

**Reglamento CIRSOC 308**  
**Ministerio de Planificación Federal,**  
**Inversión Pública y Servicios**  
**Secretaría de Obras Públicas de la Nación**

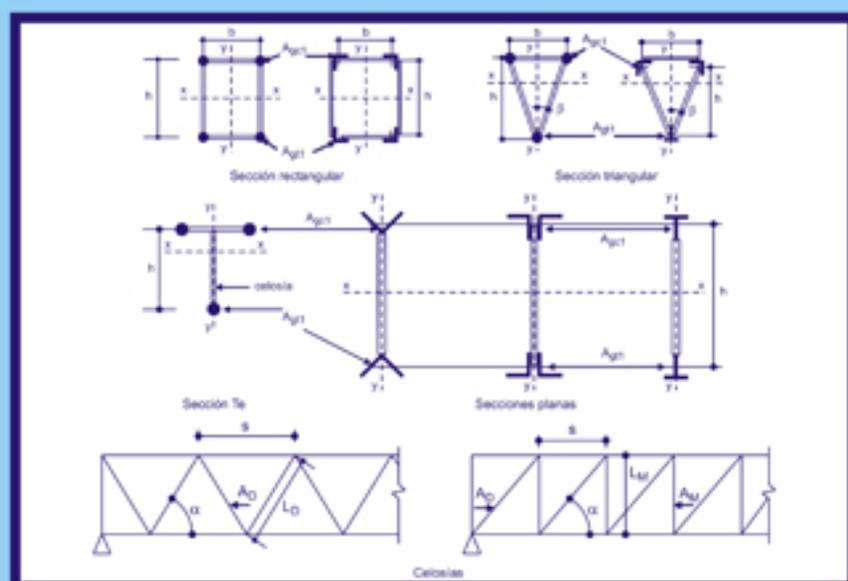
**INTI**

Instituto Nacional de  
Tecnología Industrial



**CIRSOC**

Centro de Investigación de los  
Reglamentos Nacionales de  
Seguridad para las Obras Civiles



***REGLAMENTO ARGENTINO***  
***DE ESTRUCTURAS LIVIANAS***  
***PARA EDIFICIOS***  
***CON BARRAS DE ACERO DE***  
***SECCIÓN CIRCULAR***

**Julio 2007**

***REGLAMENTO ARGENTINO DE  
ESTRUCTURAS LIVIANAS  
PARA EDIFICIOS CON  
BARRAS DE ACERO  
DE SECCIÓN CIRCULAR***

***EDICIÓN JULIO 2007***



Balcarce 186 1° piso - Of. 138  
(C1064AAD) Buenos Aires – República Argentina  
TELEFAX. (54 11) 4349-8520 / 4349-8524

E-mail: [cirsoc@inti.gob.ar](mailto:cirsoc@inti.gob.ar)  
[cirsoc@mecon.gov.ar](mailto:cirsoc@mecon.gov.ar)

INTERNET: [www.inti.gob.ar/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/cirsoc)

*Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado*

*Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani*

*Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno*

*Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega*

*Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz*

*Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti*

© 2009

Editado por INTI  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4313-3013

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados.  
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.



## **ORGANISMOS PROMOTORES**

Secretaría de Obras Públicas de la Nación  
Subsecretaría de Vivienda de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Instituto Nacional de Prevención Sísmica  
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén  
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires  
Dirección Nacional de Vialidad  
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires  
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas  
Cámara Argentina de la Construcción  
Consejo Profesional de Ingeniería Civil  
Cámara Industrial de Cerámica Roja  
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland  
Instituto Argentino de Normalización  
Techint  
Acindar

## **MIEMBROS ADHERENTES**

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón  
Asociación Argentina de Hormigón Estructural  
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado  
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón  
Asociación de Ingenieros Estructurales  
Centro Argentino de Ingenieros  
Instituto Argentino de Siderurgia  
Telefónica de Argentina  
Transportadora Gas del Sur  
Quasdam Ingeniería  
Sociedad Central de Arquitectos  
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica  
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires  
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines  
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil

***ASESOR QUE INTERVINO EN LA REDACCIÓN DEL***

***REGLAMENTO ARGENTINO DE  
ESTRUCTURAS LIVIANAS PARA  
EDIFICIOS CON BARRAS DE ACERO  
DE SECCIÓN CIRCULAR***

***CIRSOC 308***

***Ing. Gabriel Troglia***



# COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

## Coordinador

<b>Ing. Gabriel R. Troglia</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, DEPARTAMENTO ESTRUCTURAS, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES
	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA, FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO

## Integrantes:

<b>Ing. Francisco Pedrazzi</b>	INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA
<b>Ing. Horacio Rezk</b>	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA
<b>Ing. Arnaldo Mallamaci</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, FACULTAD DE INGENIERIA
<b>Ing. Alejandro Sesin</b>	TECHINT S.A.
<b>Ing. Gustavo Darin</b>	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA - U.T.N. FACULTAD REGIONAL BS. AS. - ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES
<b>Ing. Juan C. Reimundin</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
<b>Inga. Nora Moncada</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIM., PROFE-SORA TITULAR CONSTRUCCIONES METÁLICAS II
<b>Ing. Juan Carlos Piter</b>	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
<b>Ing. Hector Auad</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
<b>Ing. Alejandro Giuliano</b>	INPRES - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA
<b>Ing. Fructuoso Berganza</b>	CÁMARA DE FABRICANTES DE CAÑOS Y TUBOS DE ACERO
<b>Ing. Adrián Puente Vergara</b> <b>Ing. Osvaldo R. Arario</b> <b>Ing. Faustino Amelong</b>	ACINDAR S. A.

# COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

(*continuación*)

<b>Ing. Daniel García Gei</b>	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL MENDOZA
<b>Ing. Pablo Alra</b>	TENARIS-SIDERCA
<b>Ing. Raul Cardoso</b>	MARBY S.A.
<b>Ing. Pablo Ruival</b>	M. ROYO S.A.
<b>Ing. Heriberto Martin</b>	TUBOS ARGENTINOS S.A.
<b>Ing. Oliva Hernández</b>	IRAM
<b>Ing. Oscar Troviano</b>	MINISTERIO DE HACIENDA, FINANZAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN, SUBSECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
<b>Ing. Enrique Trivelli</b>	TUBHIER S.A.
<b>Ing. Francisco Crisafulli</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, FACULTAD DE INGENIERIA
<b>Ing. José M Vidmar</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Antonio Coloccini</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Bruno Coloccini</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Eduardo Asta</b>	INVITADO ESPECIAL

\*\*\*

# ÍNDICE

## SIMBOLOGÍA DEL REGLAMENTO CIRSOC 308-2007

## SIMBOLOGÍA GENERAL DEL REGLAMENTO CIRSOC 301-2005

### CAPÍTULO 1. ESPECIFICACIONES GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. CAMPO DE VALIDEZ	1
1.3. MATERIALES, NORMAS IRAM E IRAM-IAS DE APLICACIÓN	2
1.3.1. Acero estructural	2
1.3.2. Bulones, tuercas y arandelas	3
1.3.3. Material de aporte y fundente para soldadura	3
1.3.4. Propiedades generales del acero	4
1.3.5. Tensión de fluencia especificada máxima en aceros conformados soldables	4
1.4. ACCIONES Y COMBINACIONES DE ACCIONES	4
1.5. BASES DE PROYECTO	5
1.6. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA	5
1.7. PROTECCIÓN CONTRA FUEGO	6

### CAPÍTULO 2. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

2.1. FORMAS SECCIONALES Y SOLICITACIONES DE SECCIÓN	7
2.2. PARÁMETROS SECCIONALES	8
(a) Área bruta	8
(b) Área neta	9
(c) Momentos de Inercia y radios de giro	9
2.3. RELACIONES GEOMÉTRICAS Y ESBELTECES LÍMITES	10
2.4. RIGIDIZACIÓN Y TRAVESAÑO EN SECCIONES $T_e$	11
2.5. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS	13

## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD**

3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	15
3.1.1. Métodos de análisis	15
3.1.2. Efectos de las deformaciones. (Efectos de segundo orden)	16
3.1.3. Barras de eje curvo de pequeña curvatura (arcos)	16
3.1.4. Esfuerzos secundarios	16
3.1.4.1. Estructuración de nudos y momentos secundarios en barras con cordones de sección circular maciza y celosía con sólo diagonales	17
3.1.4.2. Estructuración de nudos y momentos secundarios en barras con cordones de sección circular maciza y celosía con diagonales y montantes	18
3.1.4.3. Estructuración de nudos en barras con cordones de perfil ángulo o perfil Te	19
3.1.4.4. Momentos secundarios en barras con cordones de perfil ángulo o perfil Te	23
3.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	23
3.2.1. Estabilidad de la estructura en su conjunto	23
3.2.2. Estabilidad global de las barras armadas comprimidas	24
3.2.2.1. Pórticos arriostrados	24
3.2.2.2. Pórticos no arriostrados	24
3.2.2.3. Arcos de pequeña curvatura	24
3.2.3. Estabilidad local de las barras del reticulado	25
3.3. SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO	26

## **CAPÍTULO 4. BARRAS TRACCIONADAS**

4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA	29
4.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS	30
4.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS ARMADAS	30

## **CAPÍTULO 5. BARRAS COMPRIMIDAS**

5.1. FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACION DE ESBELTECES	33
5.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA	33
5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION PARA PANDEO FLEXIONAL Y PANDEO FLEXOTORSIONAL DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS	35

5.4.	RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN AXIL DE BARRAS ARMADAS	36
5.4.1.	Definición y alcance de las Especificaciones	36
5.4.2.	Resistencia de diseño . Verificación de los cordones y de los elementos de enlace	36
5.4.3.	Especificaciones particulares y constructivas	41

## **CAPÍTULO 6. BARRAS EN FLEXION SIMPLE**

6.1.	ESTADOS LÍMITES PARA SOLICITACIONES DE FLEXION Y DE CORTE	43
6.2.	ESTADO LÍMITE DE PANDEO LOCAL DE BARRAS	43
6.2.1.	Pandeo local de las barras del cordón comprimido	43
6.2.2.	Pandeo local de las barras de diagonales y montantes	44
6.3.	ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA DE BARRAS DEL CORDÓN TRACCIONADO	46
6.4.	ESTADO LÍMITE DE PANDEO LATERAL TORSIONAL	47
6.4.1.	Sección rectangular	47
6.4.2.	Sección triangular	49
6.4.3.	Sección plana	50
6.4.4.	Sección Te	51
6.5.	APOYO DE BARRAS FLEXADAS	52

## **CAPÍTULO 7. BARRAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN, O CON FLEXIÓN Y TORSIÓN, O A FLEXIÓN DISIMÉTRICA**

7.1.	BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE TRACCIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN	53
7.1.1.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones	53
7.1.2.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía	55
7.2.	BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN	56
7.2.1.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones	56
7.2.2.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía	58
7.3.	BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN Y TORSIÓN	59
7.3.1.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones	59
7.3.2.	Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía	60
7.4.	BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXIÓN DISIMÉTRICA	61

7.4.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones	61
7.4.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía	63
7.5. BARRAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN	63

## **CAPÍTULO 8. BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN**

8.1. GENERALIDADES	65
8.2. SECCIONES RECTANGULARES	65
8.2.1. Fuerzas nodales	65
8.2.2. Esfuerzos axiles en las barras	67
8.2.3. Deformaciones	68
8.3. SECCIONES TRIANGULARES	69
8.3.1. Fuerzas nodales	69
8.3.2. Esfuerzos axiles en las barras	69
8.3.3. Deformaciones	70
8.4. APOYOS	71

## **CAPÍTULO 9. UNIONES Y MEDIOS DE UNIÓN**

9.1. GENERALIDADES	73
9.2. UNIONES SOLDADAS	73
9.2.1. Uniones soldadas entre cordones o travesaños y barras de la celosía	73
9.2.1.1. Unión soldada entre cordón de sección circular maciza y diagonal de celosía sólo con diagonales en sección rectangular o triangular	73
9.2.1.2. Unión soldada entre cordón de sección circular maciza y diagonal de celosía con diagonales y montantes en sección rectangular o triangular	76
9.2.1.3. Unión soldada entre travesaño y celosía en sección Te	76
9.2.1.4. Unión soldada entre cordones de perfil ángulo o te y barras de celosía	77
9.3. UNIONES EXTREMAS DE BARRAS ARMADAS Y JUNTAS	77

## **CAPÍTULO 10. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO**

10.1. DETERMINACIÓN DE LAS DEFORMACIONES DE LAS BARRAS ARMADAS FLEXADAS	79
---	----

## SIMBOLOGÍA REGLAMENTO CIRSOC 308-2007

La Simbología indicada en este Reglamento es complementaria de la incluida en el Reglamento CIRSOC 301-2005; la que se reproduce a continuación de la presente Simbología del Reglamento CIRSOC 308-2007.

El numero de artículo que figura entre paréntesis al final de la definición de cada símbolo se refiere al artículo donde el símbolo es definido o utilizado por primera vez.

- $A_D$**  área bruta de la diagonal de un solo plano, en  $\text{cm}^2$ . (5.4.2.).
- $A_{Dh}$**  área de una diagonal de cara superior o inferior, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_{Dv}$**  área de una diagonal de cara lateral, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_M$**  área bruta del montante de un solo plano, en  $\text{cm}^2$ . (5.4.2.).
- $A_{Mh}$**  área de un montante de cara superior o inferior, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_{Mv}$**  área de un montante de cara lateral, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_W$**  área efectiva de soldadura, en  $\text{cm}^2$ . (9.2.1.).
- $A_{gc}$**  área bruta del cordón comprimido, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.3.).
- $A_{gc1}$**  área bruta de una barra comprimida, en  $\text{cm}^2$ . (6.2.1.).
- $A_{gt1}$**  área bruta de una barra traccionada, en  $\text{cm}^2$ . (6.3.).
- $C$**  fuerza de compresión o de tracción en los cordones debida al momento torsor, en kN. (7.3.1.).
- $D_H$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara horizontal, en kN. (7.3.2.).
- $D_L$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara lateral, en kN. (7.3.2.).
- $D_V$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara vertical, en kN. (7.3.2.).
- $D_u$**  resistencia requerida a fuerza axil para diagonal de barra armada, en kN. (5.4.2.).
- $F_H$**  fuerza nodal debida a la torsión, en kN. (8.2.1.).
- $F_V$**  fuerza nodal debida a la torsión, en kN. (8.2.1.).
- $F_{cr}$**  tensión crítica, en MPa. (5.2.).
- $F_y$**  tensión de fluencia especificada de las barras de acero, en MPa (corresponde al límite de fluencia de las normas IRAM - IAS con la limitación expresada en el artículo 1.3.5. que adopta una tensión de fluencia especificada máxima de  $F_y = 400$  MPa).
- $F_{yp}$**  tensión de fluencia especificada del acero de la planchuela, en MPa. (2.4.).

$I_m$	momento de inercia modificado de la sección transversal de la barra armada , en $\text{cm}^4$ . (3.1.).
$I_{yc}$	momento de inercia del cordón comprimido con respecto al eje principal de menor Inercia, en $\text{cm}^4$ . (6.4.3.).
$J_r$	módulo de torsión de una sección reticulada, en $\text{cm}^4$ . (6.4.1.).
$L_D$	longitud real de la diagonal, en cm. (3.2.3.).
$L_M$	longitud real del montante, en cm. (3.2.3.).
$L_r$	longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional, en cm. (6.4.1.).
$M_C$	momento flexor secundario en el cordón, en kNm. (3.1.4.).
$M_D$	momento flexor secundario en la diagonal, en kNm. (3.1.4.).
$M_M$	momento flexor secundario en el montante, en kNm. (3.1.4.).
$M_W$	momento requerido en el área de la soldadura, en kNm. (9.2.1.).
$M_d$	resistencia de diseño a flexión, en kNm. (6.1.).
$M_u$	resistencia requerida a flexión, en kNm. (6.1.).
$M_s$	momento flexor secundario en el nudo, en kNm. (3.1.4.).
$M_{dc}$	resistencia de diseño a flexión para estado límite de pandeo del cordón comprimido, en kNm. (6.2.1.).
$M_{dt}$	resistencia de diseño a flexión para el estado límite de fluencia del cordón traccionado, en kNm. (6.3.).
$M_{di}$	menor resistencia de diseño a flexión, kNm. (6.4.1.).
$M_{dpl}$	resistencia de diseño a flexión para el estado límite de pandeo lateral torsional, en kNm.(6.4.1.).
$M_{Ou}$	resistencia requerida a fuerza axil para montante de barra armada, en kN. (5.4.2.).
$\Delta N$	fuerza de corte requerida en unión soldada, en kN. (9.2.1.).
$P_d$	resistencia de diseño a compresión axil, en kN. (5.2.).
$P_n$	resistencia nominal a compresión axil, en kN. (5.2.).
$S_W$	módulo resistente elástico del área efectiva de la soldadura, en $\text{cm}^2$ . (9.2.1.).
$T_d$	resistencia de diseño a tracción axil, en kN.(4.1.).

$T_n$	resistencia nominal a tracción axil, en kN. (4.1.).
$T_u$	resistencia requerida a la tracción axil, en kN. (7.1.1.).
$V_d$	resistencia de diseño a corte, en kN. (6.1.).
$V_u$	resistencia requerida a corte, en kN. (6.1.).
$V_{dD}$	resistencia de diseño a corte por pandeo local de diagonales, en kN. (6.2.2.).
$V_{dM}$	resistencia de diseño a corte por pandeo local de montantes, en kN. (6.2.2.).
$b$	ancho de la sección armada medida entre ejes de barras del cordón, en cm. (2.3.).
$b$	lado del perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
$b_p$	ancho planchuela transversal de sección Te, en cm. (2.4.).
$d_b$	diámetro nominal de la barra de sección circular, en cm. (4.1.).
$d$	longitud de la diagonal de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_D$	diámetro de las diagonales de la celosía, cm. (3.1.4.).
$d_M$	diámetro del montante de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_{br}$	diámetro de la barra roscada, en cm. (4.1.).
$d_c$	diámetro de las barras del cordón comprimido, en cm. (2.4.).
$d_i$	diámetro del cordón inferior de la sección Te, en cm. (2.4.).
$d_i$	diámetro interior de doblado de barra de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_{i0}$	diámetro interior de doblado de las barras de la celosía para $e=0$ , en cm. (3.1.4.).
$d_t$	diámetro del travesaño en una sección Te, en cm. (2.4.).
$d_1$	distancia de la curva interior de la barra de la celosía a la punta del ala de un perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
$e$	excentricidad en el nudo, en cm. (3.1.4.).
$e_p$	espesor de la planchuela transversal en una sección Te, en cm. (2.4.).
$f$	flecha del arco, en cm. (2.3.).
$f_d$	tensión de diseño para soldadura de filete, en MPa. (9.2.1.).
$f_u$	tensión requerida en la soldadura, en MPa. (9.2.1.).
$h$	altura de la sección armada medida entre ejes de barras del cordón, en cm. (2.3.).

- $k_x, k_y$  coeficientes experimentales para el cálculo del momento de inercia de secciones armadas con cordones de sección circular maciza. (2.2.(c)).
- $k_1, k_2$  coeficientes teórico-experimentales para determinar las fuerzas nodales equivalentes a la torsión. (8.2.1.).
- $r_m$  radio de giro modificado de la sección transversal de una barra armada, en cm. (3.1.).
- $s$  distancia entre nudos de la barra armada, en cm. (2.4.).
- $s$  mitad del desarrollo de un arco en el plano, en cm. (3.2.2.).
- $t$  espesor del ala del perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
- $\alpha$  ángulo entre diagonal y cordón, en grados sexagesimales. (3.1.4.).
- $\beta$  ángulo entre el plano de la celosía y el eje y-y en la sección triangular, en grados sexagesimales. (J.2.).
- $\gamma$  coeficiente para obtener  $d_1$  en barras con cordón de sección ángulo. (3.1.4.).
- $\eta$  coeficiente para obtener  $d_i$  en barras con cordón de sección ángulo. (3.1.4.).
- $\delta$  coeficiente para obtener el coeficiente  $\chi$ . (5.2.).
- $\chi$  coeficiente para obtener la tensión crítica a pandeo flexional. (5.2.).
- $\phi$  giro por torsión por unidad de longitud, en radianes/m. (8.2.3.).
- $\phi_{m\acute{a}x}$  giro máximo por torsión por unidad de longitud, en radianes/m. (8.2.3.).

# SIMBOLOGÍA GENERAL DEL REGLAMENTO CIRSOC 301-2005

Como el Reglamento CIRSOC 308-2007 hace referencia en numerosos artículos al Reglamento CIRSOC 301-2005 se ha decidido incorporar la simbología del mismo para facilitar su lectura.

La sección numerada entre paréntesis que figura al final de la definición de cada símbolo se refiere a la sección donde el símbolo es definido o utilizado por primera vez.

- A** área de la sección transversal, en cm<sup>2</sup>. (F.1.2.).
- A<sub>b</sub>** área nominal del cuerpo no roscado del bulón, o de la parte roscada, en cm<sup>2</sup>. (J.3.6.).
- A<sub>BM</sub>** área de la sección transversal del metal base, en cm<sup>2</sup>. (J.2.4.).
- A<sub>D</sub>** área de una barra basada en el diámetro mayor de su rosca, en cm<sup>2</sup>. (J.3.6.).
- A<sub>e</sub>** área neta efectiva, en cm<sup>2</sup>. (B.3.).
- A<sub>ef</sub>** área efectiva en barras con elementos comprimidos rigidizados, en cm<sup>2</sup>. (A-B.5.3.).
- A<sub>f</sub>** área del ala comprimida, en cm<sup>2</sup> (A-F.3.).
- A<sub>fe</sub>** área efectiva del ala traccionada, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>fg</sub>** área bruta del ala, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>fn</sub>** área neta del ala, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>g</sub>** área bruta, en cm<sup>2</sup>. (B.1.).
- A<sub>gt</sub>** área bruta solicitada a tracción, en cm<sup>2</sup>. (J.4.3.).
- A<sub>gv</sub>** área bruta solicitada al corte, en cm<sup>2</sup>. (J.4.3.).
- A<sub>n</sub>** área neta, en cm<sup>2</sup>. (B.2.).
- A<sub>nt</sub>** área neta solicitada a tracción, en cm<sup>2</sup>. (J.4.2.).
- A<sub>nv</sub>** área neta solicitada al corte, en cm<sup>2</sup>. (J.4.1.).
- A<sub>pb</sub>** proyección del área de aplastamiento, en cm<sup>2</sup>. (J.8.1.).
- A<sub>sf</sub>** área de corte de la línea de falla, en cm<sup>2</sup>. (D.3.).
- A<sub>st</sub>** área de la sección de un rigidizador o un par de rigidizadores transversales, en cm<sup>2</sup>. (A-G.4.).

- $A_t$  área neta a tracción, en  $\text{cm}^2$ , (A-K.3.).
- $A_w$  área del alma, en  $\text{cm}^2$ . (F.2.1.).
- $A_1$  área de acero concéntrica con el apoyo de hormigón, en  $\text{cm}^2$ . (J.9.).
- $A_2$  máxima área de la superficie de apoyo, geoméricamente similar y concéntrica con el área cargada, en  $\text{cm}^2$ . (J.9.).
- $B$  factor para tensiones de flexión en "tes" y ángulos dobles. (F.1.2.).
- $B$  factor para tensiones de flexión en barras con almas de altura variable, definido mediante las expresiones A-F.3-8 a A-F3-11. ( A-F.3.4.).
- $B_1, B_2$  factores utilizados en la determinación de  $M_u$  para amplificar momentos determinados por análisis de primer orden, cuando actúan simultáneamente fuerzas axiales. (C.1.4.).
- $C_{PG}$  coeficiente de viga armada, en MPa. (A-G.2.).
- $C_b$  coeficiente de flexión dependiente del diagrama de momento flexor. (F.1.2.).
- $C_f$  constante basada en la  **categoría de tensión**  dada en la Tabla  **A-K.3-1** . (A- K.3.3.).
- $C_m$  coeficiente utilizado para calcular  $B_1$ , dependiente de la curvatura de la columna causada por la aplicación de momentos. (C.1.4.).
- $C'_m$  coeficiente utilizado para calcular  $B_1$  para barras con almas de altura variable, dependiente de las tensiones axiales en la sección extrema de menor altura. (A-F.3.6.).
- $C_p$  constante de flexibilidad de la viga primaria. (K.2.).
- $C_s$  constante de flexibilidad de la viga secundaria. (K.2.).
- $C_v$  relación entre la tensión crítica del alma según la teoría de pandeo lineal y la tensión de fluencia por corte del acero del alma. ( A-G.3.).
- $C_w$  módulo de alabeo, en  $\text{cm}^6$ . (A-E.3.).
- $D$  diámetro externo de una sección circular hueca, en cm. (A-B.5.3.).
- $D$  cargas permanentes debidas al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura, en N. (A.4.1.).
- $D$  factor utilizado en la expresión A-G.4-1, dependiente del tipo de rigidizador transversal utilizado en una viga armada. (A-G.4.).
- $E$  módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa. (A.3.5.). ( **$E = 200000 \text{ MPa}$** ).
- $E$  efecto provocado por las componentes horizontales y verticales de la acción sísmica. (A.4.1.).

