqrt{E F_y} Q_f \quad (K2-10)$ <p><math>\phi = 0,75</math> (LRFD); <math>\Omega = 2,00</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: aplastamiento local de la pared del cordón, cuando <math>\beta = 1,0</math> y la rama está en compresión, para conexiones en cruz</p> $P_n \sin \theta = \left[ \frac{48 t^3}{H - 3t} \right] \sqrt{E F_y} Q_f \quad (K2-11)$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p>
	<p>Estado límite: fluencia local del arranque/arranques debido a una distribución de carga despareja, cuando <math>\beta &gt; 0,85</math></p> $P_n = F_y b t_b [2 H_b + 2 b_{eo} - 4 t_b] \quad (K2-12)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p> $b_{eo} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_y b t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (K2-13)$

(continúa)

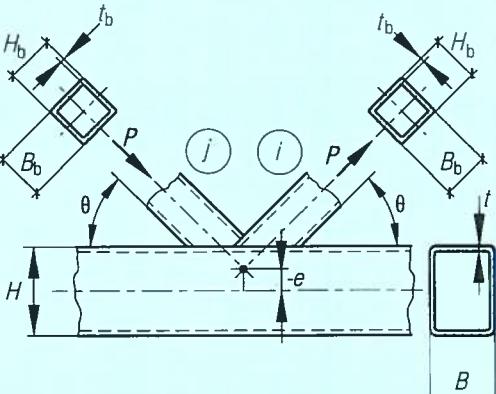
NCh427/1:2016

**Tabla K2.2 – Resistencia disponible de conexiones tubo-a-tubo con Secciones tubulares rectangulares**  
(continuación)

Tipo de conexión	Resistencia axial disponible de la conexión
Conexiones en T, en Y y en Cruz	<p>Estado límite: corte en las paredes de la cuerda, para conexiones en cruz con <math>\theta &lt; 90^\circ</math> y donde se produce una separación proyectada (ver Figura)</p> <p>Determinar <math>P_n \sin\theta</math> de acuerdo con la norma, Sección G5</p>
Conexiones en K con separación	 <p>Estado límite: Plastificación de la cuerda, para todo <math>\beta</math></p> $P_n \sin\theta = F_y t^2 [9,8 \beta_{eff} \gamma^{0,5}] Q_f \quad (K2-14)$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia por corte (punzonamiento), cuando <math>B_b &lt; B - 2t</math></p> <p>No verificar en arranques cuadrados</p> $P_n \sin\theta = 0,6 F_y t B [2\eta + \beta + \beta_{eoip}] \quad (K2-15)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: corte en las paredes del cordón en la región de separación</p> <p>Determinar <math>P_n \sin\theta</math> de acuerdo con la Sección G5</p> <p>No verificar para cuerdas cuadradas</p> <p>Estado límite: fluencia local de la arranque/arranques debido a una distribución de cargas dispareja. No verificar para ramas cuadradas o si <math>B/t \geq 15</math></p> $P_n = F_y b t_b [2 H_b + B_b + b_{eoip} - 4 t_b] \quad (K2-16)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p> $b_{eoip} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_y b t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (K2-13)$

(continúa)

**Tabla K2.2 – Resistencia disponible de conexiones tubo-a-tubo con Secciones tubulares rectangulares (conclusión)**

Tipo de conexión	Resistencia axial disponible de la conexión
<p>Conexiones en K traslapadas</p>  <p>Note que las flechas de las fuerzas para las conexiones en K traslapadas pueden ser revertidas, pues lo que controla la identificación de los miembros son <i>i</i> y <i>j</i>.</p>	<p>Estado límite: fluencia local de la arranque/arranques debido a una distribución de cargas dispareja</p> <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p> <p>Cuando <math>25\% \leq O_V &lt; 50\%</math></p> $P_{n,i} = F_{yb_i} t_{bi} \left[ \frac{O_V}{50} (2H_{bi} - 4t_{bi}) + b_{eo_i} + b_{eo_v} \right] \quad (K2-17)$ <p>Cuando <math>50\% \leq O_V &lt; 80\%</math></p> $P_{n,i} = F_{yb_i} t_{bi} [2H_{bi} - 4t_{bi} + b_{eo_i} + b_{eo_v}] \quad (K2-18)$ <p>Cuando <math>80\% \leq O_V &lt; 100\%</math></p> $P_{n,i} = F_{yb_i} t_{bi} [2H_{bi} - 4t_{bi} + B_{bi} + b_{eo_v}] \quad (K2-19)$ $b_{eo_i} = \frac{10}{B / t} \left( \frac{F_y t}{F_{yb_i} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-20)$ $b_{eo_v} = \frac{10}{B_{bj} / t_{bj}} \left( \frac{F_{yb_j} t_{bj}}{F_{yb_i} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi} \quad (K2-21)$ <p>Subíndice <i>i</i> se refiere a la arranque que traslapa Subíndice <i>j</i> se refiere a la arranque traslapada</p> $P_{n,j} = P_{n,i} \left( \frac{F_{yb_j} A_{bj}}{F_{yb_i} A_{bi}} \right) \quad (K2-22)$
<b>Funciones</b>	
<p><math>Q_f = 1</math> para cordones (superficie conectada) en tracción <span style="float: right;">(K1-5a)</span></p> <p><math>= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta} \leq 1,0</math> para cuerdas (superficie de conexión) en compresión, para conexiones en T, en Y y en Cruz <span style="float: right;">(K1-16)</span></p> <p><math>= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta_{eff}} \leq 1,0</math> para cuerdas (superficie de conexión) en compresión, para conexiones en K con separación <span style="float: right;">(K2-23)</span></p> <p><math>U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right </math>, donde <math>P_{ro}</math> y <math>M_{ro}</math> son determinados en el lado de la junta que tiene la mayor tensión de compresión. <math>P_{ro}</math> y <math>M_{ro}</math> se refieren a las resistencias requeridas en el tubo. <span style="float: right;">(K1-6)</span></p> <p><math>P_{ro} = P_u</math> para LRFD; <math>P_a</math> para ASD. <math>M_{ro} = M_u</math> para LRFD; <math>M_a</math> para ASD.</p> <p><math>\beta_{eff} = [(B_b + H_b)\text{arranque en compresión} + (B_b + H_b)\text{arranque en tensión}]/4B</math> <span style="float: right;">(K2-24)</span></p> <p><math>\beta_{eo_p} = \frac{5\beta}{\gamma} \leq \beta</math> <span style="float: right;">(K2-25)</span></p>	

**Tabla K2.2A – Límites de aplicación de Tabla K2.2**

Excentricidad de la junta	$-0,55 \leq e/H \leq 0,25$ para conexiones en K	
Ángulo del arranque	$\theta \geq 30^\circ$	
Ebeltez de la pared de la cuerda $B/t$ y $H/t$	$B/t$	$\leq 35$ para conexiones en K excéntricas y en conexiones en T, en Y y en Cruz
	$B/t$	$\leq 30$ para conexiones en K traslapadas
	$H/t$	$\leq 35$ para conexiones en K traslapadas
Ebeltez de la pared de la rama $B_b/t_b$ y $H_b/t_b$	$\leq 35$ para ramas en tracción $\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$ para la rama en compresión para conexiones en K excéntricas, y de conexiones en T, en Y y en Cruz $\leq 35$ para ramas en compresión para conexiones en K excéntricas, y de conexiones en T, en Y y en Cruz $\leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$ para la rama en compresión para conexiones en K traslapadas	
Razón de ancho $B_b/B$ y $H_b/B$	$\geq 0,25$ para conexiones en T, en Y, en cruz, y en conexiones en K traslapadas	
Razón de aspecto 0,5	$\leq H_b/B_b \leq 2,0$ y $0,5 \leq H/B \leq 2,0$	
Traslape 25%	$\leq O_v \leq 100\%$ para conexiones en K traslapadas	
Razón de ancho de la rama $B_b/B_{bj}$	$\geq 0,75$ para conexiones en K traslapadas, donde el subíndice <i>i</i> se refiere a la rama que traslape y el subíndice <i>j</i> se refiere a la rama traslapada	
Razón de espesor de la rama $t_b/t_{bj}$	$\leq 1,0$ para conexiones en K traslapadas, donde el subíndice <i>i</i> se refiere a la rama que se traslape y el subíndice <i>j</i> se refiere a la rama traslapada	
Resistencia del material $F_y$ y $F_{yb}$	$\leq 360$ MPa	
Ductilidad $F_y/F_u$ y $F_{yb}/F_{ub}$	$\leq 0,8$ NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable	
<b>Límites adicionales para conexiones en K excéntricas</b>		
Razón de ancho	$\frac{B_b}{B}$ y $\frac{H_b}{B} \geq 0,1 + \frac{\gamma}{50}$	
	$\beta_{eff} \geq 0,35$	
Razón de excentricidad	$\xi = g/B \geq 0,5 (1 - \beta_{eff})$	
Excentricidad $g$	$\geq t_b$ rama en compresión + $t_b$ rama en tracción	
Tamaño de la rama menor $B_b$	$\geq 0,63$ (mayor $B_b$ ), si ambas ramas son cuadradas	
NOTA	El máximo tamaño de la excentricidad es controlado por el límite $e/H$ . Si la excentricidad es grande, se ha de tratar como dos conexiones en Y.	

### K.3 Conexiones de momento entre perfiles tubulares HSS

La resistencia de diseño,  $\phi M_n$ , y la resistencia admisible,  $M_n/\Omega$ , de las conexiones debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de este capítulo y las disposiciones de la Sección B3.6.

Las conexiones de momento tubo-tubo HSS se definen como conexiones que consisten en una o dos ramas que están directamente soldadas a un cordón continuo que pasa a través de la conexión, con la rama o ramas cargadas por momentos de flexión.

Una conexión debe ser clasificada como:

- Una conexión en T cuando existe sólo una rama y es perpendicular a la cuerda, y como una conexión en Y cuando existe sólo una rama pero que no es perpendicular a la cuerda.
- Una conexión en cruz cuando existe una rama en cada lado (opuesto) de la cuerda.

Para efectos de esta norma, los ejes centrales de las ramas y de la cuerda deben caer en el mismo plano común.

#### 1. Definición de parámetros

$A_g$  = área bruta de la sección transversal, mm<sup>2</sup>.

$B$  = ancho total del miembro principal de sección tubo rectangular, medido a 90° del plano de la conexión, mm.

$B_b$  = ancho total de la rama de sección tubo rectangular, medida a 90° del plano de la conexión, mm.

$D$  = diámetro exterior del miembro principal de sección tubo redondo, mm.

$D_b$  = diámetro exterior de la rama de sección tubo redondo, mm.

$F_c$  = tensión disponible en la cuerda, MPa.

=  $F_y$  para LRFD; 0,6  $F_y$  para ASD.

$F_y$  = tensión de fluencia mínima especificada del material del miembro principal tubular, MPa.

$F_{yb}$  = tensión de fluencia mínima especificada del material de la rama tubular, MPa.

$F_u$  = tensión ultima mínima especificada del material del tubo, MPa.

$H$  = altura total del miembro principal de sección tubo rectangular, medida en el plano de la conexión, mm.

$H_b$  = altura total de la rama de sección tubo rectangular, medida en el plano de la conexión, mm.

$S$  = modulo elástico de la sección del miembro, mm<sup>3</sup>.

$Z_b$  = modulo plástico de la sección en la rama con respecto al eje de flexión, mm<sup>3</sup>.

$t$  = espesor de diseño de la pared del miembro principal tubular, mm.

$t_b$  = espesor de diseño de la pared de la rama tubular, mm.

NCh427/1:2016

- $\beta$  = razón de ancho.  
=  $D_b/D$  para tubos redondos; razón entre el diámetro de la rama y de la cuerda.  
=  $B_b/B$  para tubos rectangulares; razón entre el ancho total de la rama y de la cuerda.
- $\gamma$  = razón de esbeltez de la cuerda.  
=  $D/2 t$  para tubos redondos; la razón entre la mitad del diámetro y el espesor de la pared.  
=  $B/2 t$  para tubos rectangulares; la razón entre la mitad del ancho y el espesor de la pared.
- $\eta$  = el parámetro de longitud de carga, aplicable solamente para tubos rectangulares.  
=  $l_b/B$ ; razón entre la longitud de contacto de la rama con la cuerda en el plano de conexión y el ancho de la cuerda, donde  $l_b = H_b/\sin\theta$ .
- $\theta$  = ángulo agudo entre la rama y la cuerda (grados).

## 2. Secciones tubulares circulares

La *resistencia disponible* de las conexiones de momento dentro de los límites de Tabla K3.1A debe ser tomada como el menor valor del *estado límite* aplicable según se muestra en Tabla K3.1.

**Tabla K3.1 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS para Secciones tubulares circulares**

Tipo de conexión	Resistencia a flexión disponible de la conexión
Rama(s) solicitadas por Flexión en el plano Conexiones en T, en Y y en Cruz	<p>Estado límite: plastificación de la cuerda</p> $M_n \operatorname{sen} \theta = 5,39 F_y t^{2,5} \beta D_b Q_f \quad (\text{K3-1})$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia por corte (punzonamiento), cuando <math>D_b &lt; (D - 2t)</math></p> $M_n = 0,6 F_y t D_b^2 \left[ \frac{1 + 3 \operatorname{sen} \theta}{4 \operatorname{sen}^2 \theta} \right] \quad (\text{K3-2})$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p>
Rama(s) solicitadas por Flexión fuera del plano. Conexiones en T, en Y y en Cruz	<p>Estado límite: plastificación de la cuerda</p> $M_n \operatorname{sen} \theta = F_y t^2 D_b \left[ \frac{3,0}{1 - 0,81\beta} \right] Q_f \quad (\text{K3-3})$ <p><math>\phi = 0,90</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,67</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia por corte (punzonamiento), cuando <math>D_b &lt; (D - 2t)</math></p> $M_n = 0,6 F_y t D_b^2 \left[ \frac{3 + \operatorname{sen} \theta}{4 \operatorname{sen}^2 \theta} \right] \quad (\text{K3-4})$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p>

(continúa)

NCh427/1:2016

**Tabla K3.1 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS para Secciones tubulares circulares (conclusión)**

Tipo de conexión	Resistencia a flexión disponible de la conexión
Para conexiones en T, en Y y en Cruz, con rama(s) bajo una combinación de carga axial y flexión en el plano y fuera del plano, o cualquiera combinación de estos efectos de carga:	
$\frac{P_r}{P_c} + \left( \frac{M_{r-ip}}{M_{c-ip}} \right)^2 + \left( \frac{M_{r-op}}{M_{c-op}} \right)^2 \leq 1,0$	(K3-5)
$M_{c-ip}$ = $\phi M_n$ = resistencia de diseño a flexión en el plano obtenida de Tabla K3.1, N-mm.	
$M_{c-ip}$ = $M_r/\Omega$ = resistencia admisible a flexión en el plano obtenida de Tabla K3.1, N-mm.	
$M_{c-op}$ = $\phi M_n$ = resistencia de diseño a flexión fuera del plano obtenida de Tabla K3.1, N-mm.	
$M_{c-op}$ = $M_r/\Omega$ = resistencia admisible a flexión fuera del plano obtenida de Tabla K3.1, N-mm.	
$M_{r-ip}$ = resistencia requerida a flexión para flexión en el plano, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable, N-mm.	
$M_{r-op}$ = resistencia requerida a flexión para flexión fuera del plano, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable, N-mm.	
$P_c$ = $\phi P_n$ = resistencia de diseño axial de Tabla K2.1.	
$P_c$ = $P_r/\Omega$ = resistencia admisible axial de Tabla K2.1.	
$P_r$ = resistencia requerida a fuerza axial, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable, N.	
Funciones	
$Q_f = 1$ para cuerdas (superficie conectada) en tracción = $1,0 - 0,3 U (1 + U)$ para tubos (superficie de conexión) en compresión	
(K1-5)	
$U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ donde $P_{ro}$ y $M_{ro}$ son determinados en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión	
(K1-6)	
$P_{ro}$ y $M_{ro}$ se refieren a las resistencias requeridas en el tubo.	
$P_{ro} = P_u$ para LRFD; $P_a$ para ASD. $M_{ro} = M_u$ para LRFD; $M_a$ para ASD.	

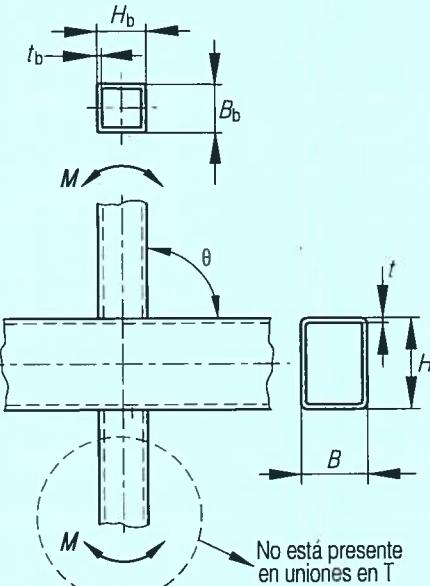
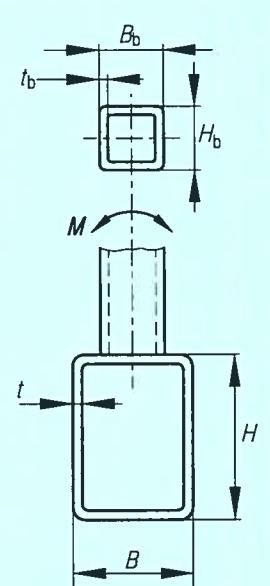
**Tabla K3.1A – Límites de aplicación de Tabla K3.1**

Ángulo de la rama	$\theta \geq 30^\circ$
Esbeltez de la pared de la cuerda	$D/t \leq 50$ para conexiones en T y en Y $D/t \leq 40$ para conexiones en Cruz
Esbeltez de la pared de la rama	$D_b/t_b \leq 50$ $D_b/t_b \leq 0,05 E/F_{yb}$
Razón de ancho	$0,2 < D_p/D \leq 1,0$
Resistencia del material	$F_y$ y $F_{yb} \leq 360$ MPa
Ductilidad	$F_y/F_u$ y $F_{yb}/F_{ub} \leq 0,8$ NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable

### 3. Secciones tubulares rectangulares

La resistencia disponible de las conexiones de momento dentro de los límites de Tabla K3.2A debe ser tomada como el menor valor de los estados límites aplicables mostrados en Tabla K3.2.

**Tabla K3.2 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS con Secciones tubulares rectangulares**

Tipo de conexión	Resistencia a flexión disponible de la Conexión
Rama(s) solicitadas por flexión en el plano conexiones en T y en Cruz	<p>Estado límite: plastificación de la pared de la cuerda, cuando <math>\beta \leq 0,85</math></p> $M_n = F_y t^2 H_b \left[ \frac{1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)} \right] Q_f \quad (K3-6)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p>  <p>No está presente en uniones en T</p> <p>Estado límite: fluencia local de las paredes de la cuerda, cuando <math>\beta &gt; 0,85</math></p> $M_n = 0,5 F_y * t (H_b + 5t)^2 \quad (K3-7)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia local de la rama(s) debido a una distribución desigual de carga, cuando <math>b &gt; 0,85</math></p> $M_n = F_{yb} \left[ Z_b - \left( 1 - \frac{b_{eo}}{B_b} \right) B_b H_b t_b \right] \quad (K3-8)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p>
Rama(s) solicitadas por flexión fuera del plano conexiones en T y en Cruz	<p>Estado límite: Plastificación de la pared de la cuerda, cuando <math>\beta \leq 0,85</math></p> $M_n = F_y t^2 \left[ \frac{0,5 H_b (1+\beta)}{(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2 B B_b (1+\beta)}{(1-\beta)}} \right] Q_f \quad (K3-9)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p>  <p>Estado límite: fluencia de la pared de la cuerda, cuando <math>\beta &gt; 0,85</math></p> $M_n = F_y * t (B - t) (H_b + 5t) \quad (K3-10)$ <p><math>\phi = 1,00</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,50</math> (ASD)</p> <p>Estado límite: fluencia local de la rama(s) debido a una distribución desigual de carga, cuando <math>\beta &gt; 0,85</math></p> $M_n = F_{yb} \left[ Z_b - 0,5 \left( 1 - \frac{b_{eo}}{B_b} \right)^2 B_b^2 t_b \right] \quad (K3-11)$ <p><math>\phi = 0,95</math> (LRFD); <math>\Omega = 1,58</math> (ASD)</p>

(continúa)

**Tabla K3.2 – Resistencia disponible de conexiones de momento tubo-a-tubo HSS con Secciones tubulares rectangulares (conclusión)**

Tipo de conexión	Resistencia a flexión disponible de la Conexión
	Estado límite: falla por distorsión de la cuerda, para conexiones en T y conexiones en Cruz desbalanceadas $M_n = 2F_y t \left[ H_b t + \sqrt{B H t (B + H)} \right] \quad (\text{K3-12})$ $\phi = 1,00 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,50 \text{ (ASD)}$
Para conexiones en T, y en Cruz, con rama(s) bajo una combinación de fuerza axial, flexión en el plano y fuera del plano, o cualquier combinación de estos efectos de carga:	
$\frac{P_r}{P_c} + \left( \frac{M_{r-ip}}{M_{c-ip}} \right) + \left( \frac{M_{r-op}}{M_{c-op}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{K3-13})$	
$M_{c-ip}$ = $\phi M_n$ = resistencia de diseño a flexión para flexión en el plano obtenida de Tabla K3.2, N-mm. $M_{c-ip}$ = $M_n/\Omega$ = resistencia admisible a flexión para flexión en el plano obtenida de Tabla K3.2, N-mm. $M_{c-op}$ = $\phi M_n$ = resistencia de diseño a flexión para flexión fuera del plano obtenida de Tabla K3.2, N-mm. $M_{c-op}$ = $M_n/\Omega$ = resistencia admisible a flexión fuera del plano obtenida de Tabla K3.2, N-mm. $M_{r-ip}$ = resistencia requerida a flexión para flexión en el plano, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable, N-mm. $M_{r-op}$ = resistencia requerida a flexión para flexión en el plano, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable, N-mm. $P_c$ = $\phi P_n$ = resistencia de diseño axial de Tabla K2.2. $P_c$ = $P_n/\Omega$ = resistencia admisible axial de Tabla K2.2. $P_r$ = resistencia requerida a fuerza axial, usando combinaciones de carga LRFD o ASD según sea aplicable , N.	
Funciones	
$Q_f = 1$ para cuerdas (superficie conectada) en tracción <span style="float: right;">(K1-15)</span> $= 1,3 - 0,4 \frac{U}{\beta} \leq 1,0$ para tubos (superficie de conexión) en compresión <span style="float: right;">(K1-16)</span>	
$U = \left  \frac{P_{ro}}{F_c A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c S} \right $ , donde $P_{ro}$ y $M_{ro}$ son determinados en el lado de la junta que tiene la menor tensión de compresión. $P_{ro}$ y $M_{ro}$ se refieren a las resistencias requeridas en el tubo. <span style="float: right;">(K1-6)</span> $P_{ro} = P_u$ para LRFD; $P_a$ para ASD. $M_{ro} = M_u$ para LRFD; $M_a$ para ASD.	
$F_y^* = F_y$ para conexiones en T y $0,8 F_y$ para conexiones en cruz	
$b_{eo} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (\text{K2-13})$	

**Tabla K3.2A – Límites de aplicación de Tabla K3.2**

Ángulo de la rama	$\theta$	$\equiv 90^\circ$
Esbeltez de la pared de la cuerda	$B/t$ y $H/t$	$\leq 35$
Esbeltez de la pared de la rama	$B_b/t_b$ y $H_b/t_b$	$\leq 35$ para ramas en tracción $\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{F_{yb}}}$
Razón de ancho	$B_b/B$	$\geq 0,25$
Razón de aspecto	0,5	$\leq H_b/B_b \leq 2,0$ y $0,5 \leq H/B \leq 2,0$
Resistencia del material	$F_y$ y $F_{yb}$	$\leq 360$ MPa
Ductilidad	$F_y/F_u$ y $F_{yb}/F_{ub}$	$\leq 0,8$
NOTA ASTM A500 Grado C es aceptable		

#### K.4 Soldadura de planchas y ramas para perfiles tubulares rectangulares HSS

La resistencia de diseño,  $\phi R_n$ ,  $\phi M_n$ , y  $\phi P_n$  o la resistencia admisible,  $R_n/\Omega$ ,  $M_n/\Omega$  y  $P_n/\Omega$  de las conexiones debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de este capítulo y las disposiciones de la Sección B3.6.