- $F$**  cargas debidas al peso y presión de fluidos con presiones bien definidas y alturas máximas controlables, o las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
- $F_{BM}$**  resistencia nominal del metal base, en MPa. (J.2.4.).
- $F_{EXX}$**  número de clasificación del electrodo (resistencia mínima especificada), en MPa. (Tabla J.2.5).
- $F_L$**  el menor valor entre  $(F_{yf} - F_r)$  y  $F_{yw}$ , en MPa. (F.1.2.).
- $F_{SR}$**  rango de tensión de diseño, en MPa. (A- K.3.3.).
- $F_{TH}$**  umbral del rango de tensión de fatiga, rango de tensión máximo para vida útil indefinida, en MPa. (A-K.3.3.).
- $F_{by}$**  tensión de flexión para barras con almas de altura variable definida por las expresiones A-F.3-4 y A-F.3-5, en MPa.(A-F.3.4.).
- $F_{cr}$**  tensión crítica, en MPa. (E.2.).
- $F_{crfb}$ ,  $F_{cry}$ ,  $F_{crz}$**  tensiones de pandeo flexotorsional para barras comprimidas formadas por ángulos dobles o "tes", en MPa. (E.3.).
- $F_e$**  tensión crítica elástica de pandeo torsional o flexotorsional, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ex}$**  tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje fuerte, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ey}$**  tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje débil, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ez}$**  tensión elástica de pandeo torsional, en MPa. (A-E.3.).
- $F_r$**  tensión residual de compresión en el ala (69 MPa para secciones laminadas; 114 MPa para secciones soldadas). (Tabla B.5.1).
- $F_{sy}$**  tensión para barras con alma de altura variable definida mediante la expresión A-F.3-6, en MPa. (A-F.3.4.).
- $F_u$**  tensión mínima de rotura a la tracción especificada para el tipo de acero que está siendo utilizado, en MPa. (B.10.).
- $F_w$**  resistencia nominal del material del electrodo, en MPa. (J.2.4.).
- $F_{wy}$**  tensión para barras con almas de altura variable definida por la expresión A-F.3-7, en MPa. (A-F.3.4.).
- $F_y$**  tensión de fluencia especificada para el acero que se está utilizando. El término "tensión de fluencia" se refiere en este Reglamento, al punto mínimo de fluencia (para aquellos aceros que presentan un punto de fluencia), o a la tensión de fluencia especificada (para aquellos aceros que no presentan un punto de fluencia), en MPa. (B.5.1.).
- $F_{yf}$**  tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa. (Tabla B.5-1).

$F_{yst}$	tensión de fluencia especificada del acero de rigidizadores, en MPa. (A-G.4.).
$F_{yw}$	tensión de fluencia especificada del acero del alma, en MPa. (F.1.2.).
$G$	módulo de elasticidad transversal elástico del acero, en MPa. (A.3.5.). <b>(<math>G = 77200 \text{ MPa}</math>).</b>
$H$	peso y empuje lateral del suelo y del agua en el suelo. (A.4.1.).
$H$	fuerza horizontal, en kN. (C.1.4.).
$H$	constante de flexión. (E.3.).
$I$	momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.1.2.).
$I_1$	momento de inercia del cordón de una columna armada con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en $\text{cm}^4$ . (A-E.4.2.).
$I_d$	momento de inercia de la chapa de acero de cubierta apoyada en las barras secundarias, en $\text{cm}^4/\text{cm}$ . (K.2.).
$I_p$	momento de inercia de barras primarias, en $\text{cm}^4$ . (K.2.).
$I_p$	momento de inercia de una presilla en su plano, en $\text{cm}^4$ . (A-E.4.2.).
$I_s$	momento de inercia de barras secundarias, en $\text{cm}^4$ . (K.2.).
$I_{st}$	momento de inercia del rigidizador transversal, en $\text{cm}^4$ . (A-F.2.3.).
$I_x, I_y$	momentos de inercia de la sección respecto de los ejes principales, fuerte y débil respectivamente, en $\text{cm}^4$ . (A-E.3.).
$I_{yc}$	momento de inercia del ala comprimida con respecto al eje $y$ ; o si la flexión produce doble curvatura, momento de inercia del ala más pequeña con respecto al eje $y$ , en $\text{cm}^4$ . (A-F.1.).
$I_w$	momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de mayor momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.5.3.2.).
$I_z$	momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.5.3.2.).
$J$	módulo de torsión para una sección, en $\text{cm}^4$ . (F.1.2.).
$L$	altura de piso o separación de paneles, en cm. (C.1.4.).
$L$	longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm. (B.3.).
$L$	sobrecargas debidas a la ocupación y al uso (equipamiento). (A.4.1.).
$L$	longitud no arriostrada de una barra, en cm. (B.7.).

- $L$**  longitud del cordón de soldadura, en cm. (B.3.).
- $L$**  longitud de aplastamiento del apoyo, en cm. (J.8.).
- $L_b$**  longitud lateralmente no arriostrada; longitud entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida o entre puntos arriostrados contra la torsión de la sección transversal, en cm. (F.1.2.).
- $L_c$**  distancia libre en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente, o el borde del material, en cm. (J.3.10.).
- $L_p$**  longitud lateralmente no arriostrada, límite, para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión, para el caso de momento uniforme ( $C_b = 1$ ), en cm. (F.1.2.).
- $L_p$**  separación entre columnas en la dirección de la viga principal, en cm. (K.2.).
- $L_{pd}$**  longitud lateralmente no arriostrada límite para análisis global plástico, en cm. (F.1.2.).
- $L_q$**  máxima longitud no arriostrada para la carga axial requerida de la columna con  $k=1$ ; máxima distancia no arriostrada de una viga para desarrollar  $M_u$ , en cm. (C.3.3.), (C.3.4.).
- $L_r$**  longitud lateralmente no arriostrada, límite, para pandeo lateral torsional inelástico, en cm. (F.1.2.).
- $L_r$**  sobrecargas en las cubiertas y mantenimiento de las cubiertas. (A.4.1.).
- $L_s$**  separación entre columnas en la dirección perpendicular a la viga principal, en cm. (K.2.).
- $M_A$**  valor absoluto del momento flexor a un cuarto del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_B$**  valor absoluto del momento flexor al medio del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_C$**  valor absoluto del momento flexor a tres cuartos del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_{cr}$**  momento de pandeo elástico, en kNm. (F.1.2.).
- $M_{lt}$**  resistencia requerida a flexión debida solamente al desplazamiento lateral del pórtico, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{max}$**  valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_n$**  resistencia nominal a flexión, en kNm. (F.1.1.).
- $M'_{nx}, M'_{ny}$**  resistencia nominal a flexión definida en las expresiones A-H.3-7 y A-H.3-8 para su utilización en las expresiones de interacción alternativas para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).

- $M_{nt}$**  resistencia requerida a flexión en una barra suponiendo que no hay desplazamiento lateral del pórtico al cual pertenece, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{ob}$**  momento elástico de pandeo lateral torsional para barras de ángulo simple, en kNm. (F.5.2.2.).
- $M_p$**  momento plástico de flexión, en kNm. (F.1.1.).
- $M'_p$**  momento definido en las expresiones A-H.3-5 y A-H.3-6, para ser utilizado en las expresiones alternativas de interacción para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).
- $M_r$**  momento límite de pandeo igual a  $M_{cr}$ , cuando  $\lambda = \lambda_r$  y  $C_b = 1$ , en kNm. (F.1.2.).
- $M_s$**  momento de segundo orden en barras armadas axialmente comprimidas, resultante de la excentricidad inicial, en kNm. (A-E.4.2.1.).
- $M_u$**  resistencia requerida a flexión, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{u1}$**  momento flexor requerido en un cordón de una barra armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kNm. (A-E.4.2.2.).
- $M_y$**  momento correspondiente a la llegada a fluencia de la fibra extrema para una distribución elástica de tensiones ( $= F_y S$  para secciones homogéneas), en kNm. (F.1.1.).
- $M_1$**  menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- $M_2$**  menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- $N$**  longitud de apoyo, en cm. (K.1.3.).
- $N$**  número de variaciones del rango de tensión en la vida útil de la estructura. (A-K.3.3.).
- $P_{br}$**  fuerza de corte requerida por piso o panel arriostrado, en kN. (C.3.).
- $P$**  paso de rosca, en cm/rosca. (A-K.3.4.).
- $P_{cm}$**  carga de Euler de una columna armada para la esbeltez modificada, en kN. (A-E.4.2.1.).
- $P_{e1}, P_{e2}$**  carga de pandeo elástico de Euler para barras de pórticos arriostrados y no arriostrados, respectivamente, en kN. (C.1.4.).
- $P_n$**  resistencia nominal a fuerza axial (compresión o tracción), en kN. (D.1.).
- $P_p$**  resistencia nominal al aplastamiento del hormigón, en kN. (J.9.).
- $P_u$**  resistencia axial requerida (compresión o tracción), en kN. (Tabla B.5.1).
- $P_{u1}$**  fuerza axial requerida en cada barra de una columna armada, en kN. (A-E.4.2.1.).

$P_y$	resistencia nominal de fluencia, en kN. (Tabla B.5.1).
$P\Delta$	efecto de segundo orden como consecuencia del desplazamiento lateral del pórtico (C.1.4.).
$P\delta$	efecto de segundo orden por efecto de cargas transversales entre los nudos. (C.1.4.).
$Q$	factor de reducción por pandeo local de elementos esbeltos comprimidos. (A-B.5.3.).
$Q_a$	factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos rigidizados. (A-B.5.3.).
$Q_s$	factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos no rigidizados. (A-B.5.3.).
$R$	acción debida a la lluvia inicial, o hielo, sin considerar los efectos de acumulación de agua. (A.4.1.).
$R_{PG}$	factor de reducción de la resistencia nominal a flexión de una viga armada. (A-G.2.).
$R_e$	factor de viga armada híbrida. (A-F.1.).
$R_n$	resistencia nominal, en kN. (A.5.3.).
$R_v$	resistencia nominal al corte del alma, en kN. (K.1.7.).
$S$	módulo resistente elástico de la sección, en $\text{cm}^3$ . (F.1.1.).
$S$	carga debida a la nieve o a las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
$S$	separación de barras secundarias, en cm. (K.2.).
$S_c$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta comprimida, en barras de ángulo simple, en $\text{cm}^3$ . (F.5.1.1.).
$S_t$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta traccionada, en barras de ángulo simple, en $\text{cm}^3$ . (F.5.1.2.).
$S'_x$	módulo de sección elástico de la sección extrema de mayor altura de una barra de altura variable con respecto a su eje fuerte, en $\text{cm}^3$ . (A-F.3.4.).
$S_{eff}$	módulo resistente elástico de la sección efectiva con respecto al eje fuerte, en $\text{cm}^3$ . (A-F.1.).
$S_{xt}, S_{xc}$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la fibra extrema del ala traccionada o comprimida, respectivamente, en $\text{cm}^3$ . (A-F.1.).
$T$	acciones térmicas climáticas, acciones térmicas funcionales del tipo normativo, deformaciones impuestas por el proceso constructivo o fuerzas resultantes del proceso de soldado. (A.4.1.).
$T$	fuerza de tracción debida a cargas de servicio, en kN. (J.3.9.).

$T_b$	fuerza de pretensado mínima para bulones de alta resistencia totalmente traccionados, en kN.(J.3.9.).
$T_u$	resistencia a tracción requerida debida a acciones mayoradas, en kN. (A-J.3.9b.).
$U$	coeficiente de reducción, utilizado en el cálculo del área neta efectiva. (B.3.).
$U_p$	índice de tensión para la barra primaria. (A-K.2.).
$U_s$	índice de tensión para la barra secundaria. (A-K.2.).
$V_{eu}$	esfuerzo de corte requerido en columnas armadas axialmente comprimidas, generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.1.).
$V_n$	resistencia nominal al corte, en kN. (F.2.2.).
$V_u$	resistencia requerida al corte, en kN. (A-G.4.).
$V_{u1}$	esfuerzo de corte requerido en un cordón de una columna armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.2.).
$W$	carga debida al viento o a las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
$X_1$	factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-8, en MPa. (F.1.2.).
$X_2$	factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-9, en MPa <sup>-2</sup> . (F.1.2.).
$Z$	módulo plástico de la sección, en cm <sup>3</sup> . (F.1.1.).
$a$	distancia entre rigidizadores transversales, en cm. (A-F.2.2.).
$a$	distancia entre conectores en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
$a$	menor distancia entre el borde del agujero del pasador y el borde de la barra, medida en la dirección paralela a la fuerza, en cm. (D.3.).
$a_r$	relación entre el área de alma y el área de ala comprimida. (A-G.2.).
$a'$	longitud de soldadura, en cm. (B.10.).
$b$	ancho de un elemento comprimido, en cm. (B.5.1.).
$b_e$	ancho efectivo reducido para elementos esbeltos comprimidos, en cm. (A-B.5.3.).
$b_{eff}$	distancia efectiva a borde, en cm. (D.3.).
$b_f$	ancho del ala, en cm. (B.5.1.).
$b_p$	ancho de platabanda, en cm. (Figura B.10-1).
$b_s$	ancho del rigidizador para rigidizadores de un solo lado, en cm. (C.3.4.).

- d*** diámetro nominal de un bulón, en cm. (J.3.3.).
- d*** altura total de la sección de una barra, en cm. (B.5.1.).
- d*** diámetro de un pasador, en cm. (D.3.).
- d*** diámetro del rodillo, en cm. (J.8.2.).
- d<sub>L</sub>*** altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga mayor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- d<sub>b</sub>*** altura de la viga, en cm. (K.1.7.).
- d<sub>b</sub>*** diámetro nominal (diámetro del cuerpo o espiga), en cm. (A-K.3.3.).
- d<sub>c</sub>*** altura de la columna, en cm. (K.1.7.).
- d<sub>o</sub>*** altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga menor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- e*** base del logaritmo natural.
- e<sub>o</sub>*** mínima deformación inicial para columna armada, en cm. (A-E.4.2.).
- f*** tensión de compresión elástica calculada en el elemento rigidizado, en MPa. (A-B.5.3.).
- f<sub>b1</sub>*** tensión normal de flexión calculada en el extremo de un segmento no arriostrado, de una viga con alma de altura variable, opuesto a aquél donde se produce la mayor tensión normal por flexión, en MPa. (A-F.3.4.).
- f<sub>b2</sub>*** mayor tensión normal de flexión calculada en un extremo de un segmento no arriostrado de una viga con alma de altura variable, en MPa. (A-F.3.4.).
- f'<sub>c</sub>*** resistencia especificada a compresión del hormigón, en MPa. (J.9.).
- f<sub>o</sub>*** tensión debida a la combinación de acciones 1,2 D + 1,2 R, en MPa. (A-K.2.).
- f<sub>un</sub>*** tensión normal requerida, en MPa. (H.2.).
- f<sub>uv</sub>*** tensión de corte requerida, en MPa. (H.2.).
- f<sub>v</sub>*** tensión de corte requerida en bulones y remaches debida a acciones mayoradas, en MPa. (J.3.7.).
- g*** distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
- h*** distancia libre entre alas, menos los radios de acuerdo entre el alma y las alas en secciones laminadas. Para secciones armadas, la distancia entre líneas adyacentes de pasadores o la distancia libre entre las caras internas de las alas cuando se utilice soldadura, en cm. (B.5.1.).

- $h$**  distancia entre centros de gravedad de las barras componentes de una barra armada medida perpendicularmente al eje de pandeo de la barra, en cm. (E.4.2.).
- $h_c$**  el doble de la distancia entre el baricentro de la sección y a) la cara interna del ala comprimida menos el radio de acuerdo entre alma y ala, para secciones laminadas ó b) la línea de pasadores más próxima al ala comprimida ó la cara interna del ala comprimida cuando se utilice soldadura, para secciones armadas, en cm. (B.5.1.).
- $h_i$**  distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea inferior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas ó b) la cara superior del ala inferior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- $h_o$**  distancia entre centros de gravedad de las alas, en cm. (C.3.4.).
- $h_s$**  distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea superior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas; o b) la cara inferior del ala superior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- $h_s$**  factor utilizado en la expresión A-F.3-6 para barras con alma de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- $h_w$**  factor utilizado en la expresión A-F.3-7 para barras con almas de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- $j$**  factor definido mediante la expresión A-F.2-4 para el momento de inercia mínimo de un rigidizador transversal. (A-F.2.3.).
- $k$**  factor de longitud efectiva de barras para pandeo flexional. (B.7.).
- $k$**  distancia desde la cara externa del ala al inicio del alma, en cm. (K.1.3.).
- $k_c$**  coeficiente que mide la interacción ala-alma para pandeo local. (Tabla B.5.1).
- $k_v$**  coeficiente de abolladura de la placa del alma. (A-F.2.2.).
- $k_z$**  factor de longitud efectiva para pandeo torsional. (A-E.3.).
- $k_y$**  factor de longitud efectiva para barras con almas de altura variable. (A-F.3.3.).
- $m$**  relación entre la tensión de fluencia del alma y la tensión de fluencia o tensión crítica del ala, para vigas híbridas. (A-G.2.).
- $n$**  número de barras de la columna armada. (A-E.4.2.).
- $n$**  número de puntos arriostrados nodalmente dentro de la longitud de la viga. (C.3.4.).
- $n_1$**  número de barras del cordón de una columna armada.(A-E.4.2.).
- $n_p$**  número de planos de presillas. (A-E.4.2.).
- $r$**  radio de giro gobernante, en cm. (B.7.).

$r_{T_o}$	en barras con almas de altura variable, radio de giro con respecto a un eje ubicado en el plano del alma, de una sección ubicada en el extremo de la barra con menor altura, que incluya el ala comprimida más 1/3 de la altura comprimida del alma, en cm. (A-F.3.4.).
$r_i$	radio de giro mínimo de una barra componente en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
$r_{ib}$	radio de giro de una barra componente relativo a su eje baricéntrico, paralelo al eje de pandeo de la barra armada, en cm. (E.4.2.).
$\bar{r}_o$	radio de giro polar con respecto al centro de corte, en cm. (E.3.).
$r_{ox}, r_{oy}$	radio de giro con respecto a los ejes $x$ e $y$ respectivamente, de la sección ubicada en el extremo de la barra que tenga la menor altura, en barras de altura variable, en cm. (A-F.3.3.).
$r_x, r_y$	radio de giro con respecto a los ejes $x$ e $y$ respectivamente, en cm. (E.3.).
$r_{yc}$	radio de giro del ala comprimida con respecto al eje $y$ , o si la flexión produce doble curvatura, radio de giro del ala más pequeña con respecto al eje $y$ , en cm. (A-F.1.).
$r_z$	radio de giro de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor inercia, en cm. (F.5.3.2.).
$s$	distancia en la dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
$t$	espesor del elemento o de la chapa, en cm. (Tabla B.5.1).
$t_f$	espesor de ala, en cm. (B.5.1.).
$t_p$	ancho de platabanda, en cm. (ver la Figura B.10.1).
$t_s$	espesor del rigidizador del alma, en cm. (C.3.4.).
$t_w$	espesor de alma, en cm. (B.5.1.).
$w$	lado del filete de soldadura, en cm. (J.2.2.).
$w$	subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de mayor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
$w$	ancho de la chapa; distancia entre soldaduras, en cm. (B.3.).
$x$	subíndice relativo al eje fuerte de flexión.
$x_o, y_o$	coordenadas del centro de corte con respecto del centro de gravedad, en cm. (E.3.).
$\bar{x}$	excentricidad de la unión, en cm. (B.3.).
$y$	subíndice relativo al eje débil de flexión.

- z** subíndice relativo al eje longitudinal de la barra.
- z** subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de menor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
- z** distancia desde el extremo con menor altura de la sección en una barra con alma de altura variable, que es utilizada en la expresión A-F.3-1. para determinar la altura en una sección, en cm. (A-F.3.1.).
- z<sub>o</sub>** coordenada en la dirección del eje **z** del centro de corte con respecto al centro de gravedad de la sección en una barra de ángulo simple, en cm. (F.5.3.2.).
- α** relación de separación para barras armadas comprimidas e igual a  $h/2 r_{ib}$ . (E.4.2.).
- β** factor de reducción dado por la expresión J.2-1. (J.2.).
- β<sub>T</sub>** rigidez requerida del arriostramiento excluida la distorsión del alma, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β<sub>Tb</sub>** rigidez requerida del pórtico transversal o diafragma de arriostramiento, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β<sub>br</sub>** rigidez lateral requerida por piso o panel, en kN/cm. (C.3.).
- β<sub>sec</sub>** rigidez distorsional del alma incluido el efecto de rigidizadores transversales del alma, cualquiera sean ellos, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β, β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>** factores para obtener el corte por pandeo en columnas armadas. (A-E.4.2.).
- β<sub>w</sub>** propiedad especial de la sección para perfiles ángulo de alas desiguales, en cm. (F.5.3.2.).
- Δ<sub>oh</sub>** desplazamiento lateral relativo del piso considerado, en cm. (C.1.4.).
- γ** relación de variación de altura. (A-F.3.1.). Subíndice para tensiones en barras de altura variable. (A-F.3.4.).
- ζ** exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- η** exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- λ<sub>1</sub>** valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía o el sistema de presillas en barras armadas de los Grupos IV y V. (A-E.4.2.1.).
- λ<sub>c</sub>** factor de esbeltez adimensional de barras comprimidas. (A-B.5.3.).
- λ<sub>e</sub>** factor de esbeltez equivalente. (A-E.2.).
- λ<sub>eff</sub>** factor de esbeltez efectiva definida por la expresión A-F.3-2. (A-F.3.3.).
- λ<sub>m</sub>** esbeltez modificada de la columna armada. (A-E.4.2.).

$\lambda_o$	esbeltez de la columna armada actuando como una unidad. (A-E.4.2.).
$\lambda_p$	relación ancho-espesor límite para elemento compacto. (B.5.1.).
$\lambda_{pp}$	relación ancho-espesor límite para elementos comprimidos de secciones de barras de estructuras de edificios que sean rótulas plásticas para un análisis global plástico. (Tabla B.5.1.).
$\lambda_r$	relación ancho-espesor límite para elemento no compacto. (B.5.1.).
$\varepsilon_u$	deformación específica correspondiente a $F_u$ . (C.1.3.).
$\varepsilon_y$	deformación específica correspondiente a $F_y$ . (C.1.3.).
$\phi$	factor de resistencia. (A.5.3.).
$\phi_b$	factor de resistencia para flexión. (Tabla B.5.1.).
$\phi_c$	factor de resistencia para compresión. (C.2.1.).
$\phi_{sf}$	factor de resistencia para corte en la línea de falla. (D.3.).
$\phi_t$	factor de resistencia para tracción. (D.1.).
$\phi_v$	factor de resistencia para corte. (F.2.2.).
$\theta$	factor que considera la influencia de la rigidez de las presillas en la rigidez de una columna armada. (A-E.4.2.).

# CAPÍTULO 1. ESPECIFICACIONES GENERALES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Este Reglamento establece los requisitos mínimos para el proyecto, ejecución y protección de estructuras para edificios con elementos estructurales formados por:

- (a) barras de acero de sección circular maciza
- (b) perfiles ángulo de alas iguales o perfiles Te, laminados en caliente, y barras de acero de sección circular maciza.

Este Reglamento es complementario del **Reglamento CIRSOC 301-2005 Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios** dado que incluye las especificaciones particulares para las estructuras citadas que difieren de, o se complementan con, las especificaciones generales para estructuras de acero para edificios presentadas en el **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

El Reglamento consta de Capítulos y Comentarios a los Capítulos. Los Capítulos son prescriptivos, mientras que los Comentarios tienen por finalidad ayudar a la comprensión de las prescripciones, presentando los antecedentes y los fundamentos de las mismas.

## 1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento se aplica a todos los elementos estructurales de acero, armados con alguna de las siguientes configuraciones:

- (a) cordones y planos de celosías formados por barras de acero de sección circular maciza, (denominados habitualmente en nuestro medio estructuras de hierro redondo o estructuras de filigrana),
- (b) cordones de perfiles ángulo de alas iguales o Te, laminados en caliente, y celosías de barras de acero de sección circular maciza,

y a sus uniones, cuando los elementos estructurales formen parte de estructuras resistentes de acero de edificios destinados a: viviendas, locales públicos, depósitos e industrias (incluso los que tengan carácter provisorio como andamios, cimbras, puntales, etc.). Asimismo es de aplicación para elementos estructurales de acero, armados con alguna de las configuraciones citadas, que formen parte de las estructuras de soporte de cañerías e instalaciones y de las estructuras resistentes de carteles, marquesinas y similares.

Todas las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 301-2005** serán de aplicación, con excepción de aquellas específicamente modificadas por este Reglamento.

Para el Proyecto de elementos estructurales comprendidos en los alcances de este Reglamento sometidos a acciones sísmicas se aplicarán también las especificaciones del **Reglamento INPRES-CIRSOC 103 -2005 - Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes- Parte IV "Construcciones de Acero"**.

Este Reglamento no es de aplicación a:

- ❑ elementos estructurales sometidos a acciones que produzcan efectos de fatiga, .
- ❑ elementos estructurales de secciones compuestas acero-hormigón, para los que el INTI-CIRSOC redactará un documento específico.

### 1.3. MATERIALES- NORMAS IRAM E IRAM-IAS DE APLICACIÓN

Para cada Proyecto Estructural se deberán adoptar las especificaciones de materiales fijadas en la normas IRAM e IRAM-IAS vigentes a la fecha de ejecución del mencionado Proyecto.

Las normas IRAM de bulones, tuercas y arandelas; bulones de anclaje y barras roscadas indicadas en este artículo, se encuentran actualmente en estudio, razón por la cual, de ser necesaria su aplicación, se podrán utilizar las normas ISO o ASTM correspondientes, hasta que dichas normas estén vigentes.

Algunas normas IRAM e IRAM-IAS de metal de aporte y fundente para soldadura, indicadas en este artículo, se encuentran también en estudio, razón por la cual, de ser necesaria su aplicación, se podrán utilizar las especificaciones AWS correspondientes, hasta que dichas normas estén vigentes.

#### 1.3.1. Acero estructural

Las normas IRAM- IAS citadas en este Reglamento son las siguientes:

**IRAM-IAS U500-207:** Barras de acero conformadas de dureza natural, **soldables**, para armadura en estructuras de hormigón.

**IRAM-IAS U500-502:** Barras de acero laminadas en caliente, lisas y de sección circular para armadura en estructuras de hormigón.

**IRAM-IAS U500-503:** Aceros al carbono de uso estructural.

**IRAM-IAS U500-528:** Barras de acero conformadas de dureza natural, para armadura en estructuras de hormigón.

**IRAM-IAS U500-558:** Perfiles ángulo de acero, de alas iguales, laminados en caliente.

**IRAM-IAS U500-561:** Perfiles Te de acero, laminados en caliente.

Para las **uniones soldadas** de barras de acero **se deberán cumplir las especificaciones del Reglamento CIRSOC 304-2007 Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero**, especialmente el Anexo B.

Las **barras de acero soldable por métodos normales de fusión**, sin adoptar precauciones especiales, **deberán cumplir** con las correspondientes especificaciones de **soldabilidad** de las normas IRAM-IAS U500-503 (Perfiles con características de soldabilidad), IRAM-IAS U500-502 (Acero AL 220 S) e IRAM-IAS U500-207 (Acero ADN 420 S).

Las barras de aceros según las normas IRAM-IAS U500-503 (Perfiles sin características de soldabilidad), IRAM-IAS U500-502 (Acero AL 220) e IRAM-IAS U500-528 (Acero ADN 420), que para ser **soldados** requieran **métodos especiales**, podrán ser soldadas sólo cuando dichos métodos satisfagan las **especificaciones** particulares que para cada caso se especifican en el Reglamento **CIRSOC 304-2007 Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero**, en particular el Anexo B.

Las barras conformadas de acero de dureza natural **soldables** según la norma IRAM-IAS U500-207, deben llevar **laminada en su superficie**, conforme lo establece esta norma y a efectos de su identificación, además de otros datos, la designación **420 S**.

### 1.3.2. Bulones, tuercas, arandelas y tornillos

Las normas IRAM citadas en este Reglamento son las siguientes:

**IRAM 5451:** Tuercas de aceros al carbono y aleadas para bulones en servicio bajo alta presión y altas temperaturas.

**IRAM 5452:** Bulones y pernos de acero al carbono.  $F_u$  mínimo: 370 MPa - Tipo A 307.

**IRAM 5453:** Bulones estructurales de acero con tratamiento térmico  $F_u$  mínimo: 825 - 725 MPa - Tipo A 325.

**IRAM 5454:** Bulones y pernos de acero templado y revenido - Tipo A 449.

**IRAM 5455:** Bulones estructurales de acero con tratamiento térmico  $F_u$  mínimo: 1035 MPa - Tipo A 490.

**IRAM 5456:** Tuercas de aceros al carbono y aleados.

**IRAM 5457:** Arandelas de acero endurecidas.

**IRAM 5464:** Bulones estructurales de cabeza hexagonal de alta resistencia- Clases ISO 8.8 y 10.9.

**IRAM 5465:** Tuercas hexagonales para bulones estructurales de alta resistencia- Clases ISO 8.8 y 10.9.

**IRAM 5466:** Arandelas planas para bulones estructurales de alta resistencia, endurecidas y templadas.

**IRAM 5467:** Arandelas planas para bulones estructurales de alta resistencia, biseladas, endurecidas y templadas.

### 1.3.3. Material de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes deberán cumplir alguna de las siguientes normas IRAM- IAS:

**IRAM-IAS U500-601:** Soldadura por arco. Electrodos de acero al carbono revestidos.

- IRAM-IAS U500-127:** Soldadura por arco. Electrodo de baja aleación revestido.
- IRAM-IAS U500-166:** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U500-232:** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono y de baja aleación para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U500-233:** Soldadura. Alambres tubulares de acero al carbono.
- IRAM-IAS U500-234:** Soldadura. Alambres tubulares de acero de baja aleación.
- IRAM-IAS U500-235:** Soldadura. Alambres de acero al carbono y fundentes para soldadura por arco sumergido.
- IRAM-IAS U500-236:** Soldadura. Alambres de acero de baja aleación y fundentes para soldadura por arco sumergido.

#### 1.3.4. Propiedades generales del acero

- (a) Módulo de elasticidad longitudinal:  $E = 200000 \text{ MPa}$
- (b) Módulo de Elasticidad transversal:  $G = 77200 \text{ MPa}$
- (c) Coeficiente de Poisson en período elástico:  $\mu = 0,30$
- (d) Coeficiente de dilatación térmica:  $\alpha_a = 12 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
- (e) Peso específico:  $\gamma_a = 77,3 \text{ kN/m}^3$

#### 1.3.5. Tensión de fluencia especificada máxima en aceros conformados de dureza natural

Para el dimensionado de barras de acero conformado de dureza natural de acuerdo con la norma IRAM-IAS U500-207 (Barras de acero conformadas de dureza natural, soldables para armadura en estructuras de hormigón) y norma IRAM-IAS U500-528 (Barras de acero conformadas de dureza natural para armadura en estructuras de hormigón) se deberá adoptar una **tensión de fluencia especificada máxima**  $F_y = 400 \text{ MPa}$ .

### 1.4. ACCIONES Y COMBINACIÓN DE ACCIONES

Será de aplicación lo especificado en el Reglamento CIRSOC 301-2005, Capítulo **A**, Sección **A.4**.

La consideración de las acciones originadas por el armado y el montaje se debe hacer sobre la base de un esquema previo de montaje, cuya concepción se base fundamentalmente en

los equipos disponibles en esas etapas. El estudio del armado y montaje deberá contemplar los siguientes puntos:

- (a) evitar esfuerzos torsores o flexotorsores en elementos no proyectados especialmente para resistir dichos esfuerzos,
- (b) garantizar la estabilidad lateral de elementos planos no arriostrados transversalmente durante el montaje,
- (c) contemplar la posibilidad de inversión de signo de los esfuerzos de flexión, que puedan comprimir elementos que están traccionados en servicio,
- (d) evitar la aplicación de cargas concentradas en elementos no especialmente proyectados para tales acciones,
- (e) analizar la posibilidad de condiciones de apoyo diferentes a las de los estados de servicio,
- (f) considerar la posibilidad de efectos dinámicos durante el montaje,
- (g) considerar sobrecargas especiales de operarios actuando en las secuencias de armado y montaje.

Durante la ejecución se deberá garantizar **que no existan estados de carga transitorios no previstos en el proyecto**, tales como el acopio de materiales sobre cubiertas y entrepisos.

## 1.5. BASES DE PROYECTO

Será de aplicación lo especificado en el **Reglamento CIRSOC 301-2005**, en el Capítulo **A**, Sección **A.5.**, con las siguientes modificaciones:

- En la Sección **A.5.1.**: Los métodos de análisis estructural y las condiciones para aplicarlos se especifican en el Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y en el **Capítulo 3** de este Reglamento.
- En la Sección **A.5.3.(b)** (segundo párrafo): Las resistencias nominales  $R_n$  y los factores de resistencia  $\phi$  serán determinados de acuerdo con lo establecido en los **Capítulos 4 a 9** de este Reglamento.
- En la Sección **A.5.4.**: Las previsiones para el Proyecto Estructural y los requerimientos respectivos son especificados en el Capítulo **L** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y en el **Capítulo 10** de este Reglamento.

## 1.6. DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA

Será de aplicación lo especificado en el **Reglamento CIRSOC 301-2005**, en el Capítulo **A**, Sección **A.7.**

## **1.7. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO**

Se deberán adoptar todas las previsiones de protección necesarias contra el fuego, de manera que las mismas sean compatibles con las exigencias de resistencia al fuego correspondientes al destino y uso de la construcción.

## CAPÍTULO 2. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

### 2.1. FORMAS SECCIONALES Y SOLICITACIONES DE SECCIÓN

Las formas seccionales y las correspondientes solicitaciones de sección cubiertas por este Reglamento son:

- (a) sección **rectangular**. (ver la Figura 2.1.1). Tiene 4 cordones paralelos y celosías en las 4 caras que pueden estar formadas sólo por diagonales o por diagonales y montantes. Los cordones pueden ser barras de sección circular maciza o perfiles ángulo de alas iguales.

Las solicitaciones de la sección pueden ser fuerza axial, flexión simple alrededor de ambos ejes, flexión disimétrica, torsión o una combinación de las anteriores.

- (b) sección **triangular**. (Figura 2.1.2). Tiene 3 cordones paralelos y celosías en las 3 caras formadas sólo por diagonales. Los cordones pueden ser barras de sección circular maciza o 2 perfiles ángulo de alas iguales y un perfil Te.

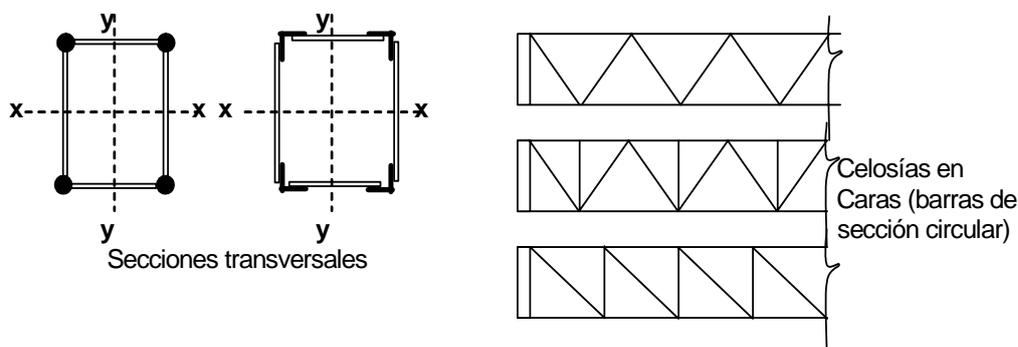
Las solicitaciones de sección pueden ser fuerza axial, flexión simple alrededor de ambos ejes, flexión disimétrica, torsión o combinación de las anteriores.

- (c) sección **Te**. (ver la Figura 2.1.3). Tiene 3 cordones paralelos de barras de sección circular maciza y una celosía formada sólo por diagonales que apoya en un cordón y en un travesaño de sección circular o planchuela, que une los otros 2 cordones.

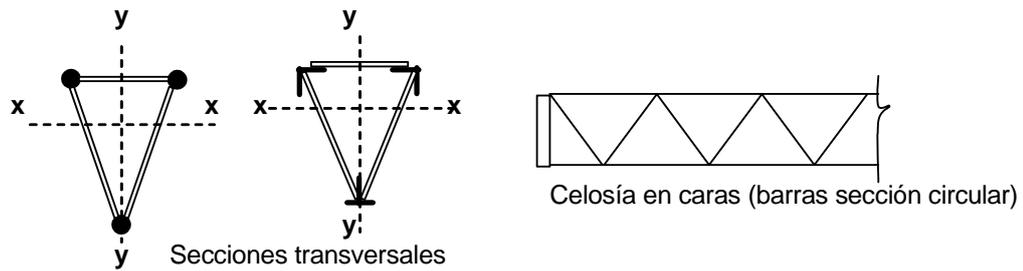
La única solicitación de sección es flexión simple alrededor del eje **x-x**, preferentemente con compresión en los cordones superiores. Su utilización es poco aconsejable.

- (d) secciones **planas**. (ver la Figura 2.1.4). Tienen 2 cordones paralelos de perfil ángulo o te, o sección circular maciza y celosía formada sólo por diagonales de sección circular.

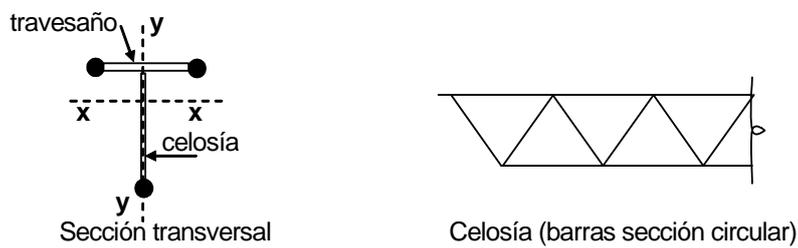
La única solicitación de sección es flexión simple alrededor del eje **x-x**.



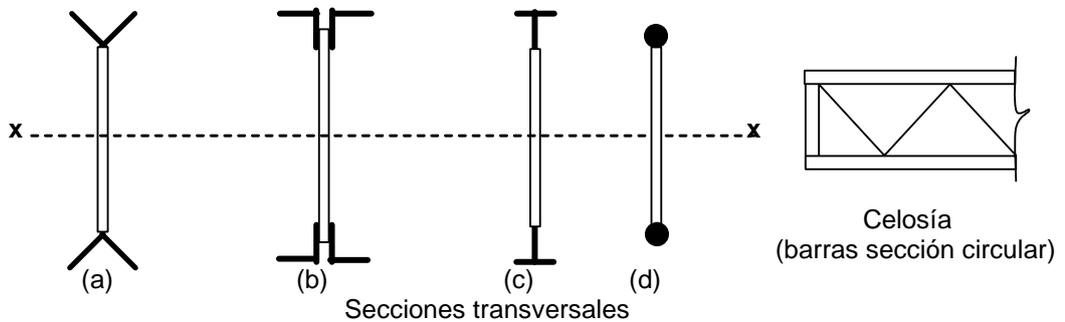
**Figura 2.1.1. Sección rectangular**



**Figura 2.1.2. Sección triangular.**



**Figura 2.1.3. Sección Te.**



**Figura 2.1.4. Secciones Planas.**

## 2.2. PARÁMETROS SECCIONALES

### (a) Área bruta

El área bruta de la sección armada ( $A_g$ ) es la suma de las áreas brutas de los cordones ( $A_{gi}$ ):

$$A_g = \sum A_{gi} \quad (2.2-1)$$

**(b) Área neta**

El área neta de la sección armada ( $A_n$ ) es la suma de las área netas de los cordones ( $A_{ni}$ ):

$$A_n = \Sigma A_{ni} \quad (2.2-2)$$

**(c) Momentos de inercia y radios de giro**

Los **momentos de inercia** de las secciones armadas con respecto a los ejes de flexión y de pandeo se calcularán por el Teorema de Steiner.

Si los cordones son **barras de sección circular** se pueden despreciar los **momentos de inercia** propios de las barras. En ese caso los **momentos de inercia** y los **radios de giro** se pueden calcular de la siguiente manera: (ver la Figura 2.2.1.).

$$I_x = k_x h^2 \frac{A_1 A_2}{A_g} \quad (2.2-3)$$

$$I_y = k_y b^2 \frac{A_3 A_4}{A_g} \quad (2.2-4)$$

$$r_x = \frac{h}{A_g} \sqrt{k_x A_1 A_2} \quad (2.2-5)$$

$$r_y = \frac{b}{A_g} \sqrt{k_y A_3 A_4} \quad (2.2-6)$$

siendo:

$x, y$  los ejes baricéntricos de la sección armada.

$A_1$  la sección total de los cordones con coordenada  $y$  positiva, en  $\text{cm}^2$ .

$A_2$  la sección total de los cordones con coordenada  $y$  negativa, en  $\text{cm}^2$ .

$A_3$  la sección total de los cordones con coordenada  $x$  positiva, en  $\text{cm}^2$ .

$A_4$  la sección total de los cordones con coordenada  $x$  negativa, en  $\text{cm}^2$ .

$A_g$  el área bruta de la sección armada =  $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$ , en  $\text{cm}^2$ .

$I_x$  el momento de Inercia de la sección armada respecto del eje  $x$ , en  $\text{cm}^4$ .

$I_y$  el momento de Inercia de la sección armada respecto del eje  $y$  en  $\text{cm}^4$ .

$r_x$  el radio de giro de la sección armada respecto del eje  $x$ , en  $\text{cm}$ .

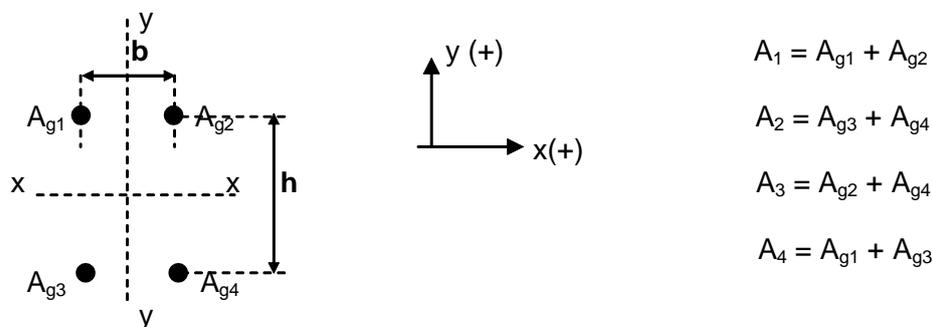
$r_y$  el radio de giro de la sección armada respecto del eje  $y$ , en cm.

$k_x, k_y$  los coeficientes experimentales:

- sección **Te**:  $k_x = 0,86$
- sección **rectangular, triangular y plana**:  $k_x = k_y = 1,0$ .

Cuando un cordón se encuentre sobre un eje ( $x$  o  $y$ ) su área  $A_{gi}$  se adaptará  $A'_{gi} = 0,5 A_{gi}$  para el cálculo del **momento de inercia** y del **radio de giro** respecto de ese eje, en la determinación de los valores  $A_i$  de las expresiones de la Figura 2.2.1.

**Excepto para la sección Te**, los **parámetros seccionales definidos**, son los de la barra armada **considerada como de alma llena (rígida)**. No incluyen la influencia de la rigidez a corte de las celosías que se considerará en cada caso para la determinación de rigideces, esbelteces y deformaciones, según se especifica en este Reglamento.



**Figura 2.2-1. Momentos de Inercia**

### 2.3. RELACIONES GEOMÉTRICAS Y ESBELTECES LÍMITES

Las barras armadas deberán cumplir las siguientes relaciones geométricas y esbelteces límites.

**(a) Elementos rectos solicitados a flexión:**

- simplemente apoyados  $(L/h) \leq 35$
- continuos  $(L/h) \leq 45$

**(b) Elementos rectos comprimidos o flexo comprimidos:**

- elementos principales  $\lambda_m \leq 150$
- elementos secundarios  $\lambda_m \leq 250$

**(c) Elementos curvos de pequeña curvatura (arcos) flexo comprimidos:**

- para cualquier tipo de apoyo  $(L/f) \geq 10$   
 $(L/h) \leq 55$   
 $(L/r_x) \leq 110$   
 $\lambda_m \leq 150$

(d) Elementos de sección rectangular, triangular o Te sometidos a solicitaciones de compresión, flexión, flexo compresión, torsión o combinación de ellas (según el artículo 2.1.): (recomendadas, no obligatorias)

- elementos rectos

$$b \geq (h/2) ; b \geq (L_b/75)$$

- elementos curvos

$$b \geq (h/2) ; b \geq (L_b/110)$$

Estos requerimientos pueden **no satisfacerse** cuando se verifiquen todos los estados límites establecidos en los Capítulos 5, 6, 7 y 8 de este Reglamento

(e) Elementos de sección rectangular o triangular sometidos a tracción

- elementos rectos

$$L/r_{\min} \leq 300$$

en (a) hasta (e) la simbología representa lo siguiente:

**h** la altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

**b** el ancho de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

**r<sub>x</sub>** el radio de giro con respecto al eje **x-x**. (pandeo en el plano), en cm.

**L** la distancia entre ejes de apoyos, en cm.

**f** la flecha del arco, en cm.

**λ<sub>m</sub>** la mayor esbeltez modificada de la columna armada determinada según el artículo 5.4.2.1., expresión (5.4-5).

**L<sub>b</sub>** la distancia entre puntos de arriostamiento contra el desplazamiento lateral de toda la sección transversal o de sus cordones comprimidos según corresponda, o entre puntos de arriostamiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.

**r<sub>min</sub>** el radio de giro mínimo de la sección armada, en cm.

## 2.4. RIGIDIZACIÓN Y TRAVESAÑO EN SECCIONES Te

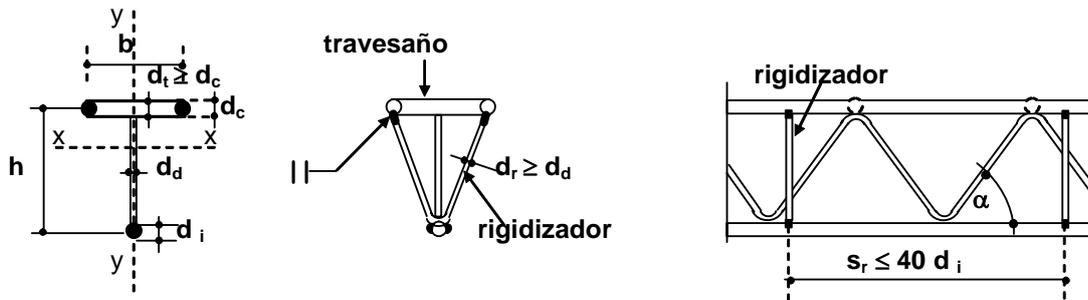
2.4.1. En los elementos de sección transversal **Te** se deberán colocar rigidizadores distribuidos a lo largo de su longitud para asegurar la estabilidad del conjunto y evitar el desplazamiento del cordón inferior. Los rigidizadores serán barras de acero de sección circular doblados en V, con la V contenida en el plano de la sección transversal, (ver la Figura 2.4.1.). Los mismos se soldarán a las tres barras longitudinales.