La resistencia disponible de las conexiones de las ramas debe ser determinada para el estado límite de no-uniformidad de transferencia de carga a lo largo de la línea de soldadura, debido a las diferencias de rigidez relativa de las paredes de los tubos y en las conexiones tubo-a-tubo y entre los elementos en conexiones placa-a-tubo, como sigue:

$$R_n \text{ o } P_n = F_{nw} t_w l_e \quad (\text{K4-1})$$

$$M_{n-ip} = F_{nw} S_{ip} \quad (\text{K4-2})$$

$$M_{n-op} = F_{nw} S_{op} \quad (\text{K4-3})$$

Para interacción ver Ecuaciones K3-13

- a) Para *soldaduras de filete*

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD); } \Omega = 2,00 \text{ (ASD)}$$

- b) Para *soldaduras de ranura de penetración parcial*

$$\phi = 0,80 \text{ (LRFD); } \Omega = 1,88 \text{ (ASD)}$$

en que:

$F_{nw}$  = tensión nominal del metal de aporte (ver Capítulo J) sin incremento en la resistencia debido a la direccionalidad, MPa;

$S_{ip}$  = modulo elástico efectivo de la sección de soldaduras para la flexión en el plano (ver Tabla K4.1), mm<sup>3</sup>;

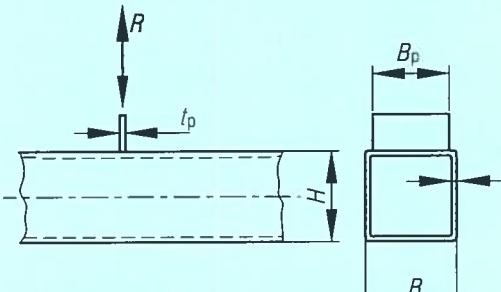
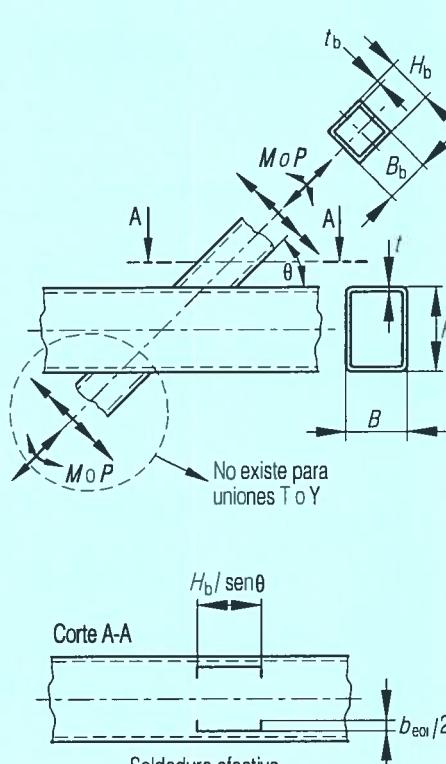
$S_{op}$  = modulo elástico efectivo de la sección de soldaduras para la flexión fuera del plano (ver Tabla K4.1), mm<sup>3</sup>;

NCh427/1:2016

$l_e$  = longitud total efectiva de soldaduras de ranura y de soldaduras de filete para secciones tubulares rectangulares para el cálculo de la resistencia de la soldadura, mm;

$t_w$  = garganta efectiva de soldadura de menor tamaño alrededor del perímetro de la rama o la plancha, mm.

Tabla K4.1 – Propiedades efectivas de las soldaduras en Secciones tubulares rectangulares HSS

Tipo de conexión	Resistencia de la conexión soldada
Plancha transversal para conexiones en T y en Cruz solicitadas por fuerza axial a través de la plancha	<p>Propiedades efectivas de soldadura</p> $l_e = 2 \left( \frac{10}{B/t} \right) \left( \frac{F_y t}{F_{yP} t_p} \right) B_p \leq 2 B_p \quad (\text{K4-4})$ <p>Donde <math>l_e</math> = longitud total efectiva de la soldadura a ambos lados de la plancha transversal</p> 
Conexiones en T, en Y y en Cruz solicitadas por Fuerza Axial o a Flexión por la rama	<p>Propiedades efectivas de soldadura</p> $l_e = \frac{2H_b}{\sin\theta} + 2b_{eo} \quad (\text{K4-5})$ $S_{ip} = \frac{t_w}{3} \left( \frac{H_b}{\sin\theta} \right)^2 + t_w b_{eo} \left( \frac{H_b}{\sin\theta} \right) \quad (\text{K4-6})$ $S_{op} = t_w \left( \frac{H_b}{\sin\theta} \right) B_b + \frac{t_w}{3} \left( B_b^2 \right) - \frac{(t_w/3)(B_b - b_{eo})^3}{B_b} \quad (\text{K4-7})$ $b_{eo} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_{yb} t_b} \right) B_b \leq B_b \quad (\text{K2-13})$ <p>Corte A-A</p> <p>No existe para uniones T o Y</p> <p>Soldadura efectiva</p> <p>Cuando <math>\beta &gt; 0,85</math> o <math>\theta &gt; 50^\circ</math>, <math>b_{eo}/2</math> no debe exceder de <math>2t</math></p> 

(continúa)

**Tabla K4.1 – Propiedades efectivas de las soldaduras en Secciones tubulares rectangulares HSS**  
(continuación)

Tipo de conexión	Resistencia de la conexión soldada
<p>Conexiones en K excéntricas solicitadas por Fuerza Axial por la rama</p> <p>Corte A-A: <math>H_b - 1,2t_b / \operatorname{sen} \theta</math> Cuarto costado: <math>B_b - 1,2t_b</math></p> <p>Soldadura efectiva: <math>\theta &gt; 60^\circ</math> Cuarto costado es efectivo cuando <math>\theta \leq 50^\circ</math></p>	<p>Propiedades efectivas de soldadura</p> <p>Cuando <math>\theta \leq 50^\circ</math></p> $I_e = \frac{2(H_b - 1,2t_b)}{\operatorname{sen} \theta} + 2(B_b - 1,2t_b) \quad (\text{K4-8})$ <p>Cuando <math>\theta \geq 60^\circ</math></p> $I_e = \frac{2(H_b - 1,2t_b)}{\operatorname{sen} \theta} + (B_b - 1,2t_b) \quad (\text{K4-9})$ <p>Cuando <math>50^\circ \leq \theta \leq 60^\circ</math> para determinar <math>I_e</math> se debe usar interpolación lineal</p>

(continúa)

**Tabla K4.1 – Propiedades efectivas de las soldaduras en Secciones tubulares rectangulares HSS**  
(conclusión)

Tipo de conexión	Resistencia de la conexión soldada
<p>Conexiones en K traslapadas solicitadas por Carga Axial a través de la Rama</p> <p>Notar que las flechas de las fuerzas para las conexiones en K traslapadas pueden ser revertidas; la identificación del miembro es controlado por ① y ②</p> <p>Corte A-A</p> <p>Soldadura efectiva: Ecuación K4-13: cuando: <math>\frac{B_{bj}}{B} \leq 0,85</math> y <math>\theta_i \leq 50^\circ</math></p> <p><math>H_{bj}-1,2 t_{bj} / \operatorname{sen} \theta_i</math></p> <p>Soldadura efectiva: cuando: <math>\frac{B_{bj}}{B} &gt; 0,85</math> ó <math>\theta_i &gt; 50^\circ</math></p>	<p>Propiedades de la Soldadura del Miembro Traslapado (todas las dimensiones están referidas a la rama de traslape)</p> <p><math>25\% \leq O_V &lt; 50\%</math></p> $I_{e,i} = \frac{2O_V}{50} \left[ \left( 1 - \frac{O_V}{100} \right) \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} \theta_i} \right) + \frac{O_V}{100} \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} (\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + b_{eo} + b_{eov}$ <p>(K4-10)</p> <p><math>50\% \leq O_V &lt; 80\%</math></p> $I_{e,i} = 2 \left[ \left( 1 - \frac{O_V}{100} \right) \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} \theta_i} \right) + \frac{O_V}{100} \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} (\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + b_{eo} + b_{eov}$ <p>(K4-11)</p> <p><math>80\% \leq O_V \leq 100\%</math></p> $I_{e,i} = 2 \left[ \left( 1 - \frac{O_V}{100} \right) \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} \theta_i} \right) + \frac{O_V}{100} \left( \frac{H_{bi}}{\operatorname{sen} (\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + B_{bi} + b_{eov}$ <p>(K4-12)</p> <p><math>b_{eo} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_{yb} t_{bj}} \right) B_{bi} \leq B_{bi}</math></p> <p>(K2-20)</p> <p><math>b_{eov} = \frac{10}{B_{bj}/t_{bj}} \left( \frac{F_{yb} t_{bj}}{F_{yb} t_{bi}} \right) B_{bi} \leq B_{bi}</math></p> <p>(K2-21)</p> <p>Cuando <math>B_{bi}/B_{bj} &gt; 0,85</math> o <math>\theta_i &gt; 50^\circ</math>, <math>b_{eo}/2</math> no debe exceder de 2 t y cuando <math>B_{bi}/B_{bj} &gt; 0,85</math> o <math>(180^\circ - \theta_i - \theta_j) &gt; 50^\circ</math>, <math>b_{eov}/2</math> no debe exceder de 2 t<sub>bj</sub></p> <p>Subíndice i se refiere a la rama que traslapa Subíndice j se refiere a la rama traslapada</p> $I_{e,j} = \frac{2H_{bj}}{\operatorname{sen} \theta_j} + 2b_{eo}$ <p>(K4-13)</p> $b_{eo} = \frac{10}{B/t} \left( \frac{F_y t}{F_{yb} t_{bj}} \right) B_{bj} \leq B_{bj}$ <p>(K4-14)</p> <p>Cuando <math>B_{bj}/B_b &gt; 0,85</math> o <math>\theta_j &gt; 50^\circ</math>, <math>I_{e,j} = 2(H_{bj} - 1,2 t_{bj})/\operatorname{sen} \theta_j</math></p>

Cuando una conexión en K traslapada ha sido diseñada de acuerdo con Tabla K2.2 de este capítulo, y en la rama, las componentes de las fuerzas normales a la cuerda son 80% balanceadas (por ejemplo, las fuerzas en el miembro de la rama normales a la cara de la cuerda difieren no más de un 20%), la soldadura “escondida” bajo la rama de traslape puede ser omitida si las soldaduras remanentes en la rama traslapada cualquiera sea esta desarrollan la capacidad completa de las paredes del miembro en la rama.

Las verificaciones de soldaduras en Tabla K4.1 no son necesarias si las soldaduras son capaces de desarrollar la resistencia total de las paredes del miembro de la rama a lo largo de su perímetro completo (o una plancha a lo largo de su longitud total).

**NOTA** El enfoque usado aquí para disminuir el tamaño de las soldaduras supone una soldadura de tamaño constante alrededor del perímetro completo del tubo de la rama. Especial atención es requerida para conexiones de igual ancho (o de anchos casi iguales) las cuales combinan soldaduras de ranura de penetración parcial a lo largo (bordes alineados de la conexión), con soldaduras de filete generalmente a lo largo de la cara del miembro principal.

## Capítulo L: Diseño para estados límites de servicio

Este capítulo entrega los requisitos de diseño para condiciones de *servicio*.

El capítulo se organiza como sigue:

- L.1 Disposiciones generales
- L.2 Contraflecha
- L.3 Deformaciones
- L.4 Desplazamientos laterales relativos
- L.5 Vibración
- L.6 Movimiento inducido por viento
- L.7 Expansión y contracción
- L.8 Deslizamiento de conexiones

### L.1 Disposiciones generales

El *Estado Límite de Servicio* es un estado en el cual el funcionamiento de una edificación, su apariencia, mantenimiento, durabilidad, y comodidad de sus ocupantes se mantienen controlados para una condición de uso normal. Los valores límites de comportamiento estructural para condiciones de servicio (por ejemplo, deformaciones máximas, aceleraciones) deben ser elegidas con la debida atención a la función que se espera que la estructura satisfaga. La condición de servicio debe ser evaluada utilizando *combinaciones de carga* apropiadas para los *estados límites* de servicio establecidos.

**NOTA** Información adicional sobre los estados límites de servicio, las cargas de servicio y las combinaciones de carga apropiadas para los requisitos de servicio se encuentran en la SEI/ASCE Estándar 7, Apéndice C y su Comentario. Los requisitos de desempeño de este capítulo son consistentes con aquellos. Las cargas de servicio, como se estipulan de aquí en adelante, son aquellas que actúan en la estructura en un instante arbitrario en el tiempo, y no son usualmente consideradas como las *cargas nominales*.

**NOTA** Las consideraciones de servicio de estructuras que soportan o interactúan con equipos mecánicos, eléctricos, electromecánicos, electrónicos y en general de usos en la industria o usos especiales (laboratorios, sistemas de control computacional, etc.), deben cumplir las exigencias especiales que los proveedores requieran para su buen desempeño, su mínimo desgaste y su correcta mantención.

Las combinaciones de cargas que se utilicen deben construirse en el ámbito del diseño en estado de servicio, siendo admisible que los estados se combinen considerando valores reducidos para reflejar situaciones frecuentes o sus valores máximos nominales prescritos para situaciones poco frecuentes.

Los límites de aceptación pueden ser distintos para situaciones frecuentes y para situaciones poco frecuentes.

En general no es necesario que las acciones sísmicas de diseño se incluyan en las verificaciones de serviciabilidad en condiciones de operación. Las limitaciones de deformaciones sísmicas se incluyen en las normas respectivas.

### L.2 Contraflecha

Donde se utilice *contraflechas* para lograr una posición y colocación apropiada de la estructura, la magnitud, dirección y ubicación de la contraflecha debe ser especificada en los planos estructurales.

### L.3 Deformaciones

Las deformaciones en miembros y *sistemas estructurales* bajo combinaciones de cargas de servicio apropiadas no deben afectar la condición de servicio de la estructura.

**NOTA** Las condiciones que deben ser consideradas incluyen nivelación de pisos, alineamiento de miembros estructurales, la integridad de las terminaciones del edificio, y otros factores que afectan el uso normal y funcionamiento de la estructura. Para miembros compuestos, las deformaciones adicionales del hormigón debido a retracción y fluencia lenta deberían ser consideradas.

**NOTA** Se deben considerar los límites especiales de deformaciones exigidos por los fabricantes de equipos especiales.

Deformaciones de  $L/500$  a  $L/1000$  pueden ser adoptadas como valores de referencia para vigas que soportan equipos mecánicos, monorrieles, vigas portagrúas, etc.

Restricciones mayores pueden ser exigidas por los fabricantes para equipos especiales.

El estudio de las deformaciones de los miembros estructurales debe considerar tanto la deformación vertical, como la horizontal en aquellos casos en que ésta sea significativa, como es el caso de las vigas que reciben equipos.

### L.4 Desplazamientos laterales relativos

El desplazamiento lateral relativo o deriva de una estructura debe ser evaluado bajo *cargas de servicio* para satisfacer la *condición de servicio* de la estructura, incluyendo la integridad de los tabiques interiores y los recubrimientos exteriores. La deriva bajo *combinaciones de carga* para la condición de resistencia no debe causar choque con estructuras adyacentes o exceder los valores límites de dichos desplazamientos que pudieran estar especificados en el *código de edificación aplicable*.

**NOTA** Las limitaciones de deriva deben ser consistentes con las exigencias de la normativa sísmica. En las condiciones normales de diseño, se deben limitar las derivas para asegurar que la estructura quede bien representada por análisis lineales de primer orden, evitando en lo posible, la necesidad de análisis  $P-\Delta$ .

### L.5 Vibración

Se debe considerar el efecto de vibración en la comodidad de los ocupantes y el funcionamiento de la estructura. Las fuentes de vibración que deben ser consideradas incluyen cargas peatonales, vibración de maquinarias y otras fuentes identificadas para la estructura.

Los límites aceptables para vibraciones de vigas y estructuras que soportan equipos rotatorios, vibratorios, de impacto y en general de toda acción dinámica periódica, deben ser consistentes con las exigencias de los fabricantes.

**NOTA** Como referencia se pueden adoptar criterios basados en límites de las velocidades o de las aceleraciones máximas, gráficos de interacción entre la frecuencia operativa versus las deformaciones dinámicas, etc.

Los análisis de vibraciones se deben realizar tanto para verificar el comportamiento global de la estructura, como el local bajo los elementos que soportan directamente el equipo.

NCh427/1:2016

## L.6 Movimiento inducido por viento

Se debe considerar el efecto del movimiento inducido por viento en la comodidad de los ocupantes.

## L.7 Dilatación y contracción

Deben ser considerados los efectos de la expansión térmica y contracción por cambios de temperatura en las edificaciones. Los daños en el *recubrimiento* de la edificación pueden ocasionar penetración de agua y consecuentemente corrosión.

## L.8 Deslizamiento en las conexiones

Cuando el deslizamiento en conexiones apernadas pueda causar deformaciones que afecten la condición de servicio de la estructura, los efectos del deslizamiento en las conexiones deben ser incluidos en el diseño. Cuando sea apropiado, la conexión debe ser diseñada para evitar el deslizamiento. Para el diseño de conexiones de deslizamiento crítico ver las Secciones J3.8 y J3.9.

**NOTA** Para el diseño de conexiones de deslizamiento crítico ver las Secciones J3.8 y J3.9. La RCSC *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 bolts* da más información sobre deslizamiento en las conexiones.

## Capítulo M: Fabricación y montaje

Este capítulo entrega requisitos para los planos de taller, la fabricación, la pintura en taller y el montaje.

El capítulo se organiza como sigue:

M.1 Planos de Taller y Montaje

M.2 Fabricación

M.3 Pintura en Taller

M.4 Montaje

### M.1 Planos de taller y de montaje

Se permite que los planos de taller y de montaje sean preparados en etapas. Los planos de taller deben ser preparados con anterioridad a la fabricación y entregar la información completa necesaria para la fabricación de las partes componentes de la estructura, incluyendo la ubicación, tipo y tamaño de las soldaduras y los pernos. Los planos de montaje deben ser preparados con anterioridad al montaje y entregar la información necesaria para el montaje de la estructura. Los planos de taller y montaje deben distinguir claramente entre soldaduras y pernos de taller y terreno y deben identificar claramente las *conexiones pretensadas y apernadas de alta resistencia de deslizamiento crítico*. Los planos de taller y montaje deben ser hechos con la debida atención a la velocidad y economía en fabricación y el montaje.

### M.2 Fabricación

#### 1. Contraflecha, curvado y enderezado

Se permite la aplicación local de calor o medios mecánicos para introducir la *contraflecha*, curvatura o enderezado correctos. La temperatura de las áreas calentadas, no debe exceder los 593°C para aceros A514/A514M y A852/A852M ni los 649°C para otros aceros.

#### 2. Corte Térmico

Los bordes de acero *cortados térmicamente* deben cumplir los requisitos de AWS D1.1, Secciones 5.15.1.2, 5.15.4.3 y 5.15.4.4 con la excepción de los bordes libres cortados térmicamente que no sean solicitados por fatiga deberán quedar libres de *irregularidades* de fondo curvo mayores a 5 mm y cortes en V profundos y agudos. *Irregularidades* más profundas que 5 mm y los cortes deben ser eliminados por esmerilado o reparados con soldadura.

Las esquinas entrantes deberán estar formadas con una transición curva. El radio no necesita exceder el requerido para ajustarse a la conexión. La superficie resultante de dos cortes térmicos rectos que se reúnen en un punto no es considerada como curva. Las esquinas discontinuas son permitidas donde el material en ambos lados en la esquina entrante discontinua sea conectados en una pieza de acoplado para prevenir las deformaciones y las concentraciones de tensiones en dicha esquina.

**NOTA** Las esquinas entrantes con un radio de 13 a 10 mm son aceptables para trabajar con cargas estáticas. Cuando las piezas necesitan acoplarse firmemente, una esquina entrante discontinua es aceptable si las piezas son conectadas cerca de la esquina en ambos lado de la esquina discontinua. Las ranuras en perfiles tubulares para planchas de conexión pueden ser hechas con extremos semicirculares o con esquinas curvas. Los extremos cuadrados son aceptables de forma tal que el borde de la plancha de conexión sea soldado al tubo.

NCh427/1:2016

Los agujeros de acceso a la soldadura deben cumplir los requisitos geométricos de la Sección J1.6. Los *recortes en los extremos de las vigas* y los agujeros de acceso para la soldadura en las secciones galvanizadas deben ser esmerilados a metal brillante. Para perfiles con un espesor de ala que no exceden 50 mm la rugosidad de las superficies cortadas térmicamente de los recortes de las vigas no deben ser mayores que el valor de rugosidad superficial de 50  $\mu\text{m}$  como se especifica en ASME B 46.1. Para los recortes en los extremos de las vigas y los agujeros de acceso a la soldadura en los cuales la parte curvada del agujero de acceso es cortada térmicamente, en perfiles laminados en caliente ASTM A6/A6M con espesor de ala que excede 50 mm y perfiles soldados con espesor de material mayor a 50 mm, debe aplicarse antes del cortado térmicamente, una temperatura de precalentamiento no menor a 66°C. La superficie cortada térmicamente de los agujeros de acceso en perfiles laminados ASTM A6/A6M con espesor de ala mayor a 50 mm debe ser esmerilada.

NOTA El ejemplo 2 de la AWS Surface Roughness Guide for Oxygen Cutting (AWS C4.1-77) puede ser usado como guía para evaluar la rugosidad superficial de *recortes* en perfiles con alas que no exceden los 50 mm de espesor.

### 3. Terminación de los bordes

No es necesaria la terminación de las planchas y los perfiles cortados térmicamente o aserrados, a menos que se mencione específicamente en los documentos de construcción, o se incluya en una preparación de borde estipulada para soldadura.

### 4. Construcción soldada

La técnica, la mano de obra, la apariencia y la calidad de las soldaduras, y los métodos usados para corregir los trabajos defectuosos deben concordar con AWS D1.1 excepto lo modificado en la Sección J2.

### 5. Construcción apernada

Las partes de miembros apernados deben ser conectados o apernados rígidamente durante el ensamble. El uso de un *pasador* en agujeros de pernos no debe alterar el metal o agrandar los agujeros. La coincidencia deficiente de agujeros debe ser motivo de rechazo.

Los agujeros para pernos deben cumplir con las disposiciones de RCSC *Especificación para Uniones Estructurales Usando Pernos de Alta Resistencia*, Sección 3.3 excepto que se permitan agujeros para pernos cortados térmicamente con un perfil de rugosidad superficial que no exceda los 25  $\mu\text{m}$  como se define en ASME B46.1. Las irregularidades no deben exceder una profundidad de 2 mm. La perforación de agujeros mediante agua a presión es también permitida.

NOTA La Guía AWS para la Rugosidad de las Superficies Cortadas por Oxígeno (AWS C4.1-77). El ejemplo 3 puede ser usada como una guía para evaluar la rugosidad en la superficie de agujeros térmicamente cortados.

Las planchas de relleno completamente insertadas, con un espesor total de no más de 6 mm dentro de una *unión* son permitidas en *uniones* sin cambiar la resistencia (basado en el tipo de agujero) para el diseño de conexiones. La orientación de dichas *planchas* es independiente de la dirección de aplicación de la carga.

El uso de pernos de alta resistencia debe cumplir los requisitos de la Especificación RCSC, excepto como se modifica en la Sección J3.

## 6. Uniones de compresión

Las *uniones* de compresión que dependan del apoyo de contacto como parte del *empalme* de resistencia deben tener las superficies de contacto formadas por piezas fabricadas independientemente preparadas mediante cepillado, corte a sierra, u otro método apropiado.

## 7. Tolerancias dimensionales

Las tolerancias dimensionales deben estar en concordancia con NCh428<sup>6</sup>.

## 8. Terminación de las bases de columna

Las bases de las columnas y las placas base deben ser terminadas de acuerdo con los requisitos siguientes:

- 1) Las placas de apoyo de acero de 50 mm o de menor espesor son permitidas sin cepillado, siempre que se logre a superficie de contacto satisfactoria. Las placas de apoyo de acero mayores de 50 mm pero no sobre 100 mm de espesor se permite que sean enderezadas con prensas o, si no se tienen prensas, mediante cepillado de las superficies de contacto (excepto como se destaca en los subpárrafos 2 y 3 de esta sección) para obtener una superficie de contacto satisfactoria. Placas de apoyo de acero más de 100 mm de espesor deben ser cepilladas en las superficies de contacto, excepto como se destaca en los subpárrafos 2 y 3 de esta Sección.
- 2) La superficie inferior de las planchas de apoyo y bases de *columna* en que se usa mortero para asegurar contacto completo en fundaciones no necesitan ser cepilladas.
- 3) Las superficies superiores de planchas de apoyo no necesitan ser cepilladas cuando se utilizan uniones con soldadura de penetración completa entre la columna y la placa de apoyo.

## 9. Agujeros para barras de anclaje

Los agujeros para las barras de anclaje, de acuerdo con las disposiciones de la Sección M2.2, pueden ser cortados térmicamente.

## 10. Agujeros de drenaje

Cuando es posible que se produzca acumulación de agua dentro de miembros tubos HSS o cajón, sea durante la construcción o durante el servicio, el miembro debe ser sellado, proveyéndosele un agujero de drenaje en la base, o protegido mediante otros medios apropiados.

## 11. Requisitos para miembros galvanizados

Los miembros o partes a ser galvanizados deben ser diseñados, detallados y fabricados para facilitar el flujo y drenaje de los fluidos de limpieza, el zinc y para prevenir la acumulación de presión en las partes cerradas.

**NOTA** Para encontrar información útil sobre el diseño y detallamiento de miembros galvanizados consultar *The Design of Products to be Hot-Dip Galvanized After Fabrication*, American Galvanizer's Association, y ASTM A123, A153, A384 y A780. Ver Sección M2.2 para requisitos para cortes en los extremos de miembros a ser galvanizados.

<sup>6</sup> Norma en estudio, ver Anexo 4.

NCh427/1:2016

### M.3 Pintura de taller

#### 1. Requisitos generales

La pintura de taller y la preparación de la superficie deben estar de acuerdo con las disposiciones de NCh428<sup>7</sup>.

A menos que se especifique en los documentos de contrato, no se requiere pintura de taller.

#### 2. Superficies inaccesibles

Con excepción de las superficies de contacto, las superficies que queden inaccesibles luego del ensamblaje de taller deben ser limpiadas y pintadas antes del ensamblaje, cuando se exige en los documentos de construcción.

#### 3. Superficies de contacto

Se permite pintura en las conexiones de contacto. Para las conexiones de deslizamiento crítico, los requisitos de la superficie de contacto deben estar de acuerdo con la Especificación RCSC, Sección 3.2.2(b).

#### 4. Superficies terminadas

Las superficies terminadas a máquina deben ser protegidas contra la corrosión por una cubierta que inhiba el óxido, y que pueda ser removida previo al montaje, a menos que sus características hagan innecesaria su remoción, previo al montaje.

#### 5. Superficies adyacentes a soldaduras en terreno

A menos que esté especificado en los documentos de proyecto, superficies a menos de 50 mm de cualquier lugar de la soldadura en el terreno deben estar libres de materiales que impidan una soldadura adecuada o que produzcan gases nocivos durante el soldado.