El **diámetro** de las barras (sección circular) de rigidización, **d<sub>r</sub>**, será mayor o igual que el diámetro de la diagonal **d<sub>d</sub>**.

$$d_r \geq d_d \quad (2.4-1)$$

La **separación de los rigidizadores**,  $s_r$ , será menor o igual que  $40 d_i$ , siendo  $d_i$  el diámetro del cordón inferior.

$$s_r \leq 40 d_i \quad (2.4-2)$$



**Figura 2.4.1. Sección Te.**

**2.4.2.** El **diámetro**  $d_t$  de los travesaños que vinculan las dos barras del cordón superior en secciones **Te** se determinará con la siguiente expresión:

$$d_t = 4,00 \sqrt[3]{\frac{V_u b}{F_y \operatorname{tg} \alpha}} \geq d_c \quad (2.4-3)$$

siendo:

- $d_t$  el diámetro del travesaño, en cm.
- $V_u$  el esfuerzo de corte requerido en la barra flexada, en kN.
- $b$  el ancho de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.
- $F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero del travesaño, en MPa.
- $\alpha$  el ángulo entre el eje de la diagonal y el eje del cordón inferior, en grados sexagesimales.
- $d_c$  el diámetro de las barras del cordón comprimido, en cm.

**2.4.3.** Cuando se utilice como travesaño una planchuela (ver la Figura 2.4.2.), el ancho  $b_p$  (cm) y el espesor  $e_p$  (cm) de la misma deberán satisfacer la siguiente expresión:

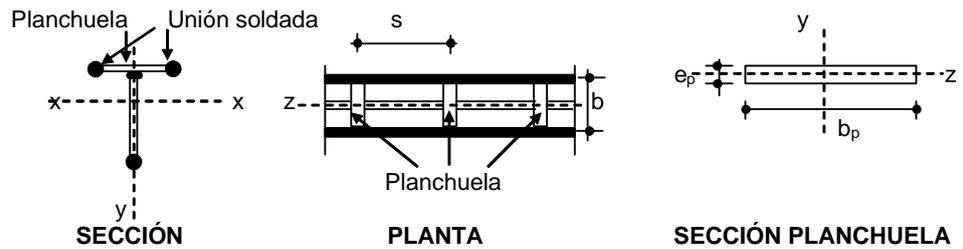
$$\frac{33,3 V_u b}{F_{yp}} \left[ \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha b_p^2 e_p} + \frac{s}{L e_p^2 b_p} \right] \leq 1 \quad (2.4-4)$$

siendo:

$s$  la distancia entre nudos, en cm.

$F_{yp}$  la tensión de fluencia especificada del acero de la planchuela, en MPa.

$L$  la luz de la barra flexada, en cm.



**Figura 2.4.2. Sección Te con travesaño de planchuela.**

## 2.5. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS

En los apoyos de elementos sometidos a flexión o a flexión combinada con fuerza axial se debe proveer una restricción al giro alrededor del eje longitudinal de la barra.



# CAPÍTULO 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD

Este Capítulo contiene especificaciones generales para:

- (a) **el análisis estructural**
- (b) la estabilidad global y la estabilidad local de las estructuras y de los elementos estructurales que se incluyen en los alcances de este Reglamento indicados en el artículo 1.2..

## 3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### 3.1.1. Métodos de Análisis

- (1) En **estructuras isostáticas** las reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener utilizando las leyes y expresiones de la estática.
- (2) En **estructuras hiperestáticas** las reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener sólo por análisis global elástico.

Es de aplicación lo especificado en las Secciones **C.1.1.(3)** y **C.1.1.(4)** del Reglamento CIRSOC 301- 2005.

**No es de aplicación lo especificado en la Sección C.1.2.(3) del Reglamento CIRSOC 301- 2005.**

- (3) En el análisis de **estructuras hiperestáticas**, la influencia de las deformaciones por corte en la rigidez de las barras, se podrá considerar mediante la utilización del momento de inercia modificado,  $I_m$ , (cm<sup>4</sup>) en reemplazo del momento de inercia  $I$  de la sección rígida, con respecto al mismo eje de pandeo o flexión.

$$I_m = r_m^2 A_g \quad (3.1-1)$$

siendo:

$r_m$  el radio de giro modificado de la sección transversal de la barra relativo al eje de flexión o pandeo, en cm.

$$r_m = (k L) / \lambda_m \quad (3.1-2)$$

$k$  el factor de longitud efectiva determinado con las especificaciones del artículo 3.2.

$L$  la longitud real de la barra no arriostrada lateralmente correspondiente a la respectiva dirección de pandeo o flexión, en cm.

$\lambda_m$  la esbeltez modificada de la barra armada determinada de acuerdo con la expresión (5.4-5).

$A_g$  el área transversal bruta total de la barra armada, en  $\text{cm}^2$ .

### 3.1.2. Efecto de las deformaciones (Efectos de Segundo orden)

Los **efectos de segundo orden** resultantes del desplazamiento lateral de los nudos de pórticos no arriostrados (con nudos desplazables), (Efecto  $P\Delta$ ) ya es considerado en la verificación de las barras armadas sometidas a compresión combinada con flexión indicada en el artículo 7.2., por lo que el momento flexor requerido,  $M_u$ , en barras armadas flexo-comprimidas, uniones y barras unidas será el correspondiente al análisis de primer orden.

### 3.1.3. Barras de eje curvo de pequeña curvatura (arcos)

Los **arcos de pequeña curvatura** ( $(L/f) \geq 10$ ) se podrán emplear en cubiertas con los siguientes esquemas estructurales:

- (a) Arcos con o sin tensor.
- (b) Pórticos con dintel curvo, con o sin tensor.

Las secciones transversales serán secciones **rectangulares** o secciones **triangulares**, según lo especificado en el artículo 2.1.

La determinación de las solicitaciones requeridas para las barras curvas y tensores se hará por análisis estructural según lo especificado en los artículos 3.1.1. y 3.1.2.

**Se considerarán especialmente los estados de carga asimétricos por acción del viento, nieve, cargas útiles de cubierta y sobrecargas de montaje o mantenimiento.**

En los esquemas estructurales con tensor, éstos solo trabajarán para los efectos de acciones gravitatorias.

En los Comentarios se indican las **relaciones geométricas del arco de directriz circular** y la determinación de la **resistencia requerida del tensor de un arco triarticulado** (isostático) sometido a carga uniformemente distribuida.

### 3.1.4. Esfuerzos secundarios.

En las barras armadas reticuladas se pueden producir momentos flexores secundarios en los cordones y en las diagonales y montantes por las siguientes causas:

- (a) excentricidad resultante de que los ejes de las barras concurrentes al nudo no se corten en un punto,
- (b) hiperestaticidad interior del reticulado,
- (c) curvatura de plegado de diagonales y montantes.

En general los **momentos secundarios** resultantes de la hiperestaticidad interior del reticulado (causa (b)) y del plegado de diagonales y montantes (causa (c)) se pueden despreciar en las estructuras incluidas en los alcances de este Reglamento y dentro de los límites de las deformaciones admisibles en servicio.

Los **momentos flexores secundarios en las barras**, resultantes de que los ejes de las mismas no se corten en un punto (causa (a)), se pueden determinar, aproximadamente, con las especificaciones siguientes:

**3.1.4.1. Estructuración de nudos y momentos secundarios en barras con cordones de sección circular maciza y celosía con diagonales solamente** (ver la Figura 3.1.1.).

- Para lograr el **centrado de los ejes** de las diagonales y el cordón ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales,  $d_{i0}$ (cm), deberá ser:

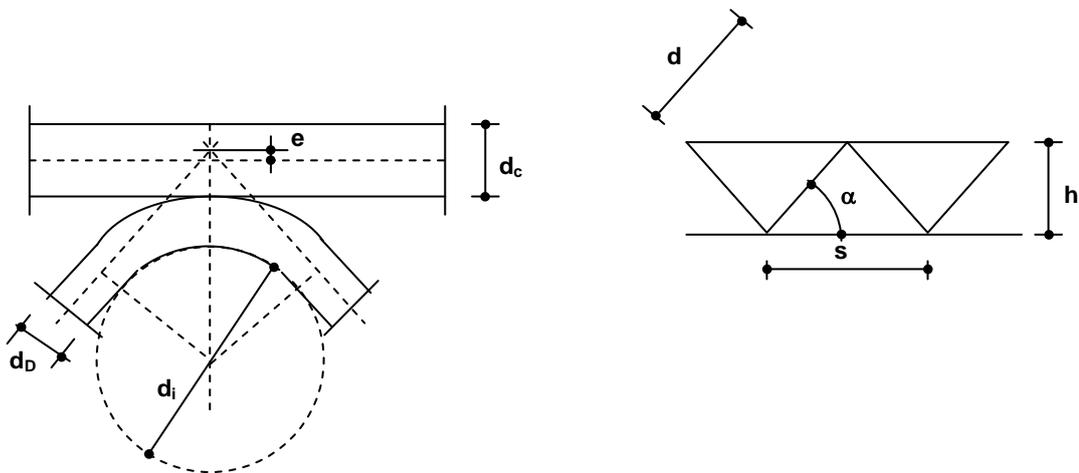
$$d_{i0} = \frac{d_c \cos \alpha + d_D (2 \cos \alpha - 1)}{1 - \cos \alpha} \quad (3.1-3)$$

- Cuando las **diagonales** tengan un diámetro interior de doblado,  $d_i$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

$$e = \frac{(d_i + d_D)}{2 \cos \alpha} - (0,5 d_c + d_D + 0,5 d_i) \quad (3.1-4)$$

El diámetro interior de doblado  $d_i$  deberá ser:

con $F_y \leq 250 \text{ MPa}$	$d_i \geq 5 d_D$ para $d_D > 16 \text{ mm}$
	$d_i \geq 2,5 d_D$ para $d_D \leq 16 \text{ mm}$
con $250 \text{ MPa} < F_y \leq 400 \text{ MPa}$	$d_i \geq 6 d_D$ para $d_D > 16 \text{ mm}$
	$d_i \geq 4 d_D$ para $d_D \leq 16 \text{ mm}$



**Figura 3.1.1. Nudo cordón circular con solo diagonales – simbología.**

- El **momento flexor secundario en el nudo**,  $M_s$  (kNm), generado por la excentricidad  $e$  en la sección de la barra con esfuerzo de corte requerido,  $V_u$  (kN) será:

$$M_s = \frac{V_u s e}{h} (10)^{-2} \quad (3.1-5)$$

con  $s$ ,  $e$  y  $h$  en cm.

- Los **momentos flexores resultantes** en las barras que concurren al nudo serán:

- en el cordón 
$$M_c = \frac{0,5}{1 + \left(\frac{d_D}{d_c}\right)^4 \frac{s}{d}} M_s \quad (3.1-6)$$

- en la diagonal 
$$M_D = \frac{0,5}{1 + \left(\frac{d_c}{d_D}\right)^4 \frac{d}{s}} M_s \quad (3.1-7)$$

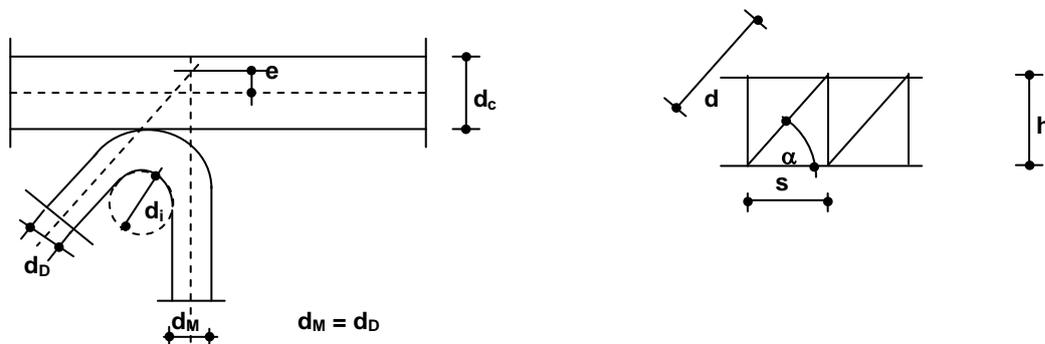
Estos momentos flexores secundarios se considerarán actuando simultáneamente con los esfuerzos axiales requeridos en las mismas secciones transversales de la barra armada.

Las barras serán verificadas a fuerza axil combinada con flexión.

### 3.1.4.2. Estructuración de nudos y momentos secundarios en barras con cordones de sección circular maciza y celosía con diagonales y montantes, (ver la Figura 3.1-2).

- Para lograr el centrado de los ejes de las diagonales y el cordón ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales  $d_{io}$  (cm) deberá ser:

$$d_{io} = \left[ \frac{d_c}{\text{tg}\alpha} - d_D \right] \quad (3.1-8)$$



**Figura 3.1.2. Nudo cordón circular con diagonal y montante - simbología.**

- Cuando las diagonales tengan un diámetro interior de doblado,  $d_i$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

$$e = \frac{(d_i + d_D)}{2} \operatorname{tg} \alpha - 0,5 d_c \quad (3.1-9)$$

El diámetro interior de doblado  $d_i$  deberá cumplir con lo especificado en el artículo 3.1.4.1.

- El **momento flexor secundario** en el nudo,  $M_s$ , (kNm), generado por la excentricidad  $e$  en la sección de la barra con **esfuerzo de corte requerido**,  $V_u$  (kN), será:

$$M_s = \frac{V_u s e}{h} (10)^{-2} \quad (3.1-10)$$

con  $s$ ,  $e$  y  $h$  en cm.

- Los **momentos flexores resultantes** en las barras que concurren al nudo serán:

- en el cordón 
$$M_c = \frac{1}{2 + \left(\frac{d_D}{d_c}\right)^4 \left(\frac{s}{d} + \frac{s}{h}\right)} M_s \quad (3.1-11)$$

- en la diagonal 
$$M_D = \frac{1}{1 + 2 \left(\frac{d_c}{d_D}\right)^4 \frac{d}{s} + \frac{d}{h}} M_s \quad (3.1-12)$$

- en el montante 
$$M_M = \frac{1}{1 + 2 \left(\frac{d_c}{d_M}\right)^4 \frac{h}{s} + \frac{h}{d}} M_s \quad (3.1-13)$$

Estos momentos flexores secundarios se considerarán actuando simultáneamente con los esfuerzos axiales requeridos en las mismas secciones transversales de la barra armada.

Las barras serán verificadas a fuerza axil combinada con flexión.

### 3.1.4.3. Estructuración de nudos en barras con cordones de perfil ángulo o perfil Te

#### 3.1.4.3.1. Cordón de perfil ángulo con celosía sólo de diagonales y soldada al alma (ver la Figura 3.1.3)

- para lograr el **centrado de los ejes** de las diagonales y el cordón ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales  $d_{iD}$  (cm) deberá ser:

$$d_{io} = \frac{0,7b - d_D \left( \gamma + \frac{1}{2 \cos \alpha} \right)}{\left( \frac{1}{2 \cos \alpha} - 0,5 \right)} \quad (3.1-14)$$

- cuando las **diagonales** tengan un diámetro interior de doblado,  $d_i = \eta d_D$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

$$e = \left[ \frac{\eta + 1}{2 \cos \alpha} - \frac{\eta}{2} + \gamma \right] d_D - 0,7b \quad (3.1-15)$$

- cuando la **diagonal** sea interna, para poder unirla adecuadamente al alma del perfil, se deberá verificar que:

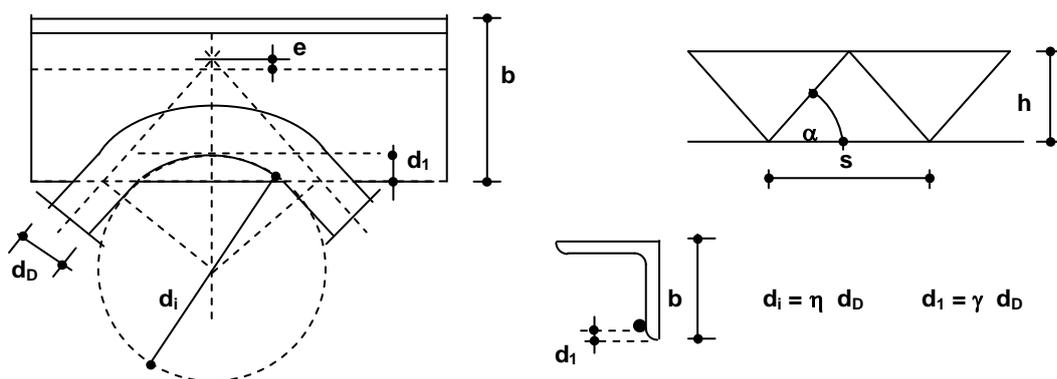
$$e \leq 0,3b - 2,5t \quad (3.1-16)$$

siendo:

$b$  el lado del ángulo, en cm.

$t$  el espesor del ala del ángulo, en cm.

El **diámetro interior de doblado**  $d_i$  deberá cumplir con lo especificado en el artículo 3.1.4.1.



**Figura 3.1.3. Nudo cordón ángulo con sólo diagonales - simbología.**

**3.1.4.3.2. Cordón de perfil ángulo con celosía de diagonal y montante, soldada al alma (ver la Figura 3.1.4)**

- para lograr el **centrado de los ejes** de las diagonales y el cordón ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales  $d_{i0}$  (cm) deberá ser:

$$d_{i0} = \frac{1,4 b}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{2 d_D (\gamma + 1)}{\operatorname{tg} \alpha} - d_D \quad (3.1-17)$$

- cuando las diagonales tienen un diámetro interior de doblado,  $d_i = \eta d_D$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

$$e = \left[ \frac{\eta + 1}{2} \operatorname{tg} \alpha + \gamma + 1 \right] d_D - 0,7 b \quad (3.1-18)$$

- cuando la **diagonal** sea interna, para poder unirla adecuadamente al alma del perfil se deberá verificar que:

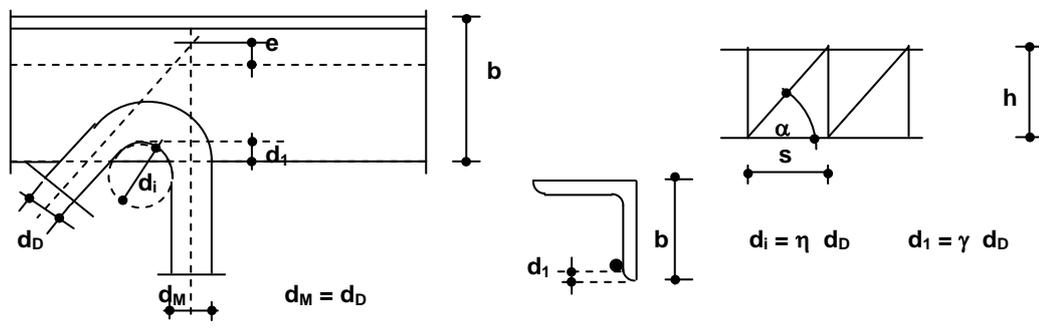
$$e \leq 0,3 b - 2,5 t \quad (3.1-19)$$

siendo:

$b$  el lado del ángulo, en cm.

$t$  el espesor del ala del ángulo, en cm.

El diámetro interior de doblado  $d_i$  deberá cumplir con lo especificado en el artículo 3.1.4.1.

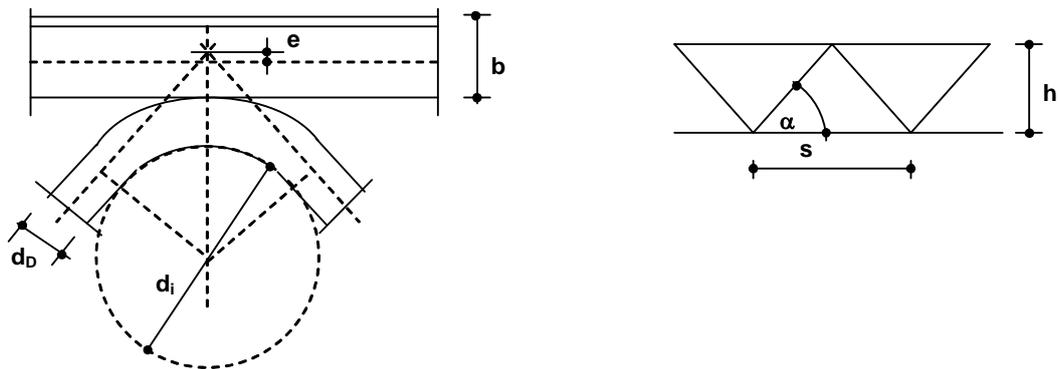


**Figura 3.1.4. Nudo cordón ángulo con diagonal y montante - simbología.**

**3.1.4.3.3. Cordón de perfil ángulo o te con celosía sólo de diagonales y soldada a la punta del alma** (ver la Figura 3.1.5.)

- para lograr el **centrado de los ejes** de las diagonales y el cordón, ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales  $d_{i0}$  (cm) deberá ser:

$$d_{i0} = \frac{1,4 b \cos \alpha + d_D (2 \cos \alpha - 1)}{1 - \cos \alpha} \quad (3.1-20)$$



**Figura 3.1.5. Nudo cordón ángulo o te con sólo diagonales - simbología.**

- cuando las **diagonales** tengan un diámetro interior de doblado,  $d_i$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

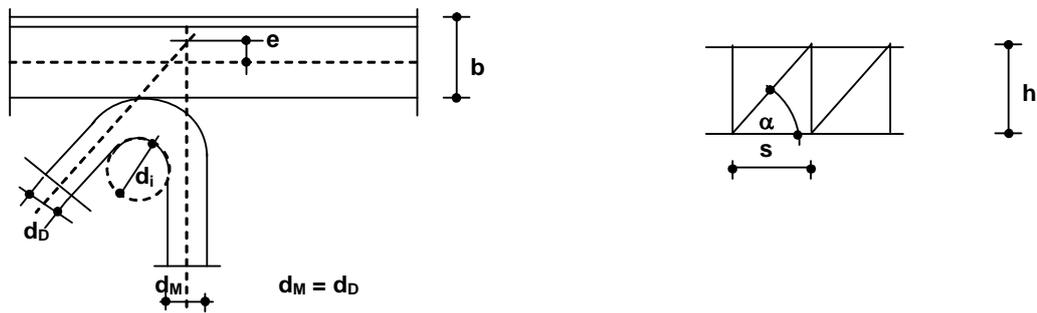
$$e = \frac{(d_i + d_D)}{2 \cos \alpha} - (0,7 b + d_D + 0,5 d_i) \quad (3.1-21)$$

El **diámetro interior de doblado**  $d_i$  deberá cumplir con lo especificado en el artículo 3.1.4.1.

**3.1.4.3.4. Cordón de perfil ángulo o Te con celosía de diagonal y montante, soldada a la punta del alma** (ver la Figura 3.1.6.)

- para lograr el **centrado de los ejes** de las diagonales y el cordón, ( $e = 0$ ), el diámetro interior de doblado de las diagonales  $d_{i0}$  (cm) deberá ser:

$$d_{i0} = \left[ \frac{1,4 b}{\operatorname{tg} \alpha} - d_D \right] \quad (3.1-22)$$



**Figura 3.1.6. Nudo cordón ángulo o te con diagonal y montante - simbología.**

- cuando las **diagonales** tienen un diámetro interior de doblado,  $d_i$  (cm), la excentricidad resultante,  $e$  (cm), será:

$$e = \frac{(d_i + d_D)}{2} \operatorname{tg} \alpha - 0,7 b \quad (3.1-23)$$

El **diámetro interior de doblado**  $d_i$  deberá cumplir con lo especificado en el artículo 3.1.4.1.

#### 3.1.4.4. Momentos secundarios en barras con cordones de perfil ángulo o perfil Te

- el **momento flexor secundario** en el nudo  $M_s$  (kNm), generado por la excentricidad  $e$  en la sección de la barra con esfuerzo de corte requerido  $V_u$  (kN) será:

$$M_s = \frac{V_u s e}{h} (10)^{-2} \quad (3.1-24)$$

con  $s$ ,  $e$  y  $h$  en cm.

- los **momentos flexores resultantes** en las barras que concurren al nudo serán:

$$\text{en el cordón} \quad M_c = 0,5 M_s \quad (3.1-25)$$

en la diagonal y en el montante: **despreciable**

## 3.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

### 3.2.1. Estabilidad de la Estructura en su conjunto

Rige lo especificado en “Condición General” de la Sección **C.2.** del Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

## 3.2.2. Estabilidad global de las barras armadas comprimidas

### 3.2.2.1. Pórticos arriostrados

Rige lo especificado en la Sección **C.2.1.** del Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** con excepción de lo indicado en el último párrafo.

Para la determinación del **factor de longitud efectiva  $k$**  se considerará el radio de giro modificado,  $r_m$ , de la sección transversal de la barra, obtenido según lo especificado en el artículo **3.1.1.**

Para el **pandeo fuera del plano** de barras de sección transversal **plana**, será de aplicación lo especificado en la Sección **C.2.3.(3)** del Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

### 3.2.2.2. Pórticos no arriostrados

Rige lo especificado en la Sección **C.2.2.** del Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** con excepción de lo indicado en el último párrafo.

Para obtener **el factor de longitud efectiva  $k$**  de las barras armadas, se podrán utilizar los procedimientos indicados en la Sección **C.2.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005 (Tabla **C-C.2.1** y Nomograma de la Figura **C-C.2.2**, y las correcciones aplicables). Para su aplicación se utilizarán los momentos de inercia modificados  $I_m$  obtenidos de la expresión **(3.1-1)** del artículo **3.1.1.**

Para el **pandeo fuera del plano** de barras de sección transversal **plana**, será de aplicación lo especificado en la Sección **C.2.3.(3)** del Capítulo **C** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

### 3.2.2.3. Arcos de pequeña curvatura

#### 3.2.2.3.1. Pandeo en el plano

Para **arcos simétricos** de sección transversal constante, con sus apoyos A y B fijos (no desplazables en el plano), la longitud de pandeo en el plano de la barra será:

$$k s \quad (3.2-1)$$

siendo:

**s** la mitad del desarrollo del arco en el plano, en cm.

**k** el factor de longitud efectiva obtenido de la Tabla **3.2.1.**

Tabla 3.2.1. Valores de k para arcos para pandeo en el plano

	$f/L$	0,05	0,10	0,20
Arco de tres articulaciones	$k =$	1,20	1,19	1,16
Arco de dos articulaciones	$k =$	1,00	1,02	1,06
Arco biempotrado	$k =$	0,70	0,71	0,72

### 3.2.2.3.2. Pandeo fuera del plano

La longitud de pandeo  $L_1 (= k.L)$  fuera del plano será la distancia entre puntos lateralmente arriostados. El arriostamiento deberá asimismo poder absorber torsiones alrededor del eje del arco. La distancia  $L_1$  (cm) se medirá según el desarrollo del arco.

### 3.2.3. Estabilidad local de las barras del reticulado

- Secciones *rectangular* y *triangular*

La longitud de pandeo local  $k L$  será:

- para cordones:  $k L = 1 s$

siendo:

$s$  la distancia entre nudos, en cm

- para diagonales:  $k L = 0,85 L_D$

siendo:

$L_D$  la longitud real de la diagonal, en cm

- para montantes:  $k L = 0,85 L_M$

siendo:

$L_M$  la longitud real del montante, en cm.

- Sección *Te*

- Cordones superiores : en el plano:  $k L = 1 s$   
fuera del plano: considerar como columna armada Tipo V

- **Cordón inferior:** en el plano:  $k L = 1 s$   
(eventuales compresiones) fuera del plano  $k L =$  distancia entre rigidizadores ubicados según el artículo 2.4.1.
- **Diagonales:**  $k L = 0,85 L_D$

- Sección **Plana**

Las longitudes de pandeo en el plano del reticulado se determinarán de acuerdo con lo especificado en la Sección **C.2.3.(4)** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**, con los siguientes valores para el factor de longitud efectiva  $k$ :

**Cordones y diagonal extrema en reticulado trapecial:**  $k = 1$   
**Diagonales y Montantes:**  $k = 0,85$

### 3.3. SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTOS

Se deberán disponer los arriostramientos necesarios para asegurar la estabilidad general de la estructura y la estabilidad global de las barras armadas que la componen. La disposición de los mismos será compatible con los factores de longitud efectiva  $k$  adoptados según el artículo 3.2.

Será de aplicación lo especificado en la Sección **C.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Para la determinación de las solicitaciones en los elementos del sistema de arriostramiento se deberá aplicar lo especificado en la Sección **C.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Para los elementos del sistema de arriostramiento, las solicitaciones requeridas resultantes de la función estabilizadora se deberán sumar a las solicitaciones requeridas que le correspondan, resultantes de las acciones mayoradas.

En las barras de sección circular maciza de los **sistemas de arriostramiento**, destinadas a absorber solicitaciones de tracción, se deberá garantizar su entrada en tracción al actuar las cargas de servicio. Para ello se utilizarán manguitos roscados, torniquetes o tuercas que permitan su regulación o se diseñarán sistemas que eviten eventuales deformaciones por flexión debido a su propio peso u otras acciones.

En las **vigas de arriostramiento en estructuras de cubierta**, donde los cordones o montantes sean las correas, las diagonales sean tensores de sección circular maciza y los montantes o cordones sean barras armadas, se cuidará especialmente que los ejes de montante y diagonal se corten en un punto con los ejes de los cordones. Se diseñará la unión de la diagonal y la barra armada (cordón o montante) de manera de asegurar que la fuerza axial de la diagonal se transmita a los nudos de la barra armada a fin de no generar flexiones en sus barras.

Se deberá cuidar especialmente el arriostramiento a pandeo lateral del cordón comprimido de las secciones planas.

En cualquier tipo de sección transversal, si en alguna combinación de acciones resultara comprimido el cordón inferior, se dispondrá el arriostramiento necesario para dicho cordón (por ejemplo rigidizadores transversales, tornapuntas o soluciones similares)



## CAPITULO 4. BARRAS TRACCIONADAS

Este Capítulo es aplicable a:

- (a) **barras rectas de sección circular maciza** que formen los **cordones** o **celosías** de las barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento, indicadas en el artículo 1.2.,
- (b) **barras rectas de perfiles laminados de sección ángulo o Te**, que formen los cordones de las barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento, indicadas en el artículo 1.2.,
- (c) **barras armadas** comprendidas en los alcances de este Reglamento, indicadas en el artículo 1.2. y con las formas seccionales indicadas en el Capítulo 2, artículos 2.1.(a), 2.1.(b) y 2.1.(d),
- (d) **barras rectas de sección circular maciza** que formen parte de los **sistemas de arriostramiento** o sean tensores de arcos de pequeña curvatura,

todas ellas sometidas a tracción por fuerzas que actúen según el eje que pasa por los centros de gravedad de las secciones transversales (tracción axil).

Para barras sometidas a tracción axil y flexión ver el Capítulo 7.

### 4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA

La **resistencia de diseño a tracción de barras de sección circular maciza**,  $T_d$  (kN), será determinada por la expresión:

$$T_d = \phi_t T_n \quad (4.1-1)$$

donde:

$$\phi_t = 0,90$$
$$T_n = F_y A_g (10)^{-1} \quad (4.1-2)$$

siendo:

$T_n$  la resistencia nominal, en kN.

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

$A_g$  el área bruta de la barra de sección circular =  $(\pi \cdot d^2) / 4$ , en cm<sup>2</sup>.

**d** el diámetro nominal de la barra de sección circular, en cm.

Cuando la regulación de las barras de sección circular maciza que forman parte de sistemas de arriostramiento o constituyan tensores de arcos de pequeña curvatura, se realice con manguitos roscados, torniquetes o tuercas, y su anclaje se efectúe con barras roscadas soldadas a la barra, el diámetro nominal de la barra roscada ( $d_{br}$ ) deberá verificar la siguiente expresión:

$$d_{br} \geq 1,20 d \quad (4.1-3)$$

Los manguitos roscados, torniquetes y tuercas, y la unión soldada entre la barra y la barra roscada deberán satisfacer lo especificado en el Capítulo **J** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**. El acero de la barra y el de la barra roscada deberán ser de similares características.

La barra roscada deberá satisfacer lo especificado en la Sección **J.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

## 4.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS

La **resistencia de diseño a tracción** de barras de perfiles ángulo o Te laminados que formen los cordones de barras armadas de sección transversal rectangular, triangular o plana se determinará con las especificaciones del Capítulo **D**, Sección **D.1.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

## 4.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS ARMADAS

La **resistencia de diseño a tracción de barras armadas**,  $T_d$  (kN), será determinada por la siguiente expresión:

$$T_d = \phi_t T_n \quad (4.3-1)$$

donde:  $\phi_t = 0,90$   
 $T_n = F_y A_g (10)^{-1}$  (4.3-2)

siendo:

$T_n$  la resistencia nominal, en kN.

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero de las barras de los cordones, en MPa.

$A_g$  el área bruta de la barra armada, en  $\text{cm}^2$ .

Las **diagonales y montantes de las celosías** deberán ser dimensionados para la fuerza de compresión requerida  $P_u$  (kN) resultante de un esfuerzo de corte,  $V_u$  (kN), normal al eje de la barra con la siguiente expresión:

$$V_u = 0,008 T_u \quad (4.3-3)$$

siendo :

$T_u$  la tracción axial requerida de la barra armada, en kN.

En los extremos de la barra armada se dispondrán presillas constituidas por planchuelas o perfiles ángulo. Igualmente se colocarán presillas intermedias en los puntos en que la celosía se interrumpa y en los puntos de unión con otras piezas. Las presillas deberán satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{n_p I_p}{h} \geq \frac{6 I_1}{s} \quad (4.3-4)$$

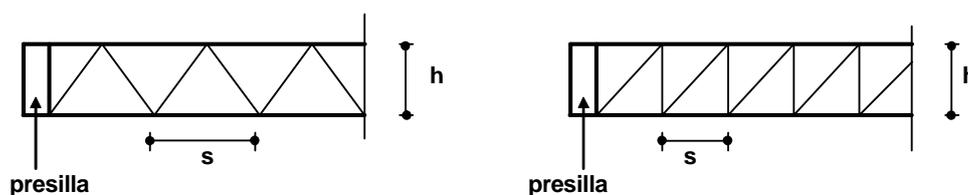
siendo:

$n_p$  el número de planos de presillas.

$I_1$  el momento de inercia del cordón con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en  $\text{cm}^4$ .

$I_p$  el momento de inercia de una presilla en su plano, en  $\text{cm}^4$ .

$h$  y  $s$  de acuerdo con la Figura 4.3.1.



**Figura 4.3.1. Barras armadas traccionadas.**



## CAPITULO 5. BARRAS COMPRIMIDAS

Este Capítulo es aplicable a:

- (a) **barras rectas de sección circular maciza** que formen los **cordones** o **celosías** de las barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento, indicadas en el artículo 1.2.,
- (b) **barras rectas de perfiles laminados de sección ángulo o Te**, que forman los cordones de las barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento indicadas en el artículo 1.2.,
- (c) **barras armadas** comprendidas en los alcances de este Reglamento indicadas en el artículo 1.2. y con las formas seccionales indicadas en los artículos 2.1.(a) y 2.1.(b),

todas ellas sometidas a compresión por fuerzas que actúan según el eje que pasa por los centros de gravedad de las secciones transversales (compresión axil).

Para barras sometidas a compresión axil y flexión ver el Capítulo 7.

### 5.1. FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIÓN DE ESBELTECES

El **factor de longitud efectiva  $k$**  para cada caso, será determinado según lo especificado en el Capítulo 3, en el artículo correspondiente.

La **esbeltez  $\lambda = (kL)/r$**  de las barras de sección circular maciza y de las barras de sección ángulo o Te será:

$$\lambda \leq 200 \quad (5.1-1)$$

La **esbeltez modificada,  $\lambda_m$** , de las barras armadas cumplirá lo especificado en el Capítulo 2, artículos 2.3.(b) y 2.3.(c).

### 5.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA

La **resistencia de diseño a compresión axil de barras de sección circular maciza,  $P_d$**  (kN), será determinada por la siguiente expresión:

$$P_d = \phi_c P_n \quad (5.2-1)$$

donde:  $\phi_c = 0,85$  para  $F_y \leq 250 \text{ MPa}$

$$\phi_c = 0,80 \quad \text{para} \quad 250 \text{ MPa} < F_y \leq 400 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g (10)^{-1} \quad (5.2-2)$$

siendo:

$P_n$  la resistencia nominal, en kN.

La **tensión crítica**,  $F_{cr}$  (MPa), será determinada con la siguiente expresión:

$$F_{cr} = \chi F_y \quad (5.2-3)$$

con:

$$\chi = \frac{1}{\delta + \sqrt{(\delta^2 - \lambda_c^2)}} \quad (5.2-4)$$

$$\delta = 0,451 + 0,245 \lambda_c + 0,5 \lambda_c^2 \quad (5.2-5)$$

Los valores de  $\chi$  están tabulados en función de  $\lambda_c$  en la Tabla 5.2.1.

siendo:

$F_y$  la tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

$A_g$  área bruta de la barra de sección circular =  $(\pi \cdot d^2) / 4$  en cm<sup>2</sup>.

$d$  el diámetro nominal de la barra de sección circular, en cm.

$\lambda_c$  el factor de esbeltez adimensional :  $\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (5.2-6)$

$E$  el módulo de elasticidad longitudinal del acero = **200000 MPa**

$k$  el factor de longitud efectiva.

$r$  el radio de giro de la sección transversal de la sección circular respecto a su eje baricéntrico =  $d/4$ , en cm.

$L$  la longitud real de la barra entre puntos de arriostamiento correspondientes a la respectiva dirección de pandeo, en cm.

Tabla 5.2.1. Valores de  $\chi$

Valores de $\chi$										
$\lambda_c$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
<b>0,1</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>0,2</b>	1,000	0,995	0,990	0,985	0,980	0,975	0,970	0,964	0,959	0,954
<b>0,3</b>	0,949	0,944	0,939	0,934	0,929	0,923	0,918	0,913	0,908	0,903
<b>0,4</b>	0,897	0,892	0,887	0,881	0,876	0,871	0,865	0,860	0,854	0,849
<b>0,5</b>	<b>0,843</b>	<b>0,837</b>	<b>0,832</b>	<b>0,826</b>	<b>0,820</b>	<b>0,815</b>	<b>0,809</b>	<b>0,803</b>	<b>0,797</b>	<b>0,791</b>
<b>0,6</b>	0,785	0,779	0,773	0,767	0,761	0,755	0,749	0,743	0,737	0,731
<b>0,7</b>	0,725	0,718	0,712	0,706	0,700	0,694	0,687	0,681	0,675	0,668
<b>0,8</b>	0,662	0,656	0,650	0,643	0,637	0,631	0,625	0,618	0,612	0,606
<b>0,9</b>	0,600	0,594	0,588	0,582	0,575	0,569	0,563	0,558	0,552	0,546
<b>1,0</b>	<b>0,540</b>	<b>0,534</b>	<b>0,528</b>	<b>0,523</b>	<b>0,517</b>	<b>0,511</b>	<b>0,506</b>	<b>0,500</b>	<b>0,495</b>	<b>0,490</b>
<b>1,1</b>	0,484	0,479	0,474	0,469	0,463	0,458	0,453	0,448	0,443	0,439
<b>1,2</b>	0,434	0,429	0,424	0,420	0,415	0,411	0,406	0,402	0,397	0,393
<b>1,3</b>	0,389	0,385	0,380	0,376	0,372	0,368	0,364	0,361	0,357	0,353
<b>1,4</b>	0,349	0,346	0,342	0,338	0,335	0,331	0,328	0,324	0,321	0,318
<b>1,5</b>	<b>0,315</b>	<b>0,311</b>	<b>0,308</b>	<b>0,305</b>	<b>0,302</b>	<b>0,299</b>	<b>0,296</b>	<b>0,293</b>	<b>0,290</b>	<b>0,287</b>
<b>1,6</b>	0,284	0,281	0,279	0,276	0,273	0,271	0,268	0,265	0,263	0,260
<b>1,7</b>	0,258	0,255	0,253	0,250	0,248	0,246	0,243	0,241	0,239	0,237
<b>1,8</b>	0,235	0,232	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216
<b>1,9</b>	0,214	0,212	0,210	0,209	0,207	0,205	0,203	0,201	0,200	0,198
<b>2,0</b>	<b>0,196</b>	<b>0,194</b>	<b>0,193</b>	<b>0,191</b>	<b>0,190</b>	<b>0,188</b>	<b>0,186</b>	<b>0,185</b>	<b>0,183</b>	<b>0,182</b>
<b>2,1</b>	0,180	0,179	0,177	0,176	0,174	0,173	0,172	0,170	0,169	0,168
<b>2,2</b>	0,166	0,165	0,164	0,162	0,161	0,160	0,159	0,157	0,156	0,155
<b>2,3</b>	0,154	0,153	0,151	0,150	0,149	0,148	0,147	0,146	0,145	0,144
<b>2,4</b>	0,143	0,141	0,140	0,139	0,138	0,137	0,136	0,135	0,134	0,133
<b>2,5</b>	<b>0,132</b>	<b>0,132</b>	<b>0,131</b>	<b>0,130</b>	<b>0,129</b>	<b>0,128</b>	<b>0,127</b>	<b>0,126</b>	<b>0,125</b>	<b>0,124</b>
<b>2,6</b>	0,123	0,123	0,122	0,121	0,120	0,119	0,118	0,118	0,117	0,116
<b>2,7</b>	0,115	0,114	0,114	0,113	0,112	0,111	0,111	0,110	0,109	0,109
<b>2,8</b>	0,108	0,107	0,106	0,106	0,105	0,104	0,104	0,103	0,102	0,102
<b>2,9</b>	0,101	0,101	0,100	0,099	0,099	0,098	0,097	0,097	0,096	0,096

### 5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXIONAL Y PANDEO FLEXIOTORSIONAL DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS

La *resistencia de diseño a compresión de barras de perfiles ángulo o Te laminados*, que formen los cordones de barras armadas de sección transversal rectangular o triangular, se determinará de la siguiente forma:

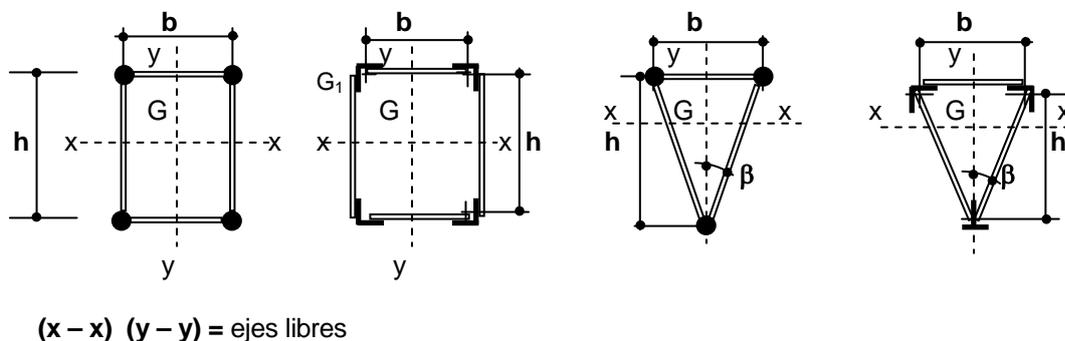
- Resistencia de diseño para **pandeo flexional**: por aplicación del Capítulo **E**, Sección **E.2.** del Reglamento CIRSOC 301-2005
- Resistencia de diseño para **pandeo flexotorsional**: por aplicación del Capítulo **E**, Sección **E.3.** y del Apéndice **E**, Sección **A-E.3.** del Reglamento CIRSOC 301-2005, según corresponda.

## 5.4. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN AXIL DE BARRAS ARMADAS

### 5.4.1. Definición y alcance de las especificaciones

Los procedimientos de cálculo incluidos en esta Sección se deben aplicar a **barras armadas de sección transversal uniforme rectangular o triangular**, con **cordones** formados por barras de sección circular maciza o **perfiles ángulo** o **Te**, paralelos y **de igual sección bruta**. Los cordones estarán unidos por celosías planas en todas las caras. Las celosías de enlace serán uniformes a lo largo de la barra armada, estarán soldadas a los cordones y tendrá alguna de las configuraciones indicadas en la Figura 5.4.2.

Se definen como **ejes libres** los ejes baricéntricos principales de la sección transversal de la barra armada considerada como un conjunto (ver la Figura 5.4.1.).



**Figura 5.4.1. Secciones transversales.**

### 5.4.2. Resistencia de diseño. Verificación de los cordones y de los elementos de enlace

Para el **pandeo alrededor de los ejes libres**, la barra armada se dimensionará incorporando una imperfección geométrica equivalente, consistente en una deformación inicial  $e_o$ , debiendo verificarse que:

$$e_o \geq \frac{k L}{500} \quad \text{para el dimensionado de las barras de los cordones} \quad (5.4-1.a)$$

$$e_o \geq \frac{k L}{400} \quad \text{para el dimensionado de las celosías de enlace} \quad (5.4-1.b)$$

Las solicitaciones requeridas en las barras de los cordones y en los elementos de las celosías de enlace se determinarán considerando la deformación de la barra armada, (efecto de segundo orden).

#### 5.4.2.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

El esfuerzo axial requerido en cada barra de la columna armada,  $P_{u1}$  (kN), será:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{sx}}{n_1 h} (10^2) \quad \text{ó} \quad P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{sy}}{n_1 b} (10^2) \quad \text{según eje de pandeo} \quad (5.4-2)$$

siendo:

$P_u$  la carga axial requerida de la columna armada, en kN.

$n$  el número de barras de la columna armada, ( $n = 4$ : rectangular;  $n = 3$ : triangular).

$n_1$  el número de barras del cordón, ( $n_1 = 2$ : rectangular;  $n_1 = 2$  ó  $1$ : triangular, según eje de pandeo y cordón).

$h, b$  la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de pandeo considerado de la barra armada, en cm.

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}), \text{ en kN m} \quad (5.4-3)$$

$$e_o = \frac{k L}{500} \text{ (deformación inicial), en cm}$$

$k$  el factor de longitud efectiva; se determinará de acuerdo con el Capítulo 3 en función de las condiciones de vínculo de la columna armada para cada eje de pandeo.

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN} \quad (5.4-4)$$

$$\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2} \quad \text{la esbeltez modificada de la columna armada} \quad (5.4-5)$$

$$\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o \quad \text{la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad}$$

- $r$  el radio de giro de la columna armada actuando como una unidad con respecto al eje de pandeo analizado, en cm.
- $\lambda_1$  el valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía de enlace, según la Figura 5.4.2.
- $A_g$  el área transversal bruta total de la barra armada, en  $\text{cm}^2$ .
- $x, y$  los ejes libres

Se deberá verificar con el mayor valor de  $P_{u1}$ , obtenido para el pandeo alrededor de ambos ejes libres, que:

$$P_{u1} \leq P_{d1} \quad (5.4-6)$$

siendo:

$P_{d1}$  la resistencia de diseño a compresión local de la barra, en kN.