### M.4 Montaje

#### 1. Alineación de las bases de columna

Las bases de columna deben estar niveladas y a la altura correcta en contacto completo con el hormigón o albañilería tal como se define en NCh428<sup>7</sup>.

#### 2. Estabilidad y conexiones

La estructura de las edificaciones de marcos de acero debe ser montada y aplomada dentro de los límites definidos en NCh428<sup>7</sup>. A medida que avanza el montaje, la estructura deberá asegurarse para que soporte las cargas muertas, de montaje y otras que se anticipa que ocurrán durante el período de montaje. Los arriostramientos temporales deben ser colocados, en concordancia con los requisitos de NCh428, donde sea necesario para soportar las cargas a las cuales pueda estar solicitada la estructura, incluyendo simultáneamente equipos y operación. Dichos arriostramientos deben dejarse colocados tanto tiempo como sea necesario para mantener las condiciones de seguridad.

7 Norma en estudio, ver Anexo 4.

### **3. Alineación**

No se deben llevar a cabo labores de apernado o soldaduras, de tipo permanentes, hasta que las porciones de la estructura afectadas se encuentren correctamente alineadas.

### **4. Ajuste de las uniones de compresión y placas base**

Se permite la falta de contacto entre superficies que no excedan una separación de 2 mm, sin importar el tipo de empalme utilizado (*unión soldada de penetración parcial* o apernada). Cuando la separación excede 2 mm, pero es menor a 6 mm, y se dispone de investigación de ingeniería que demuestra que no existe suficiente superficie de contacto, la separación debe llenarse con planchas de acero de relleno de caras paralelas. Estas planchas pueden ser de acero templado, sin importar el grado del material principal.

### **5. Soldadura en terreno**

Las superficies de las uniones y sus alrededores a ser soldados en terreno deben ser preparados según sea necesario para asegurar la calidad de la soldadura. Esta preparación deberá incluir la preparación de la superficie necesaria para corregir los daños o la contaminación que ocurra debido a la fabricación.

### **6. Pintura de terreno**

La responsabilidad por la pintura de retoque, limpieza y pintura de terreno debe ser asignada de acuerdo con las prácticas locales aceptadas, y ésta debe ser establecida explícitamente en los documentos del contrato.

NCh427/1:2016

## Capítulo N: Control de calidad y aseguramiento de la calidad

Este capítulo entrega los requisitos mínimos para el *control de calidad, el aseguramiento de la calidad, y ensayos no destructivos* para sistemas *estructurales de acero* y elementos de acero de miembros compuestos para edificios y otras estructuras.

**NOTA** Este capítulo no trata el control de calidad o el aseguramiento de la calidad para barras de hormigón reforzado, materiales del hormigón ni el vaciamiento del hormigón en miembros compuestos. Este capítulo no trata el control de calidad o el aseguramiento de la calidad para la preparación de superficies o pinturas.

**NOTA** La inspección de viguetas de acero (de alma abierta) y vigas soldadas, estanques, estanques a presión, cables, productos de acero formados en frío, o productos de acero calibrados no son tratados en esta norma.

El capítulo se organiza como sigue:

N.1 Alcance

N.2 Programa de control de calidad del fabricante y del responsable del montaje

N.3 Documentos del fabricante y del responsable del montaje

N.4 Personal de inspección y ensayos no destructivos

N.5 Requisitos mínimos para inspección en edificios de acero estructural

N.6 Requisitos mínimos para inspección de construcciones compuestas

N.7 Fabricantes y responsables del montaje aprobados

N.8 No Conformidad de materiales y mano de obra

### N.1 Alcance

El control de calidad (quality control, QC) tal como es especificado en este capítulo deberá ser desarrollado y documentado por el fabricante y el responsable del montaje. El aseguramiento de la calidad (Quality assurance, QA) tal como se especifica en este capítulo deberá ser entregado por otros cuando sea requerido por la Autoridad Competente (authority having jurisdiction, AHJ), el código de construcción aplicable (applicable building code, ABC), el comprador, el propietario o ingeniero responsable (engineer of record, EOR). Los ensayos no destructivos (nondestructive testing, NDT) deberán ser realizados por agencias o firmas responsables del aseguramiento de la calidad, excepto según sea permitido de acuerdo con la Sección N7.

**NOTA** Los requisitos de QA/QC en Capítulo N son considerados adecuados y efectivos para la mayoría de las estructuras de acero y son, en general, aceptados sin modificaciones. Cuando ABC y AHJ requieren el uso de un plan de aseguramiento de la calidad, este capítulo delinea los requisitos mínimos considerados efectivos para entregar resultados satisfactorios en la construcción de edificios de acero. Puede haber casos donde sean recomendables inspecciones suplementarias. Adicionalmente, donde el programa de control de calidad del contratista ha demostrado la capacidad de desempeñar ciertas tareas, este plan ha asignado el aseguramiento de la calidad, puede ser necesario considerar una modificación del plan.

**NOTA** Los productores de materiales manufacturados de acuerdo con las especificaciones estándar referidas en la Sección A3 en esta norma, y los fabricantes de placas de acero colaborantes, no están considerados como fabricantes o responsables del montaje.

## N.2 Programa de control de calidad del fabricante y del responsable del montaje

El fabricante y el responsable del montaje deberán establecer y mantener procedimientos de control de la calidad y efectuar inspecciones para asegurar que su trabajo es desarrollado de acuerdo con esta norma y los *documentos de construcción*.

Los procedimientos de identificación de los materiales deberán cumplir con los requisitos de NCh428<sup>8</sup>, y deberán ser monitoreados por el *inspector de control de calidad* (quality control inspector, QCI) del fabricante.

El QCI del fabricante deberá inspeccionar lo siguiente como un mínimo, según sea aplicable:

- 1) Soldadura en taller, apornado de alta resistencia, y detalles de acuerdo con la Sección N5.
- 2) Cortes en taller y superficies terminadas, de acuerdo con la Sección M2.
- 3) Calentado en taller para enderezar, dar contraflecha, y curvatura, de acuerdo con la Sección M2.1.
- 4) Las tolerancias para el fabricante en el taller, de acuerdo NCh428<sup>8</sup>.

El QCI del responsable del montaje deberá inspeccionar lo siguiente como un mínimo, según sea aplicable:

- 1) Soldadura en terreno, apornado de alta resistencia, y detalles de acuerdo con la Sección N5.
- 2) Planchas de acero colaborante y ubicación y conexión de pernos de anclaje de acuerdo con la Sección N6.
- 3) Superficies cortadas en terreno, de acuerdo con la Sección M2.2.
- 4) Calentado en terreno para enderezar, de acuerdo con la Sección M2.1.
- 5) Tolerancias para montaje en terreno, de acuerdo con NCh428<sup>8</sup>.

## N.3 Documentos del fabricante y del responsable del montaje

### 1. Documentos para construcción en acero

El fabricante o el responsable del montaje deben entregar los siguientes documentos para revisión por el ingeniero responsable (EOR) o el designado por EOR, de acuerdo con NCh428<sup>8</sup>, antes de la fabricación o del montaje, según corresponda:

- 1) Planos de Taller, a menos que los planos de taller hayan sido proporcionados por otros.
- 2) Planos de Montaje, a menos que los planos de montaje hayan sido proporcionados por otros.

<sup>8</sup> Norma en estudio, ver Anexo 4.

NCh427/1:2016

## 2. Documentos disponibles para la construcción en acero

Los documentos siguientes deben estar disponibles en forma electrónica o impresa para revisión por ingeniero responsable (EOR) o a quien el ingeniero responsable designe antes de la fabricación o del montaje, según corresponda, a menos que sea requerido de otra manera en los documentos de los contratos a ser seguidos:

- 1) Para elementos estructurales de acero principales, copias de los reportes de ensayos de acuerdo con la Sección A3.1.
- 2) Para el moldeado y forjado de acero, copias de los reportes de ensayos del material de acuerdo con la Sección A3.2.
- 3) Para conectores, copias de las certificaciones del fabricante de acuerdo con la Sección A3.3.
- 4) Para conectores a planchas colaborantes, copias de los datos de catálogos del fabricante. Estos catálogos deben describir el producto, limitaciones de uso, y recomendaciones o instrucciones de instalación típicas.
- 5) Para barras de anclaje y barras hiladas, copias de los reportes de ensayos de materiales de acuerdo con la Sección A3.4.
- 6) Para los insumos de soldadura, copias de las certificaciones del fabricante de acuerdo con la Sección A3.5.
- 7) Para pernos de anclaje con cabeza, copias de los certificados del fabricante de acuerdo con la Sección A3.6.
- 8) Los catálogos del fabricante para metales de relleno en soldaduras y fundente a ser empleados. Los catálogos deben de describir el producto, limitaciones de uso, recomendaciones para parámetros típicos de soldado, y requisitos de almacenaje y de exposición, incluyendo la exposición al calor, si es que este aplica.
- 9) Especificaciones sobre procedimientos de soldado (welding procedure specifications, WPSs).
- 10) Registros de Calificación de Procedimientos (procedure qualification records, PQRs) de acuerdo con la WPSs que son no precalificados de acuerdo con AWS D1.1/D1.1M o AWS D1.3/D1.3M, según sea aplicable.
- 11) Registros de calificación del desempeño del soldador (welding personnel performance qualification records, WPQR) y registros de continuidad.
- 12) Manual de control de calidad escrito del fabricante o del responsable del montaje según sea aplicable, teniendo como mínimo:
  - i) Procedimientos de control de materiales.
  - ii) Procedimientos de inspección.
  - iii) Procedimientos de no conformidad.
- 13) Calificación del Inspector QC del fabricante o del responsable del montaje según sea aplicable.

## N.4 Personal de inspección y ensayos no destructivos

### 1. Calificación del inspector de control de calidad

El personal de inspección de soldaduras del control de calidad (QC) deberá ser calificado de forma que satisfaga el programa QC del fabricante o del responsable del montaje. Según sea aplicable, y de acuerdo con alguno de los puntos siguientes:

- a) Inspectores de soldaduras asociados (AWI) o mayor según se define en AWS B5.1, Estándar para la Calificación de Inspectores de Soldadura (Standard for the Qualification of Welding Inspectors), o
- b) Calificación bajo las disposiciones de AWS D1.1/D1.1M sub-cláusula 6.1.4.

El personal de inspección QC de apernado deberá ser calificado en la base de entrenamiento documentado y experiencia en la inspección del apernado estructural.

### 2. Calificación del inspector de aseguramiento de calidad

El personal de inspección de soldaduras del *aseguramiento de la calidad* (QC) deberá ser calificado de forma que satisfaga las prácticas escritas QA de la agencia, y de acuerdo con alguno de los siguientes puntos:

- a) Inspectores de soldadura (welding inspectors,WIs) o inspectores de soldadura senior (senior welding inspectors, SWIs), según se define en AWS B5.1, *Standard for Qualification of Welding Inspectors*, excepto que inspectores de soldaduras asociados (AWIs) son permitidos de ser empleados bajo la directa supervisión de WIs, quien está en el local y disponible cuando la inspección de la soldadura está siendo realizada, o
- b) Calificación bajo las disposiciones de AWS D1.1/D1.1M subcláusula 6.1.4.

### 3. Calificación del personal NDT

El personal de ensayos no destructivos, para NDT distintos que los visuales, deberán ser calificados de acuerdo con las prácticas escritas de sus empleadores, las que deben cumplir o exceder el criterio de AWS D1.1/D1.1M *Structural Welding Code - Steel* subcláusula 6.14.6, y:

- a) Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos (American Society for Nondestructive Testing, ASNT) SNT-TC-1a, Recomendaciones Prácticas para la Calificación y Certificación del Personal para Ensayos No-destructivos (*Recommended Practice for the Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*), o
- b) ASNT CP - 189, Estándar para la Calificaciones y Certificación del Personal para Ensayos no Destructivos (*Standard for the qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel*).

## N.5 Requisitos mínimos para la inspección en edificios de acero estructural

### 1. Control de calidad

Las tareas de inspección de QC deben ser efectuadas por el inspector de control de calidad (QCI) del fabricante o del responsable del montaje según corresponda, de acuerdo con las secciones N5.4, N5.6 y N5.7.

## NCh427/1:2016

Las tareas enumeradas entre Tablas N5.4-1 o N5.4-3 y Tabla N5.6-1 a Tabla N5.6-3 para QC son aquellas inspecciones efectuadas por el QCI para asegurar que el trabajo es realizado de acuerdo con los documentos de construcción.

Para una inspección QC, los documentos de construcción aplicables son los *planos de taller* y los *planos de montaje* así como las respectivas *normas*, códigos y estándares referidos.

### 2. Aseguramiento de la calidad

La inspección de *aseguramiento de la calidad* (QA) de partes fabricadas debe ser realizada en la planta del fabricante. El inspector de aseguramiento de la calidad (QAI) debe fijar el horario de este trabajo con tal de minimizar las interrupciones al trabajo del fabricante.

La inspección QA de sistemas de acero ya instalados debe ser realizada en el sitio del proyecto. Se deben planificar los horarios con tal de que las QAI minimicen las interrupciones en el trabajo del responsable del montaje.

El QAI debe revisar los reportes de los ensayos de los materiales y las certificaciones según se enumera en N3.2 con tal que sean conformes con los *documentos de construcción*.

Las tareas de inspección QA deben ser desarrolladas por el QAI, de acuerdo con las Secciones N5.4, N5.6 y N5.7.

Las tareas enumeradas entre Tablas N5.4-1 o N5.4-3 y Tabla N5.6-1 a Tabla N5.6-3 para QA son aquellas inspecciones efectuadas por el QAI para asegurar que el trabajo es realizado de acuerdo con los documentos de construcción.

Adicionalmente al cumplimiento de dichos reportes por el AHJ, EOR o el propietario, la agencia de QA debe entregar al fabricante y al responsable del montaje:

- 1) Reportes de inspecciones
- 2) Reportes de ensayos no destructivos

### 3. Inspecciones coordinadas

Cuando se encuentra que una tarea es efectuada tanto por el QC y QA, es permitido el coordinar las inspecciones entre el QCI y QAI, de forma tal que las funciones de inspecciones sean realizadas por solo un grupo. Donde QA depende de las inspecciones realizadas por QC, la aprobación del ingeniero a cargo y la autoridad que tenga jurisdicción es necesaria.

### 4. Inspección de soldaduras

La observación de las operaciones de soldadura y la inspección visual de soldaduras en proceso o completas debe ser el método primario para confirmar que los materiales, procedimientos, y trabajos realizados sean conformes con los documentos de construcción. Para acero estructural, la totalidad de las disposiciones de AWS D1.1/D1.1M *Structural Welding Code - Steel for statically loaded* deben ser cumplidas.

NOTA La Sección J2 de esta norma contiene excepciones relativas a AWSD1.1/D1.1M.

Como mínimo, las inspecciones a las soldaduras deben ser realizadas de acuerdo con Tablas N5.4-1, N5.4-2 y N5.4-3. En estas tablas, las tareas a realizar son las que siguen:

O - (Observe) Observar estas partidas de forma aleatoria. Las operaciones no deben ser retrasadas en espera de estas inspecciones.

P - (Perform) Desarrollar estas tareas para cada unión soldada o miembro.

**Tabla N5.4-1 – Tareas de inspección previas a la soldadura**

Tareas de inspección previas a la soldadura	QC	QA
Especificaciones de procedimientos de soldadura (WPSs) disponibles	P	P
Certificaciones de fundibles de soldaduras del fabricante disponibles	P	P
Identificación del Material (tipo/grado)	O	O
Sistema de identificación del soldador <sup>1)</sup>	O	O
Soldaduras de ajuste de ranura (incluyendo la geometría de la junta) – Preparación de la junta – Dimensiones (alineamiento, raíz de abertura, raíz de la cara, bisel) – Limpieza (condición de la superficie de acero) – Punteado (calidad de las soldaduras de punto y su ubicación) – Tipo de respaldo y su ajuste (si se aplica)	O	O
Configuración y terminación de los agujeros de acceso	O	O
Soldaduras de ajuste de filete – Dimensiones (alineamiento, separaciones) – Limpieza (condición de la superficie de acero) – Punteado (calidad de las soldaduras de punto y su ubicación)	O	O
Verificación del equipo de soldadura	O	-

1) El fabricante o responsable del montaje, de ser aplicable, debe mantener un sistema con el cual un soldador que ha soldado una unión o miembro pueda ser identificado. Si se usan sellos, deben ser de un tipo con bajas tensiones.

NCh427/1:2016

Tabla N5.4-2 – Tareas de inspección durante la soldadura

Tareas de Inspección durante la soldadura	QC	QA
1) Uso de soldadores calificados	O	O
2) Control y manipulación de los materiales de la soldadura (insumos de soldadura) – Embalaje – Control de la exposición	O	O
3) No se ha de soldar sobre soldaduras de punto con grietas	O	O
4) Condiciones ambientales – Velocidad del viento dentro de los límites – Precipitaciones y temperatura	O	O
5) Cumplimiento de las Especificaciones de procedimientos de soldadura (WPS) – Ajuste del equipo de soldadura – Velocidad de desplazamiento – Seleccionado de los materiales de soldadura – Tipo de gas de revestimiento/tasa de flujo – Aplicación de precalentado – Mantención de la temperatura de traspaso (min/máx.) – Correcto posicionado (F, V, H, OH)	O	O
6) Técnicas de soldado – Limpieza de traspaso y limpieza final – Cada pasada dentro de las limitaciones de perfil – Cada pasada cumpla los requisitos de calidad	O	O

Tabla N5.4-3 – Tareas de inspección después del soldado

Tareas de Inspección después del Soldado	QC	QA
Limpieza de las soldaduras	O	O
Tamaño, longitud, y localización de las soldaduras	P	P
Las soldaduras deben cumplir los criterios de aceptación visual		
– Prohibición de grietas		
– Metal/base-Metal/fusionado		
– Sección transversal en cráter	P	P
– Perfiles de la soldadura		
– Tamaño de la soldadura		
– Socavación		
– Porosidad		
Formado del arco	P	P
Área k <sup>1)</sup>	P	P
Respaldo retirado y apoyos de soldado retirados (si es requerido)	P	P
Actividades de reparación	P	P
Documentos de aceptación o de rechazo de la junta o del miembro soldado	P	P

- 1) Cuando se sueldan planchas dobles, planchas continuas, o los atiesadores han sido desarrollados en el área k, inspección visual del alma del área k por grietas 75 mm dentro de la soldadura.

## 5. Ensayos no-destructivos de uniones soldadas

### 5a Procedimientos

Cuando sean requeridos ensayos ultrasónicos (ultrasonic testing, UT), ensayos de partícula magnética (magnetic particle testing, MT), ensayos penetrantes (penetrant testing, PT) o ensayos radiográficos (radiographic testing, RT), éstos deben ser realizados por QA de acuerdo con AWS D1.1/D1.1M. El criterio de aceptación debe estar en concordancia con AWS D1.1/D1.1M para estructuras estáticamente cargadas, a menos que sea establecido de otra forma en los planos de diseño o en las especificaciones de proyecto.

### 5b NDT para soldaduras de ranura CJP

Para estructuras con una Categoría de Ocupación III o IV de Tabla 1-1 de NCh3171, UT deben ser realizados por QA en todas las soldaduras de ranura CJP sujetas a cargas de tracción aplicadas transversalmente en juntas de tope, en T y de esquina, en materiales con espesores iguales o mayores a 8 mm. Para estructuras con una Categoría de Ocupación II, UT debe ser realizado por QA en un 10% de las soldaduras de ranura CJP en juntas de tope, en T y de esquina sujetas a cargas de tracción aplicadas transversalmente en materiales de espesor igual o mayores a 8 mm.

NOTA Para estructuras con una Categoría de Ocupación I, NDT de soldaduras de ranura CJP no es necesario. Para todas las estructuras en cualquier Categoría de Ocupación, NDT de soldaduras de ranura CJP materiales de espesores menores a 8 mm no es requerido.

NOTA La clasificación de Categorías de Ocupación presente en NCh3171 es equivalente a la clasificación de Categorías de Riesgo presente en ASCE7-10.

NCh427/1:2016

### 5c NDT en perforaciones de acceso

Las superficies cortadas térmicamente de las perforaciones de acceso deben ser ensayadas por QA usando MT o PT, cuando el espesor del ala exceda de 50 mm para perfiles laminados, o cuando el espesor del alma es mayor a 50 mm para perfiles soldados. Cualquier grieta ha de ser considerada inaceptable no importando su tamaño o ubicación.

NOTA Ver Sección M2.2.

### 5d Uniones soldadas sujetas a fatiga

Cuando sea requerido por el Apéndice 3, Tabla A-3.1, las uniones soldadas requieren que las imperfecciones sean establecidas mediante inspección radiográfica o ultrasónica las que deberán ser ensayadas por QA según se prescribe. Se prohíbe la reducción de la tasa de UT.

### 5e Reducción en la tasa de ensayos ultrasónicos

Se permite la reducción de la tasa de UT si ésta es aprobada por EOR y por AHJ. Donde la tasa inicial para UT es de 100%, la tasa de NDT para un soldador individual operador de soldado es permitido que sea reducida a un 25%, con tal de que la tasa de rechazo, que corresponde al número de soldaduras que contengan defectos inaceptables dividido por el número de soldaduras completas, este demostrado que es de 5% o menor de las soldaduras ensayadas por el soldador o el operario de soldado. Una muestra de al menos 40 soldaduras completas por trabajo debe ser realizada para obtener dicha reducción de las evaluaciones. Para evaluar la tasa de rechazo de soldaduras continuas sobre 1 m de longitud donde la garganta efectiva es de 25 mm o menor, cada incremento de 300 mm o fracción debe ser considerado como una soldadura. Para evaluar la tasa de rechazo para soldadura sobre 1 m de longitud donde la garganta efectiva sea mayor a 25 mm, cada 150 mm de longitud o fracción deberá ser considerado como una soldadura.

### 5f Aumento en la tasa de ensayos ultrasónicos

Para estructuras con una Categoría de Ocupación II, donde la tasa inicial de UT es de un 10%, la tasa de NDT para un soldador individual u operador de soldado deberá ser aumentada a un 100% debiendo la tasa de rechazo, que es el número de soldaduras que contienen defectos inaceptables dividido por el número de soldaduras completadas, exceder un 5% de las soldaduras ensayadas por el soldador o el operario de soldado. Una muestra de al menos 20 soldaduras completas por trabajo deberá ser realizada antes de implementar dicho incremento. Cuando la tasa de rechazo del soldador o del operador de soldado, después de un muestreo de al menos 40 soldaduras completas, ha caído a un 5% o menos, la tasa de UT deberá volver a un 10%. Para evaluar la tasa de rechazo de soldaduras continuas con longitudes mayores a 1 m, donde la garganta efectiva es de 25 mm o menos, cada incremento de 300 mm o fracción deberá ser considerado como una soldadura. Para evaluar la tasa de rechazo de soldaduras continuas sobre 1 m, con una garganta efectiva mayor a 25 mm, cada 150 mm de longitud o fracción deberá ser considerado como una soldadura.

### 5g Documentación

Todos los NDT realizados deberán ser documentados. Para la fabricación en el taller, el reporte de NDT deberá identificar las soldaduras ensayadas por una pieza de marcaje y su ubicación en la pieza. Para soldaduras en terreno, el reporte de NDT deberá identificar la soldadura ensayada por su ubicación en la estructura, pieza de marcaje y la localización de la pieza.

Cuando una soldadura es rechazada de acuerdo con un NDT, el registro del NDT deberá indicar la ubicación del defecto y la causa del rechazo.

## 6. Inspección de pernos de alta resistencia

La observación de las operaciones de apernado deben ser el método primero usado para confirmar que los materiales, procedimientos y trabajos incorporados en la construcción estén en conformidad con los documentos constructivos y con las disposiciones de *RCSC Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts*.

- 1) Para pernos de apriete ajustado, la verificación antes de la instalación según se especifica en Tabla N5.6-1 y el monitoreo de los procedimientos de instalación según se especifica en Tabla N5.6-2 no son aplicables. QCI y QAI no necesitan estar presentes durante la instalación de los conectores en juntas de pernos de apriete ajustado.
- 2) Para juntas pretensionadas y de deslizamiento crítico, cuando el instalador emplea el método de giro de la tuerca con técnicas de marcaje, el método del indicador de tracción directa, o el método de giro de tracción controlado, el monitoreo de las disposiciones deberá ser realizado según se especifica en Tabla N5.6-2. QCI y QAI no necesitan estar presentes durante la instalación de los conectores cuando estos métodos sean empleados por el instalador.
- 3) Para juntas pretensionadas y de deslizamiento crítico, cuando el instalador emplea el método de la llave calibrada o el método de giro de la tuerca sin marcaje, el monitoreo de las disposiciones deberá ser de acuerdo con lo especificado en Tabla N5.6-2. QCI y QAI deberán ser realizados en las inspecciones asignadas según corresponda durante la instalación de los conectores cuando estos métodos sean usados por el instalador.

Como mínimo, la inspección de las tareas de los pernos deberá estar en concordancia con Tablas N5.6-1, N5.6-2 y N5.6-3. En estas Tablas, las tareas de inspección son las que siguen:

O - (Observe) Observar estas partidas de forma aleatoria. Las operaciones no deben ser retrasadas en espera de estas inspecciones.

P - (Perform) Desarrollar estas tareas para cada junta apernada.