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$

Los valores de  $\phi_c$  y  $F_{cr}$  serán determinados de acuerdo con los artículos 5.2. ó 5.3., según corresponda, con el factor de esbeltez  $\lambda_{c1}$  obtenido como sigue:

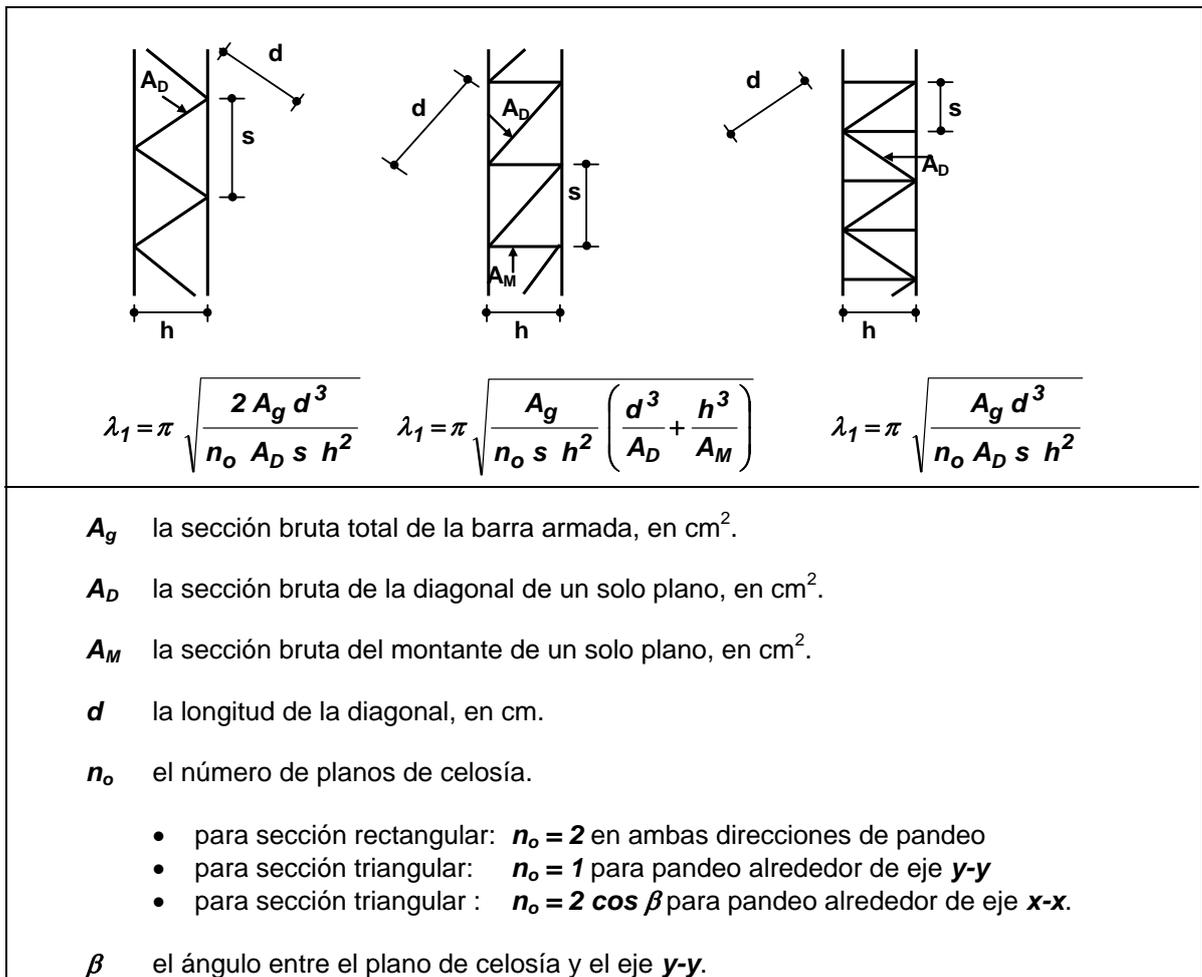
$$\lambda_{c1} = \left( \frac{L_1}{r_i} \right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_e \quad \text{para pandeo flexotorsional}$$

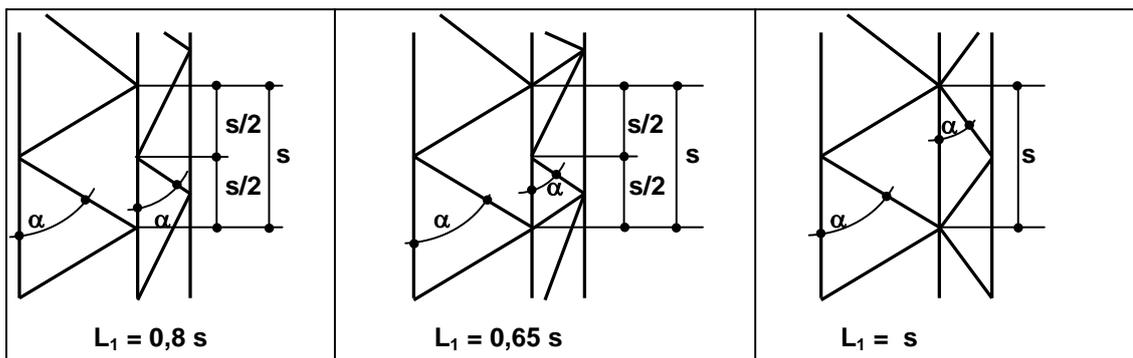
$L_1$  de acuerdo con la Figura 5.4.3. en función de la distribución de celosías en los planos perpendiculares, en cm.

$r_i$  el radio de giro mínimo de la barra componente del cordón, en cm.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en  $\text{cm}^2$ .



**Figura 5.4.2. Valor auxiliar  $\lambda_1$ .**



**Figura 5.4.3. Determinación de  $L_1$ .**

#### 5.4.2.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

Las barras de la celosía en cada plano serán verificadas para las **fuerzas axiales requeridas** resultantes de un **esfuerzo de corte requerido**,  $V_{eu}$  (kN), normal al eje de la barra armada y al eje de pandeo analizado.

$$V_{eu} = \beta P_{eu} \quad (5.4-7)$$

con:

$$\beta = \frac{\pi}{400} \left[ \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \right] \quad (5.4-8)$$

Las fuerzas axiales requeridas para las secciones transversales indicadas en la Figura 5.4.1. resultan:

□ **Sección rectangular** ; pandeo alrededor de ambos ejes:

- Diagonal comprimida :  $D_u = \frac{V_{eu}}{2 \operatorname{sen} \alpha} \quad (5.4-9)$

- Montante comprimido:  $M_{ou} = \frac{V_{eu}}{2} \quad (5.4-10)$

□ **Sección triangular** ; pandeo alrededor de eje **y-y**

- Diagonal comprimida :  $D_u = \frac{V_{eu}}{\operatorname{sen} \alpha} \quad (5.4-11)$

- Montante comprimido:  $M_{ou} = V_{eu} \quad (5.4-12)$

□ **Sección triangular** ; pandeo alrededor de eje **x-x**:

- Diagonal comprimida :  $D_u = \frac{V_{eu}}{2 \operatorname{sen} \alpha \cos \beta} \quad (5.4-13)$

- Montante comprimido:  $M_{ou} = \frac{V_{eu}}{2 \cos \beta} \quad (5.4-14)$

siendo:

$\alpha$  el ángulo entre barra diagonal y barra del cordón, en grados sexagesimales.

$\beta$  el ángulo entre plano de celosía y eje **y-y**, en grados sexagesimales.

La verificación de las diagonales y montantes comprimidos se hará según lo especificado en el artículo **5.2**.

El factor de longitud efectiva **k** para montantes y diagonales comprimidos se debe adoptar:

$$k = 0,85$$

### 5.4.3. Especificaciones particulares y constructivas

- (a) En los extremos de la barra armada se dispondrán presillas constituidas por planchuelas o perfiles ángulo. Igualmente se colocarán presillas intermedias en los puntos en que la celosía se interrumpa y en los puntos de unión con otras piezas. Las presillas deberán satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{n_p I_p}{h} \geq \frac{10 I_1}{s} \quad (5.4-15)$$

siendo:

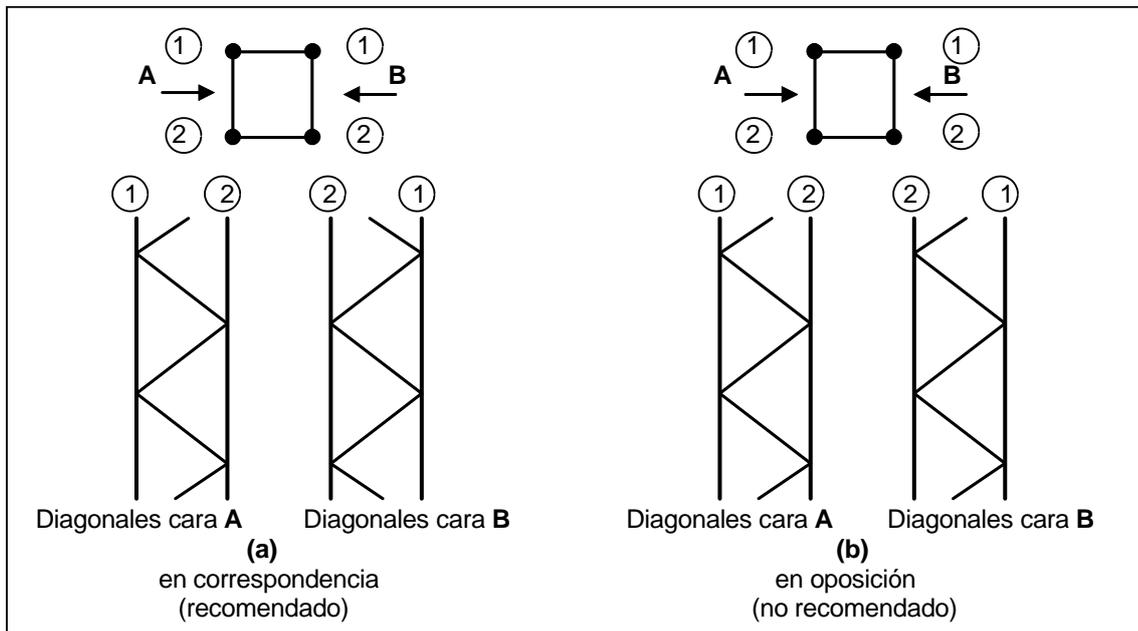
$n_p$  el número de planos de presillas.

$I_1$  el momento de inercia del cordón con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en  $\text{cm}^4$ .

$I_p$  el momento de inercia de una presilla en su plano, en  $\text{cm}^4$ .

$h$  y  $s$  de acuerdo con la Figura **5.4.2**.

- (b) Las triangulaciones simples situadas en caras opuestas se dispondrán, preferiblemente, en correspondencia (según la Figura **5.4.4-a**) y no en oposición (según la Figura **5.4.4b**) salvo que la deformación por torsión resultante en las piezas principales sea admisible.
- (c) Los ejes de las diagonales y los cordones se cortarán en un punto. Se admiten apartamientos del punto de cruce teórico que no excedan la mitad del ancho de las barras de sección circular que forman los cordones o la cuarta parte del ala de los perfiles ángulo o te que forman los cordones, según el caso.



**Figura 5.4.4. Triangulaciones simples.**

## CAPÍTULO 6. BARRAS EN FLEXIÓN SIMPLE

Este Capítulo es aplicable a las barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento indicadas en el artículo 1.2. y con las formas seccionales definidas en el artículo 2.1., sometidas a flexión simple y a corte, en las direcciones indicadas en dicho artículo.

Las especificaciones de este Capítulo son aplicables siempre que se verifique lo siguiente::

- (a) cuando las barras de los cordones que resulten comprimidos o traccionados en la flexión simple alrededor de un eje principal, sean más de una, deberán tener la misma sección bruta;
- (b) las celosías de las caras opuestas de la barra armada deben tener el mismo dibujo y éste deberá ser alguno de los indicados en la Figura 5.4.2.

Para barras sometidas a flexión disimétrica o flexión combinada con fuerza axial ver el Capítulo 7.

### 6.1. ESTADOS LÍMITES PARA SOLICITACIONES DE FLEXIÓN Y DE CORTE

Se deberán verificar los siguientes **estados límites** frente a las solicitaciones requeridas de flexión simple ( $M_u$ ) y de corte ( $V_u$ ) de la barra armada.

- (1) Pandeo local de las barras del cordón comprimido y de las diagonales y montantes comprimidas,
- (2) Fluencia de las barras del cordón traccionado,
- (3) Pandeo lateral-torsional de la barra armada.

Se deberá verificar que :  $M_u \leq M_d$  y  $V_u \leq V_d$

- (4) Si algún cordón está sometido a fuerza axial y a flexión la verificación se deberá realizar con las especificaciones de la Sección 7.5. ó del Capítulo H del **Reglamento CIRSOC 301- 2005** según corresponda.

### 6.2. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LOCAL DE BARRAS

#### 6.2.1. Pandeo local de las barras del cordón comprimido

La **resistencia de diseño a flexión**  $M_{dc}$  (kNm), para el **estado límite de pandeo local de barras del cordón comprimido** se determinará de la siguiente forma (ver la Figura 6.2.1):

- flexión alrededor de **x-x**  $M_{dcx} = \phi_c h n_1 A_{gc1} F_{cr} (10)^{-3}$  (6.2-1a)

- flexión alrededor de **y-y**  $M_{dcy} = \phi_c b n_1 A_{gc1} F_{cr} (10)^{-3}$  (6.2-1b)

siendo:

$\phi_c$  para barras de sección circular maciza de acuerdo con el artículo 5.2.

$\phi_c$  será igual a **0,85** para barras de perfiles laminados ángulo o Te.

**h, b** la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de flexión considerado, en cm.

$n_1$  el número de barras del cordón comprimido.

**x, y** los ejes de flexión.

$A_{gc1}$  el área bruta de una barra comprimida, en  $\text{cm}^2$ .

$F_{cr}$  para barras de **sección circular** maciza, según el artículo 5.2., expresión (5.2-3),

para barras de perfiles **ángulo** o **Te**, según el artículo E.2. (expresiones (E.2-2) o (E.2-3)) o la Sección E.3. del Capítulo E del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

En ambos casos se adoptará  $k L = s$ , (MPa).

**s** la distancia entre nudos, en cm.

### 6.2.2. Pandeo local de las barras de diagonales y montantes

La **resistencia de diseño a corte**,  $V_d$  (kN), para el estado límite de pandeo local de diagonales y montantes se determinara de la siguiente forma (ver la Figura 6.2.1) :

#### (a) Para Diagonales:

- Sección **rectangular**, flexión alrededor de ambos ejes:

$$V_{dD} = \phi_c F_{cr} A_D 2 \text{ sen } \alpha (10)^{-1} \quad (6.2-2)$$

- Sección **triangular**, flexión alrededor de eje **x-x**:

$$V_{dD} = \phi_c F_{cr} A_D 2 \text{ sen } \alpha \text{ cos } \beta (10)^{-1} \quad (6.2-3)$$

- Sección **triangular**, flexión alrededor de eje **y-y**:

$$V_{dD} = \phi_c F_{cr} A_D \text{ sen } \alpha (10)^{-1} \quad (6.2-4)$$

- Sección **Te** y Sección **Plana**, flexión alrededor de eje **x-x**:

$$V_{dD} = \phi_c F_{cr} A_D \text{ sen } \alpha (10)^{-1} \quad (6.2-5)$$

(b) Para Montantes:

- Sección **rectangular**, flexión alrededor de ambos ejes:

$$V_{dM} = \phi_c 2 F_{cr} A_M (10)^{-1} \quad (6.2-6)$$

- Sección **triangular**, flexión alrededor de eje **x-x**:

$$V_{dM} = \phi_c F_{cr} A_M 2 \cos \beta (10)^{-1} \quad (6.2-7)$$

- Sección **triangular**, flexión alrededor de eje **y-y**:

$$V_{dM} = \phi_c F_{cr} A_M (10)^{-1} \quad (6.2-8)$$

- Sección **Te** y Sección **Plana**, flexión alrededor de eje **x-x**:

$$V_{dM} = \phi_c F_{cr} A_M (10)^{-1} \quad (6.2-9)$$

siendo:

$\phi_c$  para barras de sección circular maciza según el artículo 5.2.

$A_D$  el área bruta de una barra diagonal comprimida, en  $\text{cm}^2$ .

$A_M$  el área bruta de una barra montante comprimida, en  $\text{cm}^2$ .

$F_{cr}$  para barras de **sección circular** maciza, según el artículo 5.2., expresión (5.2-3), en MPa.

Se adoptará  $k L = 0,85 L_D$  para diagonales y  $k L = 0,85 L_M$  para montantes.

$L_D$  la longitud real de la diagonal, en cm.

$$= \sqrt{\frac{s^2}{4} + \frac{b^2}{4} + h^2} \quad \text{para } \beta \neq 0^\circ \text{ (cara inclinada sección triangular)}$$

$$= \sqrt{\frac{s^2}{4} + h^2} \quad \text{para } \beta = 0^\circ \text{ (restantes casos)}$$

$L_M$  la longitud real del montante, en cm.

- para la cara inclinada sección triangular:  $h / \cos \beta$
- en los casos restantes:  $h$  ó  $b$

$s$  la distancia entre nudos, en cm.

$\alpha$  el ángulo entre barra diagonal y barra del cordón, en grados sexagesimales.

$\beta$  el ángulo entre plano de celosía y eje **y-y**, en grados sexagesimales.

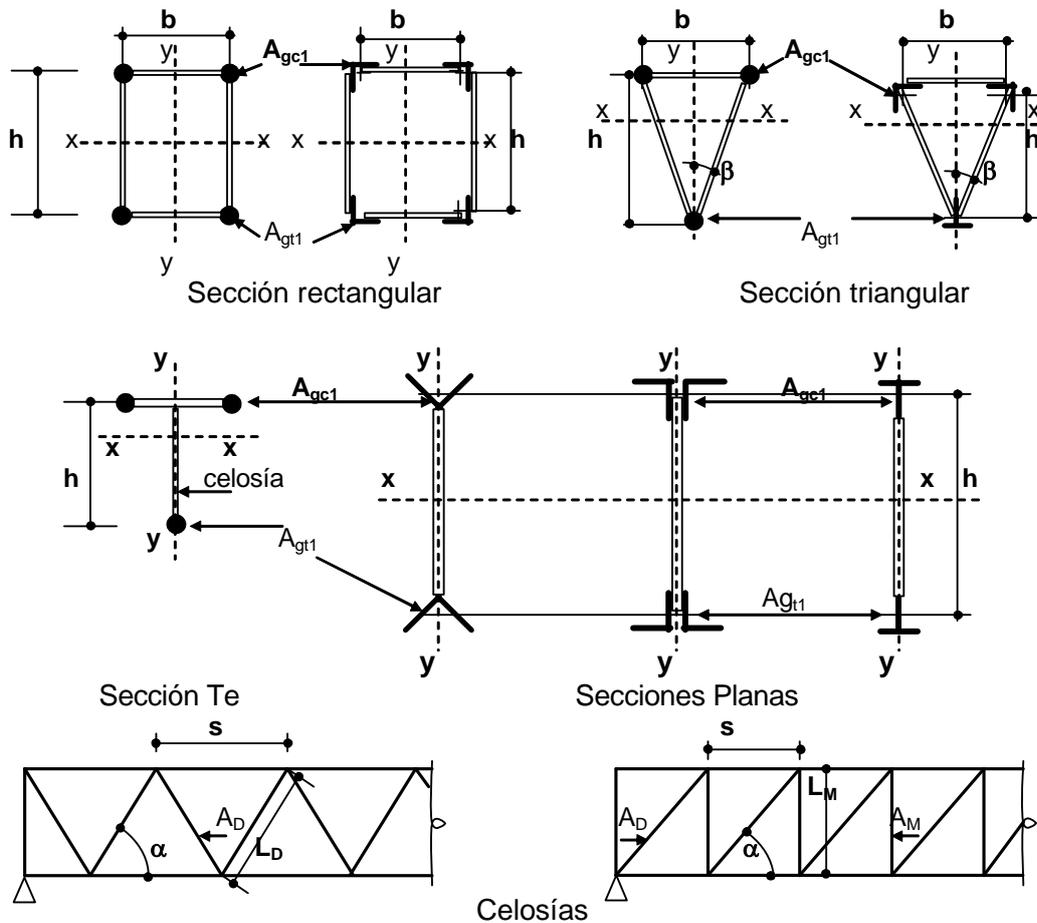


Figura 6.2.1. Barras en flexión.

### 6.3. ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA DE BARRAS DEL CORDÓN TRACCIONADO

La **resistencia de diseño a flexión**,  $M_{dt}$  (kNm), para el estado límite de fluencia de las barras del cordón traccionado se determinará por medio de las siguientes expresiones (ver la Figura 6.2.1):

$$\text{Flexión alrededor de } x-x \quad M_{dtx} = \phi_t h n_2 A_{gt1} F_y (10)^{-3} \quad (6.3-1a)$$

$$\text{Flexión alrededor de } y-y \quad M_{dty} = \phi_t b n_2 A_{gt1} F_y (10)^{-3} \quad (6.3-1b)$$

siendo:

$\phi_t$  igual a **0,90**.

$h, b$  la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de flexión considerado, en cm.

$n_2$  el número de barras del cordón traccionado.

$x, y$  los ejes de flexión.

$A_{gr1}$  el área bruta de una barra traccionada, en  $\text{cm}^2$ .

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

En secciones transversales simétricas con respecto al eje de flexión no será necesaria la verificación de este estado límite.

## 6.4. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LATERAL TORSIONAL

Este estado límite sólo es aplicable a barras sometidas a flexión alrededor del eje principal de mayor momento de inercia.

Para desarrollar la **resistencia de diseño a pandeo lateral-torsional** se deberá cumplir lo especificado en el artículo 2.5..

La verificación de este estado límite se realizará según sea la forma seccional de la barra de acuerdo con los siguientes artículos:

### 6.4.1. Sección rectangular

La **resistencia de diseño a flexión**  $M_{dpl}$  (kN m) para el estado límite de pandeo lateral es:

$$M_{dpl} = 150 C_b \frac{b}{L_b} \sqrt{J_r A_g} \quad (6.4-1)$$

siendo:

$C_b$  el factor de modificación para diagramas de momento flexor no uniformes, cuando estén arriostrados los extremos del segmento de viga considerado.

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (6.4-2)$$

$M_{m\acute{a}x}$  el valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento no arriostrado, en kNm.

$M_A$  el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a un cuarto de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

$M_B$  el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a la mitad de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

$M_C$  el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a tres cuartos de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

Se permite adoptar conservadoramente un valor  $C_b = 1$  para todos los casos de diagramas de momento flexor.

Para vigas en voladizo, cuando el extremo libre no esté arriostrado, se deberá adoptar  $C_b = 1$  para todos los casos, cualquiera sea el diagrama de momento flexor en el voladizo.

- $b$**  el ancho de la sección rectangular; distancia entre centros de gravedad de los cordones medido en dirección paralela al eje de flexión, en cm.
- $L_b$**  la distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del cordón comprimido, o entre puntos de arriostramiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.
- $A_g$**  el área bruta total de la sección transversal : suma de las áreas brutas de las cuatro barras, en  $\text{cm}^2$ .
- $J_r$**  el módulo de torsión de la sección rectangular reticulada, en  $\text{cm}^4$ .

- para sección rectangular con las celosías de las 4 caras solo con diagonales e igual paso  $s$  en todas las caras (ver la Figura 6.6.1.(a)).

$$J_r = \frac{b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{d_v^3}{A_{Dv}}} \quad (6.4-3)$$

- para sección rectangular con las celosías de las 4 caras con diagonales y montantes e igual paso  $s$  en todas las caras (ver la Figura 6.6.1.(b))

$$J_r = \frac{2 b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{d_v^3}{A_{Dv}} + \frac{b^3}{A_{Mh}} + \frac{h^3}{A_{Mv}}} \quad (6.4-4)$$

siendo:

$d_h$  la longitud de la diagonal en cara superior e inferior, en cm.

$d_v$  la longitud de la diagonal en cara lateral, en cm.

**No es necesario verificar este estado límite** si se verifica que:

$$L_b \leq L_r \quad (6.4-5)$$

siendo:

$L_r$  la longitud lateralmente no arriostrada límite, (cm)

$$L_r = 150 C_b \frac{b}{M_{di}} \sqrt{J_r A_g} \quad (6.4-6)$$

$M_{di}$  valor de  $M_{dcx}$  o  $M_{dtx}$ , el que sea menor, determinados según los artículos 6.2.1. ó 6.3. según corresponda o el que resulte de la resistencia axil crítica de un cordón combinada con flexión, en kNm.

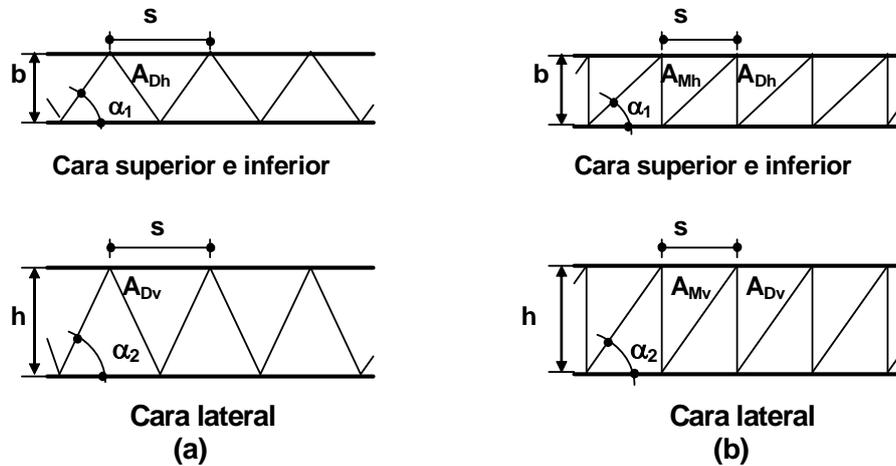


Figura 6.6.1. Celosías sección rectangular

#### 6.4.2. Sección triangular

La **resistencia de diseño a flexión**,  $M_{dpl}$  (kNm), para el estado límite de pandeo lateral es:

$$M_{dpl} = 300 C_b \frac{1}{L_b} \sqrt{J_r I_y} \quad (6.4-7)$$

siendo:

- $C_b$  el factor de modificación para diagramas de momento flexor no uniformes, cuando están arriostrados los extremos del segmento de viga considerado.
  - $L_b$  la distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del cordón comprimido, o entre puntos de arriostramiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.
  - $I_y$  el momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje principal de menor inercia, en  $\text{cm}^4$ .
  - $J_r$  el módulo de torsión de la sección triangular reticulada, en  $\text{cm}^4$ .
- para sección triangular con las celosías de las 3 caras solo con diagonales e igual paso  $s$  en todas las caras (ver la Figura 6.6.2).

$$J_r = 0,5 \frac{b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{2 d_v^3}{A_{Dv}}} \quad (6.4-8)$$

siendo:

$d_h$  la longitud de la diagonal en cara superior, en cm.

$d_v$  la longitud de la diagonal en cara lateral, en cm.

**No es necesario verificar este estado límite** si se verifica que:

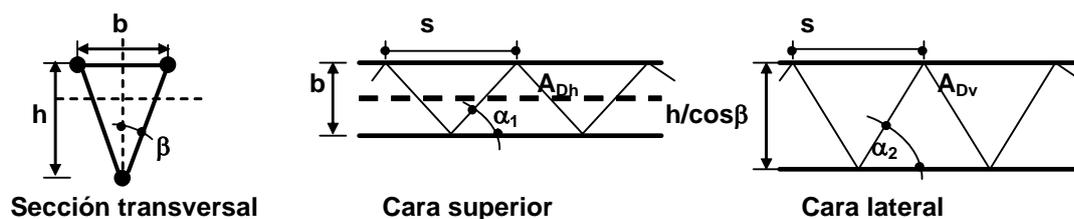
$$L_b \leq L_r \quad (6.4-9)$$

siendo:

$L_r$  la longitud lateralmente no arriostrada límite, en cm.

$$L_r = 300 C_b \frac{1}{M_{di}} \sqrt{J_r I_y} \quad (6.4-10)$$

$M_{di}$  el valor de  $M_{dcx}$  o  $M_{dtx}$ , el que sea menor, determinados según los artículos 6.2.1. ó 6.3. según corresponda o el que resulte de la resistencia axial crítica de un cordón combinada con flexión, en kNm.



**Figura 6.6.2. Celosía sección triangular.**

### 6.4.3. Sección plana

La **resistencia de diseño a flexión**,  $M_{dpl}$  (KN m), para el estado límite de pandeo lateral será:

$$M_{dpl} = 1670 C_b \frac{I_{yc} h}{L_b^2} \quad (6.4-11)$$

siendo:

$C_b$  el factor de modificación para diagramas de momento flexor no uniformes, cuando están arriostrados los extremos del segmento de viga considerado.

$L_b$  la distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del cordón comprimido, o entre puntos de arriostramiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.

- $I_{yc}$  el momento de inercia del cordón comprimido con respecto al eje principal de menor inercia, en  $\text{cm}^4$ .  
 Cuando el cordón comprimido esté formado por dos barras (ver la Figura **2.1.4.(b)**) se considerará el momento de inercia de la sección como barra armada de Grupo II (CIRSOC 301-2005, Sección E.4.3.2.).
- $h$  la altura de la sección transversal medida en dirección perpendicular al eje de flexión, en cm.

**No es necesario verificar este estado límite** si se verifica que:

$$L_b \leq L_r \quad (6.4-12)$$

siendo:

- $L_r$  la longitud lateralmente no arriostrada límite, en cm.

$$L_r = 1400 \sqrt{\frac{C_b I_{yc}}{A_{gc} F_{cr}}} \quad (6.4-13)$$

siendo:

- $A_{gc}$  el área bruta del cordón comprimido, en  $\text{cm}^2$ .

- $F_{cr}$  la tensión crítica de pandeo del cordón comprimido, en MPa.

- para barras de **sección circular** maciza, según el artículo **5.2.**, expresión (5.2-3).
- para barras de perfiles **ángulo** o **Te**, según el artículo **E.2.** (expresiones (E.2-2) o (E.2-3)) o la Sección **E.3.** del Capítulo **E** del Reglamento CIRSOC 301- 2005.

En ambos casos se adoptará  $k L = s$  .

#### 6.4.4. Sección Te

El **cordón comprimido de la sección Te** deberá ser verificado a compresión como columna armada del Grupo V según la Sección **A-E.4.2.2.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** con una carga axil requerida  $P_u$ , (kN):

$$P_u = (10)^2 M_u / C_b h \quad (6.4-14)$$

siendo:

- $M_u$  el momento flexor requerido de la barra flexada, en kNm.

- $h$  la altura de la barra flexada medida perpendicularmente al eje de flexión, en cm.

Para la verificación se adoptará :

$$k L = L_b$$

siendo:

$L_b$  la distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del cordón comprimido, o entre puntos de arriostramiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.

Deberá existir un travesaño y un rigidizador (ver la Figura **2.4.1**) en coincidencia con la sección de los puntos de arriostramiento y al menos dos travesaños entre los puntos de arriostramiento lateral.

Si el arriostramiento a desplazamiento lateral del cordón comprimido se realiza uniéndolo a las chapas de cubierta, se deberá garantizar la no deformación en el tiempo de la unión y que las chapas de cubierta estén vinculadas a otros elementos estructurales de manera de conformar un sistema de arriostramiento a desplazamientos laterales completo.

## 6.5. APOYOS DE BARRAS FLEXADAS

Se deberán verificar los apoyos de las barras flexadas **para eventuales flexiones que se produzcan en los extremos de las barras de los cordones.**

Se deberán diseñar los apoyos de las barras flexadas en otras barras **de manera de no introducir en ellas flexiones locales en sus cordones.** Si ello no fuera posible, se deberán verificar dichos cordones a las solicitaciones resultantes (flexo axil y corte).

## CAPÍTULO 7. BARRAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN, O CON FLEXIÓN Y TORSIÓN, O A FLEXIÓN DISIMÉTRICA

Este Capítulo es aplicable a las **barras armadas de eje recto o de eje curvo de pequeña curvatura**, comprendidas en los alcances de este Reglamento en el artículo 1.2. y de **sección rectangular o triangular** definidas en el artículo 2.1., **sometidas a fuerza axil combinada con flexión con o sin torsión, o a flexión disimétrica** (flexión simultánea alrededor de ambos ejes principales).

Las especificaciones de este Capítulo son aplicables a barras armadas de sección transversal uniforme, rectangular o triangular, con cordones formados por barras de sección circular maciza o perfiles ángulo o te, paralelos y **de igual sección bruta**. Los cordones están unidos por celosías planas en todas las caras. Las celosías de enlace son uniformes a lo largo de la barra armada, están soldadas a los cordones y tienen alguna de las configuraciones indicadas en la Figura 5.4.2.

Se definen como **ejes libres** los ejes baricéntricos principales de la sección transversal de la barra armada considerada como un conjunto. (Figura 5.4.1).

Este Capítulo también es aplicable a barras de sección circular maciza sometidas a fuerza axil de compresión combinada con flexión.

### 7.1. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE TRACCIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

#### 7.1.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

Los **máximos esfuerzos axiales requeridos de tracción**,  $T_{u1}$  (kN), y de compresión,  $P_{u1}$  (kN), se determinarán en cada barra de los cordones de la pieza armada con las siguientes expresiones:

$$T_{u1} = \frac{T_u}{n} + \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.1-1)$$

$$P_{u1} = \frac{T_u}{n} - \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) - \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.1-2)$$

siendo:

$T_u$  la resistencia axil requerida a tracción de la pieza armada, en kN.

$M_{ux}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje principal  $x$ , en kNm.

- $M_{uy}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje principal  $y$ , en kNm.
- $n$  el número de barras de la columna armada. (  $n = 4$  : sección rectangular ;  $n = 3$  : sección triangular).
- $n_1$  el número de barras del cordón ( $n_1=2$  : sección rectangular ;  $n_1=2$  o  $1$ : sección triangular, según eje de flexión y cordón).
- $h, b$  la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de flexión considerado de la pieza armada, en cm.

En una **sección triangular**, para determinar el esfuerzo axial en el cordón inferior se adoptará  $M_{uy} = 0$  en las expresiones (7.1-1) y (7.1-2).

Se deberá verificar:

$$(a) \quad T_{u1} \leq T_{d1} \quad (7.1-3)$$

$$T_{d1} = \phi_t F_y A_{g1} (10)^{-1} \quad (7.1-4)$$

siendo:

$T_{d1}$  la resistencia de diseño a tracción de la barra, en kN.

$$\phi_t = 0,90$$

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en  $\text{cm}^2$ .

$$(b) \quad P_{u1} \leq P_{d1} \quad (7.1-5)$$

siendo:

$P_{d1}$  la resistencia de diseño a compresión local de la barra, en kN.

$$P_{d1} = \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_{g1} \cdot (10^{-1}) \quad (7.1-6)$$

Los valores de  $\phi_c$  y  $F_{cr}$ , en MPa serán determinados de acuerdo con los artículos 5.2. ó 5.3. según corresponda, con el factor de esbeltez  $\lambda_{c1}$  obtenido de la siguiente forma:

$$\lambda_{c1} = \left( \frac{L_1}{r_i} \right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_e \quad \text{para pandeo flexotorsional}$$

siendo:

$L_1$  de acuerdo con la Figura 5.4.3 del Capítulo 5 en función de la distribución de celosías en los planos perpendiculares, en cm.

$r_i$  el radio de giro mínimo de la barra componente del cordón, en cm.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en cm<sup>2</sup>.

### 7.1.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

Las barras de la celosía en cada plano serán verificadas para las fuerzas axiales requeridas resultantes de los esfuerzos de corte requeridos,  $V_{ux}$  (kN) y  $V_{uy}$  (kN), correspondientes a la flexión alrededor de los ejes principales  $x$  e  $y$ .

Las fuerzas axiales requeridas para las secciones transversales rectangular y triangular, indicadas en la Figura 5.4.1., serán las siguientes:

- **Sección rectangular** ; flexión alrededor de ambos ejes principales:

$$\begin{aligned} \text{▪ Diagonal comprimida:} \quad D_{u1} &= \frac{V_{uy}}{2 \operatorname{sen} \alpha_1} & D_{u2} &= \frac{V_{ux}}{2 \operatorname{sen} \alpha_2} \end{aligned} \quad (7.1-7)$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Montante comprimido:} \quad M_{ou1} &= \frac{V_{uy}}{2} & M_{ou2} &= \frac{V_{ux}}{2} \end{aligned} \quad (7.1-8)$$

- **Sección triangular** ; flexión alrededor de eje  $y-y$

$$\text{▪ Diagonal comprimida :} \quad D_{u1} = \frac{V_{uy}}{\operatorname{sen} \alpha_1} \quad (7.1-9)$$

$$\text{▪ Montante comprimido:} \quad M_{ou1} = V_{uy} \quad (7.1-10)$$

- **Sección triangular** ; flexión alrededor de eje  $x-x$ :

$$\text{▪ Diagonal comprimida :} \quad D_{u2} = \frac{V_{ux}}{2 \operatorname{sen} \alpha_2 \cos \beta} \quad (7.1-11)$$

$$\text{▪ Montante comprimido:} \quad M_{ou2} = \frac{V_{ux}}{2 \cos \beta} \quad (7.1-12)$$

siendo:

- $\alpha_1$  el ángulo entre la barra diagonal y la barra del cordón en cara superior, en grados sexagesimales, ver la Figura 6.6.1.
- $\alpha_2$  el ángulo entre la barra diagonal y la barra del cordón en cara lateral, en grados sexagesimales, ver la Figura 6.6.1..
- $\beta$  el ángulo entre el plano de celosía y el eje  $y-y$ , en grados sexagesimales.

La verificación de las diagonales y montantes comprimidos se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2..

El factor de longitud efectiva  $k$  para montantes y diagonales comprimidos se adoptará:

$$k = 0,85$$

## 7.2. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

### 7.2.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

El **máximo esfuerzo axil requerido de compresión**,  $P_{u1}$  (kN), se determinará en las barras de los cordones de la pieza armada con la siguiente expresión:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{sx}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{sy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.2-1)$$

En una **sección triangular** para determinar el esfuerzo axil en el cordón inferior, se adoptará  $M_{sy} = 0$  en la expresión (7.2-1)

- $P_u$  la resistencia axil requerida a compresión de la pieza armada, en kN.
- $n$  el número de barras de la pieza armada. (  $n = 4$  : sección rectangular ;  $n = 3$  : sección triangular).
- $n_1$  el número de barras del cordón ( $n_1 = 2$ : sección rectangular;  $n_1 = 2$  ó  $1$ : sección triangular, según eje de flexión y cordón).
- $h, b$  la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de flexión considerado de la pieza armada, en cm.

$$M_{sx} = \frac{P_u e_{ox} (10)^{-2} + M_{ux}}{1 - \frac{P_u}{P_{c mx}}} \text{ (kN m)} \quad M_{sy} = \frac{P_u e_{oy} (10)^{-2} + M_{uy}}{1 - \frac{P_u}{P_{c my}}} \text{ (kN m)} \quad (7.2-2)$$

- $M_{ux}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje  $x$ , en kNm.

$M_{uy}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje  $y$ , en kNm.

$$e_{ox} = \frac{k_x L_x}{500} \quad e_{oy} = \frac{k_y L_y}{500} \quad (\text{deformación inicial, en cm})$$

$k$  el factor de longitud efectiva que se determinará de acuerdo con el artículo 3.2., en función de las condiciones de vínculo de la columna armada para cada eje de pandeo.

$$P_{c m} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}) \quad (\text{kN}) \quad \text{para cada eje de pandeo} \quad (7.2-3)$$

$\lambda_m$  la esbeltez modificada de la columna armada para cada eje de pandeo.

$$\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2} \quad (7.2-4)$$

$\lambda_o$  la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad para cada eje de pandeo.  $\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o$

$r$  el radio de giro de la columna armada actuando como una unidad con respecto al eje de pandeo analizado, en cm.

$\lambda_1$  el valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía de enlace, de acuerdo con la Figura 5.4.2.

$A_g$  el área transversal bruta total de la barra armada, en  $\text{cm}^2$ .

$x, y$  los ejes de flexión; ejes libres.

Con el mayor valor de  $P_{u1}$  se deberá verificar la siguiente expresión:

$$P_{u1} \leq P_{d1} \quad (7.2-5)$$

siendo:

$P_{d1}$  la resistencia de diseño a compresión local de la barra, en kN.

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$

$\phi_c$  y  $F_{cr}$ , en MPa serán determinados de acuerdo con los artículos 5.2. ó 5.3. según corresponda, con el factor de esbeltez  $\lambda_{c1}$  obtenido de la siguiente forma:

$$\lambda_{c1} = \left( \frac{L_1}{r_i} \right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional.}$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_e \quad \text{para pandeo flexotorsional.}$$

$L_1$  según la Figura 5.4-3 en función de la distribución de celosías en los planos perpendiculares, en cm.

$r_i$  el radio de giro mínimo de la barra componente del cordón, en cm.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en cm<sup>2</sup>.

### 7.2.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

Las barras de la celosía en cada plano serán verificadas para las fuerzas axiales requeridas resultantes de un esfuerzo de corte requerido,  $V_{su}$  (kN), normal al eje de la pieza armada y al eje de flexión analizado.

$$V_{sux} = V_{ux} + \beta_x P_u \quad V_{suy} = V_{uy} + \beta_y P_u \quad (7.2-6)$$

siendo:

$V_{ux}$ ,  $V_{uy}$  los esfuerzos de corte requeridos normales a los ejes de flexión  $x$  e  $y$ , en kN.

$$\beta_x = \frac{\pi}{400} \left[ \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cmx}}} \right] \quad \beta_y = \frac{\pi}{400} \left[ \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cmy}}} \right] \quad (7.2-7)$$

Las fuerzas axiales requeridas para las secciones transversales rectangular y triangular indicadas en la Figura 5.4.1. serán las siguientes:

- **Sección rectangular**; para ambos planos:

- Diagonal comprimida:  $D_{u1} = \frac{V_{suy}}{2 \operatorname{sen} \alpha_1}$        $D_{u2} = \frac{V_{sux}}{2 \operatorname{sen} \alpha_2}$       (7.2-8)

- Montante comprimido:  $M_{ou1} = \frac{V_{suy}}{2}$        $M_{ou2} = \frac{V_{sux}}{2}$       (7.2-9)

- **Sección triangular:**

- Diagonal comprimida plano normal a eje  $y$ - $y$ :  $D_{u1} = \frac{V_{suy}}{\operatorname{sen} \alpha_1}$       (7.2-10)

- Montante comprimido plano normal a eje  $y-y$ :  $M_{ou1} = V_{suy}$  (7.2-11)

- Diagonal comprimida planos inclinados:  $D_{u2} = \frac{V_{sux}}{2 \operatorname{sen} \alpha_2 \cos \beta}$  (7.2-12)

- Montante comprimido planos inclinados:  $M_{ou2} = \frac{V_{sux}}{2 \cos \beta}$  (7.2-13)

siendo:

$\alpha_1$  el ángulo entre barra diagonal y barra del cordón en cara superior (ver la Figura 6.6.1.), en grados sexagesimales.

$\alpha_2$  el ángulo entre barra diagonal y barra del cordón en cara lateral (ver la Figura 6.6.1.), en grados sexagesimales.

$\beta$  el ángulo entre plano de celosía y eje  $y-y$ , en grados sexagesimales.

La verificación de las diagonales y montantes comprimidos se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2.

El factor de longitud efectiva  $k$  para montantes y diagonales comprimidos se adoptará:

$$k = 0,85$$

### 7.3. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN Y TORSIÓN

#### 7.3.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

(a) Para fuerza axil de compresión se determinará **el máximo esfuerzo axil requerido de compresión**,  $P_{u1}$  (kN), en las barras de los cordones de la pieza armada con la siguiente expresión:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + C + \frac{M_{sx}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{sy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.3-1)$$

En una sección triangular, para determinar el esfuerzo axil en el cordón inferior se adoptará  $M_{sy} = 0$  en la expresión (7.3-1).

siendo:

$P_u$  la resistencia axil requerida a compresión de la pieza armada, en kN.

$C$  la fuerza de compresión en los cordones debida al momento torsor según el Capítulo 8, expresiones (8.2-6), (8.2-7) ó (8.3-4) según forma seccional, en kN.

Los restantes términos de la expresión son los dados en el artículo 7.2.1..

La verificación de las barras de los cordones se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo **7.2.1.**

- (b) Para fuerza axial de tracción se determinarán los máximos esfuerzos axiales requeridos de tracción,  $T_{u1}$  (kN), y de compresión,  $P_{u1}$  (kN) en cada barra de los cordones de la pieza armada con la siguiente expresión :

$$T_{u1} = \frac{T_u}{n} + C + \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.3-2)$$

$$P_{u1} = \frac{T_u}{n} - C - \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) - \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.3-3)$$

En una sección triangular para determinar el esfuerzo axial en el cordón inferior se adoptará  $M_{uy} = 0$  en las expresiones (7.3-2) y (7.3-3).

siendo:

$T_u$  la resistencia axial requerida a tracción de la pieza armada, en kN.

$C$  la fuerza de tracción o de compresión en los cordones debida al momento torsor según el Capítulo **8**, expresiones (8.2-6) o (8.3-4) según forma seccional, en kN.

Los restantes términos de las expresiones son los dados en el artículo **7.1.1.**

La verificación de las barras de los cordones se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo **7.1.1.**

### 7.3.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

- (a) Para fuerza axial de compresión las barras de la celosía en cada plano serán verificadas para las fuerzas axiales requeridas resultantes de los esfuerzos de corte requeridos,  $V_{su}$  (kN) normales al eje de la pieza armada y al eje de flexión analizado y de la torsión.

Las fuerzas axiales requeridas para las secciones transversales rectangular y triangular indicadas en la Figura **5.4.1.** serán las siguientes:

- **Sección rectangular** ; para ambos planos:

- Diagonal comprimida :  $D_{u1} = \frac{V_{suy}}{2 \text{ sen } \alpha_1} + D_H$      $D_{u2} = \frac{V_{sux}}{2 \text{ sen } \alpha_2} + D_V$     (7.3-4)

- **Sección triangular:**

- Diagonal comprimida plano normal a eje  $y$ - $y$ :  $D_{u1} = \frac{V_{suy}}{\text{sen } \alpha_1} + D_H$     (7.3-5)

- Diagonal comprimida planos inclinados:  $D_{u2} = \frac{V_{sux}}{2 \text{ sen } \alpha_2 \cos \beta} + D_L$     (7.3-6)

siendo:

$D_V$  el esfuerzo axial en la diagonal debido a la torsión según el Capítulo 8, expresión (8.2-4), en kN.

$D_H$  el esfuerzo axial en la diagonal debido a la torsión según el Capítulo 8, expresiones (8.2-5) ó (8.3-3) según la forma seccional, en kN.

$D_L$  el esfuerzo axial en la diagonal debido a la torsión según el Capítulo 8, expresión (8.3-2), en kN.

Los restantes términos de la expresión son los dados en el artículo 7.2.2..

La verificación de las diagonales comprimidas se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2.2..

- (b) Para fuerza axial de tracción se deben aplicar las mismas expresiones dadas en (a) reemplazando  $V_{sux}$  y  $V_{suy}$  por  $V_{ux}$  y  $V_{uy}$  respectivamente.

$V_{ux}$  y  $V_{sux}$  se definen en el artículo 7.1.2.

La verificación de las diagonales comprimidas se hará según lo especificado en el artículo 7.1.2..

## 7.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXIÓN DISIMÉTRICA

### 7.4.1. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

Los máximos esfuerzos axiales requeridos de tracción,  $T_{u1}$  (kN), y de compresión,  $P_{u1}$  (kN), se determinarán en cada barra de los cordones de la pieza armada con las siguientes expresiones:

$$T_{u1} = \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \quad (7.4-1)$$

$$P_{u1} = -\left( \frac{M_{ux}}{n_1 h} (10^2) + \frac{M_{uy}}{n_1 b} (10^2) \right) \quad (7.4-2)$$

En una **sección triangular**, para determinar el esfuerzo axial en el cordón inferior se adoptará  $M_{uy} = 0$  en las expresiones (7.4-1) y (7.4-2).

siendo:

$M_{ux}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje principal  $x$ , en kNm.

$M_{uy}$  el momento flexor requerido de la pieza armada alrededor del eje principal  $y$ , en kNm.

$n_1$  el número de barras del cordón ( $n_1=2$  : sección rectangular ;  $n_1=2$  o  $1$ : sección triangular, según eje de flexión y cordón).

$h, b$  la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida en dirección perpendicular al eje de flexión considerado de la pieza armada, en cm.

Se deberá verificar que:

$$(a) \quad T_{u1} \leq T_{d1} \quad (7.4-3)$$

siendo:

$T_{d1}$  la resistencia de diseño a tracción de la barra, en kN.

$$T_{d1} = \phi_t F_y A_{g1} (10)^{-1} \quad (7.4-4)$$

$$\phi_t = 0,90$$

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en  $\text{cm}^2$ .

$$(b) \quad P_{u1} \leq P_{d1} \quad (7.4-5)$$

siendo:

$P_{d1}$  la resistencia de diseño a compresión local de la barra, en kN.

$$P_{d1} = \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_{g1} \cdot (10^{-1}) \quad (7.4-6)$$

$\phi_c$  y  $F_{cr}$ , en MPa serán determinados de acuerdo con los artículos 5.2. ó 5.3. según corresponda, con el factor de esbeltez  $\lambda_{c1}$  obtenido de la siguiente forma:

$$\lambda_{c1} = \left( \frac{L_1}{r_i} \right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_e \quad \text{para pandeo flexotorsional}$$

$L_1$  según la Figura 5.4.3 del Capítulo 5 en función de la distribución de celosías en los planos perpendiculares, en cm.

$r_i$  el radio de giro mínimo de la barra componente del cordón, en cm.

$A_{g1}$  el área bruta de la barra componente del cordón, en  $\text{cm}^2$ .

#### 7.4.2. Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

Las barras de la celosía en cada plano serán verificadas para las fuerzas axiales requeridas resultantes de los esfuerzos de corte requeridos,  $V_{ux}$  (kN) y  $V_{uy}$  (kN), correspondientes a la flexión alrededor de los ejes principales  $x$  e  $y$ .

Las fuerzas axiales requeridas para las secciones transversales rectangular y triangular, indicadas en la Figura 5.4.1., resultan iguales a las indicadas en el artículo 7.1.2. para cada forma seccional cuando existe flexión alrededor de ambos ejes principales.