Tabla N5.6-1 – Tareas de inspección previas al apernado

Tareas de inspección anteriores al apernado	QC	QA
Certificados del productor disponibles para los materiales de los conectores	O	P
Conectores marcados de acuerdo con los requisitos ASTM	O	O
Conectores seleccionados apropiadamente para el detalle de la junta (grado, tipo, longitud del perno si el hilo ha de ser excluido del plano de corte)	O	O
Procedimientos de apernado adecuados seleccionados para el detalle de la junta	O	O
Elementos conectores, incluyendo una condición de la superficie de apriete adecuada y la preparación de agujeros, si está especificado, cumplan los requisitos aplicables	O	O
Ensayo de verificación anterior a la instalación por el personal de la instalación y documentada para ensamblaje de conectores y los métodos usados	P	O
Disponer de un almacenaje adecuado para los pernos, tuercas, golillas y otros componentes de los conectores	O	O

NCh427/1:2016

Tabla N5.6-2 – Tareas de inspección durante el apernado

Tareas de inspección durante el apernado	QC	QA
Grupos de conectores en un estado apropiado, ubicación en todos los agujeros y las golillas (si son requeridas) son posicionadas según requisitos	O	O
Junta llevada a la condición de apriete fuerte antes de la operación de apriete ajustado	O	O
Los componentes de conectores que impiden de rotar están provistos de rotación	O	O
Los conectores son pretensionados de acuerdo con la Especificación RCSC, avanzando sistemáticamente desde el punto más rígido hacia los bordes libres	O	O

Tabla N5.6-3 – Tareas de inspección después del apernado

Tareas de inspección después del apernado	QC	QA
Documentos de aceptación o de rechazo de las conexiones apernadas	P	P

## 7. Otras tareas de inspección

El QCI del fabricante debe inspeccionar el acero fabricado para verificar la conformidad con los detalles mostrados en los planos de taller, tales como la aplicación adecuada de los detalles de juntas de cada conexión. El QCI del instalador deberá inspeccionar el marco de acero montado para verificar la conformidad con los detalles mostrados en los planos de montaje, tales como riostras, atiesadores, ubicación de los miembros y aplicación adecuada de los detalles de las juntas de cada conexión.

El QAI deberá estar en el recinto para realizar la inspección durante la ubicación de las barras de anclaje y otros insertos embebidos de acero estructural para conformidad con los documentos constructivos. Como mínimo, el diámetro, grado, tipo y longitud de la barra de anclaje o elemento embebido, y la extensión o profundidad de embebido en el hormigón, debe ser verificado antes del vaciado del hormigón.

El QAI debe inspeccionar el acero fabricado o el marco de acero instalado, según sea apropiado, para verificar la conformidad con los detalles mostrados en los documentos constructivos, tales como riostras, atiesadores, ubicación de los miembros y aplicación correcta de los detalles de juntas de cada conexión.

## N.6 Requisitos mínimos para inspección de construcciones compuestas

La inspección del acero estructural y placas colaborantes empleadas en construcciones compuestas debe cumplir con los requisitos de este capítulo.

Para el soldado de conectores de corte con cabeza, las disposiciones de AWS D1.1/D1.1M Código Estructural de Acero-Aplicaciones en Acero.

Para el soldado de placas colaborantes, la observación de las operaciones de soldado y la inspección visual de soldaduras en proceso y ya terminadas debe ser el método primero para confirmar que los materiales, procedimientos, y trabajos realizados están en conformidad con los documentos constructivos. Todas las disposiciones aplicables de AWS D1.3/D1.3M *Structural Welding Code-Sheet Steel* deben ser aplicadas. La inspección de las soldaduras en la placa debe incluir la verificación de que los materiales de la soldadura, los procedimientos especificados de soldado y la calificación del personal de soldado antes del comienzo de los trabajos, observaciones del progreso del trabajo, y una

inspección visual de todas las soldaduras completadas. Para las placas colaborantes de acero sujetas por sistemas de conectores diferentes de las soldaduras, la inspección debe de incluir la verificación de los conectores a ser usados antes del comienzo de los trabajos, las observaciones del trabajo en progreso con tal de confirmar la instalación en conformidad con las recomendaciones del productor, y una inspección visual de la instalación completa.

Para aquellas partidas del *control de calidad* (QC) en Tabla N6.1 que contengan una designación de Observación, la inspección QC debe ser realizada por el inspector de control de calidad (QCI) del montaje. En Tabla N6.1, las tareas de inspección son las siguientes:

O - (Observe) Observar estas partidas de forma aleatoria. Las operaciones no deben ser retrasadas en espera de estas inspecciones.

P - (Perform) Desarrollar estas tareas para cada elemento de acero.

**Tabla N6.1 – Inspección de los elementos de acero de construcciones compuestas antes del vaciado del hormigón**

Inspección de los elementos de acero de construcciones compuestas antes del vaciado del hormigón	QC	QA
Ubicación e instalación de los cubierta de acero	P	P
Ubicación e instalación de los conectores de corte	P	P
Documentos de aceptación o de rechazo de la placa colaborante	P	P

## **N.7 Fabricantes y responsables del montaje aprobados**

Las inspecciones de aseguramiento de la calidad (QA), excepto los ensayos no destructivos (NDT), pueden ser evitadas cuando el trabajo es realizado en un taller de fabricación o por un instalador aprobado por la autoridad competente (AHJ) para realizar el trabajo sin QA. El NDT de soldaduras completadas en un taller de fabricación aprobado puede ser realizado por el fabricante cuando se cuenta con la aprobación de AHJ. Cuando el fabricante realiza los NDT, la agencia de QA debe revisar los reportes de NDT del fabricante.

Al completarse la fabricación, el fabricante aprobado debe presentar un certificado de conformidad a AHJ que señale que los materiales entregados y el trabajo realizado por el fabricante están de acuerdo con los documentos constructivos. Al completarse la instalación, el instalador aprobado deberá presentar un certificado de cumplimiento a AHJ señalando que los materiales entregados y el trabajo realizado por el instalador estén de acuerdo con los documentos constructivos.

NCh427/1:2016

## N.8 No conformidad de materiales y mano de obra

La identificación y el rechazo de materiales o trabajos que no están en concordancia con los documentos constructivos deben ser permitidos en cualquier tiempo durante el progreso de la obra. Sin embargo, esta disposición no libera al propietario o al inspector de la obligación de realizar inspecciones secuenciales. El material y trabajo no conforme deben ser inmediatamente alertados al fabricante o al instalador, según corresponda.

Materiales o trabajos no conformes deben ser llevados a conformidad, o hacerlos apropiados para el propósito propuesto que determina el ingeniero a cargo.

Simultáneamente con el cumplimiento de dichos reportes con el AHJ, EOR o el propietario, la agencia de QA debe presentar al fabricante y al instalador:

- 1) Reportes de no conformidad
- 2) Reportes de reparación, reemplazo, o de aceptación de las partidas en no conformidad.

## Anexo 1

### Diseño por análisis inelástico

Este anexo trata el diseño por *análisis inelástico*, en el que se permiten consideraciones relativas a redistribuciones de fuerzas y momentos en miembros y conexiones como resultado de fluencias localizadas.

El anexo se organiza como sigue:

- 1.1 Requerimientos generales
- 1.2 Requerimientos de ductilidad
- 1.3 Requerimientos de análisis

#### 1.1 Requerimientos generales

El diseño por análisis inelástico debe ser realizado de acuerdo con la Sección B3.3, *diseño por factores de carga y de resistencia* (LRFD). La resistencia de diseño del sistema estructural y de sus miembros y conexiones debe ser igual o exceder la resistencia requerida, la que es determinada mediante el análisis inelástico. Las disposiciones de este Anexo no se aplican al diseño sísmico.

El análisis inelástico debe tomar en cuenta:

- 1) deformaciones de flexión, corte y axial en los miembros, y todas las demás componentes y deformaciones en las conexiones que contribuyan al desplazamiento de la estructura;
- 2) *efectos de segundo orden* (incluyendo los efectos  $P-\Delta$  y  $P-\delta$ );
- 3) imperfecciones geométricas;
- 4) reducciones en la rigidez debido a la inelasticidad, incluyendo el efecto de las *tensiones residuales* y fluencia parcial de la sección transversal; y
- 5) incertezas en la resistencia y rigidez del sistema, sus miembros y conexiones.

Los *estados límites de resistencia* detectados por un análisis inelástico que incorpore todos los requerimientos nombrados arriba no están sujetos a las disposiciones correspondientes de la norma cuando un nivel más alto o comparable de confiabilidad es proporcionado por dicho análisis. Los estados límites de resistencia no detectados por el análisis inelástico deben ser evaluados empleando las disposiciones correspondientes de los Capítulos D, E, F, G, H, I, J y K.

Las conexiones deben reunir los requerimientos de la Sección B3.6.

Para los miembros y conexiones sujetos a deformaciones inelásticas deben demostrar que presentan una ductilidad adecuada que sea consistente con el comportamiento esperado del sistema estructural. La redistribución de fuerzas debido a la rotura de un miembro o una conexión no es permitida.

Cualquier método que emplee un análisis inelástico para dimensionar los miembros y conexiones que satisfaga estos requerimientos generales es permitido. Un método de diseño basado en un análisis inelástico que reúna los requerimientos de resistencia enunciados arriba, los requerimientos de ductilidad de la Sección 1.2 y los requerimientos de análisis de Sección 1.3 satisface estos requerimientos generales.

## 1.2 Requerimientos de ductilidad

Los miembros y conexiones con elementos sujetos a fluencia deben ser dimensionados de tal forma que toda demanda de deformación inelástica sea menor o igual a su capacidad de deformación inelástica. En vez de asegurar explícitamente que las demandas de deformación inelástica son menores o iguales que su capacidad de deformación inelástica, los siguientes requerimientos deben ser satisfechos por los miembros de acero sujetos a rótulas plásticas:

### 1. Material

La tensión de fluencia mínima especificada,  $F_y$ , de los miembros que forman rótulas plásticas, no debe exceder 450 MPa.

### 2. Sección transversal

La sección transversal de los miembros en donde se ubiquen las rótulas plásticas deben ser de doble simetría con razones ancho-espesor en sus elementos comprimidos sin exceder  $\lambda_{pd}$ , donde  $\lambda_{pd}$  es igual a  $\lambda_p$  definido en Tabla B4.1b excepto como se modifica a continuación:

- a) Para las razones ancho-espesor ( $h/t_w$ ) del alma de secciones doble T, tubos HSS rectangulares y secciones de cajón sujetas a flexión y compresión combinadas:

- i) Para  $P_u/\phi_c P_y \leq 0,125$

$$\lambda_{pd} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left( 1 - \frac{2,75P_u}{\phi_c P_y} \right) \quad (\text{A-1-1})$$

- ii) Para  $P_u/\phi_c P_y > 0,125$

$$\lambda_{pd} = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left( 2,33 - \frac{P_u}{\phi_c P_y} \right) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{A-1-2})$$

en que:

$h$  = como se define en la Sección B4.1, mm;

$t_w$  = espesor del alma, mm;

$P_u$  = resistencia axial en compresión requerida, N;

$P_y$  =  $F_y A_g$  = resistencia de fluencia axial, N;

$\phi_c$  = factor de resistencia para compresión = 0,90.

- b) Para las razones ancho-espesor ( $b/t$ ) de las alas de secciones cajón rectangulares HSS y tubulares, *planchas de refuerzo* en las alas, y *planchas de diafragma* entre líneas de *conectores* o soldaduras:

$$\lambda_{pd} = 0,94\sqrt{E/F_y} \quad (\text{A-1-3})$$

en que:

$b$  = como se define en la Sección B4.1, mm.

$t$  = como se define en la Sección B4.1, mm

- c) Para las razones diámetro-espesor ( $D/t$ ) de tubos circulares en flexión:

$$\lambda_{pd} = 0,045 E/F_y \quad (\text{A-1-4})$$

en que:

$D$  = diámetro exterior del miembro tubo HSS redondo, mm.

### 3. Longitud no arriostrada

En segmentos de miembros prismáticos que contienen rotulas plásticas, la *longitud no arriostrada* lateral,  $L_b$ , no debe exceder  $L_{pd}$ , determinado como sigue. Para miembros sujetos a solo a flexión, o a flexión y tracción axial,  $L_b$  debe ser tomada como la longitud entre puntos arriostrados contra el desplazamiento lateral del ala comprimida, o entre los puntos arriostrados para prevenir el giro de la sección transversal. Para miembros sujetos a flexión y compresión axial,  $L_b$  se debe tomar como la longitud entre los puntos arriostrados contra los desplazamientos laterales en la dirección del eje débil y el giro de la sección transversal.

- a) Para miembros doble T flexionados sobre su eje fuerte:

$$L_{pd} = \left[ 0,12 - 0,076 \left( \frac{M_1'}{M_2} \right) \right] \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{A-1-5})$$

en que:

$r_y$  = radio de giro en torno al eje menor, mm.

- i) Cuando la magnitud del momento flector en cualquier ubicación dentro de la longitud no arriostrada excede  $M_2$ :

$$M_1'/M_2 = +1 \quad (\text{A-1-6a})$$

En cambio

- ii) Cuando  $M_{mid} \leq (M_1 + M_2)/2$

$$M_1' = M_1 \quad (\text{A-1-6b})$$

- iii) Cuando  $M_{mid} > (M_1 + M_2)/2$

$$M_1' = 2 M_{mid} - M_2 < M_2 \quad (\text{A-1-6c})$$

NCh427/1:2016

en que:

- $M_1$  = menor momento en el extremo de la longitud no arriostrada, N-mm;
- $M_2$  = mayor momento en el extremo de la longitud no arriostrada, N-mm.  $M_2$  debe de ser tomado como positivo en todos los casos;
- $M_{mid}$  = momento en la mitad de la longitud no arriostrada, N-mm;
- $M'_1$  = momento efectivo en el extremo opuesto de  $M_2$ , N-mm.

Los momentos  $M_1$  y  $M_{mid}$  son individualmente tomados como positivos cuando causan compresión en la misma ala que el momento  $M_2$  y negativos en caso contrario.

b) Para barras rectangulares sólidas y vigas cajón simétricas, flexionados en su eje fuerte:

$$L_{pd} = \left[ 0,17 - 0,10 \left( \frac{M_1'}{M_2} \right) \right] \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \geq 0,10 \left( \frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{A-1-7})$$

Para todos los tipos de miembros sujetos a compresión axial y que contengan rotulas plásticas, las longitudes no arriostradas sobre los ejes fuerte y débil de la sección transversal no debe exceder  $4,71r_x\sqrt{E/F_y}$  y  $4,71r_y\sqrt{E/F_y}$ , respectivamente.

No hay límite para  $L_b$  en segmentos de miembros que contengan rótulas plásticas en los casos siguientes:

- 1) Miembros con sección transversal circular o cuadrada sujetos solo a flexión o a la combinación de flexión y tracción.
- 2) Miembros solicitados solo a flexión sobre su eje débil o a la combinación de tracción y flexión sobre su eje débil.
- 3) Miembros solicitados solo a tracción.

#### 4. Fuerza axial

Para asegurar una adecuada ductilidad en miembros en compresión con rótulas plásticas, la resistencia de diseño en compresión no debe exceder de  $0,75 F_y A_g$ .

### 1.3 Requerimientos de análisis

El análisis estructural debe satisfacer los requisitos generales de la Sección 1.1. Estos requerimientos son permitidos pueden ser satisfechos mediante un análisis inelástico de segundo orden que reúna los requerimientos de esta Sección.

**EXCEPCIÓN:** Para vigas continuas no solicitadas a compresión axial, un análisis de primer orden inelástico o análisis plástico es permitido y se renuncia a las Secciones 1.3.2 y 1.3.3.

**NOTA** Ver el Comentario para guía en conducir un análisis plástico tradicional en concordancia con estas disposiciones.

## 1. Propiedades de los materiales y criterio de fluencia

La tensión de fluencia mínima especificada,  $F_y$ , y la rigidez de todos los miembros y conexiones de acero deberán ser reducidos por un factor de 0,90 para el análisis, con la excepción notada abajo en la Sección 1.3.3.

La influencia de la fuerza axial, momento de flexión en el eje fuerte, y momento de flexión en el eje débil deben ser incluidos en la determinación de la respuesta inelástica.

La resistencia plástica de la sección transversal debe ser representada en el análisis ya sea por un criterio de fluencia elástico-perfectamente-plástico expresado en términos de fuerza axial, momentos de flexión en el eje mayor, y momentos de flexión en el eje débil, o mediante un modelo explícito de la respuesta tensión-deformación del material como elástica-perfectamente plástica.

## 2. Imperfecciones geométricas

El análisis debe incluir los efectos de las imperfecciones geométricas iniciales. Esto debe ser realizado mediante un modelado explícito de las imperfecciones tal como se especifica en la Sección C2.2a o mediante la aplicación de las cargas ficticias equivalentes que se especifican en la Sección C2.2b.

## 3. Efecto de las tensiones residuales y de plastificación parcial

El análisis deberá incluir la influencia de las tensiones residuales y de plastificación parcial.

Esto será realizado modelando explícitamente estos efectos en el análisis o por reducción de la rigidez de todos los componentes estructurales como si especifica en la Sección C2.3.

Si se emplean las disposiciones de la Sección C2.3, entonces:

- 1) El factor de reducción de la rigidez 0,90 especificado en la Sección 1.3.1 debe ser reemplazado por la reducción del módulo elástico E por 0,8 tal como se especifica en la Sección C2.3, y
- 2) El criterio de fluencia elástico-perfectamente-plástico, expresado en términos de la fuerza axial, momento de flexión en el eje mayor y en el eje menor, debe satisfacer los límites de resistencia de la sección transversal definido por Ecuaciones H1-1a y H1-1b empleando  $P_c = 0,9 P_y$ ,  $M_{cx} = 0,9 M_{px}$  y  $M_{cy} = 0,9 M_{py}$ .

NCh427/1:2016

## Anexo 2

### Diseño para empozamiento

Este anexo entrega métodos para determinar si un sistema de techo posee suficiente resistencia y rigidez para resistir empozamiento.

El anexo se organiza como sigue:

#### 2.1 Diseño simplificado para empozamiento

#### 2.2 Diseño mejorado para empozamiento

#### 2.1 Diseño simplificado para empozamiento

El sistema de techo debe ser considerado estable para empozamiento y no es necesaria mayor investigación si se cumplen las dos condiciones siguientes:

$$C_p + 0,9 C_s \leq 0,25 \quad (\text{A-2-1})$$

$$I_d + \geq 3\,940 S^4 \quad (\text{A-2-2M})$$

donde:

$$C_p = \frac{504 L_s I_p^4}{I_p} \quad (\text{A-2-3M})$$

$$C_s = \frac{504 S L_s^4}{I_s} \quad (\text{A-2-4M})$$

$I_d$  = momento de inercia de la cubierta de acero apoyada en miembros secundarios, mm<sup>4</sup> por m

$I_p$  = momento de inercia de los miembros primarios, mm<sup>4</sup>;

$I_s$  = momento de inercia de los miembros secundarios, mm<sup>4</sup>;

$L_p$  = longitud de los miembros primarios, mm;

$L_s$  = longitud de los miembros secundarios, mm;

$S$  = espaciamiento entre los miembros secundarios, mm.

Para enrejados y viguetas de acero, el cálculo de los momentos de inercia  $I_p$  e  $I_s$  debe incluir los efectos por deformación del alma del miembro cuando se empleen las ecuaciones anteriores.

**NOTA** Cuando el momento de inercia es calculado usando solo las áreas de los enrejados o del cordón de viguetas, la reducción en el momento de inercia debido a la deformación del alma puede ser tomada típicamente como un 15%.

Una cubierta de acero debe ser considerada un miembro secundario cuando es soportado directamente por los miembros primarios.

## 2.2 Diseño mejorado para empozamiento

Se permite usar las disposiciones dadas más abajo cuando se necesite una evaluación más exacta de la rigidez del marco que la dada por Ecuaciones A-2-1 y A-2-2.

Definiendo los índices de tensiones:

$$U_p = \left( \frac{0,8F_y - f_0}{f_0} \right)_p \quad (\text{A-2-5})$$

$$U_s = \left( \frac{0,8F_y - f_0}{f_0} \right)_s \quad (\text{A-2-6})$$

en que:

$f_0$  = tensión debida a la combinación de carga  $D + R$  ( $D$  = carga muerta nominal,  $R$  = carga nominal debido a aguas lluvias o nieve, que contribuye exclusivamente al empozamiento), MPa

Para estructuras de techo consistentes en miembros primarios y secundarios, la rigidez combinada debe ser evaluada como sigue. Ingresar a Figura A-2-1 al nivel del índice de tensión calculada  $U_p$  determinado para la viga primaria; moverse horizontalmente hasta el valor calculado  $C_s$  de las vigas secundarias y luego hacia abajo hasta la escala de abscisas. La rigidez combinada del marco primario y secundario será suficiente para prevenir el empozamiento si la constante de flexibilidad leída de esta última escala es mayor al valor  $C_p$  calculado para el miembro primario dado; de lo contrario, es necesario una estructura de techo formada por vigas primarias o secundarias, o una combinación de ambas, más rígida.

Un procedimiento similar se debe seguir usando Figura A-2-2.

Para los marcos de los techos consistentes en una serie de vigas apoyadas sobre muros igualmente espaciadas, la rigidez debe ser evaluada de la siguiente forma. Las vigas se consideran como miembros secundarios apoyados en un miembro primario infinitamente rígido. Para este caso, ingresar a Figura A-2-2 con el índice de tensiones  $U_s$  calculado. El valor límite de  $C_s$  se determina de la intersección de una línea horizontal representando el valor de  $U_s$  y la curva para  $C_p = 0$ .

**NOTA** La deformación por *empozamiento* aportada por una cubierta de metal es usualmente una parte pequeña de la flecha total por empozamiento de un panel de techo que es suficiente con simplemente limitar su momento de inercia (por metro de ancho normal a su luz) a 3940  $\text{cm}^4$ .

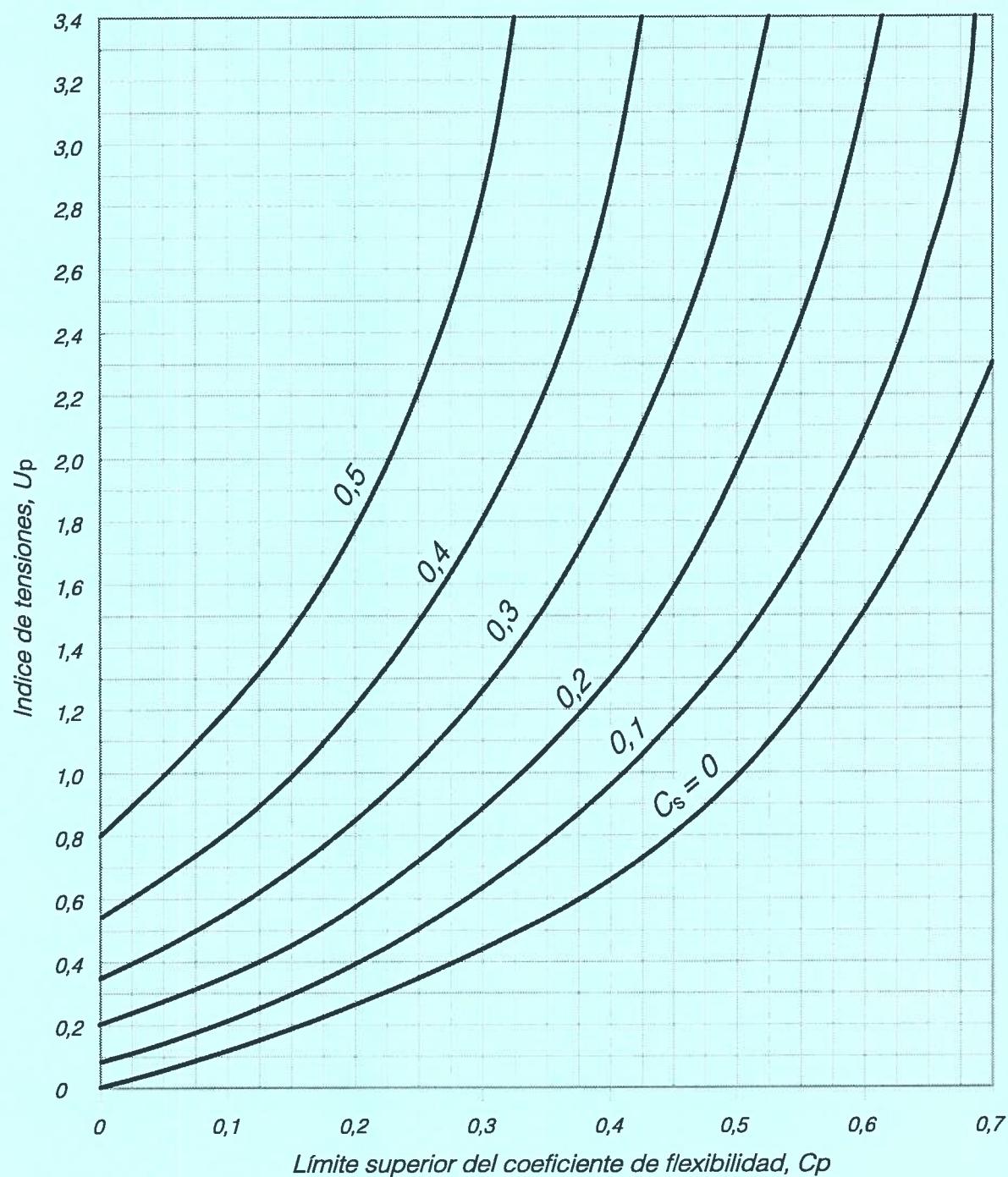


Figura A-2.1 – Coeficiente de flexibilidad límite para los sistemas primarios

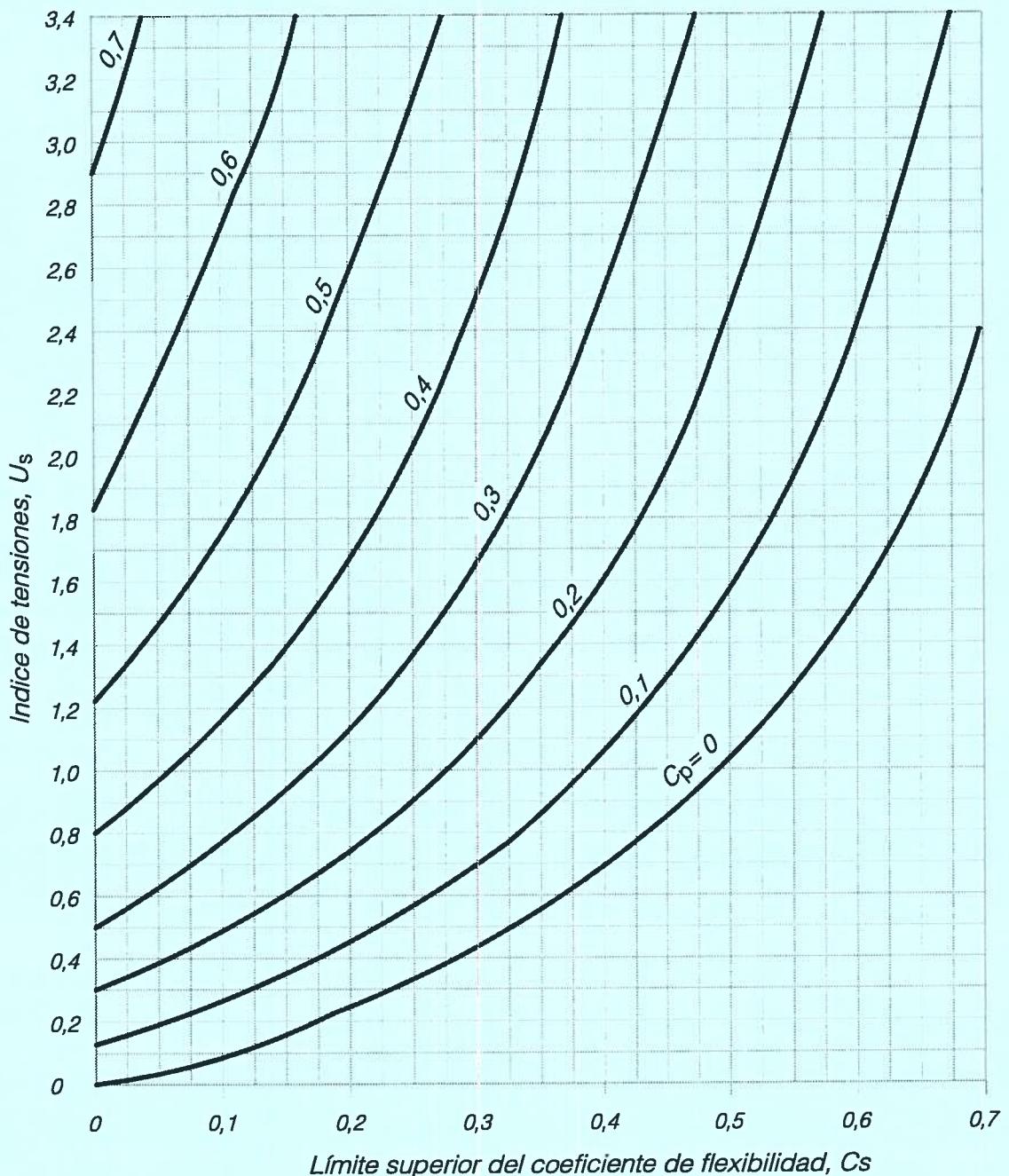


Figura A-2.2 – Coeficiente de flexibilidad límite para los sistemas secundarios

Evaluar la estabilidad respecto del empozamiento de un techo consistente en cubierta de metal de una razón profundidad-longitud relativamente esbelta, entre vigas apoyadas directamente en columnas como sigue. Emplear Figura A-2-1 o A-2-2 utilizando como  $C_s$  la constante de flexibilidad para 1 m de ancho de la cubierta de techo ( $S = 1,0$ ).

## Anexo 3

### Diseño por fatiga

Este anexo se aplica a miembros y conexiones solicitados por cargas de alto número de ciclos dentro del rango de tensiones elásticas, de frecuencia y magnitud suficientes como para iniciar el agrietamiento y la falla progresiva, que definen el estado límite de fatiga.

NOTA Ver AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* para estructuras sujetas a cargas sísmicas.

El anexo se organiza como sigue:

- 3.1 Disposiciones generales
- 3.2 Cálculo de las tensiones máximas y los rangos de tensiones
- 3.3 Material y juntas soldadas
- 3.4 Pernos y partes con hilo
- 3.5 Requisitos especiales de fabricación y montaje

#### 3.1 Disposiciones generales

Las disposiciones de este anexo se aplican a las tensiones calculadas en base a *cargas de servicio*. La tensión máxima permitida debido a cargas no factoradas a cargas de servicio es  $0,66 F_y$ .

El rango de tensión se define como la magnitud del cambio en tensión debido a la aplicación o remoción de la carga viva de servicio. En el caso de inversión de tensiones, el rango de tensión debe ser calculado como la suma numérica de las máximas tensiones repetidas de tracción y compresión o la suma numérica de las máximas tensiones cortantes de dirección opuesta en el punto de inicio probable del agrietamiento.

En el caso de soldaduras de tope de penetración completa, el máximo *rango admisible de tensiones* calculado según Ecuación A-3-1 aplica sólo a las soldaduras que han sido inspeccionadas ya sea por métodos ultrasónicos o radiográficos y cumplen los requisitos de conformidad de las Secciones 6.12.2 o 6.13.2 de AWS D1.1/AWSD1.1M.

No se requiere la evaluación de la resistencia a *fatiga* cuando el rango de tensiones de la carga viva es menor que del umbral admisible del rango tensiones,  $F_{TH}$ . Ver Tabla A-3.1.

No se requiere evaluación de la resistencia a fatiga en miembros consistentes de secciones o planchas cuando el número de ciclos de aplicación de carga viva es menos que 20 000. No se requiere de evaluación de la fatiga de miembros consistentes de tubos HSS en estructuras del tipo edificios sujetas a las cargas de viento mandadas por código.

La resistencia a carga cíclica determinada por las disposiciones de este anexo se aplica solo a las estructuras con protección adecuada a la corrosión o sometidas a atmósferas levemente corrosivas, como las condiciones atmosféricas normales.

La resistencia a carga cíclica determinada por las disposiciones de este Anexo se aplica sólo a las estructuras expuestas a temperaturas que no superen los 150°C.

El *ingeniero estructural responsable* del proyecto debe entregar un detalle completo incluyendo el tamaño de las soldaduras o bien especificar la vida útil programada y el rango máximo de momentos, cortes y reacciones para las conexiones.

### 3.2 Cálculo de las tensiones máximas y los rangos de tensiones

Las tensiones deben calcularse basadas en un *análisis elástico*. Las tensiones no deben ser amplificadas por factores de *concentración de tensiones* debidos a discontinuidades geométricas.

Para los pernos y las barras con hilo sujetas a tracción axial, las tensiones calculadas deben incluir los efectos de la *acción de palanca*, si los hay. En el caso de tracción axial combinado con flexión, las tensiones máximas, de cada tipo, deben ser aquellas determinados para las condiciones concurrentes simultáneas de la *carga aplicada*.

Para los miembros de sección transversal simétrica, los *sujetadores* y las soldaduras deben estar dispuestos simétricamente en torno al eje del miembro, o las tensiones totales, incluidas aquellas debido a la excentricidad, deben ser incluidas en el cálculo del *rango de tensiones*.

Para los ángulos cargados axialmente, en los cuales el centro de gravedad de la soldadura de la conexión está entre la línea del centro de gravedad de la sección transversal del ángulo y el centro del ala conectada, los efectos de excentricidad pueden ser ignorados. Cuando el centro de gravedad de las soldaduras de conexión está fuera de esta zona, las tensiones totales, incluidas aquellas debido a la *excentricidad en la unión*, deben ser incluidas en el cálculo de rango de *tensiones*.

### 3.3 Material y juntas soldadas

En el material y en las juntas soldadas el rango de *tensiones* para *cargas de servicio* no debe exceder el *rango de tensiones admisible* calculado de la siguiente forma.

- Para categorías de tensión A, B, B', C, D, E y E' el rango de tensión,  $F_{SR}$ , debe ser determinado por Ecuación A-3-1M.

$$F_{SR} = \left( \frac{C_f \times 329}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq F_{TH} \quad (\text{A-3-1M})$$

en que:

$C_f$  = constante de Tabla A-3.1 según la categoría de fatiga;

$F_{SR}$  = rango de tensión de admisible, MPa;

$F_{TH}$  = fatiga umbral del rango de tensiones, máximo rango de tensión para vida útil de diseño indefinida de Tabla A-3.1, MPa;

$n_{SR}$  = número de fluctuaciones del rango de tensiones en la vida útil de diseño.

= número de fluctuaciones del rango de tensión por día × 365 × años de vida útil de diseño.

- b) Para categoría de tensión F, el rango de tensión admisible,  $F_{SR}$ , debe ser determinado por la Ecuación A-3-2M, tal como sigue:

$$F_{SR} = \left( \frac{C_f \times 11 \times 10^4}{n_{SR}} \right)^{0,167} \geq F_{TH} \quad (\text{A-3-2M})$$

- c) Para planchas cargadas en tracción, conectados en sus extremos por secciones cruciformes, T, o detalles de esquina con soldadura de ranura de penetración completa (CJP), soldadura de ranura de penetración parcial (PJP), soldaduras de filete, o combinaciones de estas, transversales a la dirección de la tensión, el rango de tensión de diseño en la sección transversal del elemento plancha al pie de la soldadura debe ser determinado como sigue:

- i) Basado en inicio de la grieta desde el pie de la soldadura de planchas cargadas en tracción, el rango de tensión admisible,  $F_{SR}$ , debe ser determinado por Ecuación A-3-3M, para categoría de tensión C lo que es igual a:

$$F_{SR} = \left( \frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq 68,9 \quad (\text{A-3-3M})$$

- ii) Basado en inicio de la grieta desde la raíz de la soldadura, el rango de tensión admisible,  $F_{SR}$ , de planchas cargadas en tracción usando soldadura de ranura PJP transversal con o sin refuerzo, o soldaduras de filete en el contorno, el rango de tensión admisible de la sección transversal al pie de la soldadura debe ser determinado por Ecuación A-3-4M, categoría de tensión C' como sigue:

$$F_{SR} = R_{PJP} \left( \frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{A-3-4M})$$

en que:

$R_{PJP}$  es el factor de reducción por soldadura PJP transversal reforzada o no reforzada determinado de la forma siguiente:

$$R_{PJP} = \left( \frac{1,12 - 1,01 \left( \frac{2a}{t_p} \right) + 1,24 \left( \frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{A-3-5M})$$

Si  $R_{PJP} = 1,0$ , usar categoría de tensión C.

$2a$  = el largo de la cara de la raíz no soldada en la dirección del espesor de la placa cargada en tracción, mm;

$w$  = el tamaño del filete de refuerzo o contorno, si lo hay, en la dirección del espesor de la placa cargada en tracción, mm;

$t_p$  = espesor de la placa cargada en tracción, mm.

- iii) Basado en inicio del agrietamiento desde las raíces de un par soldaduras de filete transversales en lados opuestos de planchas cargadas en tracción, el rango de tensión admisible,  $F_{SR}$ , en la sección transversal al pie de las soldaduras debe ser determinado por Ecuación A-3-6M, categoría de tensión C" como sigue:

$$F_{SR} = R_{FIL} \left( \frac{14,4 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \quad (\text{A-3-6M})$$

en que:

$R_{FIL}$  es el factor de reducción para uniones que usen sólo un par de soldaduras de filete.

$$R_{FIL} = \left( \frac{0,10 + 1,24(w/t_p)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{A-3-7M})$$

Si  $R_{FIL} = 1,0$ , usar categoría de tensión C.

### 3.4 Pernos y partes con hilo

En pernos y en partes con hilo, el rango de *tensiones para cargas de servicio* no debe exceder el rango admisible de tensiones calculado de la forma. siguiente

- a) Para *conexiones* con conectores mecánicos cargadas en corte, el rango de tensión máximo en el material conectado bajo cargas de servicio no debe exceder el *rango admisible de tensión* calculado usando Ecuación A-3-1M donde  $C_f$  y  $F_{TH}$  son obtenidos de la Sección 2 de Tabla A-3.1.
- b) Para pernos de alta resistencia, pernos corrientes, y barras de anclaje con hilo cortadas, maquinadas o plegadas, el rango de tensión de tracción máximo en el área neta de tracción debido a la *carga axial* y momento aplicados más la carga debido a la *acción de palanca* no debe exceder el rango admisible de tensión calculado usando Ecuación A-3-8M (como para una categoría de tensión G). El área neta en tracción,  $A_t$ , está dada por Ecuación A-3-9M.

$$F_{SR} = \left( \frac{1,28 \times 10^{11}}{n_{SR}} \right)^{0,333} \geq 48 \quad (\text{A-3-8M})$$

$$A_t = \frac{\pi}{4}(d_b - 0,938 \cdot 2p)^2 \quad (\text{A-3-9M})$$

en que:

$d_b$  = diámetro nominal (diámetro del cuerpo o vástago), mm;

$p$  = hilos por mm;

$n$  = paso, medido en hilos por mm.

Para uniones en las cuales el material dentro del agarre no está limitado al acero o juntas que no han sido tensionadas según los requisitos de Tabla J3.1 o J3.1M, toda carga axial y momento aplicado a la junta además de los efectos por de acción de palanca deben ser asumidos como tomados exclusivamente por los pernos o barras.

NCh427/1:2016

Para uniones en las cuales el material dentro del agarre es sólo acero y los cuales son pretensionados según los requisitos de la Tabla J3.1 o J3.1M, se permitirá un análisis de la rigidez relativa entre las partes conectadas y los pernos para determinar el rango de tensiones de tracción en los pernos pretensionados debido a la carga viva total de servicio y al momento más los efectos de cualquier acción de palanca. Alternativamente, el rango de tensión en los pernos puede ser supuesto igual a la tensión en el área neta de tracción debida al 20% del valor absoluto de la carga axial y del momento de servicio debido a la acción de cargas muertas, cargas vivas y otras.

### 3.5 Requisitos especiales de fabricación y montaje

Se permite que las planchas longitudinales de respaldo permanezcan en su sitio, y si se usan, deben ser continuas. En el caso de uniones largas, cuando es necesario empalmar, la barra, esta debe ser unida con uniones de tope de penetración completa y el refuerzo esmerilado antes del ensamblaje en la junta. Los respaldos longitudinales, si son dejados en su lugar, deben ser fijados con soldaduras de filete continuo.

En juntas transversales solicitadas a tracción, las planchas de respaldo, de ser usadas, deben ser removidas y la unión rebajada y soldada nuevamente.

En uniones transversales de esquina y T de penetración completa, una soldadura de filete, de tamaño no menor a 6 mm debe ser agregada en las esquinas re-entrantes.

La rugosidad superficial de bordes cortados térmicamente, solicitados a rangos de tensión cílicos los que incluyen tracciones, no debe exceder 25  $\mu\text{m}$ , donde la referencia estándar es la ASME B46.1.

NOTA AWS C4.1 La muestra 3 puede ser empleada para evaluar la conformidad con estos requisitos.

Las esquinas re-entrantes en cortes, rebajes y agujeros de accesos para soldadura deben tener un radio no menor a 10 mm por pre-taladrado o subpunzonado y rebajado de un agujero, o por corte térmico para formar el radio del corte. Cuando la porción de radio es formada por corte térmico, la superficie cortada debe ser esmerilada para lograr una superficie metálica brillante.

En las uniones de tope transversales en regiones de tensión de tracción, debe usarse tacos para contribuir a escalaronar la terminación de la soldadura fuera de la unión terminada. No se deben usar elementos de contención en los extremos. Los tacos deben ser removidas y la soldadura terminada alineada con el borde del miembro.

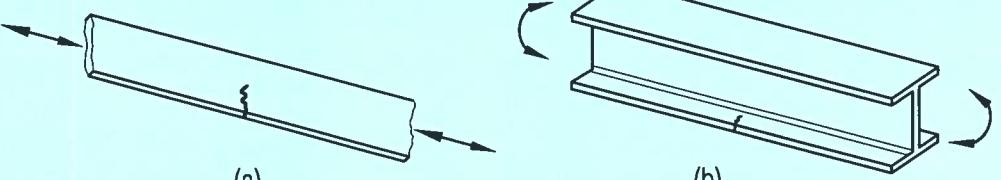
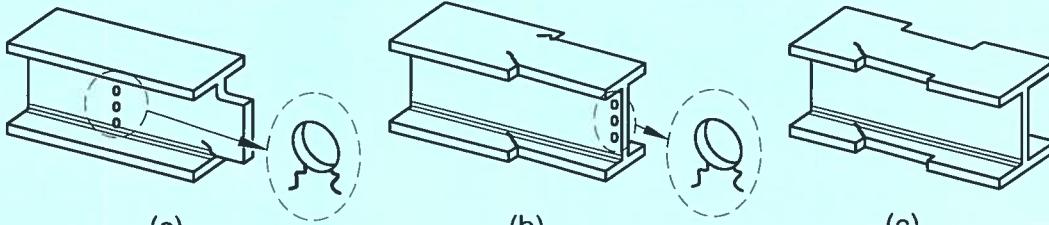
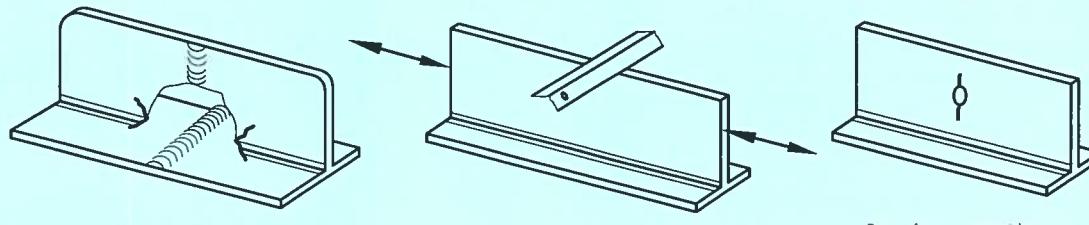
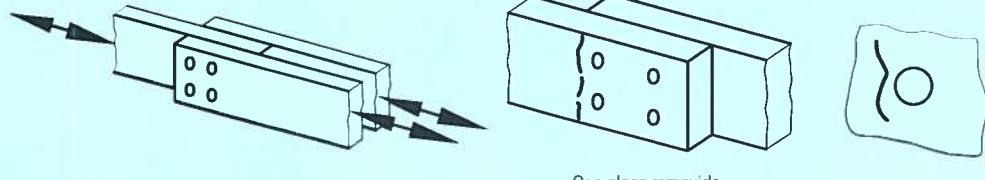
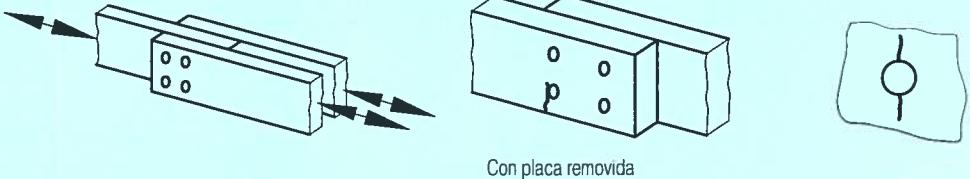
Los requisitos de los remates de las soldaduras de filete sujetas a cargas de servicio cíclicas se dan en la Sección J2.2b.

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga**

Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 1. Material plano alejado de cualquier soldadura</b>				
1.1 Metal Base, excepto acero de alta resistencia no cubierto, con superficie laminada o limpia. Bordes cortados térmicamente con dureza superficial de 25 µm o menor, pero sin esquinas entrantes.	A	$250 \times 10^8$	1 686 (165)	Alejado de toda soldadura o conexión estructural.
1.2 Metal Base de acero de alta resistencia no recubierto con superficie laminada o limpia. Bordes cortados térmicamente con dureza superficial de 25 µm o menor, pero sin esquinas entrantes.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Alejado de toda soldadura o conexión estructural.
1.3 Miembros con agujeros taladrados o escariados. Miembros con esquinas entrantes en rebajes, cortes, obstrucciones o discontinuidades geométricas hechas de acuerdo con los requerimientos de Anexo 3.5, excepto agujeros de acceso para soldadura.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	En un borde extremo o en el perímetro del agujero.
1.4 Secciones transversales laminadas con agujeros de acceso para soldaduras hechos de acuerdo con los requerimientos de la Sección J1.6 y anexo 3.5. Miembros con agujeros taladrados o escariados que contengan pernos para unir arriostramiento liviano donde hay una componente longitudinal pequeña de la fuerza en la ristra.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	En la esquina entrante del agujero de acceso para soldadura o en cualquier agujero pequeño (puede contener perno para conexiones menores)
<b>Sección 2. Material conectado en uniones sujetas mecánicamente</b>				
2.1 Área bruta del metal base en juntas de traslape conectadas con pernos de alta resistencia en uniones que satisfacen todos los requerimientos para conexiones de deslizamiento crítico.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	A través del área bruta cercana al agujero.
2.2 Metal Base en el área neta de uniones apornadas alta resistencia diseñadas en base a resistencia de contacto, pero fabricadas e instaladas conforme a los requerimientos para conexiones de desplazamiento crítico.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	En área neta originándose en el lado del agujero.

(continúa)

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 1. Material plano alejado de cualquier soldadura		
1.1		
1.2	(a)	(b)
1.3		(a) (b) (c)
1.4		Con refuerzo removido (c)
Sección 2. Material conectado en uniones sujetas mecánicamente		
2.1		Con placa removida (b) (c)
	NOTA Las figuras son para conexiones apernadas de deslizamiento crítico.	
2.2		Con placa removida (b) (c)
	NOTA Las figuras son para conexiones apernadas diseñadas para aplastamiento, reuniendo los requisitos para conexiones de deslizamiento crítico.	

(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

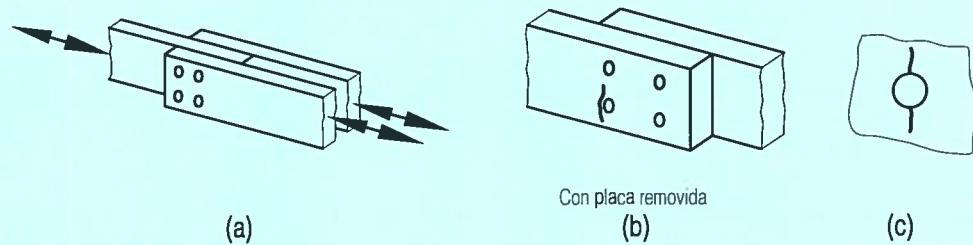
Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 2. Material conectado en uniones sujetas mecánicamente</b>				
2.3 Metal Base en el área neta de otra uniones conectadas mecánicamente excepto barras y placas de pasador.	D	$22 \times 10^8$	490 (48)	En área neta originándose en el lado del agujero.
2.4 Metal Base en el área neta de cabezas de barras o placas de pasador.	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	En área neta originándose en el lado del agujero.
<b>Sección 3. Uniones soldadas que unen componentes de perfiles soldados</b>				
3.1 Metal Base y metal de soldadura en miembros sin piezas unidas de placas o perfiles conectados por soldaduras longitudinales de penetración completa, rebajadas y soldadas nuevamente desde el segundo lado, o por soldaduras de filete continuas.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Desde la superficie o discontinuidades internas en la soldadura alejada del extremo de soldadura.
3.2 Metal Base y metal de soldadura en miembros sin piezas unidas de placas o perfiles conectados por soldaduras longitudinales de penetración completa sin remoción de las barras de soporte, o por soldadura de filete de penetración parcial.	B'	$61 \times 10^8$	843 (83)	Desde la superficie o discontinuidades internas en la soldadura, incluyendo soldadura que une barras de soporte.
3.3 Metal base y terminación de metal de soldadura de soldaduras longitudinales en agujeros de acceso para soldadura en miembros armados conectados.	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	Desde la terminación de la soldadura hacia dentro del alma o ala.

(continúa)

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 2. Material conectado en uniones sujetas mecánicamente

2.3



Con placa removida

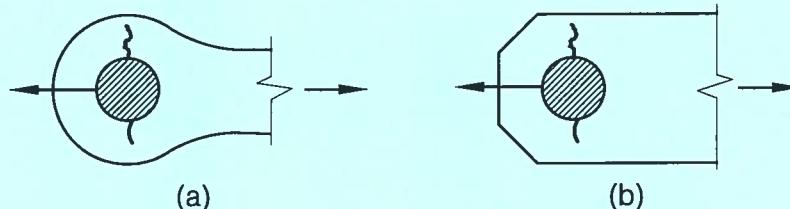
(a)

(b)

(c)

NOTA: Las figuras son para pernos de apriete ajustado, remaches u otros conectores mecánicos.

2.4

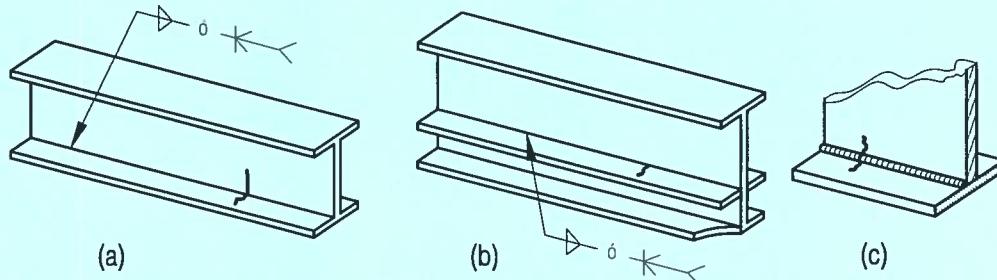


(a)

(b)

Sección 3. Uniones soldadas que unen componentes de perfiles soldados

3.1

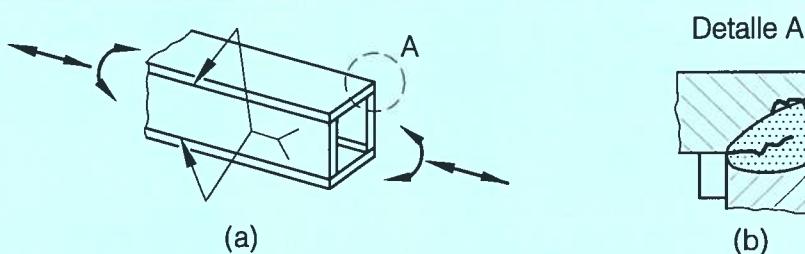


(a)

(b)

(c)

3.2



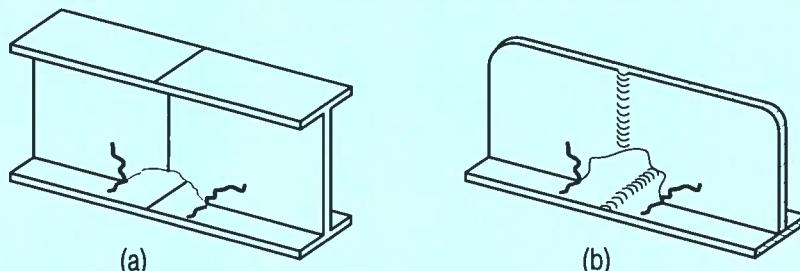
(a)

Detalle A



(b)

3.3



(a)

(b)

(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

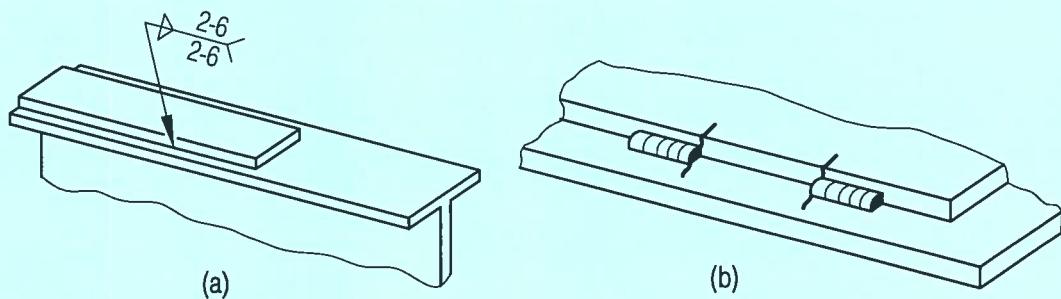
Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 3. Uniones soldadas que unen componentes de perfiles soldados</b>				
3.4 Metal base en extremos de segmentos longitudinales intermitentes de soldadura de filete.	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	En el material conectado los lugares de inicio y fin de cualquier depósito de soldadura.
3.5 Metal base en extremos de planchas de cubierta con soldadura de longitud parcial más estrechas que el ala con extremos cuadrados o afilados, con o sin soldaduras cruzando los extremos de las placas de cubierta más anchas que el ala con soldaduras cruzando los extremos.	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	En el ala al pie de la soldadura de extremo o en el ala al término de soldadura longitudinal o en el borde del ala con planchas de cubierta anchas.
espesor del ala ( $t_f$ ) ≤ 0,8 in (20 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
espesor del ala ( $t_f$ ) > 0,8 in (20 mm)	E'	$3,9 \times 10^8$	183 (18)	
3.6 Metal base en extremos de placas con cubierta con soldadura de longitud parcial más anchas que el ala sin soldaduras cruzando los extremos.	E'	$3,9 \times 10^8$	183 (18)	En el borde el ala en el extremo de la soldadura de placa de cubierta.
<b>Sección 4. Conexiones de extremo con soldadura longitudinal de filete</b>				
4.1 Metal base en empalme de miembros cargados axialmente con conexiones de extremo soldadas longitudinalmente. Las soldaduras deben ser en cada lado del eje del miembro para balancear las tensiones en la soldadura.	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	Iniciándose desde el extremo de cualquier terminación de soldadura extendiéndose hacia el metal base.
$t \leq 0,5$ in (12 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
$t > 0,5$ in (12 mm)	E'	$3,9 \times 10^8$	183 (18)	

(continúa)

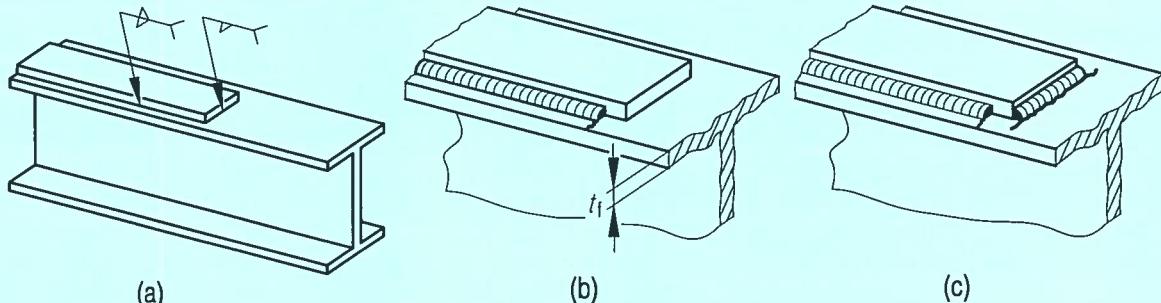
Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 3. Uniones soldadas que unen componentes de perfiles soldados

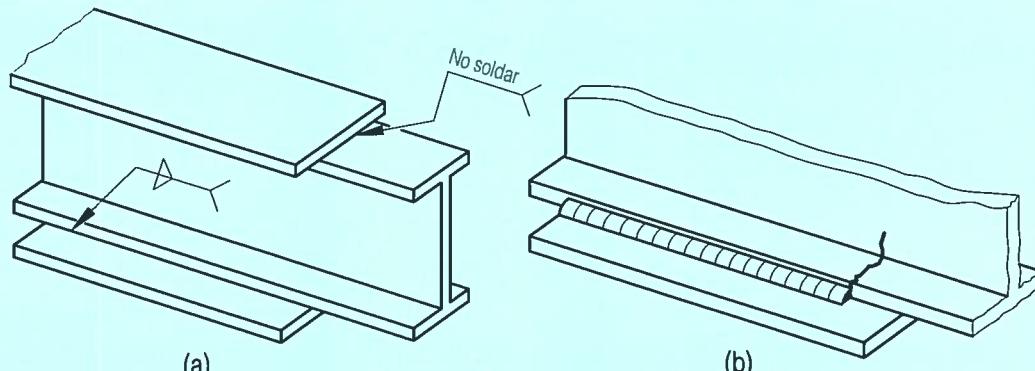
3.4



3.5

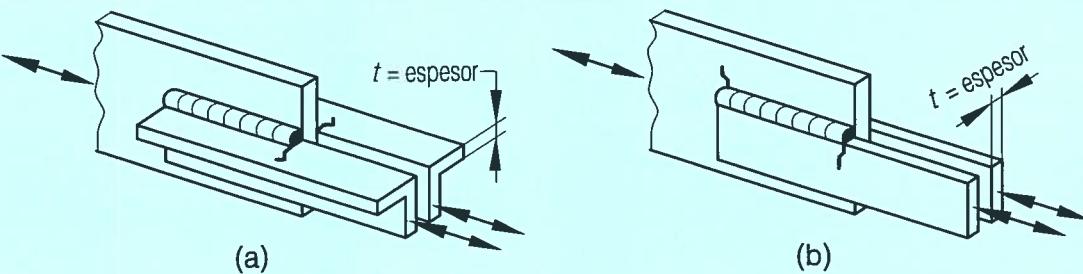


3.6



Sección 4. Conexiones de extremo con soldadura longitudinal de filete

4.1



(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 5. Uniones soldadas transversalmente a la dirección de tensionaes</b>				
5.1 Metal Base y metal de soldadura en o adyacente a empalmes con soldadura de penetración completa en secciones transversales laminadas o soldadas con soldaduras esmeriladas esencialmente paralelo a la dirección de la tensión, y con una solidez establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requerimientos de Secciones 6.12 o 6.13 de AWS D.1.1/D1.1M.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Desde discontinuidades internas en metal de relleno o a lo largo del límite de fusión.
$F_y < 6\ 330\ kgf/cm^2\ (620\ MPa)$	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Desde discontinuidades en metal de relleno o a lo largo del límite de fusión o al inicio de la transición cuando $F_y \geq 6\ 330\ kgf/cm^2\ (620\ MPa)$
$F_y \geq 6\ 330\ kgf/cm^2\ (620\ MPa)$	B'	$61 \times 10^8$	843 (83)	
5.3 Metal base con $F_y$ mayor o igual que $6\ 330\ kgf/cm^2\ (620\ MPa)$ y metal de soldadura en o adyacente a empalmes con soldadura de penetración completa con soldaduras esmeriladas esencialmente paralelo a la dirección de la tensión en transiciones en ancho hechas en un radio no menor que $2\ ft$ (600 mm) con el punto de tangencia en el extremo de la soldadura.	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Desde discontinuidades internas en metal de relleno o discontinuidades a lo largo del límite de fusión.
5.4 Metal base y metal de soldadura en o adyacente al pie de uniones T o esquina de penetración completa o empalmes, con o sin transiciones en espesor con razones no mayores que 8 a 20%, cuando el refuerzo de soldadura no es removido.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Desde la discontinuidad superficial al pie de soldadura extendiéndose hacia el metal base o a lo largo del límite de fusión.

(continúa)

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

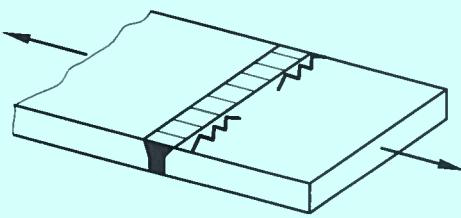
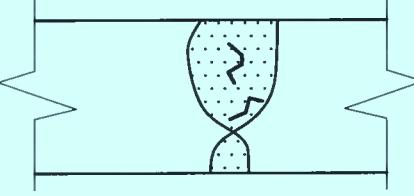
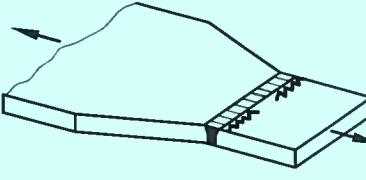
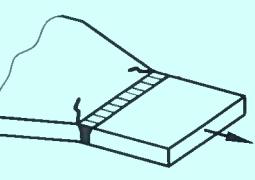
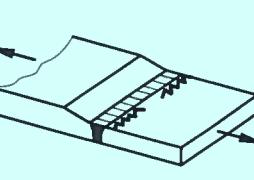
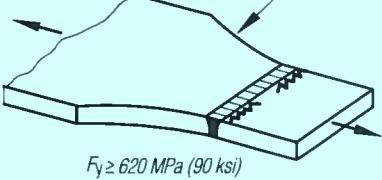
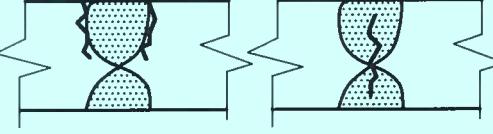
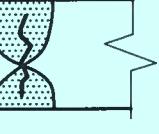
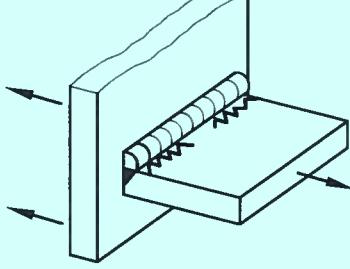
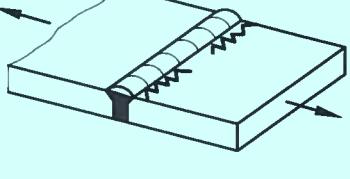
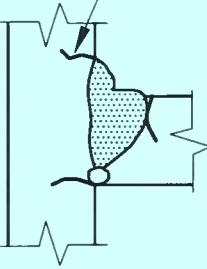
Sección 5. Uniones soldadas transversalmente a la dirección de tensiones			
5.1	(a) 	(b) 	
5.2	(a) 	(b) 	(c) 
		$F_y \geq 620 \text{ MPa (90 ksi)}$ Cat. B'	(d) 
5.3	(a) 	(b) 	(c) 
		$R \geq 2' - 0'' (600 \text{ mm})$ $F_y \geq 620 \text{ MPa (90 ksi)}$ Cat. B'	
5.4	(a) 	(b) 	(c) 
			(d) 
(continúa)			

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

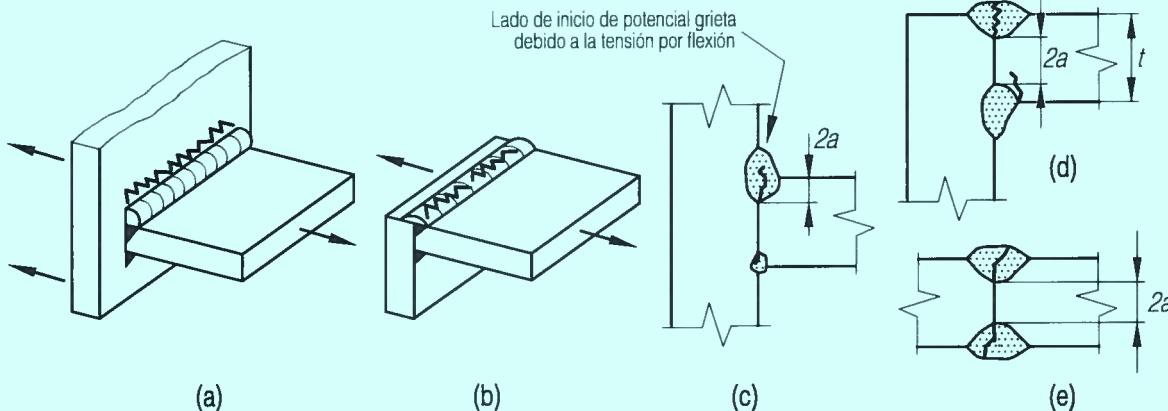
Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 5. Uniones soldadas transversalmente a la dirección de tensiones</b>				
5.5 Metal base y metal de soldadura en conexiones transversales de extremos de elementos tipo plancha cargados en tracción usando uniones de tope de penetración parcial T o de esquina, con filetes de refuerzo o contorno, $F_{SM}$ debe ser el menor entre el rango de tensión del agrietamiento de pie tope o el agrietamiento de raíz.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Iniciándose de discontinuidad geométrica al pie de soldadura extendiéndose hacia el metal base o, iniciándose en la raíz de soldadura solicitada a tracción extendiéndose hacia arriba y luego hacia afuera a través de la soldadura.
Grieta iniciándose desde pie de soldadura.	C'	Ecuación A-3-4M	N/A	
Grieta iniciándose desde raíz de soldadura				
5.6 Metal Base y metal de relleno en conexiones transversales de extremo de elementos tipo placa cargados en tracción usando un par de soldaduras de filete en lados opuestos de la plancha. $F_{SM}$ debe ser el menor entre el rango de tensión del agrietamiento de pie tope o del agrietamiento de raíz.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Iniciándose desde discontinuidad geométrica al pie de soldadura extendiéndose hacia el metal base o, iniciándose en la raíz de soldadura solicitada a tracción extendiéndose hacia arriba de la soldadura.
Grieta iniciándose desde pie de soldadura	C''	Ecuación A-3-5M	N/A	
Grieta iniciándose desde raíz de soldadura				
5.7 Metal Base de elementos tipo placa cargados en tracción y en almas o alas de girders o vigas laminadas al pie de soldaduras transversales de filete adyacentes a atiesadores transversales soldados.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Desde discontinuidades geométricas al pie del filete extendiéndose hacia el metal base.

(continúa)

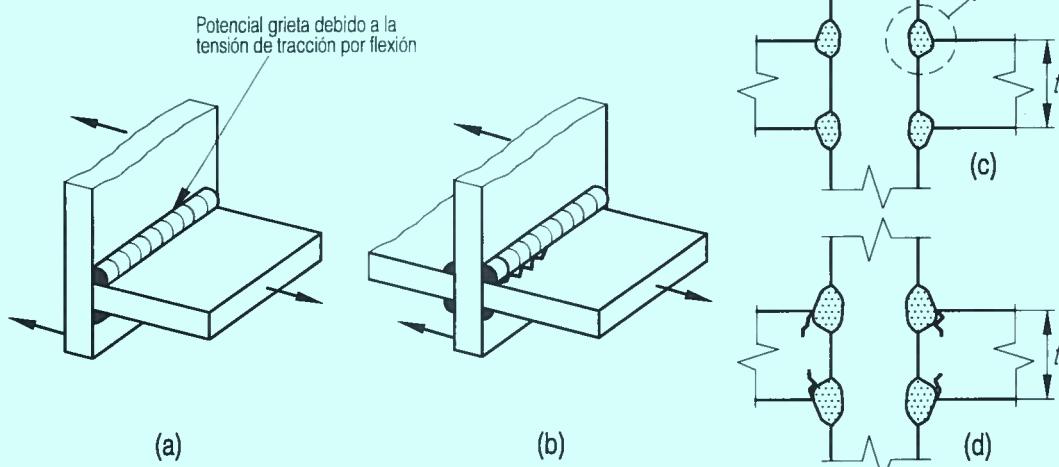
Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 5. Uniones soldadas transversalmente a la dirección de tensiones

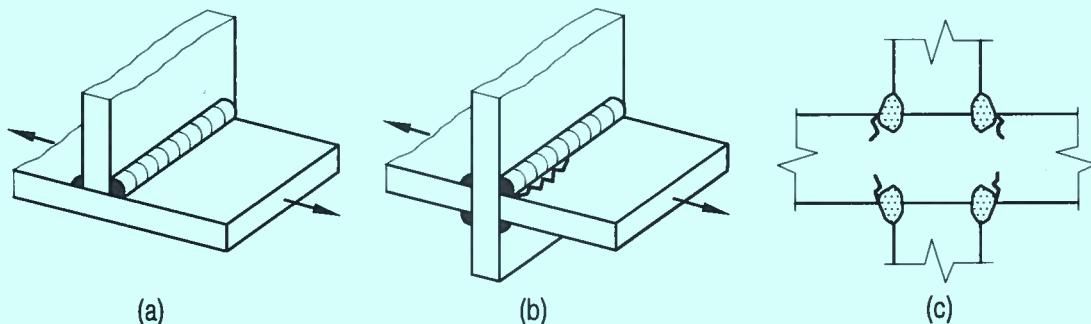
5.5



5.6



5.7



(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

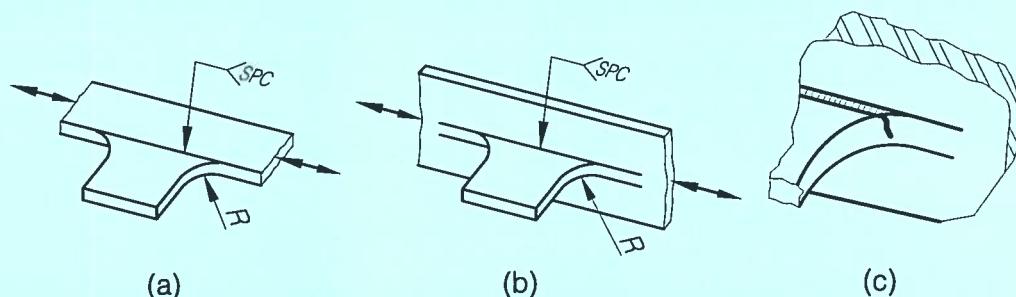
Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 6. Metal Base en conexiones soldadas de miembros transversales</b>				
6.1 Metal base en detalles conectados por soldaduras de penetración completa sujetos sólo a carga longitudinal cuando el detalle abarca un radio de transición, $R$ , con la terminación de soldadura esmerilada suave. $R \geq 24$ in (600 mm)	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Cercano al punto de tangencia del radio en el borde del miembro.
24 in > $R \geq 6$ in (600 mm > $R \geq 150$ mm)	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	
6 in > $R \geq 2$ in (150 mm > $R \geq 50$ mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	
2 in > $R$ (50 mm > $R$ )	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
6.2 Metal Base en detalles de igual espesor conectados por soldaduras de penetración completa sujetos a carga transversal con o sin carga longitudinal cuando el detalle abarca un radio de transición, $R$ , con la terminación de soldadura esmeriladas suave y con una solidez establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de Secciones 6.12 o 6.13 de AWS D1.1/D1.1M: Cuando el refuerzo para soldadura es removido: $R \geq 24$ in (600 mm)	B	$120 \times 10^8$	1 125 (110)	Cerca de los puntos de tangencia del radio o en la soldadura en el límite de fusión o miembro o pieza unida.
24 in > $R \geq 6$ in (600 mm > $R \geq 150$ mm)	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	
6 in > $R \geq 2$ in (150 mm > $R \geq 50$ mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	
2 in > $R$ (50 mm > $R$ )	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
Cuando el refuerzo para soldadura es removido: $R \geq 24$ in (600 mm)	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Al pie de soldadura ya sea a lo largo del borde o miembro o pieza unida.
24 in > $R \geq 6$ in (600 mm > $R \geq 150$ mm)	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	
6 in > $R \geq 2$ in (150 mm > $R \geq 50$ mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	
2 in > $R$ (50 mm > $R$ )	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	

(continúa)

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 6. Metal Base en conexiones soldadas de miembros transversales

6.1



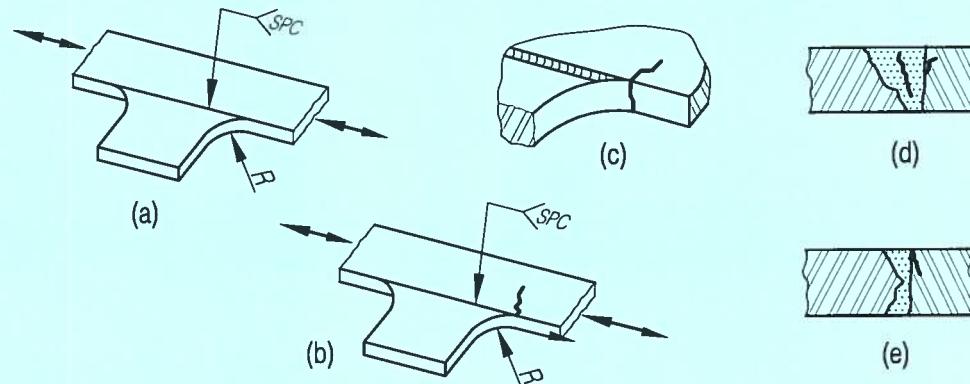
(a)

(b)

(c)

SPC: Soldadura de penetración completa

6.2



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

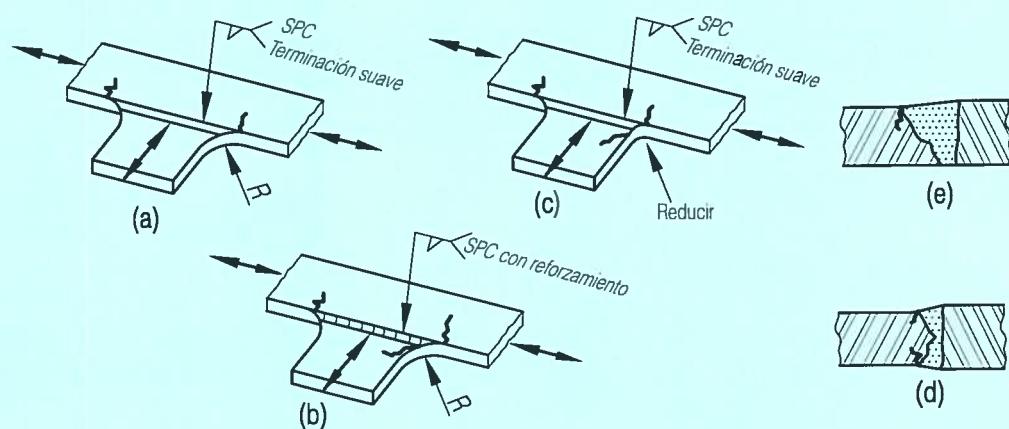
Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 6. Metal Base en conexiones soldadas de miembros transversales</b>				
6.3 Metal Base en detalles de distinto espesor conectados por soldaduras de penetración completa sujetos a carga transversal con o sin carga longitudinal cuando el detalle abarca un radio de transición, $R$ , con la terminación de soldadura esmerilada suave y con una solidez establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de Secciones 6.12 o 6.13 de AWS D1.1/D1.1M:  - Cuando el refuerzo de soldadura es removido:  $R > 2$ in (50 mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	Al pie de soldadura o a lo largo del borde del material más delgado en la terminación de soldadura en el radio pequeño.
$R \leq 2$ in (50 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	Al pie de soldadura a lo largo del borde del material más delgado.
Cuando el refuerzo para soldadura es removido: Cualquier radio	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	Al pie de soldadura a lo largo del borde del material más delgado.
6.4 Metal Base sujeto a tensión longitudinal en miembros transversales, con o sin tensión transversal, conectados por soldaduras de filete o penetración parcial paralela a la dirección de la tensión cuando el detalle abarca un radio de transición, $R$ , con la terminación de soldadura esmerilada suave:  $R > 2$ in (50 mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	Inicio en el metal base de la terminación de la soldadura extendiéndose en dirección al metal base.
$R \leq 2$ in (50 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	

(continúa)

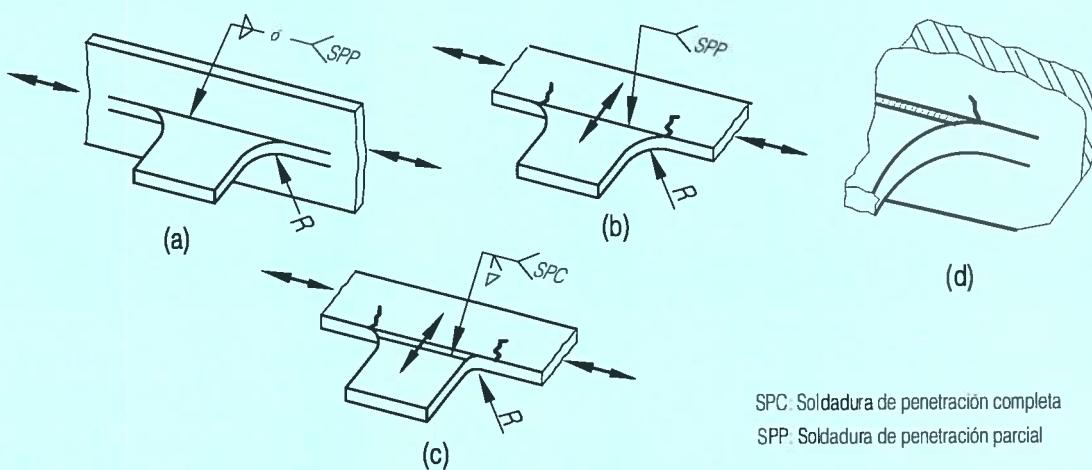
Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 6. Metal Base en conexiones soldadas de miembros transversales

6.3



6.4



SPC: Soldadura de penetración completa  
SPP: Soldadura de penetración parcial

(continúa)

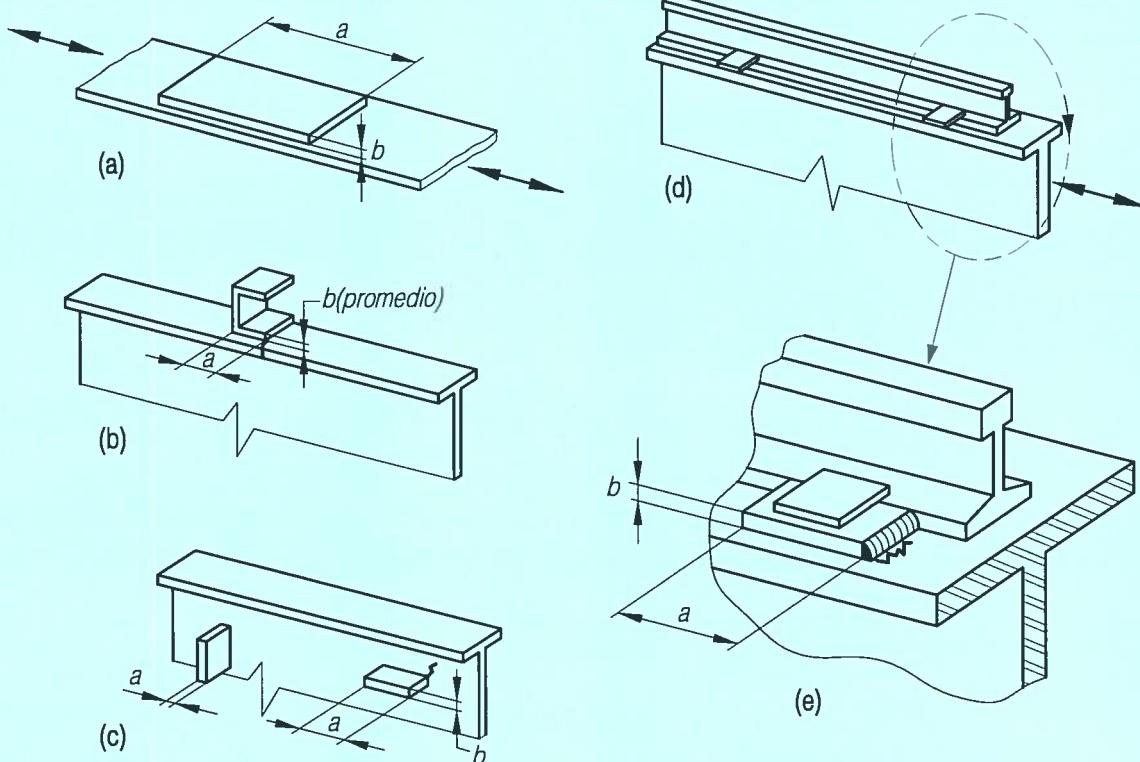
**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 7. Metal Base en insertos cortos</b>				
7.1 Metal Base sujeto a carga longitudinal en detalles conectados por soldaduras de filete paralelas o transversales a la dirección de la tensión donde el detalle no abarca un radio de transición y con la longitud del detalle en dirección de la tensión, $a$ , y altura normal a la superficie del miembro, $b$ :				Inicio en el metal base de la terminación de la soldadura o en pie de la soldadura extendiéndose en dirección al metal base.
$a < 2$ in (50 mm)	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	
$2$ in (50 mm) $\leq a \leq$ menor entre $12b$ y $4$ in (100 mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	
$a > 4$ in (100 mm) cuando $b > 0,8$ in (20 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
$a >$ menor entre $12b$ y $4$ in (100 mm) cuando $b \leq 0,8$ in (20 mm)	E	$3,9 \times 10^8$	182 (18)	
7.2 Metal Base sujeto a carga longitudinal en detalles conectados por soldaduras de filete o de penetración parcial, con o sin carga transversa en el detalle, cuando el detalle abarca un radio de transición, $R$ , con la terminación de soldadura esmerilada suave:				En la terminación de soldadura extendiéndose hacia el miembro.
$R > 2$ in (50 mm)	D	$22 \times 10^8$	492 (48)	
$R \leq 2$ in (50 mm)	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	
<p>"Pieza unida" como es usado aquí, se define como cualquier detalle de acero soldado a un miembro el cual, por su sola presencia e independiente de su carga, produce una discontinuidad en el flujo de tensión en el miembro y por lo tanto reduce la resistencia a fatiga.</p>				

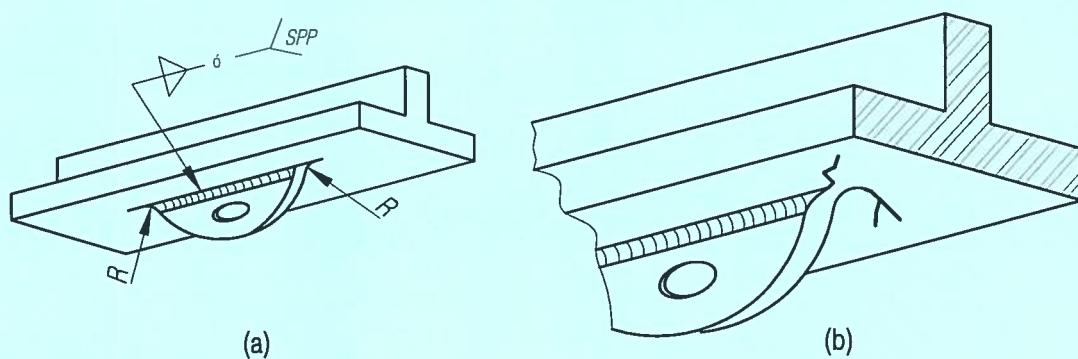
Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)

Sección 7. Metal Base en insertos cortos

7.1



7.2



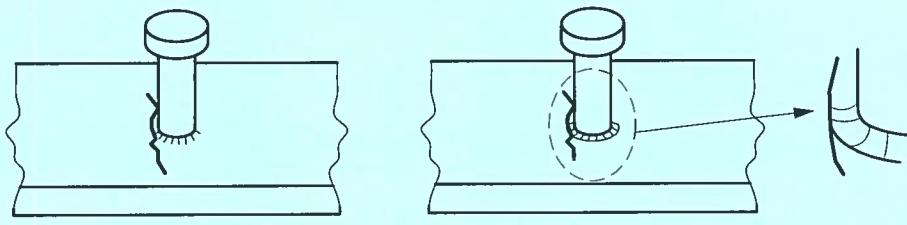
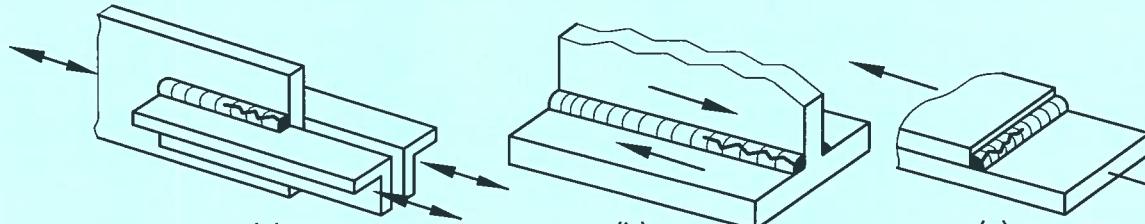
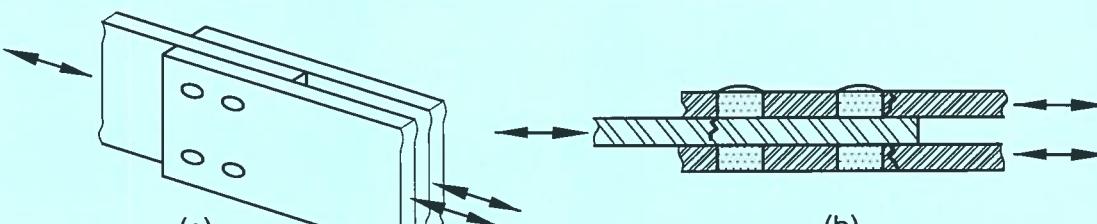
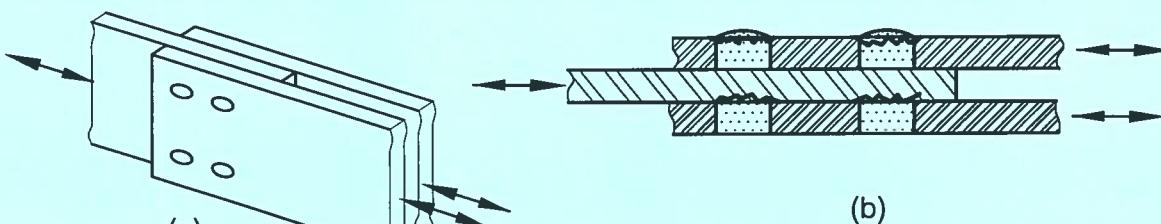
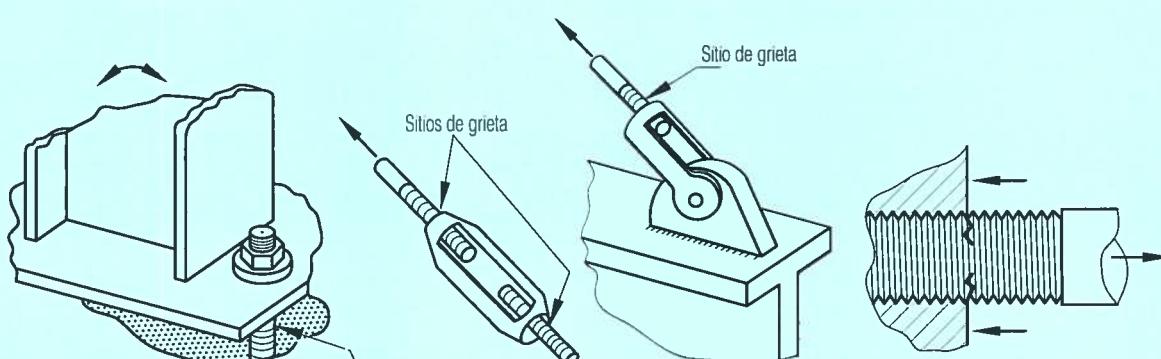
(continúa)

**Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (continuación)**

Descripción	Categoría de tensión	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Punto de potencial inicio de fractura
<b>Sección 8. Uniones varias</b>				
8.1 Metal Base en conectores de corte conectados por soldadura de filete o automática.	C	$44 \times 10^8$	702 (69)	Al pie de la soldadura en el metal base.
8.2 Corte en garganta de soldaduras de filete continuas o intermitentes longitudinales o transversales.	F	$150 \times 10^8$ Ecuación A-3-2M	562 (55)	Inicio en la raíz de la soldadura de filete, y se extiende en la soldadura.
8.3 Metal base en soldaduras de tapón o de ranura.	E	$11 \times 10^8$	316 (31)	En el extremo de la soldadura en el metal base.
8.4 Corte en soldaduras de tapón o ranura.	F	$150 \times 10^8$ Ecuación A-3-2M	562 (55)	Inicio en la soldadura en la superficie de contacto, extendiéndose en la soldadura.
8.5 Pernos de alta resistencia de apriete ajustado, pernos comunes, barras de anclaje con hilo y ganchos con corte, hilos esmerilados o limpiados. Rango de tensión en el área de tensión de tracción debido a carga viva más acción de palanca cuando corresponda.	G	$39 \times 10^8$	492 (48)	Inicio de la soldadura en el metal base en el extremo de la soldadura de tapón o de ranura, extendiéndose en el metal base.

(continúa)

Tabla A-3.1 – Parámetros de diseño por fatiga (conclusión)

Sección 8. Uniones varias		
8.1		(a) (b)
8.2		(a) (b) (c)
8.3		(a) (b)
8.4		(a) (b)
8.5		(a) (b) (c) (d)

## Anexo 4

### Referencias transitorias

En tanto no se publique NCh427/2, la cual cubre el diseño estructural de elementos de acero conformados en frío, se debe utilizar en su reemplazo el documento ANSI/AISI S100-2012 North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.

En tanto no se actualice NCh428:1957, se debe utilizar en su reemplazo el documento AISC 303-10 Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges.

NCh427/1:2016

## Anexo 5

### Evaluación de estructuras existentes

Este anexo se aplica a la evaluación de la resistencia y la *rigidez* bajo *cargas* estáticas verticales (gravedad) de estructuras existentes por *análisis estructural*, por ensayos de carga, o por una combinación de *análisis estructural* y ensayos de *carga* cuando los especifique el ingeniero responsable. Para dicha evaluación, los grados del acero no se limitan a aquellos que se enumeran en la Sección A3.1. Este anexo no trata ensayos de *carga* para los efectos de *cargas sísmicas* o *cargas en movimiento* (vibraciones).

El anexo se organiza como sigue:

- 5.1 Disposiciones generales
- 5.2 Propiedades de los materiales
- 5.3 Evaluación por análisis estructural
- 5.4 Evaluación por ensayos de carga
- 5.5 Informe de evaluación

#### 5.1 Disposiciones generales

Estas disposiciones deben ser aplicables cuando se especifica la evaluación de un edificio de acero existente para (a) verificación de un grupo específico de cargas de diseño o (b) determinación de la *resistencia disponible* de un miembro o sistema resistente a *carga*. La evaluación se debe desarrollar mediante *análisis estructural* (Sección 5.3), ensayos de *carga* (Sección 5.4), o una combinación de *análisis estructural* y ensayos de *carga*, según se especifique en los documentos de contrato. En aquellos casos que se utilicen ensayos de *carga*, el *ingeniero estructural responsable de la obra* debe analizar primero la estructura, preparar el plan de ensayos, y desarrollar un procedimiento escrito para prevenir deformación permanente excesiva o el colapso catastrófico durante el ensayo.

#### 5.2 Propiedades de los materiales

##### 1. Determinación de los ensayos requeridos

El *ingeniero estructural responsable de la obra* debe determinar los ensayos específicos que se requieren, de acuerdo con la Sección 5.2.2 a la 5.2.6 y especificar los lugares donde son requeridos. Se permite el uso de registros de proyecto aplicables, si estos están disponibles, para reducir o eliminar la necesidad de ensayos.

## 2. Propiedades de tracción

Las propiedades de tracción de los miembros deben considerarse tanto en la evaluación por *análisis estructural* (Sección 5.3) como por ensayos de *carga* (Sección 5.4). Tales propiedades deben incluir la tensión de *fluencia*, *resistencia a la tracción* y la *elongación porcentual*. Se pueden usar para este propósito, cuando estén disponibles, informes de ensayos de la acería o informes certificados de ensayos hechos por el fabricante o un laboratorio de ensayos de acuerdo con ASTM A6/A6M o A568/A568M, según corresponda. De lo contrario, deben hacerse ensayos a tracción de acuerdo con ASTM A370 de muestras cortadas de componentes de la estructura.

## 3. Composición química

Cuando es necesario usar soldadura para reparar o modificar estructuras existentes, se debe determinar la composición química del acero para usarse en la preparación de una especificación de procedimiento de soldadura (WPS). Pueden ser usados para este propósito, si se encuentren disponibles, informes de ensayos de acería o informes certificados de ensayos hechos por el fabricante o un laboratorio de ensayos de acuerdo con los procedimientos ASTM. De lo contrario deben desarrollarse análisis de acuerdo con ASTM A751 de las muestras usadas para determinar las propiedades de tracción, o de muestras tomadas de los mismos lugares.

## 4. Tenacidad del metal base

Cuando los empalmes de tracción soldados en secciones pesadas y placas como se define en la Sección A3.1d son críticos para el desempeño de la estructura, se debe determinar la *tenacidad mediante un ensayo de muesca en V de Charpy* de acuerdo con las disposiciones de la Sección A3.1d. Si la tenacidad así determinada no cumple las disposiciones de la Sección A3.1d, el *ingeniero estructural responsable de la obra* debe determinar si son necesarias acciones correctivas.

## 5. Metal de soldadura

Cuando el desempeño estructural depende de las conexiones soldadas existentes, se deben obtener muestras representativas del *metal de soldadura*. Se deberá hacer un análisis químico y ensayos mecánicos para caracterizar el metal de soldadura y determinar la magnitud y consecuencias de las imperfecciones. Si no se cumplen los requisitos de AWS D1.1, el *ingeniero estructural responsable de la obra* debe determinar si son necesarias acciones correctivas.

## 6. Pernos y remaches

Se deben inspeccionar muestras representativas de pernos para determinar marcas y clasificaciones. Cuando los pernos no pueden ser identificados visualmente de manera adecuada, muestras representativas deben ser retiradas y ensayadas para determinar la *resistencia a la tracción* de acuerdo con ASTM F606 o ASTM F606M y de acuerdo con eso clasificar el perno. De forma alternativa, se permite la suposición de que los pernos son ASTM A307. Los remaches deben suponerse ASTM A502, Grado 1, a menos que un mayor grado esté establecido por medio de documentación y ensayos.

NCh427/1:2016

## 5.3 Evaluación mediante análisis estructural

### 1. Datos geométricos

Todas las dimensiones usadas en la evaluación, tales como luces, alturas de *columnas*, espaciamiento entre miembros, ubicación de los arriostramientos, dimensiones de las secciones transversales, espesores y detalles de *conexión*, deben ser determinadas de una inspección en terreno. Alternativamente, cuando se encuentren disponibles, se permite determinar tales dimensiones de los planos de diseño de proyecto o de taller con verificación en terreno de los valores críticos.

### 2. Evaluación de resistencia

Se deben determinar mediante un análisis estructural válido para el tipo de estructura evaluada, las *solicitudes (efectos de las cargas)* en miembros y conexiones. Los efectos de las cargas se deben determinar para *cargas estáticas verticales (gravitacionales)* y *combinaciones de cargas mayoradas* estipuladas en la Sección B2.

La *resistencia disponible* en miembros y conexiones debe determinarse de las disposiciones aplicables de los Capítulos B a K de esta norma.

### 3. Evaluación de servicio

Cuando se requiera, se deben calcular e informar las deformaciones bajo las cargas de servicio.

## 5.4 Evaluación mediante ensayos de carga

### 1. Determinación de la intensidad de las cargas mediante ensayos

Para determinar la carga máxima que tolera una estructura de piso o techo existente mediante ensayos, debe realizarse un ensayo de carga incremental, de acuerdo con la planificación del *ingeniero estructural responsable de la obra*. La estructura debe inspeccionarse visualmente en busca de señales de peligro o falla inminente para cada nivel de carga. Deben tomarse las medidas adecuadas en estas o cualquier condición inusual que se detecte.

La resistencia ensayada de la estructura se debe tomar como la máxima carga de ensayo aplicada más la carga muerta *in situ*. La intensidad de carga viva de una estructura de piso se debe determinar de igualar la resistencia ensayada a  $1,2 D + 1,6 L$ , donde  $D$  es la carga muerta nominal y  $L$  es la intensidad nominal de carga viva para la estructura. La intensidad nominal de carga viva para la estructura no debe exceder aquella que puede ser calculada usando las disposiciones correspondientes de la norma. Para estructuras de techo,  $L$ ,  $S$  o  $R$  como se definen SEI/ASCE7, deben sustituirse por  $L$ . Se pueden usar *Combinaciones de cargas* más severas cuando así lo requiera el *código de edificación aplicable*.

Una vez alcanzado la intensidad de *carga de servicio* y luego identificar el inicio del comportamiento estructural inelástico para documentar la cantidad y magnitud de las deformaciones inelásticas, debe considerarse una descarga periódica. Las deformaciones de la estructura, tales como las que ocurren en miembros, deben monitorearse en los puntos críticos durante el ensayo, y referirse a la posición inicial antes de carga. Se debe demostrar, manteniendo la carga de ensayo por una hora, que la deformación no aumenta más de un 10% de la inicial. Se permite, si es necesario, repetir la secuencia para demostrar cumplimiento.

Las deformaciones de la estructura deben también ser registradas 24 h después de la remoción de la carga de ensayo para determinar la deformación remanente. Dado que la cantidad aceptable de deformación remanente depende de la estructura en cuestión, no se especifica un límite para la deformación remanente bajo carga máxima. Donde no sea posible ensayar la estructura completa, debe seleccionarse un segmento o zona, representativo de las condiciones más críticas, no menor a un módulo completo.

## 2. Evaluación de la serviciabilidad

Cuando se recomiendan ensayos de carga, la estructura debe cargarse incrementalmente hasta la intensidad de carga de servicio. Las deformaciones deben monitorearse por un lapso de una hora. Luego se debe descargar la estructura y registrar la deformación.

### 5.5 Informe de evaluación

Una vez completada la evaluación de una estructura existente, el *ingeniero estructural responsable de la obra* debe preparar un informe documentando la evaluación. El informe debe indicar si la evaluación fue desarrollada mediante *análisis estructural*, ensayo de *carga* o una combinación de análisis estructural y ensayo de carga. Además, cuando se llevan a cabo ensayos, el informe debe incluir la carga y las combinaciones de cargas usadas y las relaciones carga-deformación y tiempo-deformación observados. Toda información relevante obtenida de planos de diseño, informes de ensayos, y ensayo auxiliar de materiales deberán también informarse. Finalmente, el informe debe indicar si la estructura, incluyendo todos los miembros y *conexiones*, es adecuada para soportar los *efectos de las cargas*.

NCh427/1:2016

## Anexo 6

### Arriostramiento para la estabilidad de columnas y vigas

Este anexo entrega la resistencia y *rigidez* mínimas necesarias para proporcionar un punto de arriostramiento en una columna, viga o viga-columna.

Este anexo está organizado como sigue:

- 6.1 Disposiciones generales
- 6.2 Arriostramiento en columnas
- 6.3 Arriostramiento en vigas
- 6.4 Arriostramiento en viga-columnas

**NOTA** Los requisitos para la estabilidad de sistemas de marcos arriostrados se entregan en Capítulo C. Las disposiciones de este anexo se aplican a arriostramiento que buscan estabilizar columnas individuales, vigas y viga-columnas.

#### 6.1 Disposiciones generales

Columnas con puntos de arriostramiento extremo e intermedios diseñados para satisfacer los requerimientos de la Sección 6.2, pueden ser diseñadas basadas en una longitud no arriostrada,  $L$ , entre los puntos arriostrados con un *factor de longitud efectiva*,  $K = 1,0$ . Las vigas con puntos de arriostramiento intermedios, diseñadas para satisfacer los requerimientos de la Sección 6.3 pueden ser diseñadas basadas en la longitud no arriostrada,  $L_b$ , entre los puntos arriostrados.

Cuando el arriostramiento es perpendicular a los miembros a ser arriostrados, las ecuaciones en las Secciones 6.2 y 6.3 deben ser empleadas directamente. Cuando el arriostramiento es orientado en un ángulo respecto al miembro a ser arriostrado, estas ecuaciones deben ser ajustadas para el ángulo de inclinación. La evaluación de la rigidez alcanzada por el arriostramiento debe incluir sus propiedades geométricas y del miembro, así como los efectos de las conexiones y los detalles del anclaje.

**NOTA** En este Anexo, son tratados los sistemas de arriostramiento relativo y nodal para columnas y para vigas con *ariostramiento lateral*. Para vigas con *ariostramiento torsional*, son tratados los sistemas de arriostramiento nodal y continuo.

Un arriostramiento relativo controla el movimiento del punto arriostrado con respecto a puntos arriostrados adyacentes. Un arriostramiento nodal controla el movimiento en el punto arriostrado sin interacción directa con los puntos arriostrados adyacentes. Un sistema de arriostramiento continuo consiste de arriostramientos que son adjuntos a la longitud completa del miembro, sin embargo, sistemas de arriostramiento nodal con un espaciamiento regular pueden ser también modelados como un arriostramiento continuo.

La *resistencia disponible* y la rigidez de los miembros arriostrados y sus conexiones deben ser mayores o iguales que la resistencia y rigidez requeridas, respectivamente, a menos que el análisis indique que se justifican valores menores. En vez de los requisitos de este anexo, se permite hacer un *análisis de segundo orden* que incluya la desalineación inicial del miembro para obtener los requerimientos de resistencia y rigidez de los arriostramientos.

## 6.2 Arriostramiento en columnas

Se permite arriostrar una *columna* individual en los puntos extremos e intermedios a lo largo de su longitud tanto por sistemas de arriostramiento relativo y nodal.

### 1. Arriostramiento relativo

La resistencia requerida del arriostramiento es:

$$P_{rb} = 0,004 P_r \quad (\text{A-6-1})$$

La *rígidez* requerida del arriostramiento es:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left( \frac{2P_r}{L_b} \right) \quad (\text{LRFD}) \quad \beta_{br} = \Omega \left( \frac{2P_r}{L_b} \right) \quad (\text{ASD}) \quad (\text{A-6-2})$$

con:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \Omega = 2,00 \quad (\text{ASD})$$

$L_b$  = distancia entre arriostramientos, mm.

#### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD)

$P_r$  = resistencia axial de compresión requerida usando las combinaciones de cargas LRFD, N.

#### Para diseño de acuerdo a la Sección B3.4 (ASD)

$P_r$  = resistencia axial de compresión requerida usando combinaciones de carga ASD, N.

### 2. Arriostramiento Nodal

La resistencia requerida de los arriostramientos es:

$$P_{rb} = 0,01 P_r \quad (\text{A-6-3})$$

La *rígidez* requerida de los arriostramientos es:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left( \frac{8P_r}{L_b} \right) \quad (\text{LRFD}) \quad \beta_{br} = \Omega \left( \frac{8P_r}{L_b} \right) \quad (\text{ASD}) \quad (\text{A-6-4})$$

NOTA Estas ecuaciones corresponden a la suposición de que los arriostramientos nodales están igualmente espaciados a lo largo de la columna.

con:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \Omega = 2,00 \quad (\text{ASD})$$

#### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD)

$P_r$  = resistencia axial de compresión requerida usando las combinaciones de cargas LRFD, N.

NCh427/1:2016

### Para diseño de acuerdo a la Sección B3.4 (ASD)

$P_r$  = resistencia axial de compresión requerida usando *combinaciones de carga ASD, N.*

En Ecuación A-6-4,  $L_b$  no necesita ser tomada menor que la máxima longitud efectiva  $KL$ , permitida para la columna basada en su resistencia requerida,  $P_r$ .

## 6.3 Arriostramiento en vigas

En los puntos de apoyo para vigas y enrejados, debe proveerse restricción a la rotación en torno a su eje longitudinal. Cuando en el diseño se supone un punto de arriostramiento entre los puntos de apoyo, como arriostramiento lateral, arriostramiento torsional o una combinación de ambos, deben ser dispuestos para prevenir el desplazamiento relativo entre las alas superior e inferior, (en otras palabras, el giro de la sección). En miembros solicitados por flexión en doble curvatura, el punto de inflexión no debe considerarse un punto de arriostramiento, a menos que se haya proporcionado arriostramiento en dicha ubicación.

### 1. Arriostramiento lateral

El *arriostramiento lateral* debe conectarse en o cerca del ala en compresión, excepto lo siguiente:

- 1) Para el extremo libre de una viga en voladizo, el arriostramiento lateral debe conectarse cerca del ala superior (tracción).
- 2) En el caso de vigas solicitadas por flexión en doble curvatura a lo largo de la longitud a ser arriostrada, el arriostramiento lateral debe conectarse a ambas alas en el punto de arriostramiento más cercano al punto de inflexión.

#### 1a Arriostramiento relativo

La resistencia requerida del arriostramiento es:

$$P_{rb} = 0,008 M_r C_d / h_o \quad (\text{A-6-5})$$

La *rigidez* requerida del arriostramiento es:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left( \frac{4M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{LRFD}) \quad \beta_{br} = \Omega \left( \frac{4M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{ASD}) \quad (\text{A-6-6})$$

en que:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \Omega = 2,00 \quad (\text{ASD})$$

$C_d$  = 1,0 excepto en el siguiente caso;

= 2,0 se aplica al arriostramiento más cercano al punto de inflexión en una viga solicitada a flexión con doble curvatura;

$h_o$  = distancia entre los centroides de las alas, mm.

### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando combinaciones de carga LRFD, N-mm.

### Para diseño de acuerdo a la Sección B3.4 (ASD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando *combinaciones de carga ASD*, N-mm.

#### 1b Arriostramiento Nodal

La resistencia requerida del arriostramiento es:

$$P_{rb} = 0,02 M_r C_d / h_o \quad (\text{A-6-7})$$

La rigidez requerida del arriostramiento es:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi} \left( \frac{10M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{LRFD}) \quad \beta_{br} = \Omega \left( \frac{10M_r C_d}{L_b h_o} \right) \quad (\text{ASD}) \quad (\text{A-6-8})$$

con:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \Omega = 2,00 \quad (\text{ASD})$$

### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando combinaciones de carga LRFD, N-mm.

### Para diseño de acuerdo a la Sección B3.4 (ASD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando combinaciones de carga ASD, N-mm.

En Ecuación A-6-8,  $L_b$  no necesita ser menor que la máxima longitud arriostrada permitida para la viga basada en la resistencia requerida en flexión,  $M_r$ .

## 2. Arriostramiento torsional

Se permite dar arriostramiento torsional en cualquier ubicación de la sección transversal y éste no necesita estar unido cerca del ala en compresión.

NOTA El arriostramiento torsional puede ser proporcionado por una viga con conexión de momentos, en marco transversal, u otro elemento de diafragma.

#### 2a. Arriostramiento Nodal

El momento de arriostramiento requerido es:

$$M_{rb} = \frac{0,024M_r L}{nC_b L_b} \quad (\text{A-6-9})$$

La rigidez requerida del arriostramiento es:

$$\beta_{Tb} = \frac{\beta_T}{\left( 1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}} \right)} \quad (\text{A-6-10})$$

## NCh427/1:2016

en que:

$$\beta_T = \frac{1}{\phi} \left( \frac{2,4LM_r^2}{nEI_yC_b^2} \right) \quad (\text{LRFD}) \quad \beta_T = \Omega \left( \frac{2,4LM_r^2}{nEI_yC_b^2} \right) \quad (\text{ASD}) \quad (\text{A-6-11})$$

$$\beta_{sec} = \frac{3,3E}{h_o} \left( \frac{1,5h_0t_w^3}{12} + \frac{t_{st}b_s^3}{12} \right) \quad (\text{A-6-12})$$

con:

$$\phi = 0,75 \quad (\text{LRFD}); \quad \Omega = 3,00 \quad (\text{ASD})$$

NOTA  $\Omega = 1,5^2/\phi = 3,00$  en Ecuación A-6-11 porque el término de momento está al cuadrado.

$C_b$  = factor de modificación definido en Capítulo F;

$E$  = módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa;

$I_y$  = momento de inercia fuera del plano, mm<sup>4</sup>;

$L$  = longitud de la luz, mm;

$b_s$  = ancho del atiesador, para atiesadores de un lado (usar dos veces el ancho del atiesador individual para pares de atiesadores), mm;

$n$  = número de puntos arriostrados nodalmente dentro de la luz;

$t_w$  = espesor del alma de la viga, mm;

$t_{st}$  = espesor del atiesador del alma, mm;

$\beta_T$  = rigidez total del sistema de arriostramientos, N-mm/radian;

$\beta_{sec}$  = rigidez distorsional del alma, incluyendo el efecto de atiesadores transversales del alma, si los hay, N-mm/radian.

NOTA Si  $\beta_{sec} < \beta_T$ , la Ecuación A-6-10 es negativa, lo que indica que el arriostramiento torsional de la viga no será efectivo debido a que la rigidez distorsional del alma es inadecuada.

### Para diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando combinaciones de carga LRFD, N-mm.

### Para diseño de acuerdo a la Sección B3.4 (ASD)

$M_r$  = resistencia de flexión requerida usando combinaciones de carga ASD, N-mm.

Cuando se requiera, el atiesador del alma debe abarcar la altura total del miembro arriostrado y debe estar unido al ala si el arriostramiento torsional también está unido al ala. De manera alternativa, es aceptable dejar el atiesador a una distancia igual a 4  $t_w$  de cualquier ala de viga que no esté directamente unida al arriostramiento torsional.

En Ecuación A-6-9,  $L_b$  no necesita ser tomado menor que la máxima longitud sin arriostramiento permitida para la viga, basada en la resistencia requerida a flexión,  $M_r$ .

## 2b Arriostramiento continuo

Para arriostramientos continuos, las Ecuaciones A-6-9, y A-6-10 deben ser empleadas con las modificaciones siguientes:

- 1)  $L/n = 1,0$ ;
- 2)  $L_b$  debe ser tomado igual a la máxima longitud no arriostrada permitida para la viga basada en la resistencia requerida a flexión,  $M_r$ .
- 3) La rigidez distorsional del alma debe ser considerada como:

$$\beta_{sec} = \frac{3,3Et_w^3}{12h_o} \quad (\text{A-6-13})$$

## 6.4 Arriostramiento en viga-columnas

Para arriostramientos de viga-columnas, la resistencia y rigidez requeridas para la fuerza axial deben ser determinadas tal como se especifica en la Sección 6.2, y la resistencia y rigidez requeridas para flexión deben ser determinadas como es especificado en la Sección 6.3. Los valores así determinados deben ser una combinación de lo siguiente:

- a) Cuando es usado un arriostramiento lateral relativo, la resistencia requerida debe ser tomada como la suma de los valores determinados por Ecuaciones A-6-1 y A-6-5, y las rigideces requeridas deben ser tomadas como la suma de los valores determinados usando Ecuaciones A-6-2 y A-6-6.
- b) Cuando es empleado un arriostramiento lateral nodal, la resistencia requerida debe ser tomada como la suma de los valores determinados por Ecuaciones A-6-3 y A-6-7, y la rigidez requerida debe ser tomada como la suma de los valores calculados con Ecuaciones A-6-4 y A-6-8. En ecuaciones A-6-4 y A-6-8,  $L_b$  para viga-columnas debe ser tomado como la longitud no arriostrada real; las disposiciones en las Secciones 6.2.2 y 6.3.1b que señalan que  $L_b$  no necesita considerarse menor que la máxima longitud efectiva permitida basado en  $P_r$  y  $M_r$  no deben ser aplicadas.
- c) Cuando el arriostramiento torsional es proporcionado para flexión en combinación con arriostramiento relativo o nodal para fuerza axial, la resistencia y rigidez requeridas deben ser combinadas o distribuidas de manera que estas sean consistentes con la resistencia proporcionada por el elemento (los elementos) de los detalles de arriostramiento reales.

NCh427/1:2016

## Anexo 7

### Métodos alternativos de diseño por estabilidad

Este anexo presenta alternativas al método de análisis directo de diseño para estabilidad, definido en Capítulo C. Los dos métodos alternativos cubiertos son el método de *longitud efectiva* y el método de *análisis de primer orden*.

El anexo se organiza como sigue:

- 7.1 Requisitos generales de estabilidad
- 7.2 Método de la longitud efectiva
- 7.3 Método de análisis de primer orden

#### 7.1 Requisitos generales

Los requerimientos generales de la Sección C1 se deben aplicar. Como una alternativa al método de análisis directo (definido en las Secciones C1 y C2), está permitido el diseñar estructuras para estabilidad de acuerdo con ya sea el método de longitud efectiva, especificado en la Sección 7.2, o el método de análisis de primer orden, especificado en la Sección 7.3, sujeto a las limitaciones indicadas en aquellas Secciones.

#### 7.2 Método de la longitud efectiva

##### 1. Limitaciones

El uso del método de longitud efectiva debe estar limitado a las condiciones siguientes:

- 1) La estructura soporta las cargas gravitacionales primariamente a través de columnas, muros o pórticos nominalmente verticales.
- 2) La razón entre la deriva máxima de segundo orden y la deriva máxima de primer orden (ambas determinadas para combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD) en todos los pisos es menor o igual que 1,5.

NOTA La razón entre la deriva de segundo orden y la deriva de primer orden en un piso puede ser tomado como el amplificador  $B_2$ , calculado como se especifica en Anexo 8.

##### 2. Resistencias requeridas

La resistencia requerida de los componentes debe ser determinada a partir de un análisis conforme con los requerimientos de la Sección C2.1, excepto que la reducción de rigidez indicada en C2.3 no debe ser aplicada; la rigidez nominal de todos los componentes de acero estructural debe ser empleada. Las cargas ficticias deben ser aplicadas en el análisis de acuerdo con la Sección C2.2b.

NOTA Dado que la condición especificada en la Sección C2.2b (4) será satisfecha en todos los casos donde el método de longitud efectiva es aplicable, las cargas ficticias solo deben ser aplicadas en los casos de cargas exclusivamente gravitacionales.

### 3. Resistencias disponibles

La resistencia disponible de miembros y conexiones debe ser determinada de acuerdo con las disposiciones de los Capítulos D, E, F, G, H, I, J y K, según corresponda.

El factor de longitud efectiva,  $K$ , de miembros sujetos a compresión debe ser tomado como se especifica a continuación en (a) o (b), según corresponda.

- a) En sistemas de marcos arriostrados, sistemas de muros de corte, y otros sistemas estructurales donde la estabilidad lateral y la resistencia a las cargas laterales no recae en la rigidez a flexión de las columnas, el factor de longitud efectiva,  $K$ , de miembros sujetos a compresión debe ser tomado como 1,0, a menos que un análisis racional indique que un valor menor sea apropiado.
- b) En un sistema de marco de momento y otros sistemas estructurales en que la rigidez a flexión de las columnas sea considerada que contribuya a la estabilidad lateral y a la resistencia a cargas laterales, el factor de longitud efectiva,  $K$ , o la tensión de pandeo crítica elástica,  $F_e$ , de aquellas columnas cuya rigidez a flexión sea considerada que contribuya a la estabilidad lateral y a la resistencia a cargas laterales debe ser determinada a partir de un análisis de pandeo lateral de la estructura;  $K$  debe ser tomado como 1,0 para columnas cuya rigidez en flexión no sea considerada que contribuya a la estabilidad lateral y a la resistencia a cargas laterales.

**EXCEPCIÓN** Es permitido usar  $K = 1,0$  en el diseño de todas las columnas si la razón de deriva máxima de segundo orden y la deriva máxima de primer orden (ambas determinadas por las combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD) en todos los pisos es menor o igual que 1,1.

**NOTA** Los métodos para determinar el factor de longitud efectiva,  $K$ , son discutidos en el Comentario

Los arriostramientos cuya intención sea definir las longitudes no arriostradas de los miembros, deben de tener suficiente rigidez y resistencia para controlar los movimientos de los miembros en los puntos arriostrados.

**NOTA** Métodos para satisfacer los requisitos para arriostramientos son proporcionados en Anexo 6. Los requerimientos de Anexo 6 no son aplicables a los arriostramientos que estén incluidos en el análisis de la estructura completa como parte del sistema global resistente de las fuerzas.

## 7.3 Método de análisis de primer orden

### 1. Limitaciones

El uso del método de análisis de primer orden debe estar limitado a las condiciones siguientes:

- 1) La estructura soporta las cargas gravitacionales primariamente a través de columnas, muros o marcos nominalmente verticales.
- 2) La razón entre la deriva máxima de segundo orden y la deriva máxima de primer orden (ambas determinadas para combinaciones de carga LRFD o 1,6 veces las combinaciones de carga ASD) en todos los pisos es menor o igual que 1,5.

**NOTA** La razón entre la deriva de segundo orden y la deriva de primer orden en un piso puede ser tomado como el amplificador  $B_2$ , calculado como se especifica en Anexo 8.

NCh427/1:2016

- 3) La resistencia a compresión axial requerida de todos los miembros cuyas rigideces a flexión sean consideradas que contribuyan en la estabilidad lateral de la estructura satisface la limitación siguiente:

$$\alpha P_r \leq 0,5 P_y \quad (\text{A-7-1})$$

en que:

$$\alpha = 1,00 \text{ (LRFD)}; \alpha = 1,60 \text{ (ASD)}$$

$P_r$  = resistencia a compresión axial requerida bajo las combinaciones LRFD o ASD, N;

$P_y$  = resistencia axial de fluencia ( $= F_y A$ ), N.

## 2. Resistencias requeridas

La resistencia requerida de los componentes debe ser determinada a partir de un análisis de primer orden, con los requerimientos adicionales (1) y (2) a continuación. El análisis debe considerar las deformaciones de flexión, corte y axial de los miembros, y todas las otras deformaciones que contribuyan al desplazamiento de la estructura.

- 1) Todas las combinaciones de carga deben incluir una carga lateral adicional,  $N_i$ , aplicada en combinación con las otras cargas en cada nivel de la estructura:

$$N_i = 2,1 \alpha(\Delta/L) \times Y_i \geq 0,004 2 Y_i \quad (\text{A-7-2})$$

en que:

$$\alpha = 1,00 \text{ (LRFD)}; \alpha = 1,60 \text{ (ASD)}$$

$Y_i$  = cargas gravitacionales aplicadas en el i-ésimo nivel a partir de las combinaciones de carga LRFD o de las combinaciones de carga ASD, según corresponda, N;

$\Delta/L$  = la máxima razón entre  $\Delta$  y  $L$  para todos los pisos de la estructura;

$\Delta$  = deriva de entre piso de primer orden debido a las combinaciones de carga LRFD o ASD, según corresponda. Cuando la deriva cambia en planta de la estructura, debe de ser el promedio de las derivas ponderadas en proporción a la carga vertical de cada punto, o alternativamente, la máxima deriva;

$L$  = altura del piso.

La carga adicional en cada nivel,  $N_i$ , debe ser distribuida sobre el nivel de la misma manera que las cargas gravitacionales de dicho nivel. Las cargas laterales adicionales deben ser aplicadas en la dirección que proporcione el mayor efecto desestabilizador.

**NOTA** Para la mayoría de las estructuras de edificios, el requerimiento sobre la dirección de  $N_i$  puede ser satisfecho como sigue: Para combinaciones de carga que no incluyan cargas laterales, considere dos direcciones ortogonales para la carga lateral adicional, en un sentido positivo y en otro negativo en cada una de las dos direcciones, siendo la misma dirección para todos los niveles; para combinaciones de carga que incluyan cargas laterales, se deben aplicar las cargas laterales adicionales en la dirección de la resultante de todas las cargas laterales en la combinación.

- 2) La amplificación sin desplazamientos de los momentos de viga-columnas deben ser considerados aplicando el amplificador  $B_1$  de Anexo 8 al total de momentos de los miembros.

**NOTA** Dado que no existe un análisis de segundo orden involucrado en el método de análisis de primer orden, para diseñar por ASD, no es necesario el amplificar las combinaciones ASD por 1,6 antes de realizar el análisis, como es requerido en el método de *análisis directo* y en el método de *longitud efectiva*.

### 3. Resistencias disponibles

La resistencia disponible en miembros y conexiones debe ser calculada de acuerdo con las disposiciones de los Capítulos D, E, F, G, H, I, J y K, según corresponda.

El factor de longitud efectiva, K, de todos los miembros, debe ser tomado como la unidad.

Los arriostramientos cuya intención sea definir las longitudes no arriostradas de los miembros, deben tener suficiente rigidez y resistencia para controlar los movimientos de los miembros en los puntos arriostrados.

**NOTA** Métodos para satisfacer los requisitos para arriostramientos son proporcionados en Anexo 6. Los requerimientos de Anexo 6 no son aplicables a los arriostramientos que estén incluidos en el análisis de la estructura completa como parte del sistema global resistente de las fuerzas.

## Anexo 8

### Análisis aproximado de segundo orden

Este anexo proporciona, como alternativa a un análisis de segundo orden riguroso, un procedimiento para considerar los efectos de segundo orden en estructuras mediante la amplificación de las *resistencias requeridas* indicadas por un análisis de *primer orden*.

El anexo está organizado como sigue:

#### 8.1 Limitaciones

#### 8.1 Limitaciones

El uso de este método está limitado a estructuras que soporten cargas gravitacionales primordialmente a través de columnas, muros, o pórticos nominalmente verticales, con la excepción de que es permitido el uso del procedimiento especificado para determinar los efectos  $P-\delta$  para cualquier miembro en compresión individual.

#### 8.2 Procedimiento de cálculo

La resistencia requerida a flexión, de segundo orden,  $M_r$  y la resistencia axial,  $P_r$ , de todos los miembros debe ser determinada como sigue:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (\text{A-8-1})$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (\text{A-8-2})$$

en que:

$B_1$  = factor que amplifica los *efectos  $P-\delta$* , determinado para cada miembro solicitado a compresión y a flexión, y cada dirección de flexión del miembro de acuerdo con la Sección 8.2.1.  $B_1$  debe ser tomado como 1,0 para miembros no solicitados a compresión;

$B_2$  = factor amplificador que toma en cuenta los efectos  $P-\Delta$ , determinados para cada piso de la estructura y para cada dirección de traslación lateral de acuerdo con la Sección 8.2.2;

$M_{lt}$  = momento de primer orden usando las combinaciones LRFD o ASD, originado sólo por el desplazamiento lateral de la estructura, N-mm;

$M_{nt}$  = momento de primer orden, cuando en la estructura se restringe el desplazamiento lateral, usando las combinaciones LRFD o ASD, N-mm;

$M_r$  = resistencia requerida de segundo orden a flexión usando las combinaciones LRFD o ASD, N-mm;

$P_{lt}$  = fuerza axial de primer orden usando combinaciones LRFD o ASD, originado solo por el desplazamiento lateral de la estructura, N;

$P_{nt}$  = fuerza axial de primer orden, cuando en la estructura se restringe el desplazamiento lateral, usando las combinaciones LRFD o ASD, N;

$P_r$  = resistencia requerida de segundo orden a esfuerzo axial usando las combinaciones LRFD o ASD, N-mm.

**NOTA** Las Ecuaciones A-8-1 y A-8-2 son aplicables para todos los miembros en todas las estructuras. Sin embargo, nótese que valores de  $B_1$  distintos de la unidad se aplican solo a los momentos de viga-columnas;  $B_2$  se aplica a los momentos y las fuerzas axiales en componentes de sistemas resistentes a fuerzas laterales (incluyendo columnas, vigas, riostros y muros de corte). Ver el Comentario para mayor detalle en la aplicación de Ecuaciones A-8-1 y A-8-2.

### 1. Amplificador $B_1$ por Efecto $P-\delta$

El amplificador  $B_1$  para cada miembro solicitado a compresión y en cada dirección de flexión del miembro es calculado como sigue:

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1 \quad (\text{A-8-3})$$

en que:

$$\alpha = 1,00 \text{ (LRFD); } \alpha = 1,60 \text{ (ASD)}$$

$C_m$  = coeficiente que supone un marco sin translación lateral, cuyo valor se calculará de la manera siguiente:

- a) Para vigas-columnas no afectadas a cargas transversales entre apoyos en el plano de flexión,

$$C_m = 0,60 - 0,40 (M_1/M_2) \quad (\text{A-8-4})$$

Donde  $M_1$  y  $M_2$  son el momento menor y mayor respectivamente en los extremos del tramo del miembro no arriostrado en el plano de flexión, calculados mediante un análisis de primer orden. El cuociente  $M_1/M_2$  es positivo cuando el miembro es flexionado en doble curvatura, el signo será negativo cuando el miembro es flexionado en curvatura simple.

- b) Para vigas-columnas sometidas a cargas transversales entre los apoyos, el valor de  $C_m$  se determinará mediante análisis o se adoptará conservadoramente el valor 1,0 en todos los casos.

NCh427/1:2016

$P_{e1}$  = resistencia a pandeo elástico del elemento en el plano de flexión calculada suponiendo que no hay desplazamiento de los extremos, N.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (\text{A-8-5})$$

en que:

$EI^*$  = rigidez en flexión a ser usada en el análisis ( $= 0,8 \tau_b EI$  cuando se use el método de análisis directo donde  $\tau_b$  es definido en Capítulo C;

=  $EI$  para los métodos de longitud efectiva y de análisis de primer orden);

$E$  = módulo de elasticidad del acero = 200 000 MPa;

$I$  = momento de inercia en el plano de flexión, mm<sup>4</sup>;

$L$  = longitud del miembro, mm;

$K_1$  = factor de longitud efectiva en el plano de flexión, calculado en la hipótesis que no hay desplazamiento lateral en los extremos del miembro. Se debe suponer igual que 1,0, a menos que el análisis justifique que un valor menor puede ser usado.

Se permite el uso de una estimación de primer orden de  $P_r$ , es decir,  $P_r = P_{nt} + P_{lt}$  en Ecuación A-8-3.

## 2. Amplificador $B_2$ por efecto $P-\Delta$

El amplificador  $B_2$  para cada piso y en cada dirección de traslación es calculado como sigue:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{piso}}{P_{episo}}} \geq 1 \quad (\text{A-8-6})$$

en que:

$\alpha = 1,00$  (LRFD);  $\alpha = 1,60$  (ASD)

$P_{piso}$  = carga vertical total soportada por el piso empleando las combinaciones de carga LRFD o ASD, según corresponda, incluyendo las cargas en las columnas que no sean parte del sistema resistente a cargas laterales, N;

$P_{episo}$  = resistencia a pandeo elástico del piso, en la dirección de traslación considerada, determinada mediante análisis al pandeo por desplazamiento lateral N o según:

$$P_{episo} = R_M \frac{HL}{\Delta H} \quad (\text{A-8-7})$$

en que:

$$R_M = 1 - 0,15 (P_m/P_{piso}) \quad (\text{A-8-8})$$

$L$  = altura de entrepiso, mm;

$P_{mf}$  = carga vertical total en las columnas en el piso que sean parte de marcos rígidos, si existiera alguno, en la dirección de traslación considerada (= 0 para sistemas de marcos arriostrados), N;

$\Delta_H$  = deriva de entrepiso de primer orden en la dirección de traslación considerada, debido a las cargas laterales, mm, determinadas empleando la rigidez requerida por el análisis (rigidez reducida como se indica en la Sección C2.3 cuando el método de análisis directo es usado). Cuando  $\Delta_H$  varía en la planta de la estructura,  $\Delta_H$  se calculará como el promedio ponderado por la carga vertical o, alternativamente, la deriva lateral máxima.

$H$  = esfuerzo de corte de piso, en la dirección de traslación considerada, debido a las cargas laterales empleadas en el cálculo de  $\Delta_H$ , N.

NOTA  $H$  y  $\Delta_H$  en Ecuación A-8-7 pueden estar basados en cualquier carga lateral que proporcione un valor representativo de la rigidez lateral de piso  $H/\Delta_H$ .