La verificación de las diagonales y montantes comprimidos se hará de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.2..

El factor de longitud efectiva  $k$  para montantes y diagonales comprimidos se adoptará:

$$k = 0,85$$

#### 7.5. BARRAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

Se deberá verificar la siguiente expresión de interacción:

$$\frac{P_u}{P_d} + 7600 \frac{M_u}{d^3 F_y} \leq 1 \quad (7.5-1)$$

siendo:

$P_u$  la resistencia axial requerida a compresión de la barra circular maciza, en kN.

$P_d$  la resistencia de diseño a compresión axial de la barra según la expresión (5.2-1), en kN.

$M_u$  la resistencia requerida a flexión de la barra circular maciza, en kNm.

$d$  el diámetro nominal de la barra circular maciza, en cm.

$F_y$  la tensión de fluencia mínima especificada del acero de la barra circular, en MPa.



## CAPÍTULO 8. BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN

Este Capítulo es aplicable a las barras armadas de sección rectangular y triangular comprendidas en los alcances de este Reglamento según el artículo 1.2., sometidas a sollicitación de torsión.

### 8.1. GENERALIDADES

Para pequeñas deformaciones por torsión (deformación angular  $\gamma$  menor que 0,08 radianes) se puede considerar que las secciones armadas sometidas a torsión permanecen planas o sea que las mismas no alabeen por efecto de la torsión.

En las secciones de la barra donde se apliquen las fuerzas que producen la torsión se deberá asegurar la **no distorsión de la sección transversal** mediante un marco rígido o una doble diagonalización en el plano normal al eje de la barra.

### 8.2. SECCIONES RECTANGULARES

Las celosías de las caras paralelas de la sección rectangular pueden ser:

- desfasadas tanto entre caras laterales como entre cara superior y cara inferior con **todos los nudos coincidentes** (ver la Figura 8.2.1(a))
- coincidentes entre caras laterales, o entre cara superior y cara inferior o en ambos casos con todos o alguno de los **nudos no coincidentes** (ver la Figura 8.2.1(b)).

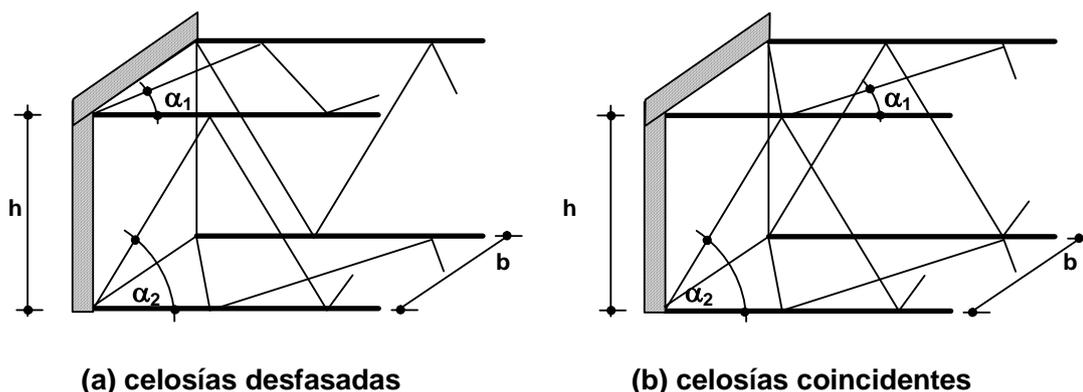


Figura 8.2.1. Celosías de sección rectangular.

#### 8.2.1. Fuerzas nodales

Las fuerzas nodales  $F_i$  equivalentes a la acción del momento torsor  $M_T$  (ver la Figura 8.2.2.) serán:

$$F_H = k_1 \frac{M_T}{h} 10^2 \quad (8.2-1)$$

$$F_V = k_2 \frac{M_T}{b} 10^2 \quad (8.2-2)$$

siendo:

$M_T$  el momento torsor requerido en la barra armada, en kNm.

$F_H$  la fuerza generada por el momento torsor paralela al eje principal  $x$ , en kN.

$F_V$  la fuerza generada por el momento torsor paralela al eje principal  $y$ , en kN.

$h$  la altura de la sección transversal, en cm.

$b$  el ancho de la sección, en cm.

$k_1, k_2$  los coeficientes teórico experimentales.

En forma conservadora se puede adoptar:

$$k_1 = \frac{I_y}{I_y + I_x (b/h)^2} \quad k_2 = \frac{I_x}{I_x + I_y (h/b)^2} \quad (8.2-3)$$

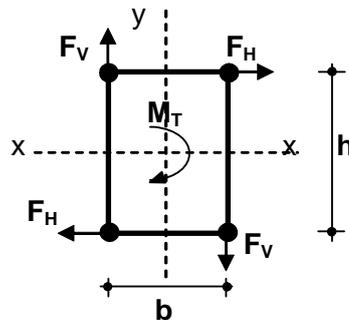
Para secciones con cordones superior e inferior iguales se puede adoptar:

$$k_1 = k_2 = 0,5$$

Para secciones en las cuales el cordón superior tiene mayor área que el inferior, dentro de las relaciones usuales, se puede adoptar:

$$k_1 = 0,55$$

$$k_2 = 0,45$$



**Figura 8.2.2. Fuerzas nodales equivalentes al momento torsor.**

## 8.2.2. Esfuerzos axiles en las barras:

### □ Diagonales:

$$\text{Plano vertical} \quad D_V = \pm \frac{F_V}{\text{sen}\alpha_2} \quad (8.2-4)$$

$$\text{Plano horizontal} \quad D_H = \pm \frac{F_H}{\text{sen}\alpha_1} \quad (8.2-5)$$

Las diagonales se traccionan o comprimen alternadamente.

### □ Cordones:

- Sólo en el caso de celosías desfasadas tanto entre caras laterales como entre cara superior y cara inferior **todos los nudos coincidentes** (Caso (a), Figura 8.2.1.(a)) y **momento torsor uniforme**, la fuerza de compresión **C** será:

$$C = 0$$

- En el caso de celosías desfasadas tanto entre caras laterales como entre cara superior y cara inferior **todos los nudos coincidentes** (Caso (a), Figura 8.2.1.(a)) y momento torsor **no uniforme**, la fuerza de compresión, en kN, será:

$$C = \frac{50 k_1 \Delta M_T s}{b h} \quad \text{ó} \quad C = \frac{50 k_2 \Delta M_T s}{b h} \quad (\text{o tracción}) \quad (8.2-6)$$

- Para celosías con cualquier otra disposición (Caso (b), Figura 8.2.1.(b)), la fuerza de compresión C, en kN, será como máximo:

$$C = 1,9 \frac{F_V}{\text{tg}\alpha_2} = 1,9 \frac{F_H}{\text{tg}\alpha_1} \quad (\text{o tracción}) \quad (8.2-7)$$

siendo:

$\Delta M_T$  la máxima variación de momento torsor en la longitud **s**, en kN m.

**s** la distancia entre nudos (paso), en cm.

$\alpha_1, \alpha_2$  los ángulos entre cordón y diagonal en las caras de la barra armada, según la Figura 8.2.1.

### □ Montantes:

Las fuerzas axiles son menores que en las diagonales y para igual diámetro y menor longitud no son críticas para el diseño de la barra de la celosía.

### 8.2.3. Deformaciones

El giro por torsión por unidad de longitud  $\phi$  (radianes/m) se determinará con la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{10^5 M_T}{E J_r} \quad (8.2-8)$$

siendo:

**E** el módulo de elasticidad longitudinal del acero igual a **200000 MPa**.

**J<sub>r</sub>** el módulo de torsión de la sección rectangular reticulada, en cm<sup>4</sup>.

- Para sección rectangular con las celosías de las 4 caras solo con diagonales e igual paso **s** en todas las caras (ver la Figura **6.6.1.(a)**)

$$J_r = \frac{b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{d_v^3}{A_{Dv}}} \quad (8.2-9)$$

- Para sección rectangular con las celosías de las 4 caras con diagonales y montantes e igual paso **s** en todas las caras (ver la Figura **6.6.1.(b)**)

$$J_r = \frac{2 b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{d_v^3}{A_{Dv}} + \frac{b^3}{A_{Mh}} + \frac{h^3}{A_{Mv}}} \quad (8.2-10)$$

siendo:

**A<sub>Dh</sub>** el área de la diagonal en cara superior e inferior, en cm.

**A<sub>Dv</sub>** el área de la diagonal en cara lateral, en cm.

**A<sub>Mh</sub>** el área del montante en cara superior e inferior, en cm.

**A<sub>Mv</sub>** el área del montante en cara lateral, en cm.

**d<sub>h</sub>** la longitud de la diagonal en cara superior e inferior, en cm.

**d<sub>v</sub>** la longitud de la diagonal en cara lateral, en cm.

**La deformación por torsión deberá ser :**

$$\phi_{\text{máx}} \leq 0,015 \text{ radianes/m} \quad (8.2-11)$$

### 8.3. SECCIONES TRIANGULARES

#### 8.3.1. Fuerzas nodales

Las fuerzas nodales  $F_i$  equivalentes a la acción del momento torsor  $M_T$  (ver la Figura 8.3.1.) serán:

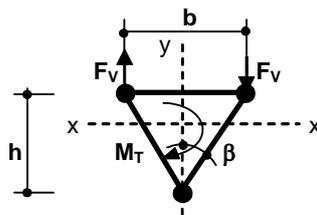
$$F_V = \frac{M_T}{b} 10^2 \quad (8.3-1)$$

siendo:

$M_T$  el momento torsor requerido en la barra armada, en kNm.

$F_V$  la fuerza generada por el momento torsor paralela al eje principal  $y$ , en kN.

$b$  el ancho de la sección, en cm.



**Figura 8.3.1. Fuerzas nodales equivalentes al momento torsor.**

#### 8.3.2. Esfuerzos axiales en las barras:

##### □ Diagonales:

- Plano lateral 
$$D_L = \pm \frac{F_V}{\cos \beta \operatorname{sen} \alpha_2} \quad (8.3-2)$$

- Plano horizontal 
$$D_H = \pm \frac{2 F_V \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{sen} \alpha_1} \quad (8.3-3)$$

Las diagonales se traccionan o comprimen alternadamente.

##### □ Cordones:

Para celosías con cualquier disposición, la fuerza de compresión  $C$ , será:

$$C = 2 F_V \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad (\text{o tracción}) \quad (8.3-4)$$

siendo:

$\beta$  el ángulo entre plano de celosía y eje  $y-y$ .

$\alpha_1, \alpha_2$  los ángulos entre cordón y diagonal en las caras de la barra armada según la Figura 8.3.2.

□ **Montantes:**

Las fuerzas axiales son menores que en las diagonales y para igual diámetro y menor longitud no son críticas para el diseño de la barra de la celosía.

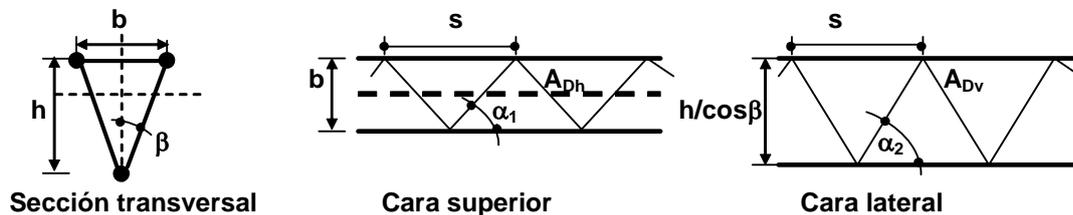


Figura 8.3.2. Celosías en sección triangular.

**8.3.3. Deformaciones**

El giro por torsión por unidad de longitud  $\phi$  (radianes/m) se determinará con la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{10^5 M_T}{E J_r} \quad (8.3-5)$$

siendo:

$E$  el módulo de elasticidad longitudinal del acero igual a **200000 MPa**.

$J_r$  el módulo de torsión de la sección triangular reticulada, en  $\text{cm}^4$ .

- Para sección triangular con las celosías de las 3 caras solo con diagonales e igual paso  $s$  en todas las caras (ver la Figura 8.3.2).

$$J_r = 0,5 \frac{b^2 h^2 s}{\frac{d_h^3}{A_{Dh}} + \frac{2 d_v^3}{A_{Dv}}} \quad (8.3-6)$$

siendo:

$A_{Dh}$  el área de la diagonal en cara superior, en cm.

$A_{Dv}$  el área de la diagonal en cara lateral, en cm.

$d_h$  la longitud de la diagonal en cara superior, en cm.

$d_v$  la longitud de la diagonal en cara lateral, en cm.

**La deformación por torsión deberá ser :**

$$\phi_{m\acute{a}x} \leq 0,015 \text{ radianes/m} \quad (8.3-7)$$

#### **8.4. APOYOS**

Los apoyos se diseñarán para resistir adecuadamente el ***momento torsor*** transmitido por la barra armada.



## CAPITULO 9. UNIONES Y MEDIOS DE UNIÓN

Este Capítulo es aplicable a las uniones de barras armadas comprendidas en los alcances de este Reglamento indicadas en el artículo 1.2. y con las formas seccionales definidas en el artículo 2.1..

Las especificaciones de este Capítulo son válidas para uniones sometidas a cargas estáticas.

### 9.1. GENERALIDADES

Todos los componentes de la unión deberán ser dimensionados de manera que su resistencia de diseño sea mayor o igual a la resistencia requerida resultante del análisis estructural, considerando las excentricidades existentes.

Son aplicables **todas las especificaciones** del Capítulo **J** del Reglamento CIRSOC 301-2005 y del Reglamento CIRSOC 304-2007, especialmente las de su Anexo B.

En los siguientes artículos se dan especificaciones adicionales para uniones típicas en barras comprendidas en los alcances de este Reglamento.

### 9.2. UNIONES SOLDADAS

#### 9.2.1. Uniones soldadas entre cordones o travesaños y barras de la celosía

La tensión requerida en la soldadura  $f_u$  (MPa) determinada en las secciones siguientes, deberá ser:

$$f_u \leq f_d = 0,60 \text{ } 0,60 F_{EXX}$$

siendo:

$f_d$  la tensión de diseño para soldaduras de filete dada por la Tabla **J.2-5** del Reglamento CIRSOC 301-2005, en MPa.

$F_{EXX}$  la resistencia mínima especificada del electrodo, en MPa.

##### 9.2.1.1. Unión soldada entre cordón de sección circular maciza y diagonal de celosía sólo con diagonales en sección rectangular o triangular (ver la Figura 9.2.1.)

La sección de soldadura se considera una elipse con el eje mayor,  $l_M = 2,5 d_D$ , y el eje menor,  $l_m = d_D$ ,

El área efectiva de soldadura resulta  $A_w = 1,97 d_D^2$

El módulo resistente elástico del área efectiva será:  $S_w = 0,62 d_D^3$

La tensión requerida,  $f_u$  (MPa), para la unión soldada será:

(a) para sección **rectangular** con excentricidad en el nudo  $e = 0$

$$f_u = \frac{10 V_u}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-1)$$

siendo:

$V_u$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección paralela al plano de la celosía, en kN.

(b) para sección **rectangular** con excentricidad en el nudo  $e > 0$  (positiva)

$$f_u = \frac{10 V_u}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c + 2e}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-2)$$

siendo:

$V_u$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección paralela al plano de la celosía, en kN.

$e$  la excentricidad en el nudo (ver el Capítulo 3, artículo 3.1.4.), en cm.

(c) para sección **triangular** con excentricidad en el nudo  $e = 0$

- Para unión diagonales inclinadas

$$f_{ux} = \frac{10 V_{ux}}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-3)$$

siendo:

$V_{ux}$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección normal al eje  $x-x$ , en kN.

- Para unión diagonales normales al eje  $y-y$

$$f_{uy} = \frac{20 V_{uy}}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-4)$$

siendo:

$V_{uy}$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección normal al eje  $y-y$ , en kN.

(d) para sección **triangular** con excentricidad en el nudo  $e > 0$

- Para unión diagonales inclinadas

$$f_{ux} = \frac{10 V_{ux}}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c + 2e}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-5)$$

siendo:

$V_{ux}$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección normal al eje  $x-x$ , en kN.

- Para unión diagonales normales al eje  $y-y$

$$f_{uy} = \frac{20 V_{uy}}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,26 + 0,73 \left( \frac{d_c + 2e}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-6)$$

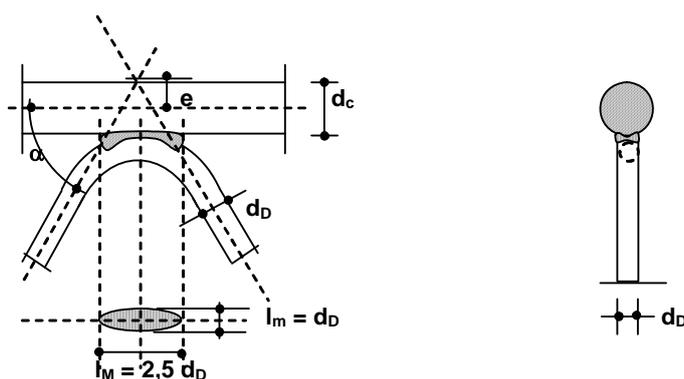
siendo:

$V_{uy}$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección normal al eje  $y-y$ , en.kN.

$d_D$  el diámetro de la diagonal, en cm.

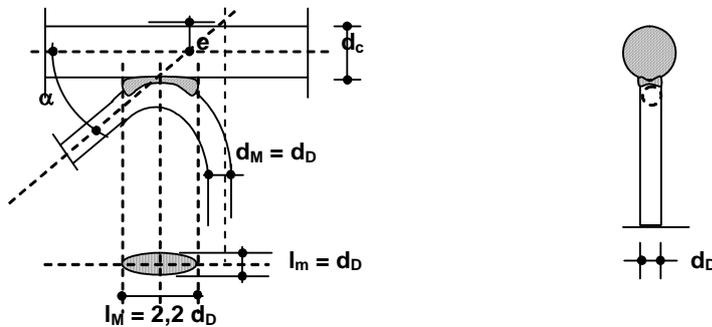
$d_c$  el diámetro del cordón, en cm

$\alpha$  el ángulo entre diagonal y cordón, en grados sexagesimales.



**Figura 9.2.1. Unión soldada diagonal y cordón circular macizo.**

**9.2.1.2. Unión soldada entre cordón de sección circular maciza y diagonal de celosía con diagonales y montantes en sección rectangular o triangular (ver la Figura 9.2.2.)**



**Figura 9.2.2. Unión soldada diagonal/montante y cordón circular macizo.**

Las tensiones requeridas en la soldadura  $f_u$  son iguales al **65 %** de las especificadas en el artículo **9.2.1.1.** para los respectivos casos.

**9.2.1.3. Unión soldada entre travesaño y diagonal de celosía en sección Te (ver la Figura 9.2.3)**

La sección de soldadura se considera una elipse con el eje mayor  $l_M = 2 d_D$  y el eje menor  $l_m = d_D$

El área efectiva de soldadura resulta  $A_w = 1,57 d_D^2$

El módulo resistente elástico del área efectiva es  $S_w = 0,393 d_D^3$

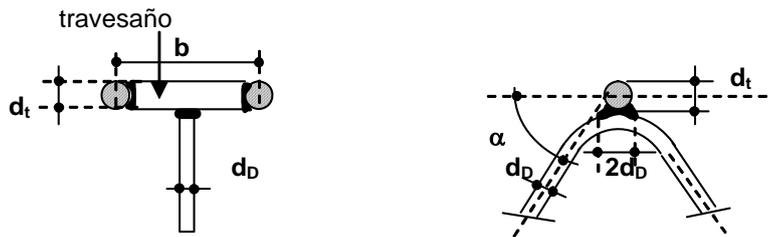
La tensión requerida,  $f_u$  (MPa), para la unión soldada, cuando el travesaño sea de sección circular maciza, será:

$$f_u = \frac{20 V_u}{d_D^2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{0,41 + 1,62 \left( \frac{d_t}{d_D} \right)^2} \quad (9.2-7)$$

siendo:

- $V_u$  el esfuerzo de corte requerido para la barra armada en dirección paralela al plano de la celosía, en kN.
- $d_D$  el diámetro de la diagonal, en cm.
- $d_t$  el diámetro del travesaño, en cm
- $\alpha$  el ángulo entre la diagonal y el cordón, en grados sexagesimales.

Cuando el travesaño sea una planchuela se deberá reemplazar en la expresión (9.2-7), el diámetro del travesaño  $d_t$  por el espesor de la planchuela  $e_p$ .



**Figura 9.2.3. Unión soldada diagonal y travesaño circular macizo. Sección Te.**

#### 9.2.1.4. Unión soldada entre cordones de perfil ángulo o Te y barras de celosía

La unión soldada deberá ser dimensionada para transmitir una fuerza de corte  $\Delta N$  y un momento  $M_w$  con los valores siguientes:

- Para celosía sólo de diagonales y soldada al alma (ver la Figura 3.1.3., Capítulo 3)

$$\Delta N = \frac{2V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} \quad M_w = \frac{2V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} (0,7b + e - d_1 - 0,5d_D) \quad (9.2-8)$$

- Para celosía sólo de diagonales y soldada a la punta del alma (ver la Figura 3.1.5., Cap. 3)

$$\Delta N = \frac{2V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} \quad M_w = \frac{2V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} (0,7b + e) \quad (9.2-9)$$

- Para celosía de diagonal y montante, soldada al alma (ver la Figura 3.1.4., Capítulo 3)

$$\Delta N = \frac{V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} \quad M_w = \frac{V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} (0,7b + e - d_1 - 0,5d_D) \quad (9.2-10)$$

- Para celosía de diagonal y montante, soldada a la punta del alma (ver la Figura 3.1.6., Capítulo 3)

$$\Delta N = \frac{V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} \quad M_w = \frac{V_u}{n_o \operatorname{tg}\alpha} (0,7b + e) \quad (9.2-11)$$

### 9.3. UNIONES EXTREMAS DE BARRAS ARMADAS Y JUNTAS

Las uniones extremas de barras armadas se deberán diseñar de manera que se garantice la transferencia de las fuerzas y/o momentos que deban transmitir y que su deformación sea compatible con la de las restantes partes de la estructura.

Cuando para realizar la unión extrema de barras armadas, se diseñen marcos de perfiles ángulo o planchuela, se deberán verificar sus uniones soldadas con las barras de cordones y celosías.

Si una junta se realiza con la unión abulonada de marcos extremos, se deberá considerar para el dimensionado de los bulones los esfuerzos resultantes de la acción de palanca.

En juntas que transmitan esfuerzo axial se deberán considerar los esfuerzos resultantes de eventuales falta de coincidencia de los ejes de las barras que concurren.

Si para conformar un nudo se unen barras armadas con marcos extremos, la unión de los marcos se deberá diseñar de manera que su comportamiento responda al modelo usado para el análisis estructural (articulación, nudo rígido, semirígido).

## CAPÍTULO 10. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

Para el Proyecto Estructural en condiciones de servicio rigen las especificaciones del Capítulo **L** y del Apéndice **L** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**, con las siguientes consideraciones:

### 10.1. DETERMINACIÓN DE LAS DEFORMACIONES DE LAS BARRAS ARMADAS FLEXADAS

Las deformaciones máximas de barras armadas flexadas comprendidas en los alcances de este Reglamento, considerando la influencia de las deformaciones por corte de las celosías, podrán ser determinadas utilizando las expresiones elásticas para elementos de alma llena en función del momento flexor, pero con la utilización del momento de inercia modificado,  $I_m$  (cm<sup>4</sup>), en reemplazo del momento de inercia,  $I$ , de la sección rígida, con respecto al mismo eje de flexión.

$$I_m = r_m^2 A_g \quad (10.1-1)$$

siendo:

- $r_m$  el radio de giro modificado de la sección transversal de la barra relativo al eje de flexión, en cm.  $r_m = (k.L) / \lambda_m$ .
- $k$  el factor de longitud efectiva determinado con las especificaciones del artículo **3.2**.
- $L$  la longitud real de la barra no arriostrada lateralmente correspondiente a la respectiva dirección de flexión, en cm.
- $\lambda_m$  la esbeltez modificada de la barra armada determinada según el Capítulo **5**, con la expresión **(5.4-5)**.
- $A_g$  el área transversal bruta total de la barra armada, en cm<sup>2</sup>.



**INTI**

INSTITUTO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



**CIRSOC**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS  
REGLAMENTOS NACIONALES DE  
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES