



ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA EN FRÍO

Secciones Tubulares

Secciones Abiertas

12/05/2006



12/05/2006

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Los elementos de chapa conformada en frío se utilizan ampliamente en estructuras y construcciones sometidas a esfuerzos ligeros o moderados.

Se aplican en sistemas de alma llena, en sistemas triangulados, en partes de la construcción como carpinterías, paredes y techos.

- LA ventaja de los elementos de chapa conformada radica en la facilidad para generar variedad de perfiles, ideados para utilizar el material con efectividad y simplificar o facilitar las tareas de construcción.
- Las formas de las piezas varían según su aplicación y el diseñador las adopta para resolver chapas de techo y de entrepiso, paneles de cerramiento (paredes), correas, vigas, columnas y otros elementos individuales.

Consideraciones para el proyecto:

- ***Elementos de la sección con elevada esbeltez (b/t) por lo que pandean o abollan con esfuerzos de baja intensidad. El pandeo local precede en general al pandeo global***
- ***El criterio de proyecto se basa en la resistencia de post-pandeo***
- ***Las secciones abiertas pueden estar sujetas a pandeo torsional o flexo-torsional***
- ***La capacidad de carga de una sección puede aumentar con el uso de elementos rigidizadores de borde***
- ***Las propiedades de las secciones se determinan en base al **AREA EFECTIVA REDUCIDA** que depende del grado de sollicitación de la sección***
- ***No es aplicable el método plástico, dado que no es posible la formación de rótulas plásticas antes del pandeo local.***
- ***Se puede considerar el mejoramiento de la resistencia por deformación en frío debido al plegado.***

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Reglamentos de aplicación

- Recomendación CIRSOC 303-86: *RECOMENDACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO DE CHAPA CONFORMADA EN FRÍO*
- Proyecto Reglamento CIRSOC 303-EL/07: *REGLAMENTO ARGENTINO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO DE SECCIÓN ABIERTA CONFORMADOS EN FRÍO*
- Proyecto Reglamento CIRSOC 304/05: *REGLAMENTO ARGENTINO DE SOLDADURAS*
- Proyecto Reglamento CIRSOC 302/05: *REGLAMENTO ARGENTINO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE TUBOS DE ACERO*
- Proyecto Reglamento CIRSOC 308/05: *REGLAMENTO ARGENTINO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES ARMADOS CON PERFILES LIVIANOS*

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Proyecto Reglamento CIRSOC 303-EL/07: *REGLAMENTO ARGENTINO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO DE SECCIÓN ABIERTA CONFORMADOS EN FRÍO*

- *Secciones abiertas de chapas conformadas en frío de hasta 25mm de espesor*
- *Materiales: conforme normas IRAM-IAS*
- *Ductilidad $F_u/F_y \geq 1,10$ $e_{u50} > 12\%$ $e_{u200} > 10\%$*
- *Espesor mínimo: $t_{real} > 0,95 \cdot t$*
- *Proyecto POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA*
- *Análisis global: ELÁSTICO, considerando el efecto de las deformaciones (2º orden) y la estabilidad de la estructura y sus elementos.*

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Formas simples

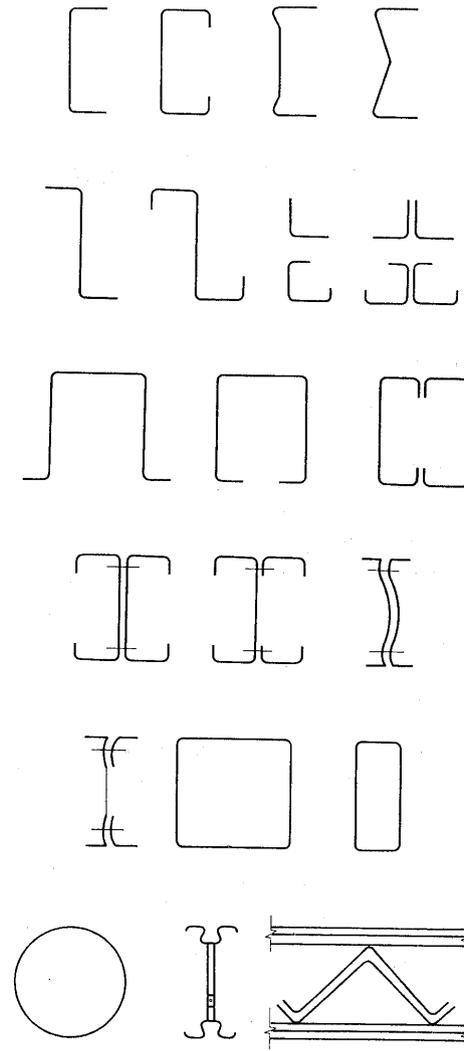
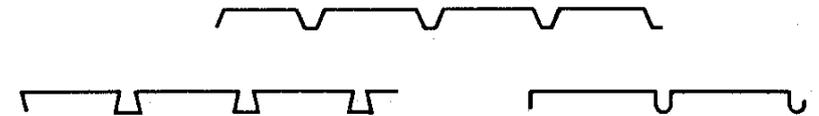


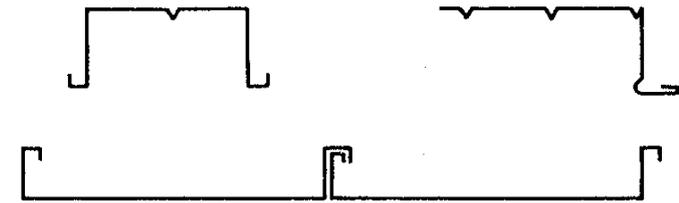
Fig. 14-1 Secciones estructurales individuales, formadas en frío.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

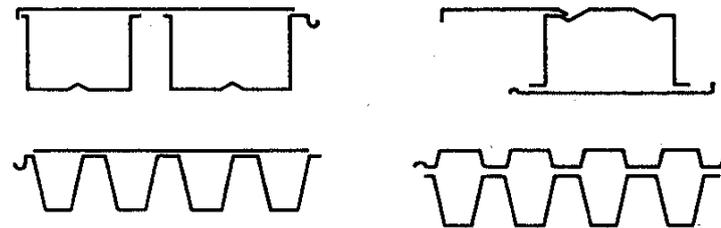
Formas simples – paneles



Cubiertas para techo



Cubiertas para techo en claros grandes



Tableros para piso y techo



Tablero para muros de cortina



Tableros corrugados (nervurados)

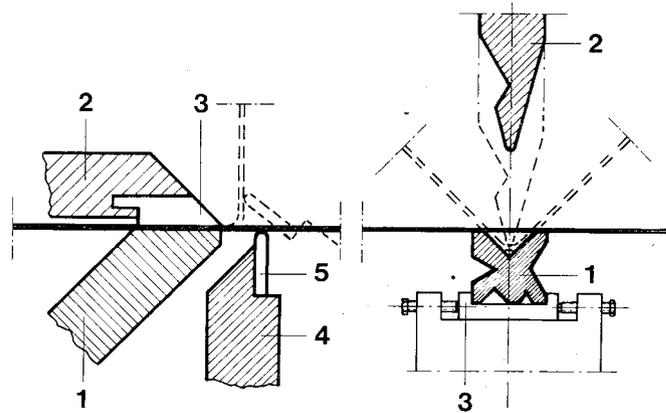
Láminas corrugadas

Fig. 14-2 Cubiertas, paneles y láminas corrugadas.

Paneles armados

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Procedimientos para el conformado



Máquina plegadora de brazo pivotante.

(1) Mordaza inferior fija. (2) Mordaza superior móvil en altura. (3) y (5). Piezas intercambiables. (4) Brazo de plegado.

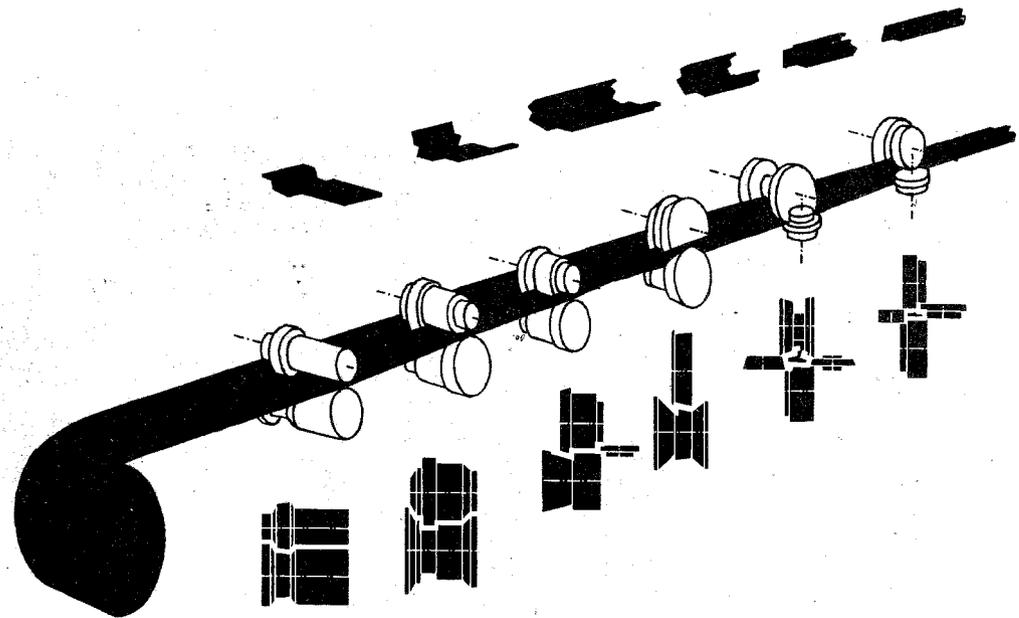
Prensa plegadora con matriz.

(1) Matriz intercambiable. (2) Punzón. (3) Plaza para fijar y central la matriz.

Plegadora pivotante

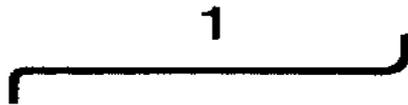
Plegadora de prensa

Plegadora de rodillos



ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

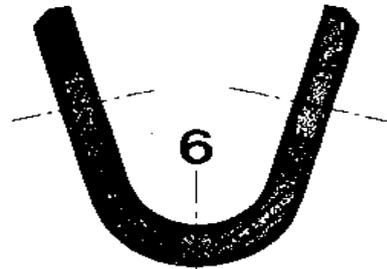
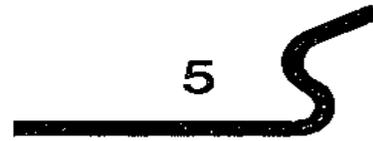
Formas que se consiguen con cada máquina



Por plegadora de brazo pivotante (1, 2 y 3)

Plegadora pivotante

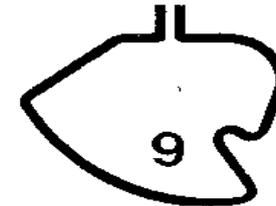
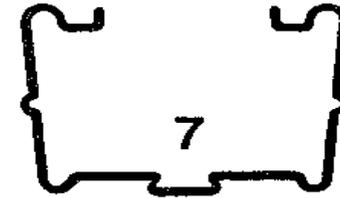
• UTN – FRM- 2008



Por prensa con matriz (4, 5 y 6)

Plegadora de prensa

Curso CMM - 2009



Por instalación de rodillos (7, 8 y 9)

Plegadora de rodillos

08-Elementos con Chapa Conformada

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Características de los diferentes procedimientos

Cuadro 1. Los diferentes procedimientos de fabricación de perfiles en frío.

Características	Máquina plegadora de brazo pivotante	Prensa plegadora de matriz	Máquina de rodillos	
Procedimiento	Modo de plegado	Pieza inmóvil Plegado por brazo pivotante	Pieza inmóvil Plegado en una matriz abierta	Plegado continuo por rodillos accionados
	Número de pasadas	\geq número de pliegues	$\sim 0,5 \times$ número de pliegues	Desarrollo continuo
	Variedad de formas	Limitada Ventajosas cuando la chapa no debe ser plegada más que por un solo lado	Limitada	Casi ilimitada
Perfiles obtenidos	Espesor	< 6 (12) mm	< 25 mm	< 8 (19) mm
	Longitud	< 3 (6) m	< 12 (16) m	Ilimitada
	Altura del perfil	Casi ilimitada	Casi ilimitada	< 250 mm
	Precisión dimensional	Depende grandemente de la materia y de las condiciones de trabajo		Precisión y regularidad
	Tensiones residuales resultantes de la deformación	Únicamente en las proximidades del pliegue		Repartidas en toda la sección (eventualmente buscadas)
	Radio de plegado	$r_i \geq 1,5 s$		En general $r_i \geq 1 s$ En ángulo recto en ciertos casos
	Aumento de la resistencia por batido	Únicamente en las proximidades del pliegue Valor indeterminado		Buscada y extendiéndose a la sección entera
Fact. económicos	Costo de la máquina	Reducido	Medio	Elevado
	Costo de los útiles	Muy reducido	Medio	Elevado
	Cambio de útil	Sencillo	Sencillo	Fácil o difícil, según el caso
	Importancia del lote a fabricar (número de piezas)	Reducido	Medio	Elevado

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Protección de elementos estructurales

Galvanizado: con aluminio zinc o cadmio

Otros:

Cuadro III. Principales características de los revestimientos de protección

	Tenacidad y flexibilidad	Dureza	Retención del brillo	Resistencia a la abrasión y al choque	Facilidad de manutención	Temperatura máxima de servicio	Agentes atmosféricos	Atmósfera industrial	Atmósfera industrial	Atmósfera marina
Cloro-caucho	M	S	S	S	E	60	S	E	S	S/E
Epoxy-bituminoso	M	E	M	E	I	70	I	S	S	S
Bituminosos	M	I	I	I	S	70	S	S	M	S
Alkídico	S	S	S	S	E	100	E	E/S	M/S	E
Al aceite	E	M	M	M	E	90	E	S	M	S
Fenólico-oleo modificado	S	E	S	E	M	130	E	E	S	E
Epoxidico sin disolvente	M	E	S	E	I	90	M	S	E	S
Epoxidico ureténico	S	E	S	E	I	100	M	E	E	S
Epoxidico aminoamídico	S	E	S	E	I	90	M	S	E	S
Vinílico	E	M	E	E	E	65	E	E	E	E
Poliuretánico	E	E	I	E	I	100	M	S	E	S
Al alquitrán	M	I	I	M	M	70	S	S	M	S

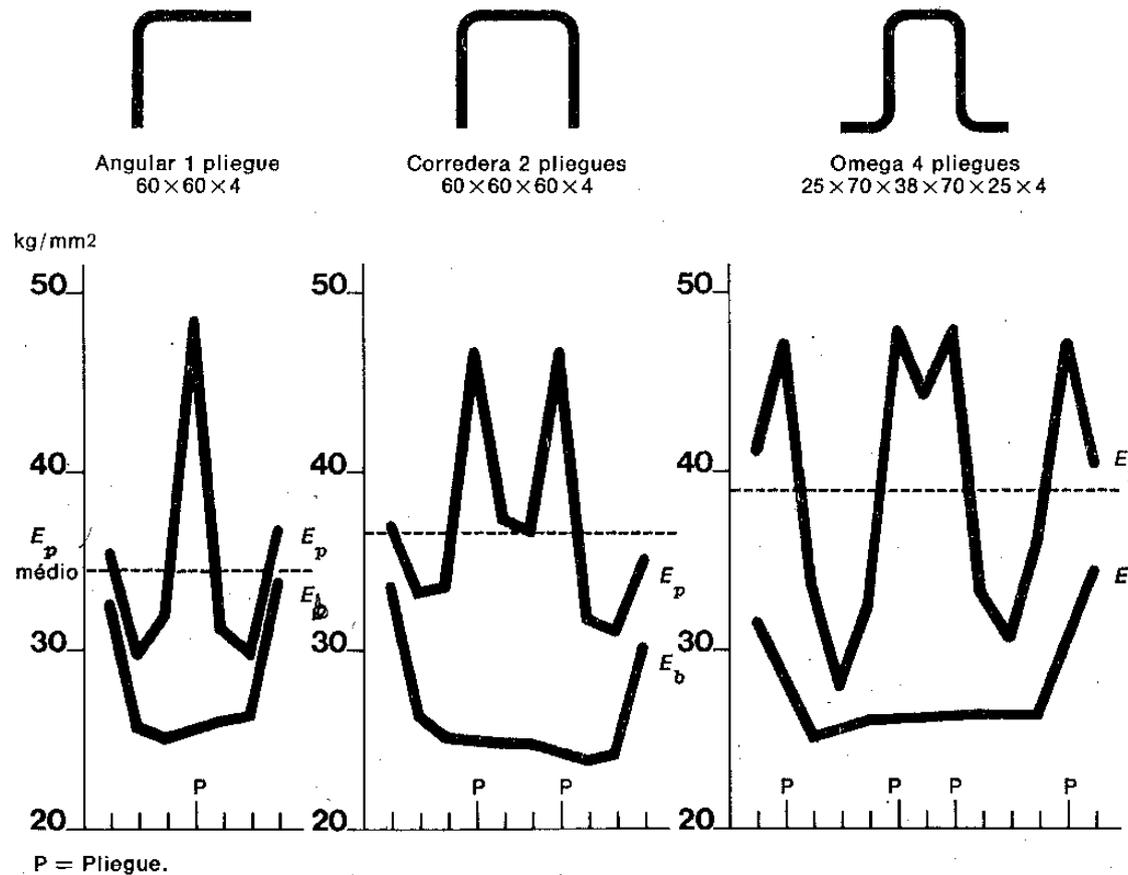
E = Excelente. S = Satisfactorio. M = Medio. I = Insuficiente.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Mejoramiento de la resistencia por efecto de la deformación en frío

Influencia del número de pliegues sobre el límite de elasticidad

Fig. 1. Influencia del número de pliegues sobre el límite de elasticidad media (Grumbach y Prudhomme).
 E_b Límite de elasticidad de la banda madre. E_p Límite de elasticidad del perfil en frío.



ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto del endurecimiento y envejecimiento por deformación sobre la curva tensión-deformación del acero

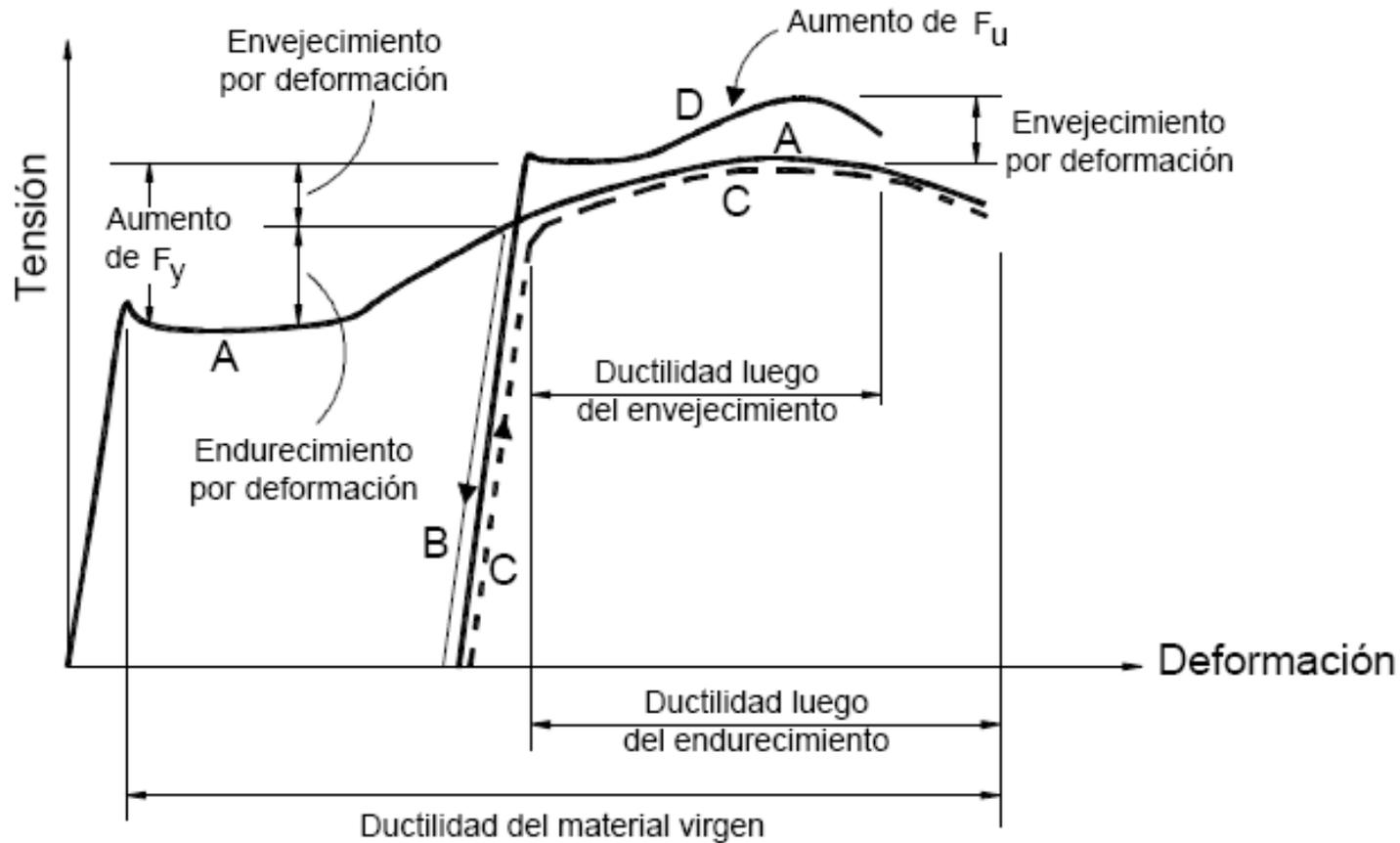


Figura C-A.2-4

Curso CMM - 2009

El incremento de la resistencia debido a la conformación en frío es, según CIRSOC 303/07

$$F_{ya} = C \cdot F_{yc} + (1 - C) \cdot F_{yf} \quad \text{Ec. A.2.8.2-1}$$

$$F_{yc} = B_c \cdot F_{yv} / (R/t)^m$$

$$B_c = 3,69 (F_{uv} / F_{yv}) - 0,819 (F_{uv} / F_{yv})^2 - 1,79$$

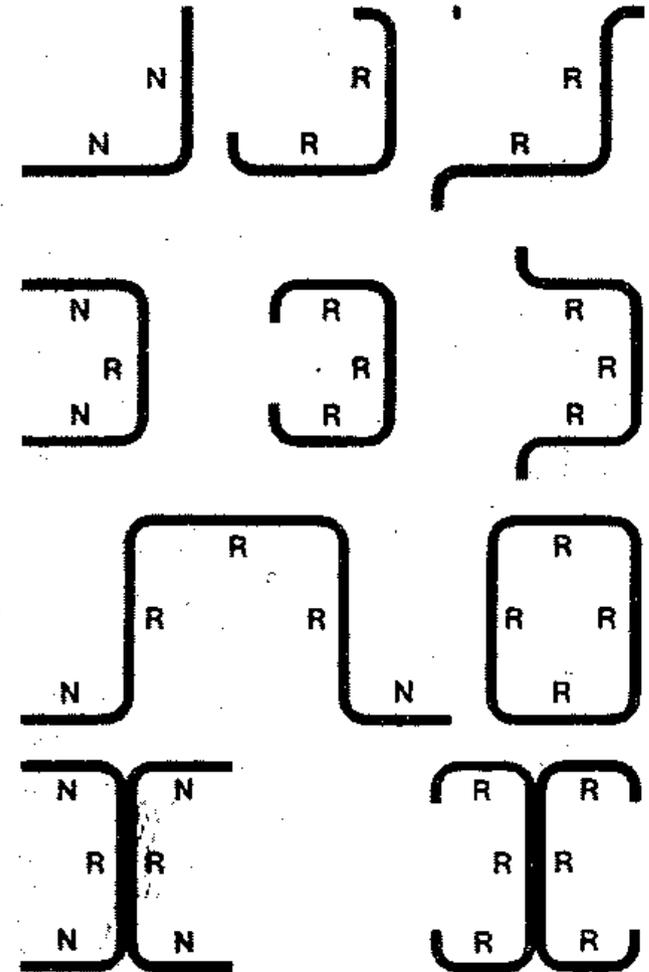
$$m = 0,192 (F_{uv} / F_{yv}) - 0,068$$

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Clasificación de los elementos seccionales

R elemento Rigidizado

N elemento No Rigidizado



Clasificación de los elementos seccionales

w, b ancho "plano" del elemento

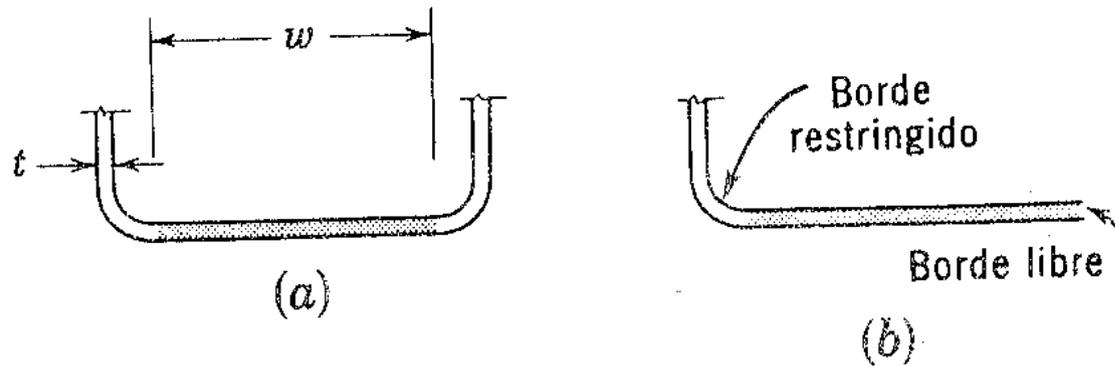


Fig. 14-3 Elementos delgados en compresión: (a) elemento atiesado a lo largo de ambos bordes, y (b) elemento sin atiesar.

Elementos atiesados o rigidizados

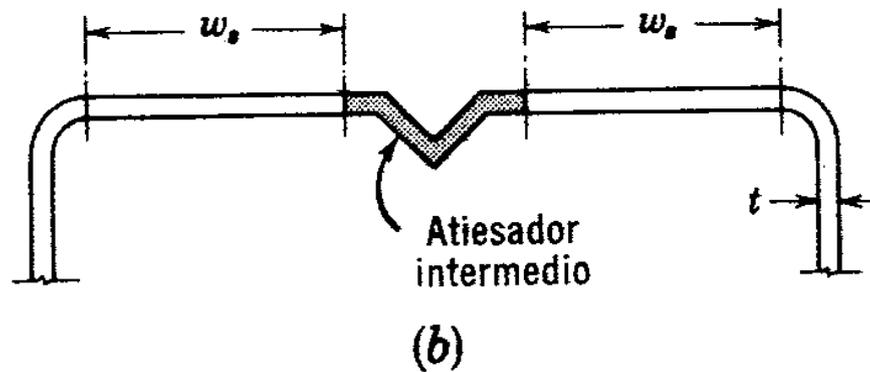
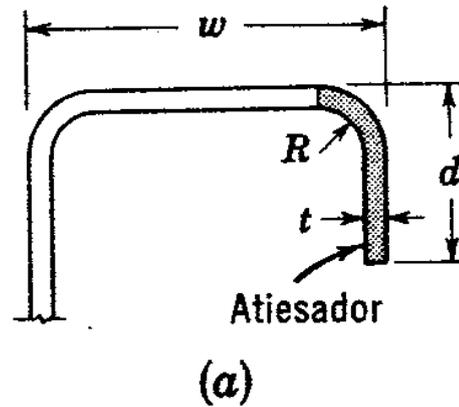
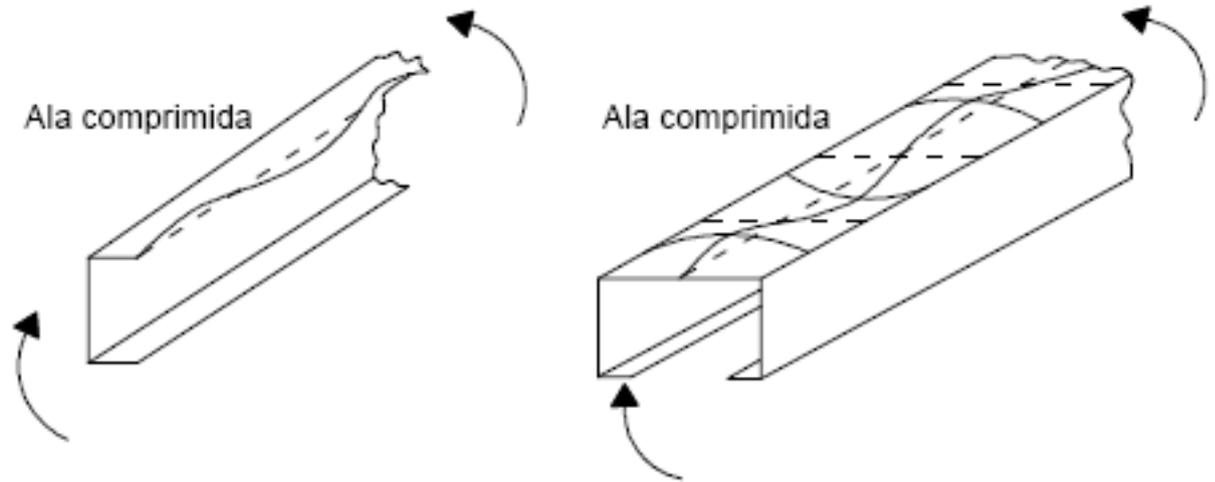


Fig. 14-5 Elementos atiesados: (a) con labio doblado simple y (b) con atiesador intermedio.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Pandeo local de elementos comprimidos

Vigas: NR --- R



Columnas: NR --- R

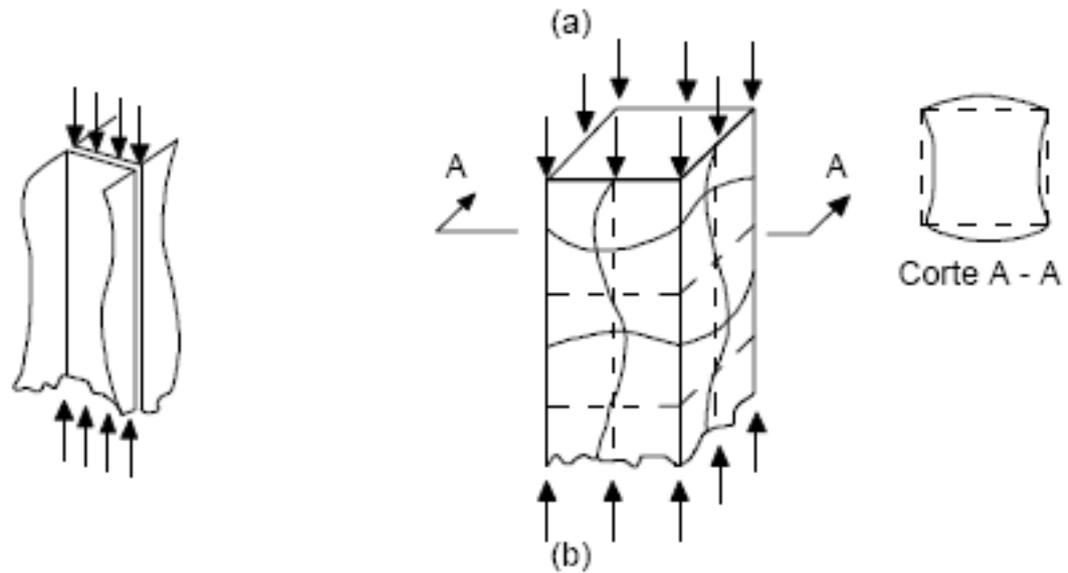


Figura C-B-1

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Máxima relación entre ancho y espesor en elementos comprimidos

B.1.1.a) MÁXIMA RELACIÓN ENTRE ANCHO (b) Y ESPESOR (t)			
Renglón	ELEMENTO	Condición	b/t ≤
1	Comprimido rigidizado un borde por alma o ala y el otro por		
a)	Labio simple		60
b)	Otro rigidizador cualquiera con	$I_s < I_a$	60
		$I_s \geq I_a$	90
2	Comprimido rigidizado por ambos bordes con elementos rigidizados		500
3	Comprimido no rigidizado		60

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto de la curvatura sobre los esfuerzos en las alas

B.1.1 (b) Desplazamiento vertical de alas

Para limitar el desplazamiento vertical máximo del ala hacia el e.n.

$$b_f = \sqrt{\frac{0,061 \cdot t \cdot d \cdot E}{f_{av}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{100 c_f}{d}}$$

b_f Ancho efectivo del ala medido desde el alma

t espesor del ala

d altura de la viga

f_{av} tensión media calculada para el ancho total (real) del ala

c_f desplazamiento vertical del ala

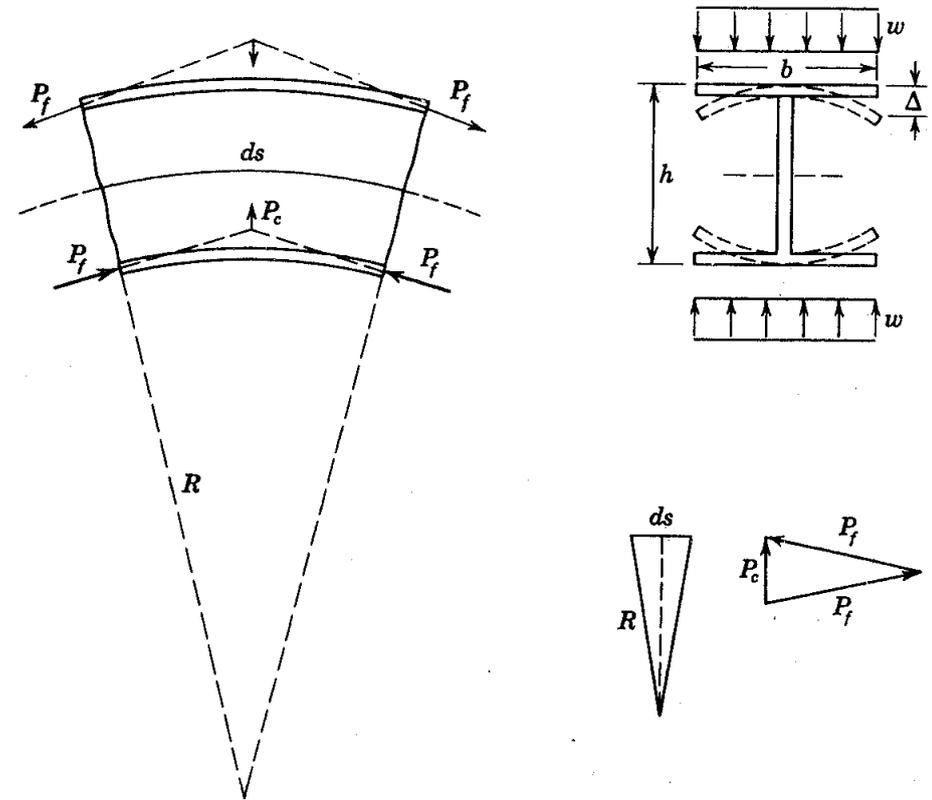


Fig. 14-19 Porción de una viga I en flexión pura.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto de la deformación por cortante en la distribución de esfuerzo en las alas

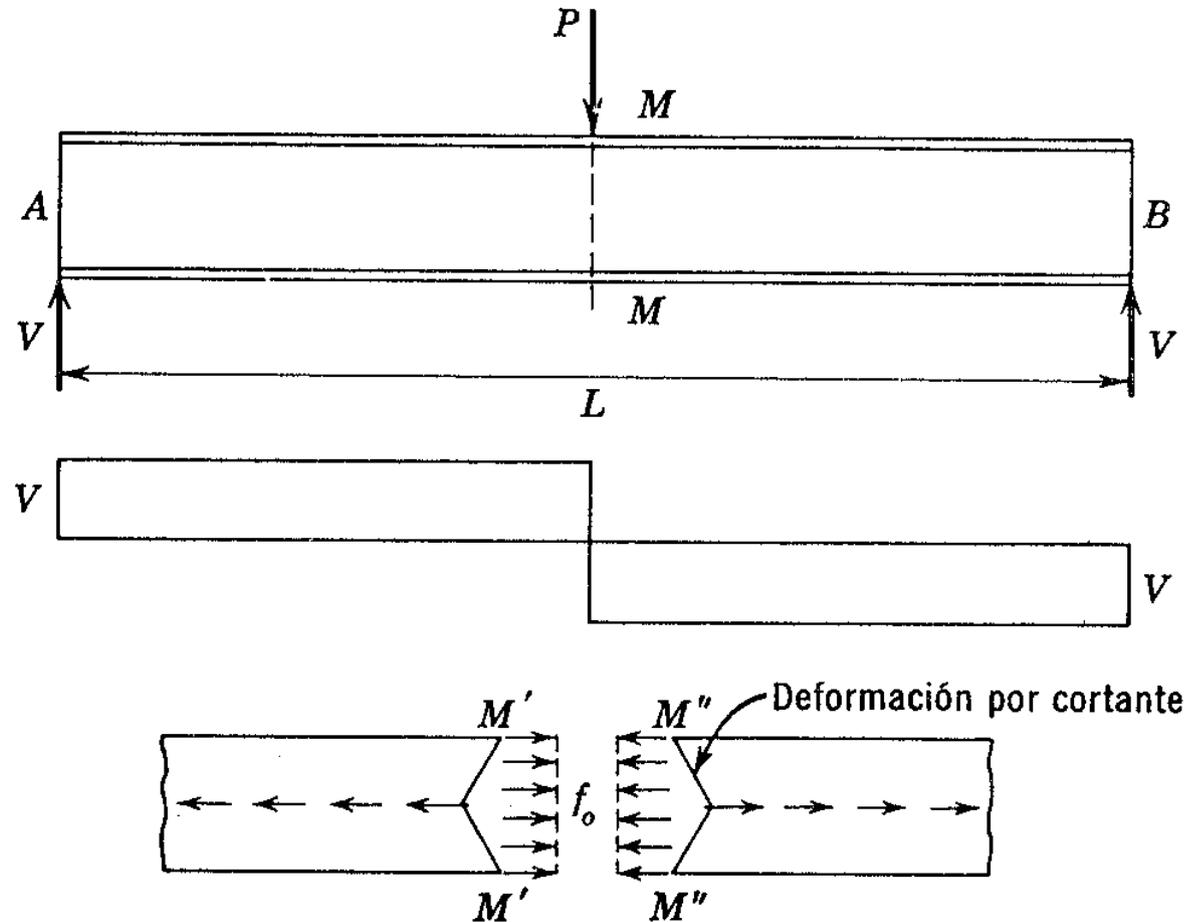


Fig. 14-20 Deformación por cortante en los patines.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto de la deformación por cortante en la distribución de esfuerzo en las alas

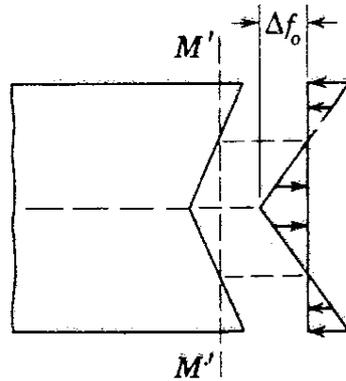


Fig. 14-21 Esfuerzos inducidos en la sección de una viga por las deformaciones de cortante.

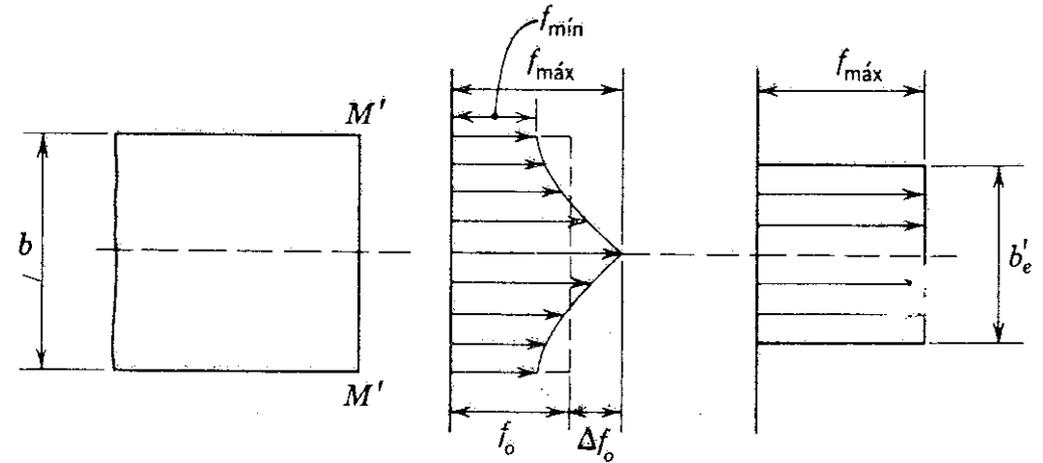


Fig. 14-22 Distribución resultante de esfuerzos.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto de la deformación por cortante en la distribución de esfuerzo en las alas

Variación del ancho efectivo debido a una carga concentrada

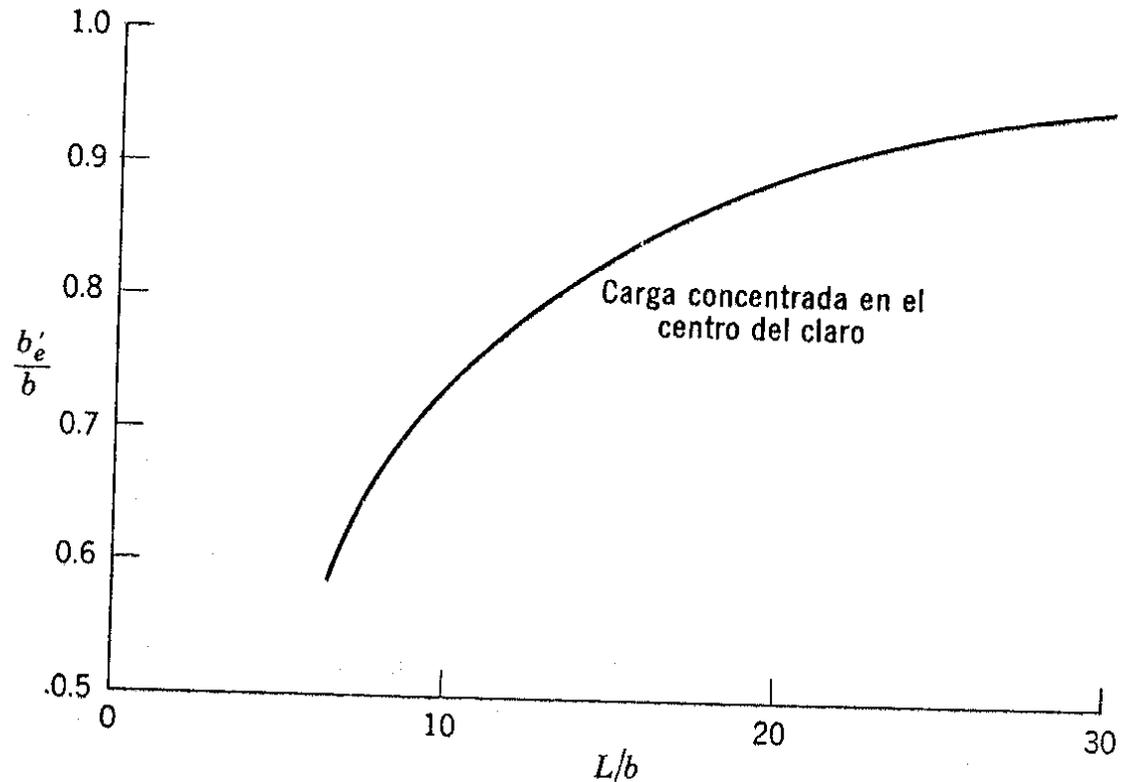


Fig. 14-23 Variación del ancho efectivo b_e para el patín de una viga (cortesía de la NACA¹¹).

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Efecto de la deformación por cortante en la distribución de esfuerzo en las alas

En CIRSOC 303-EL B.1.1.(c) se especifica el ancho efectivo de las alas en tracción o compresión según la posición de cargas concentradas

Tabla B.1-1

Vigas cortas y alas anchas

Máxima relación admisible entre ancho efectivo de cálculo (b_e) y ancho real (b)

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

Relaciones límites entre la altura del alma y su espesor

En CIRSOC 303-EL B.1.2

- (a) Para almas no rigidizadas: $(h/t)_{\max} = 200$
- (b) Para almas con rigidizadores transversales que satisfacen los requisitos de la Sección C.3.6.1:
 - (1) Cuando sólo se utilizan rigidizadores de apoyo, $(h/t)_{\max} = 260$
 - (2) Cuando se utilizan rigidizadores de apoyo y rigidizadores intermedios, $(h/t)_{\max} = 300$

siendo

h = Altura de la parte plana del alma medida sobre el plano del alma

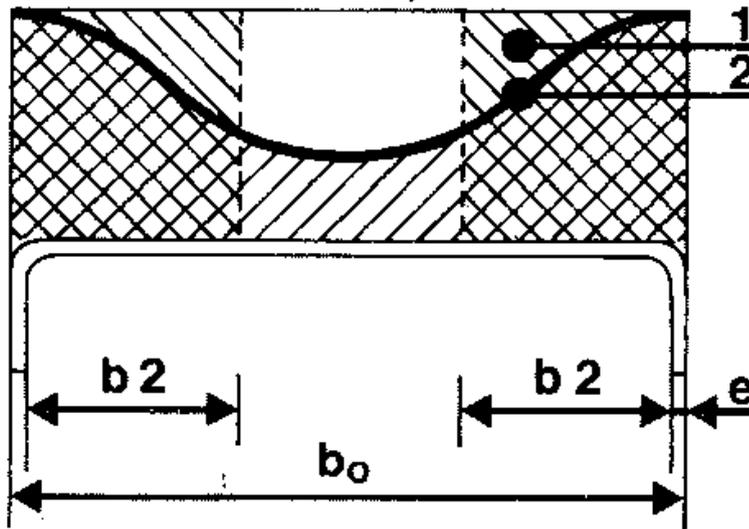
t = Espesor del alma

Si un alma está compuesta por dos o más chapas, la relación h/t se debe calcular para cada una de ellas en forma individual.

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS DE CHAPA CONFORMADA

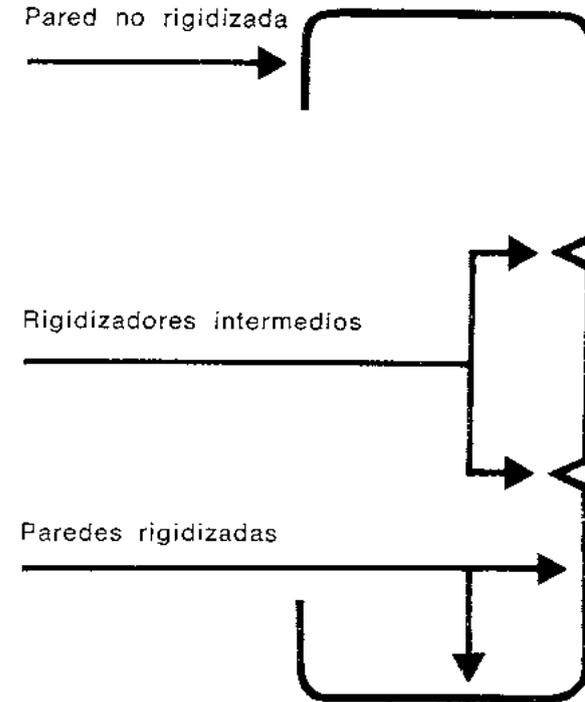
Fig. 1.

Elementos atiesados o rigidizados



1. Tensiones asimiladas.
2. Tensiones reales de compresión.

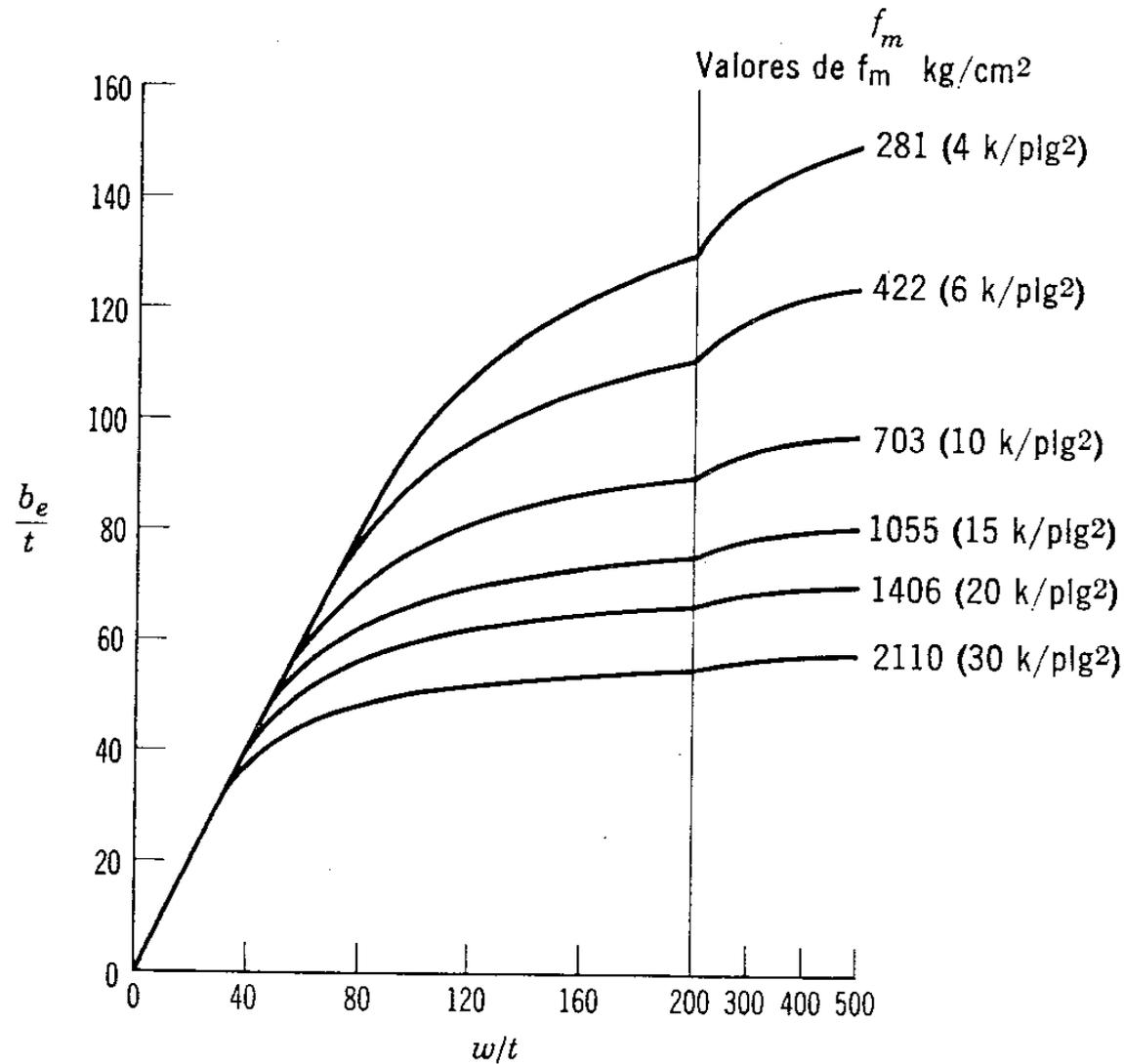
Fig. 2. Diagrama real y asimilado de las tensiones post crítica de compresión.



Comportamiento post-crítico: ancho efectivo del elemento

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Variación del ancho efectivo de elementos rigidizados

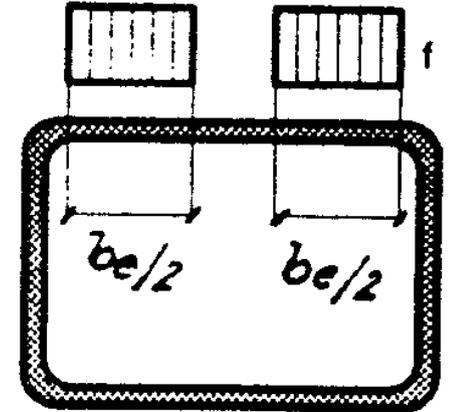
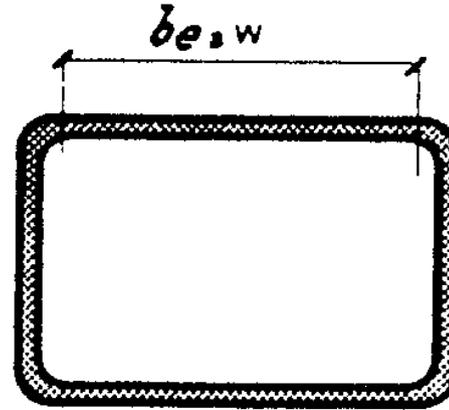


Variación del ancho efectivo de elementos atiesados. (Del Manual AISI.)

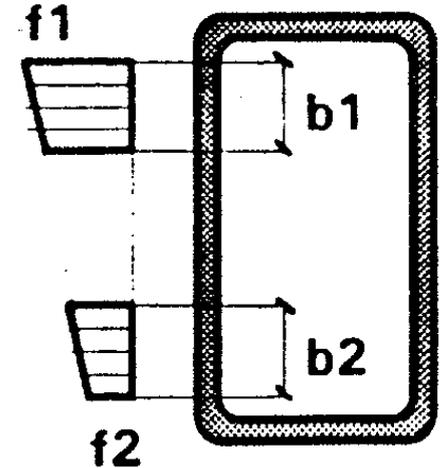
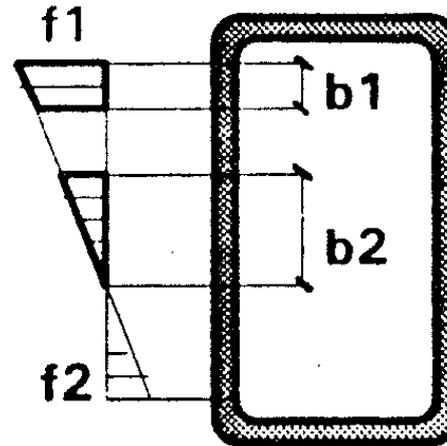
ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

Ancho efectivo de paredes de tubos rectangulares

En compresión uniforme



En flexión o flexo compresión



Ancho efectivo de elementos rigidizados

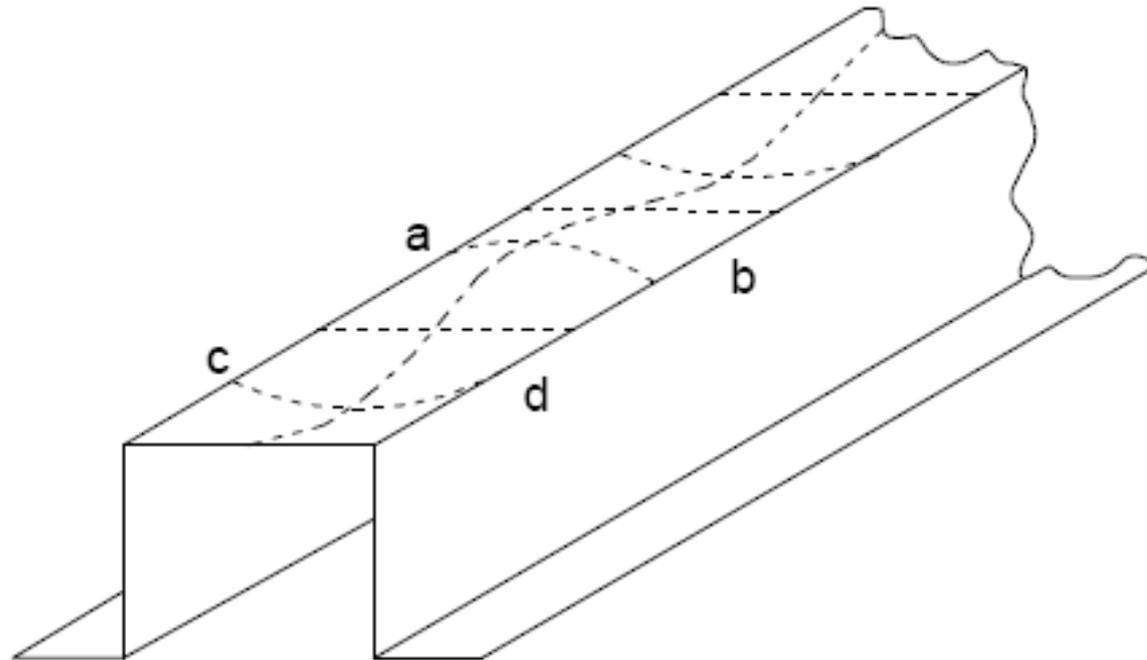


Figura C-B.2-1
Pandeo local de un ala comprimida rigidizada de una viga galera

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS RIGIDIZADOS – **RESISTENCIA**

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

$$b_e = b \quad \text{si} \quad \lambda \leq 0,673$$

$$b_e = \rho \cdot b \quad \text{si} \quad \lambda \geq 0,673$$

$$\rho = \frac{(1 - 0,22/\lambda)}{\lambda}$$

f tensión de compresión del elemento, determinada según sea comprimido por flexión o por compresión y según el procedimiento de verificación de la sección en flexión o compresión. En cualquier caso para las combinaciones límites de capacidad

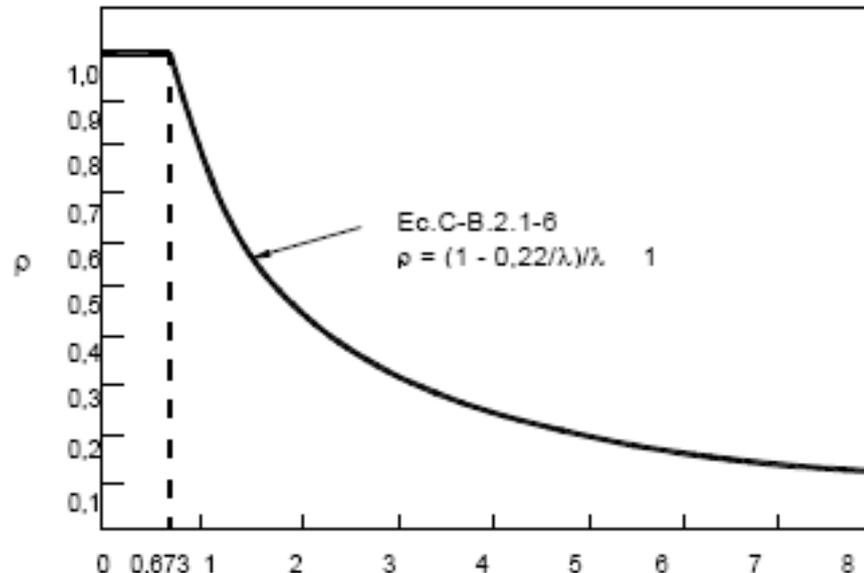


Figura C-B.2-4

Relación entre el factor de reducción ρ y el factor de esbeltez λ

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS RIGIDIZADOS – **DEFORMACIONES**

$$\lambda = \sqrt{\frac{f_d}{F_{cr}}}$$
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$$
$$b_{ed} = b \quad \text{si} \quad \lambda \leq 0,673$$
$$b_{ed} = \rho \cdot b \quad \text{si} \quad \lambda \geq 0,673$$
$$\rho = \frac{(1 - 0,22/\lambda)}{\lambda}$$

- f tensión de compresión del elemento, determinada según sea comprimido por flexión o por compresión y según el procedimiento de verificación de la sección en flexión o compresión. En cualquier caso para las combinaciones en servicio

El reglamento propone dos procedimientos para obtener el valor de ρ

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS RIGIDIZADOS

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

Tabla C-B.2-1
Valores del coeficiente de abolladura k

Caso	Condición de apoyo	Tipo de Tensión	Valor de k para placa larga
(a)		Compresión	4,0
(b)		Compresión	6,97
(c)		Compresión	0,425
(d)		Compresión	1,277
(e)		Compresión	5,42
(f)		Corte	5,34
(g)		Corte	8,98
(h)		Flexión	23,9
(i)		Flexión	41,8

Referencias: sa = simplemente apoyado
e = empotrado
l = libre

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS RIGIDIZADOS CON PERFORACIONES

RESISTENCIA y DEFORMACIONES

En el Capítulo B.2.2.- se propone determinar el ancho efectivo cuando los elementos están perforados con agujeros circulares. Las expresiones se dan para determinar capacidad y deformaciones

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS RIGIDIZADOS CON ESFUERZOS LINEALMENTE VARIABLES - **RESISTENCIA**

Se refiere a almas de elementos en flexión simple o compuesta

- **RESISTENCIA** - B.2.3.(a)

- **DEFORMACIÓN** - B.2.3.(b)

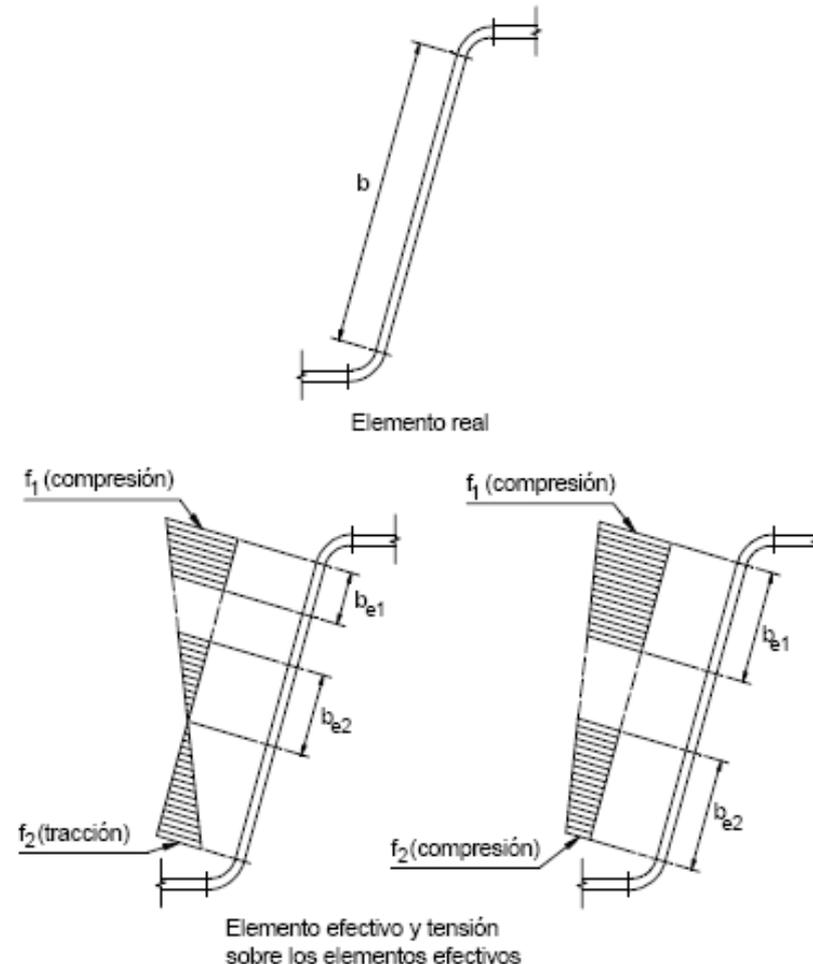


Figura B.2-2
Almas y otros elementos rigidizados con tensiones linealmente variables.

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS – **RESISTENCIA**

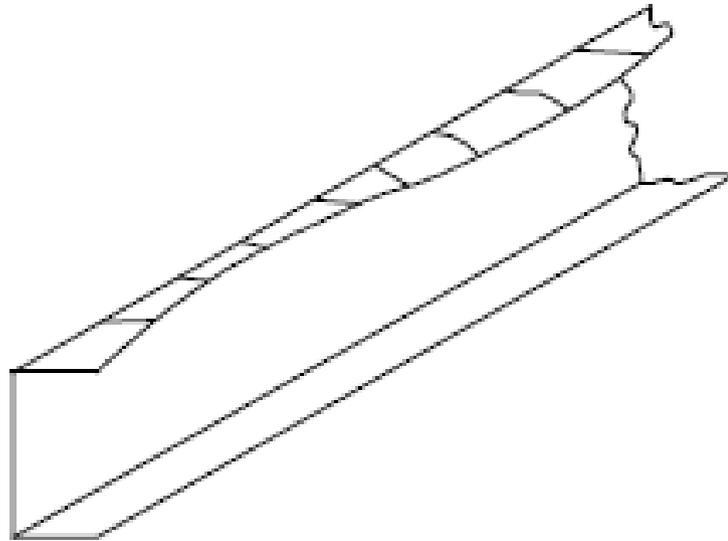


Figura C-B.3-1
Pandeo local de un ala no rigidizada comprimida

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS – **RESISTENCIA**

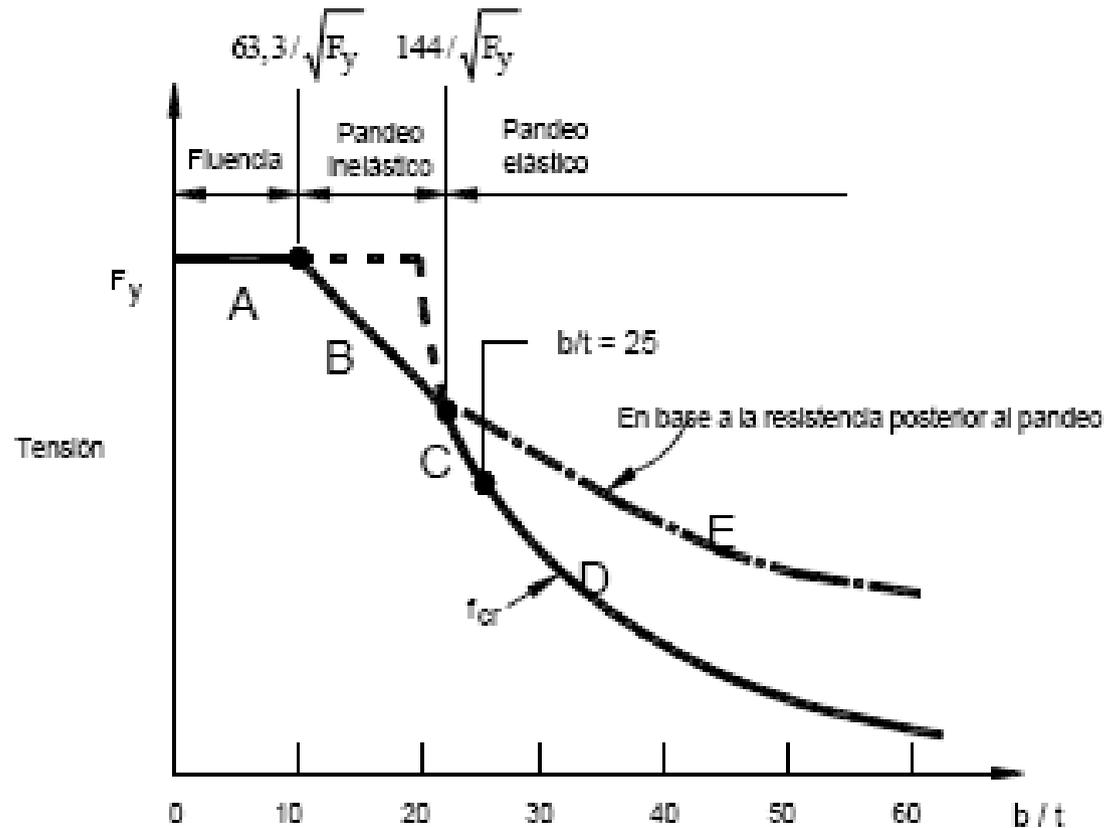


Figura C-B.3-2
Tensiones máximas para elementos comprimidos no rigidizados

Curso CMM - 2009

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS – **RESISTENCIA**

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

$$k = 0,43$$

$$b_e = b \quad \text{si} \quad \lambda \leq 0,673$$

$$b_e = \rho \cdot b \quad \text{si} \quad \lambda \geq 0,673$$

$$\rho = \frac{(1 - 0,22/\lambda)}{\lambda}$$

f tensión de compresión del elemento, determinada según sea comprimido por flexión o por compresión y según el procedimiento de verificación de la sección en flexión o compresión. En cualquier caso para las combinaciones límites de capacidad

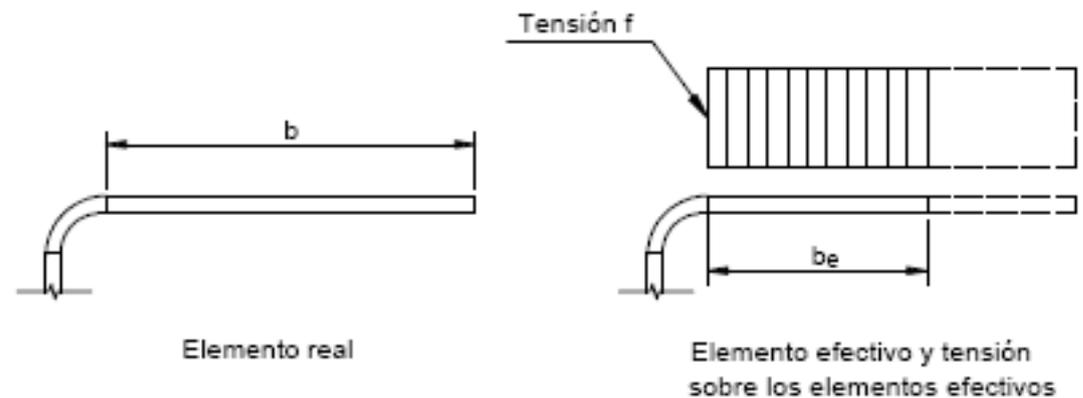


Figura B.3-1
Elementos no rigidizados con compresión uniforme

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS – **DEFORMACIONES**

$$\lambda = \sqrt{\frac{f_d}{F_{cr}}}$$
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$$
$$k = 0,43$$
$$b_{ed} = b \quad \text{si} \quad \lambda \leq 0,673$$
$$b_{ed} = \rho \cdot b \quad \text{si} \quad \lambda \geq 0,673$$
$$\rho = \frac{(1 - 0,22/\lambda)}{\lambda}$$

f tensión de compresión del elemento, determinada según sea comprimido por flexión o por compresión y según el procedimiento de verificación de la sección en flexión o compresión. En cualquier caso para las combinaciones en servicio

El reglamento propone el procedimiento I de *B.2.1(b)* para obtener el valor de ρ

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS CON RIGIDIZADOR/es INTERMEDIOS o UNO DE BORDE

Se analiza para – **RESISTENCIA y DEFORMACIONES**

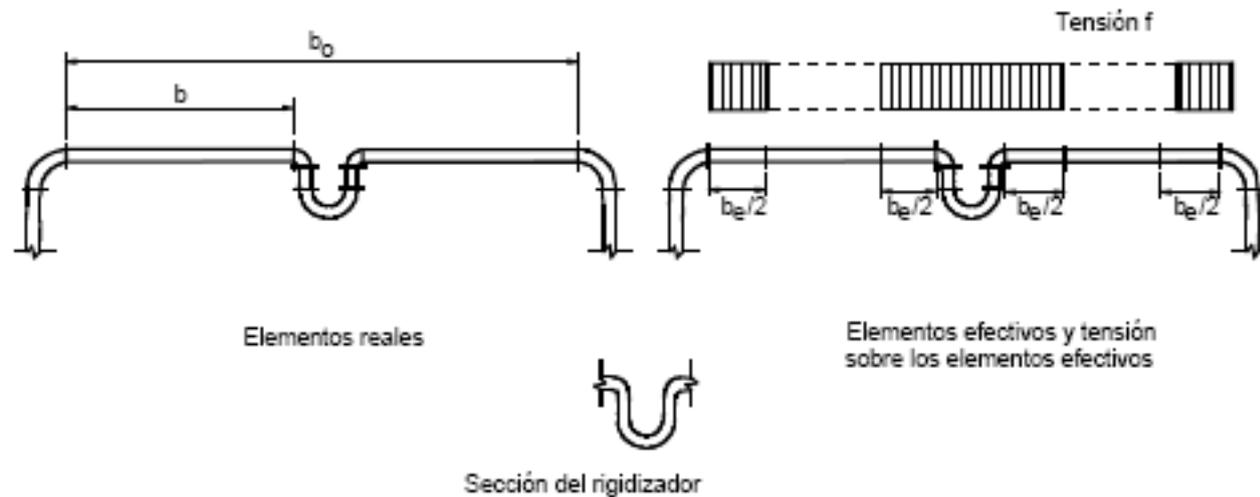


Figura B.4-1
Elementos con rigidizador intermedio

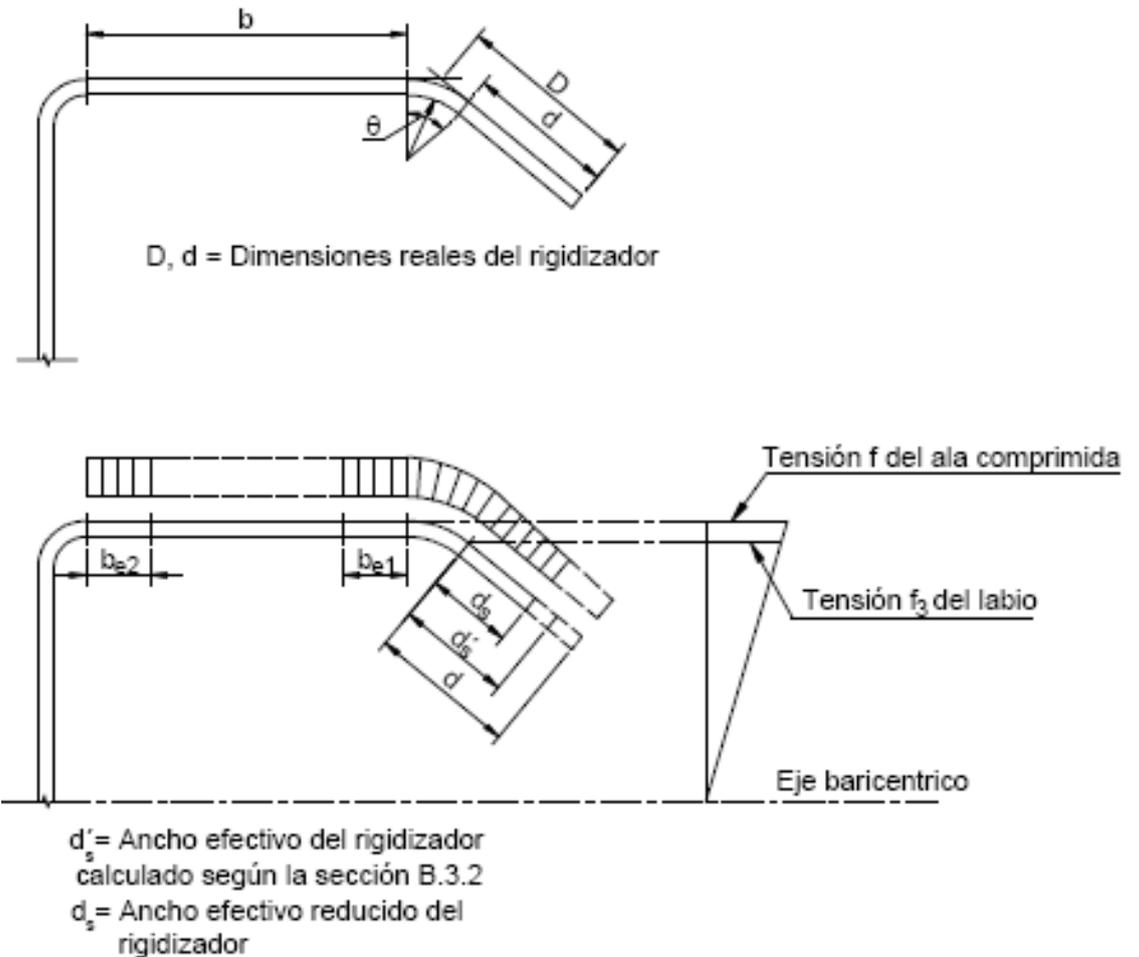
Las prescripciones se hallan en *CIRSOC 303-EL B.4*

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS CON RIGIDIZADOR/es INTERMEDIOS o UNO DE BORDE

Se analiza para

RESISTENCIA
DEFORMACIONES



Las prescripciones se hallan en
CIRSOC 303-EL B.4

Figura B.4.2
Elementos con un labio simple rigidizador de borde

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS CON RIGIDIZADOR/es INTERMEDIOS o UNO DE BORDE

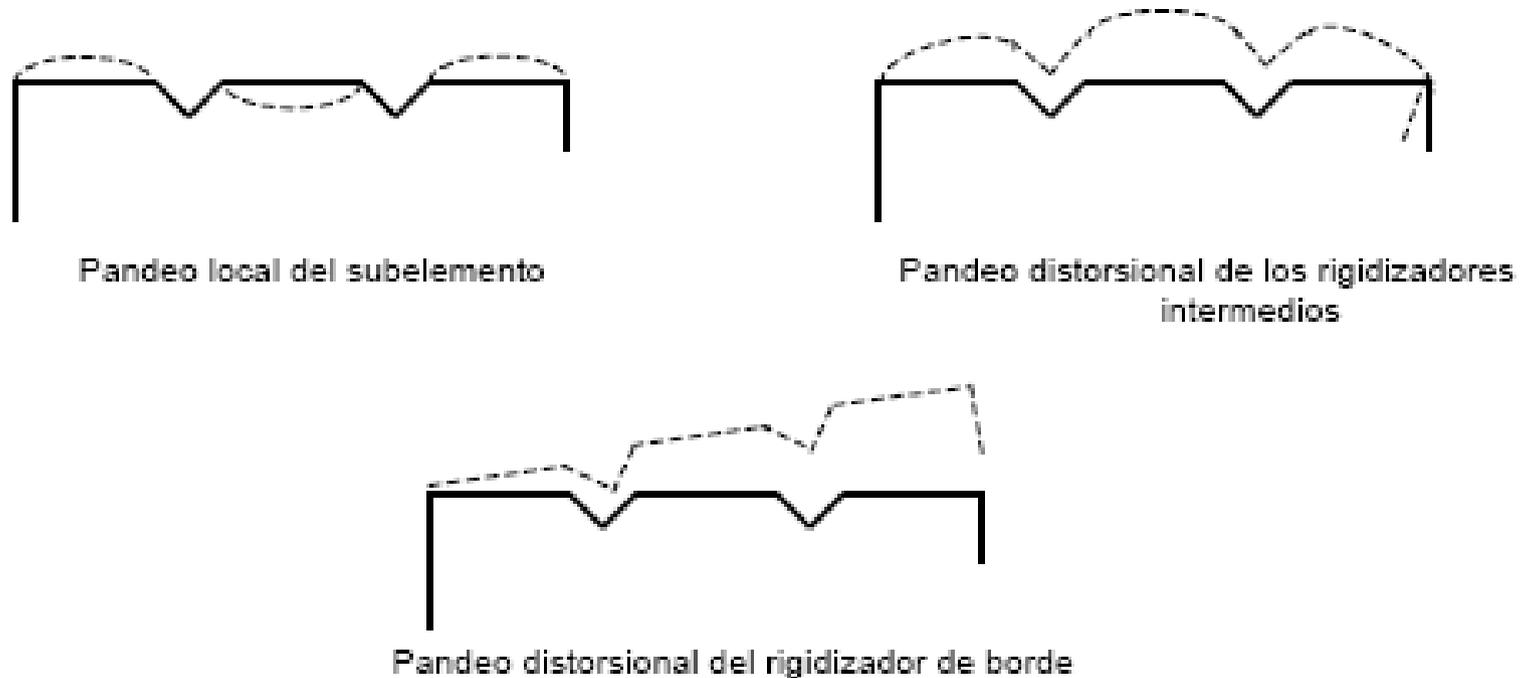


Figura C-B.5-2
Modos de pandeo de un elemento con rigidizador de borde y con rigidizadores intermedios

Las prescripciones se hallan en *CIRSOC 303-EL B.4*

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA

Tracción

Compresión

Flexión

Corte

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

Se determinan de acuerdo con los métodos convencionales del análisis estructural.

Se basan en la sección bruta, la sección neta o la sección efectiva según corresponda o lo exija el proyecto

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA

TRACCIÓN

$$T_n = A_g \cdot F_y$$
$$\phi_t = 0,90$$

$$\frac{k L}{r} \leq 300$$

$$T_n = A_n \cdot F_u$$
$$\phi_t = 0,75$$

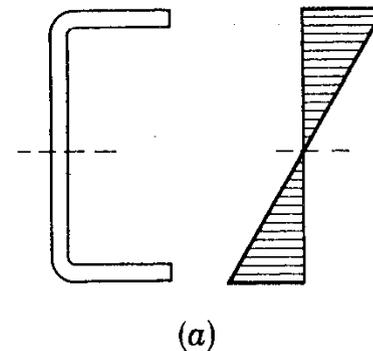
$$T_n = A_e \cdot F_u$$
$$\phi_t = 0,75$$

$$A_e = U \cdot A_n$$
$$U = 1 - 1,2 \frac{\bar{x}}{L}$$

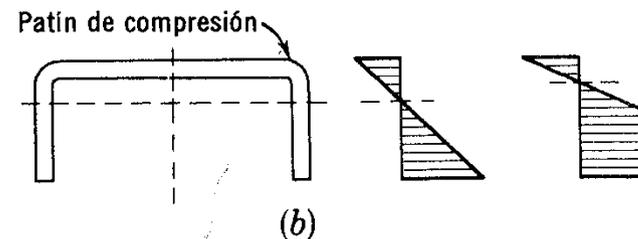
BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

Flexión de vigas de chapa delgada conformada en frío

SECCIÓN BALANCEADA



e.n. CERCA ALA COMPRIMIDA



e.n. CERCA ALA TRACCIONADA

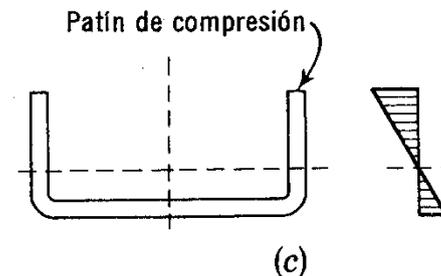


Fig. 14-13 Flexión de secciones de lámina delgada: (a) distribución lineal de esfuerzos, (b) distribución plástica de esfuerzos plásticos y (c) distribución lineal de esfuerzos.

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

Secciones con alas comprimidas rigidizadas o parcialmente rigidizadas

$$\phi_b = 0,95$$

Secciones con alas comprimidas no rigidizadas

$$\phi_b = 0,90$$

Procedimiento I:
En base al inicio de la fluencia

$$M_n = S_e \cdot F_y$$

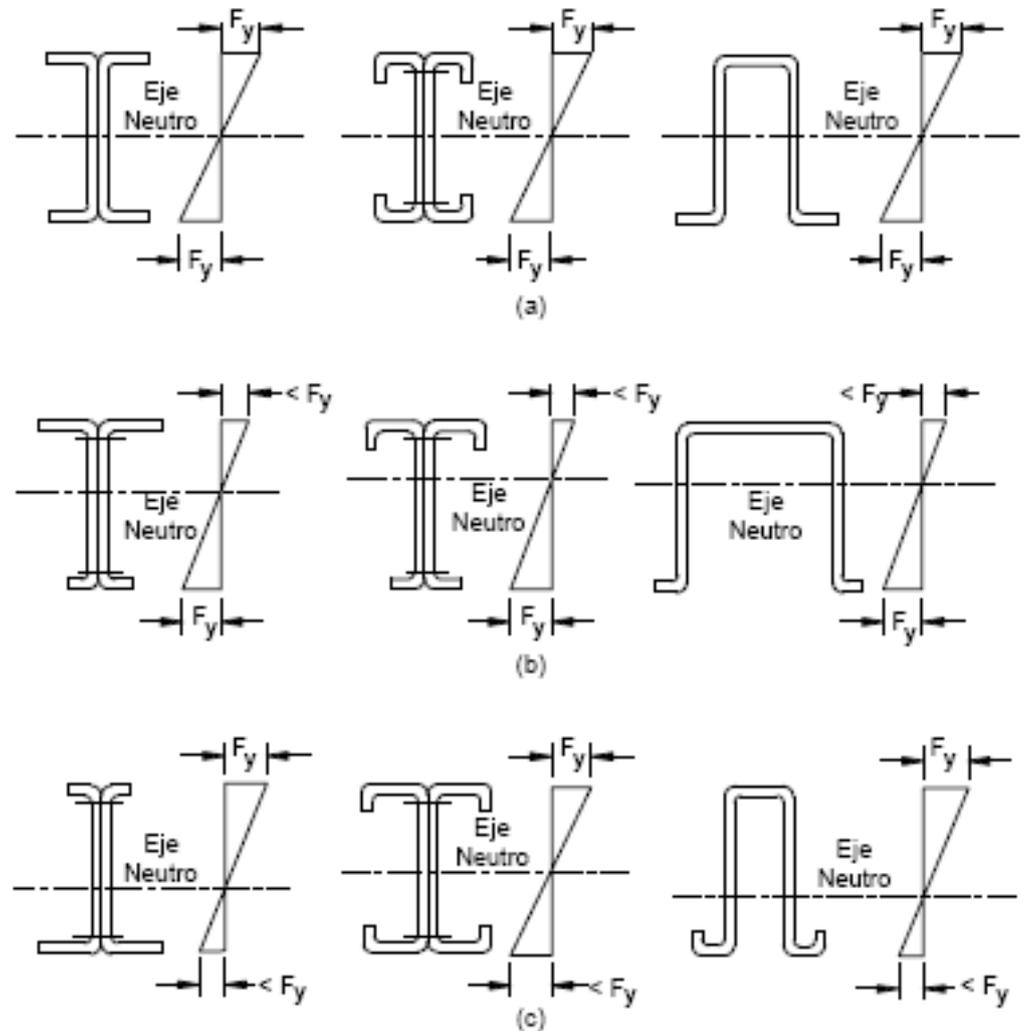


Figura C.C.3-1
Distribución de tensiones para el Momento de Fluencia
(a) Secciones balanceadas; (b) Eje neutro próximo al ala comprimida;
(c) Eje neutro próximo al ala traccionada

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

Procedimiento II:

Condiciones !!!

En base a la reserva de capacidad inelástica

$$M_n \leq 1,25 \cdot S_e \cdot F_y$$

$$M_n \leq \Psi [C_y \cdot e_y]$$

$$e_y = F_y / E$$

El factor C_y

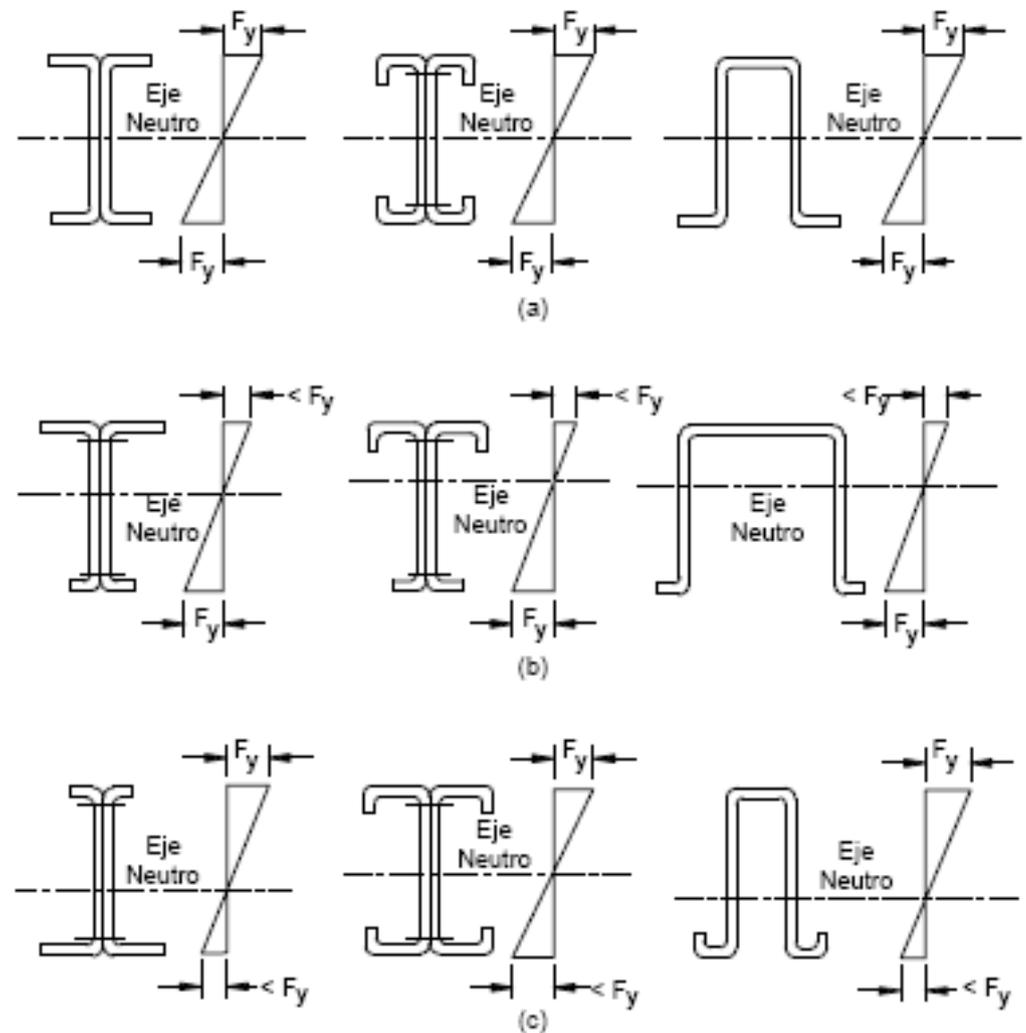


Figura C.C.3-1
Distribución de tensiones para el Momento de Fluencia
(a) Secciones balanceadas; (b) Eje neutro próximo al ala comprimida;
(c) Eje neutro próximo al ala traccionada

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

Procedimiento II:

Se debe asignar $C_y = 1$ a:

- ◆ Elementos comprimidos no rigidizados
- ◆ Elementos comprimidos con rigidización múltiple o de borde

En elementos comprimidos rigidizados sin nervios intermedios se tomará:

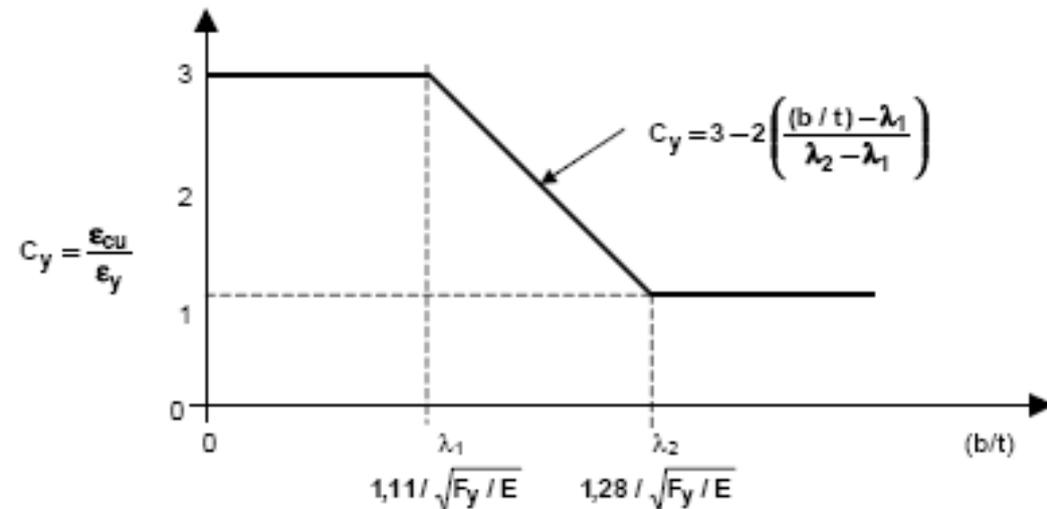
$$C_y = 3 \quad \text{si } b/t \leq \lambda_1$$

$$C_y = 3 - 2 \left[\frac{(b/t) - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \right] \quad \text{si } \lambda_1 < b/t \leq \lambda_2$$

$$C_y = 1 \quad \text{si } b/t \geq \lambda_2$$

$$\lambda_1 = \frac{1,11}{\sqrt{\frac{F_y}{E}}}$$

$$\lambda_2 = \frac{1,28}{\sqrt{\frac{F_y}{E}}}$$



BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

PANDEO LATERAL TORSIONAL *Capítulo C.3.1.2.*

Se aplica a barras de sección I Z C y otras de simetría simple

$$M_n = S_c \cdot F_c \qquad \phi_b = 0,90$$

$$F_c = F_y \qquad \text{si } F_e \geq 2,78 \cdot F_y$$

$$F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10 F_y}{36 \cdot F_e} \right) \qquad \text{si } 2,78 F_y > F_e > 0,56 F_y$$

$$F_c = F_e \qquad \text{si } F_e \leq 0,56 F_y$$

F_e Tensión crítica de pandeo lateral torsional, calculado según (a) o (b) del apartado C.3.1.2.1.

BARRAS O PIEZAS CON PERFILES DE CHAPA CONFORMADA FLEXIÓN

PANDEO LATERAL TORSIONAL *Capítulo C.3.1.2.*

Se aplica a barras de sección I Z C y otras de simetría simple

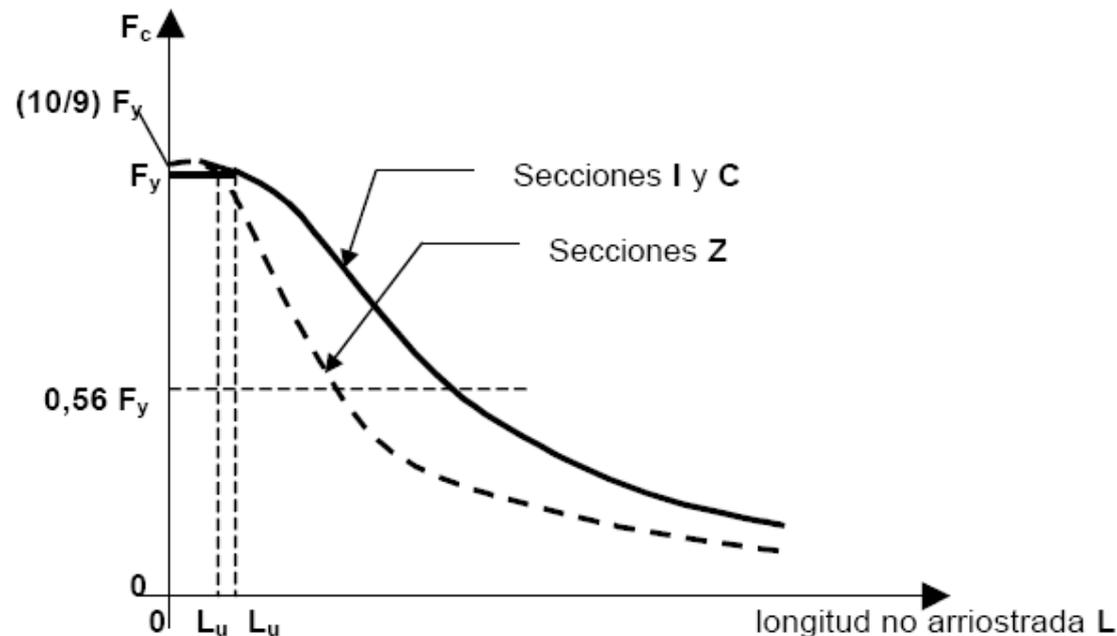


Figura C-C.3-4
Tensión crítica de pandeo lateral-torsional

F_e Tensión crítica de pandeo lateral torsional, calculado según (a) o (b) del apartado C.3.1.2.1.

Pandeo lateral debido a las alas comprimidas

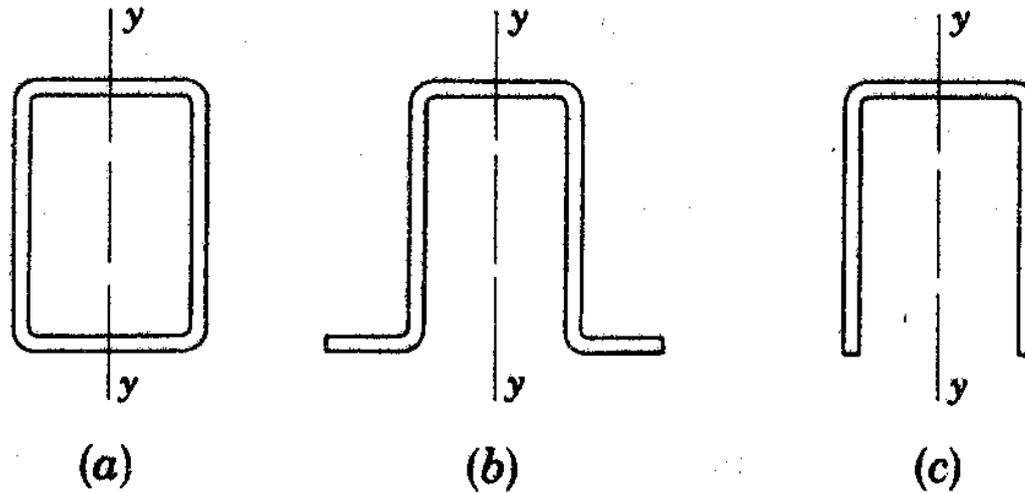


Fig. 14-15 Perfiles de alma múltiple.

Pandeo lateral debido a las alas comprimidas

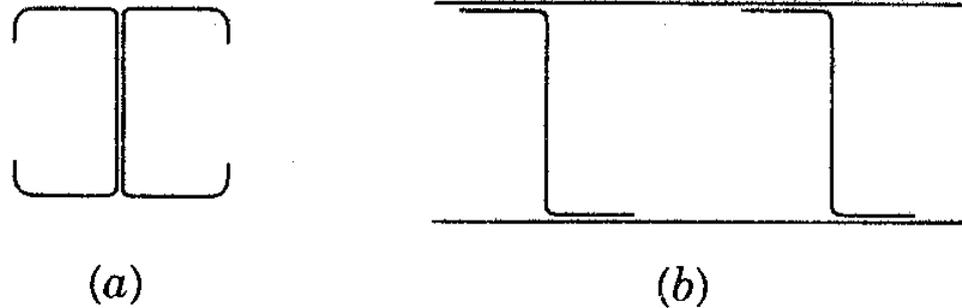


Fig. 14-16 Perfiles armados, de lámina delgada.

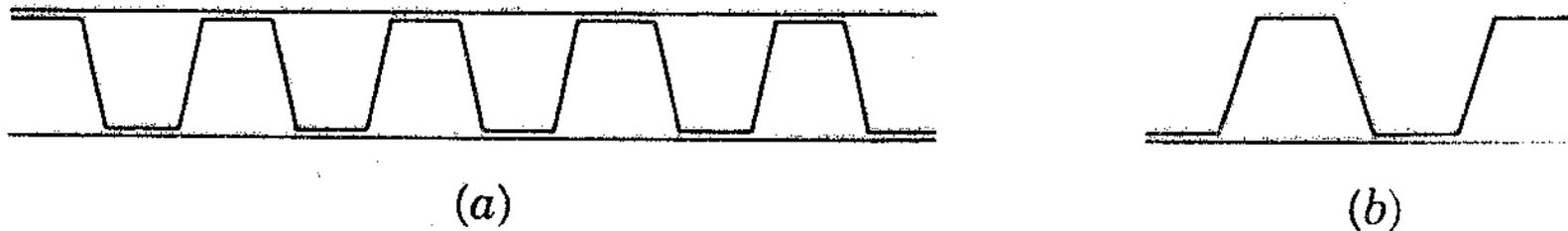
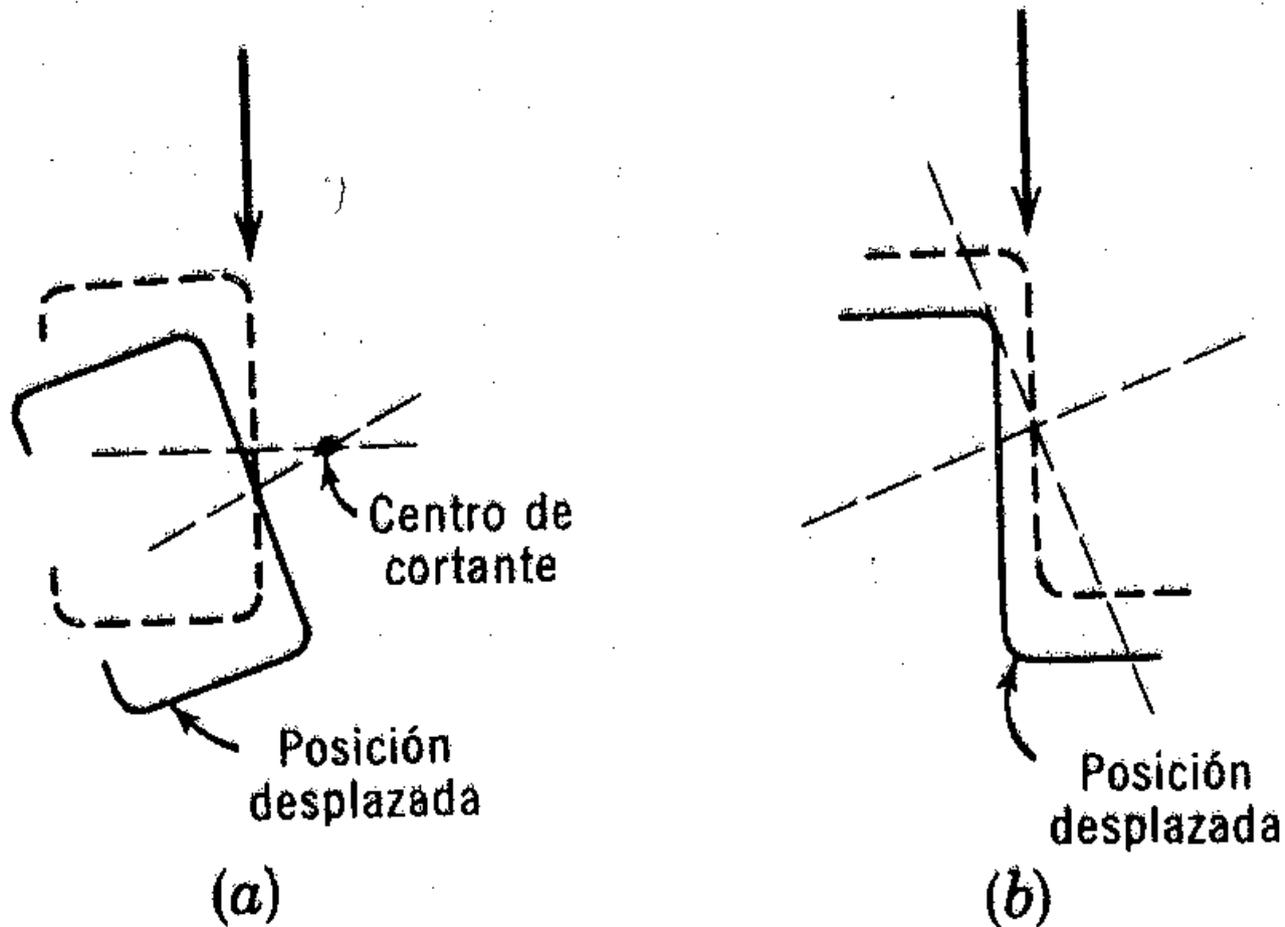


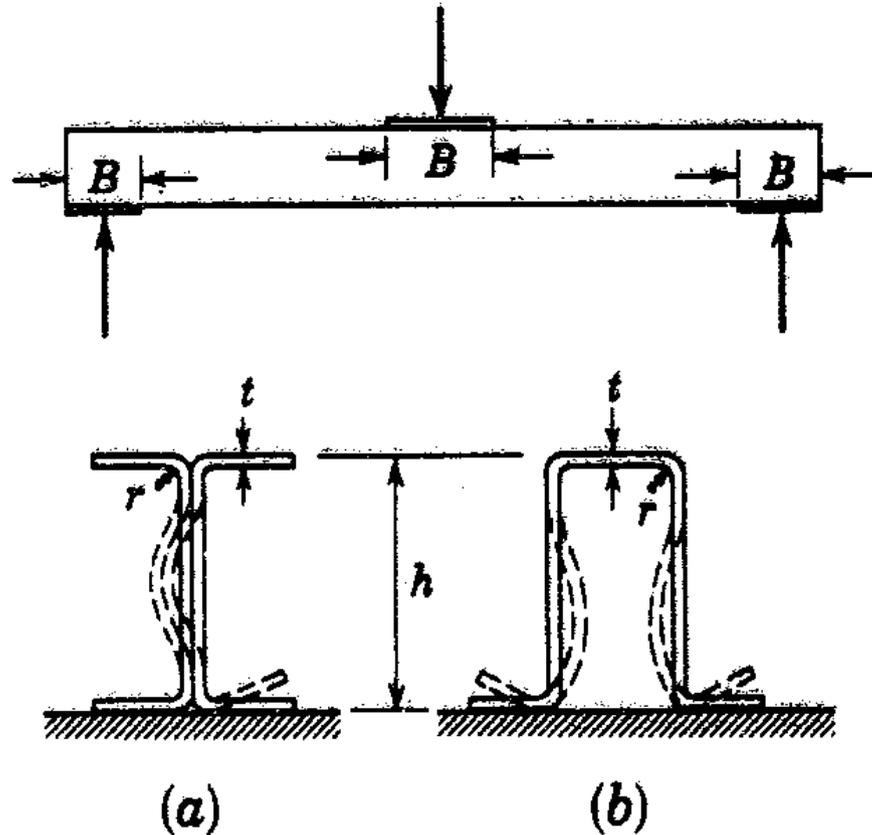
Fig. 14-18 Combinación de secciones de "sombbrero" y láminas planas.

Pandeo lateral debido a las alas comprimidas



Torcimiento y desplazamientos laterales de secciones de vigas.

Aplastamiento por compresión del alma



Resistencia de almas al aplastamiento. (a) alma sencilla y (b) alma doble.

CONEXIONES

CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones

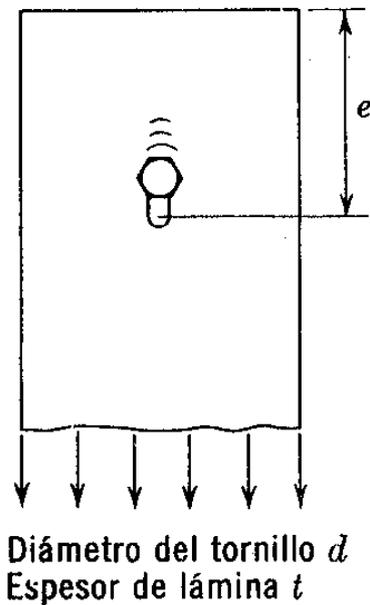


Fig. 14-24 Falla por aplastamiento en el agujero del tornillo.

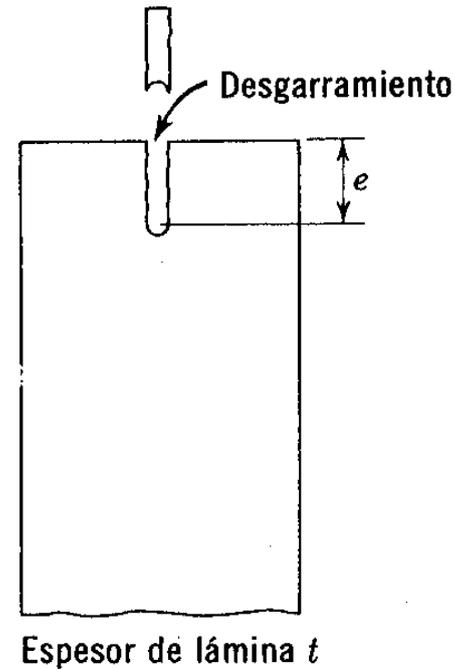


Fig. 14-25 Falla por desgarramiento.

CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones

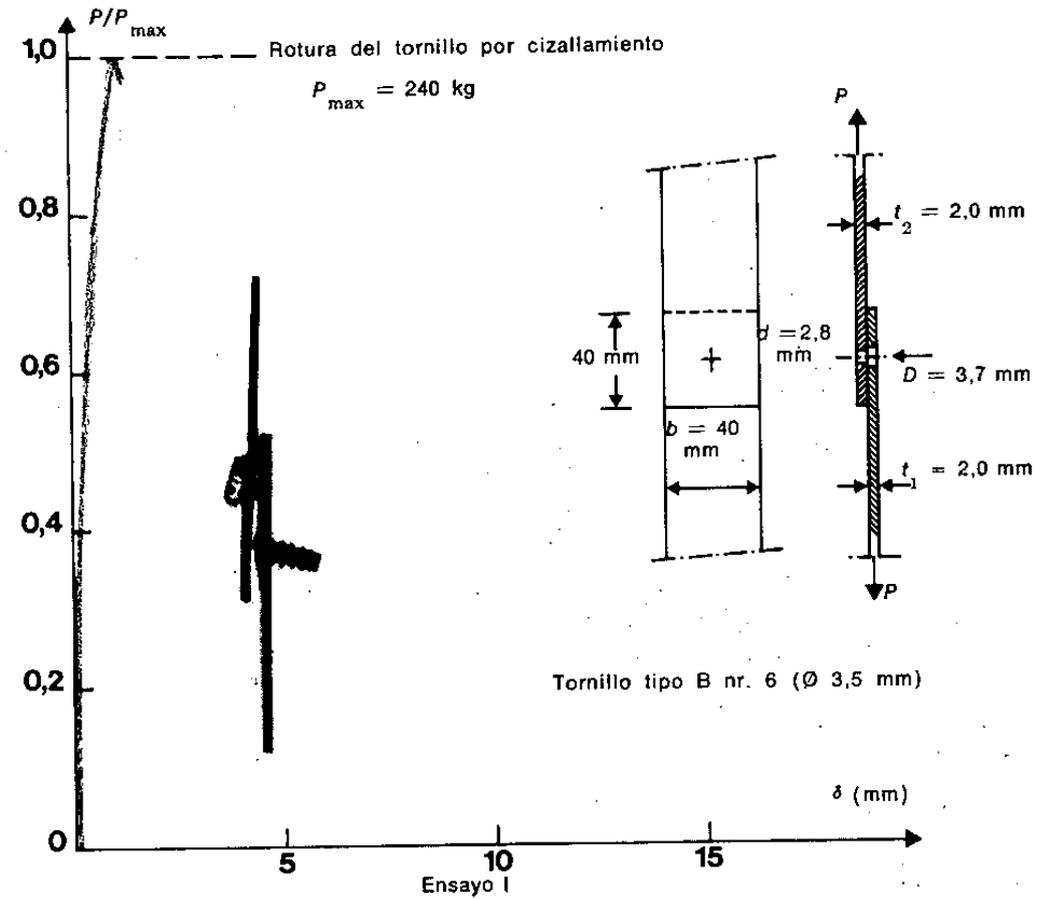


Fig. 3.

CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones

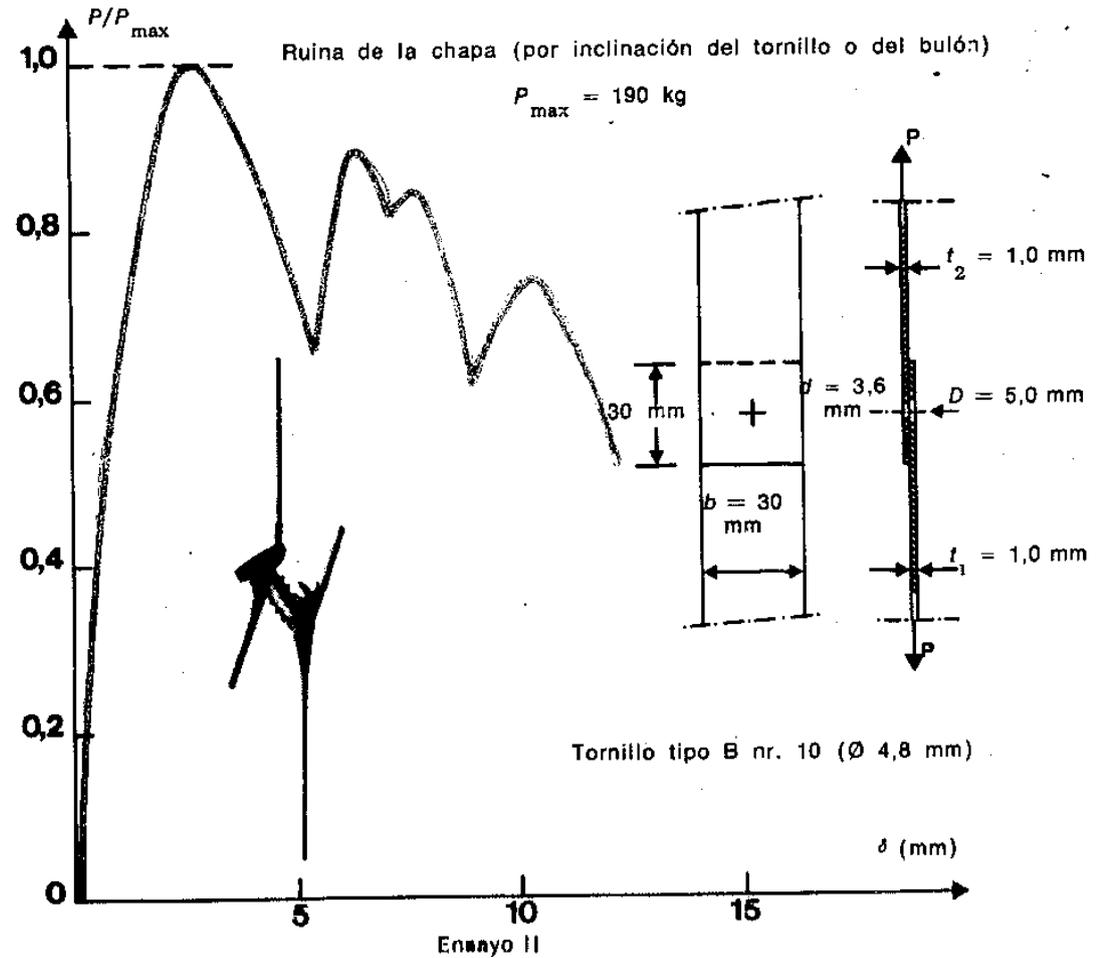
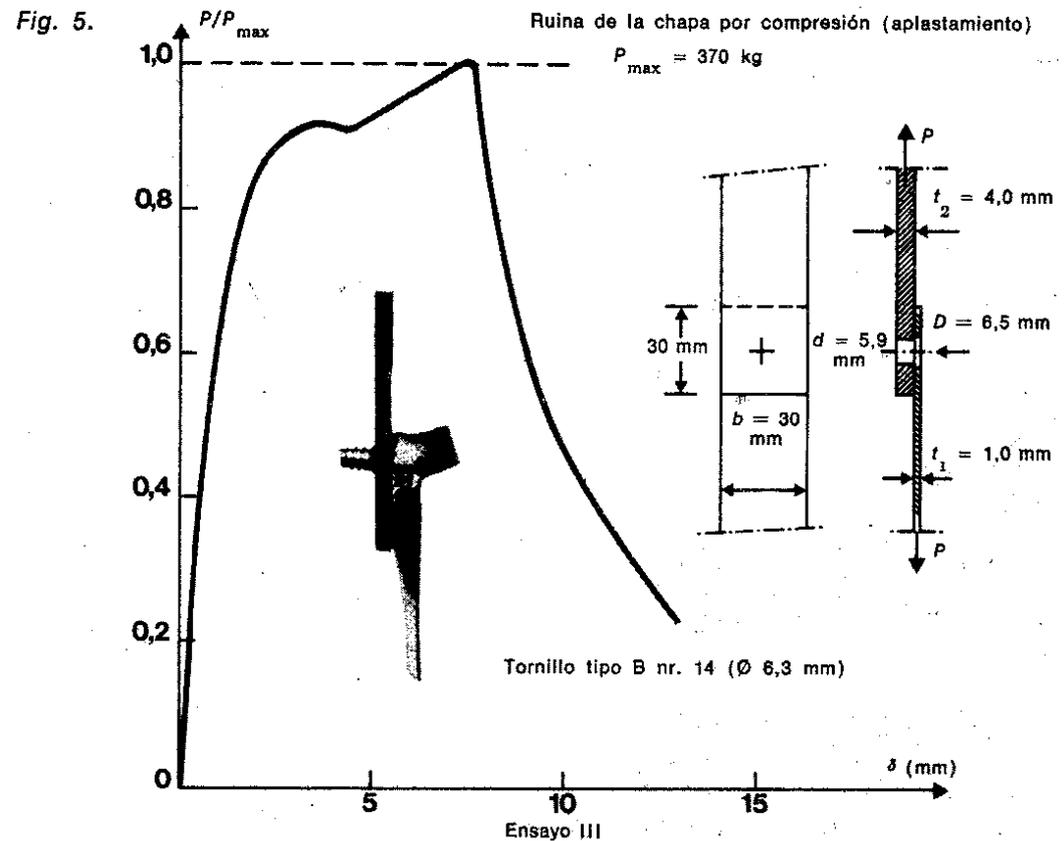


Fig. 4.

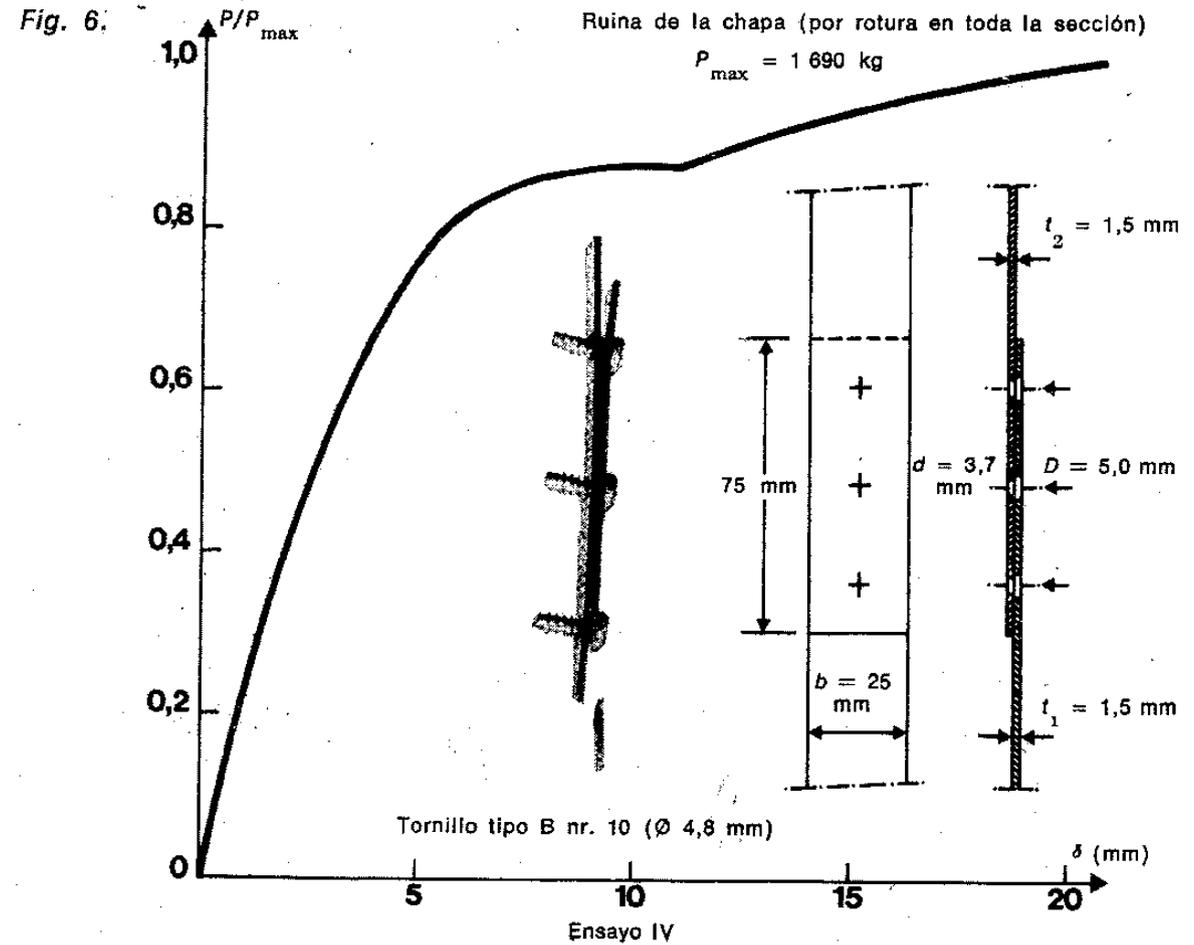
CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones



CONEXIONES

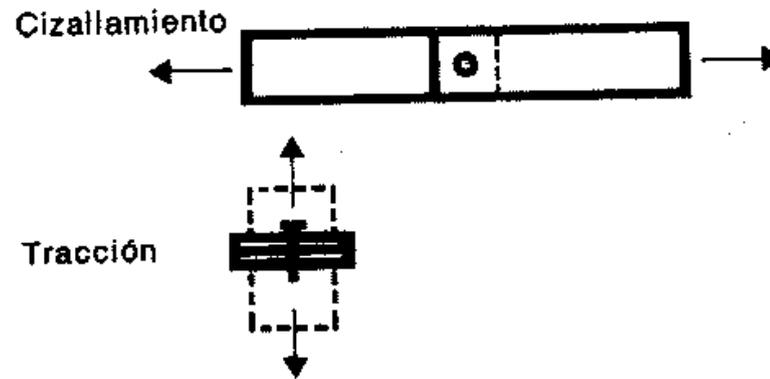
Comportamiento de las conexiones



CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones

Fig. 2.



Rotura del tornillo o del bulón:

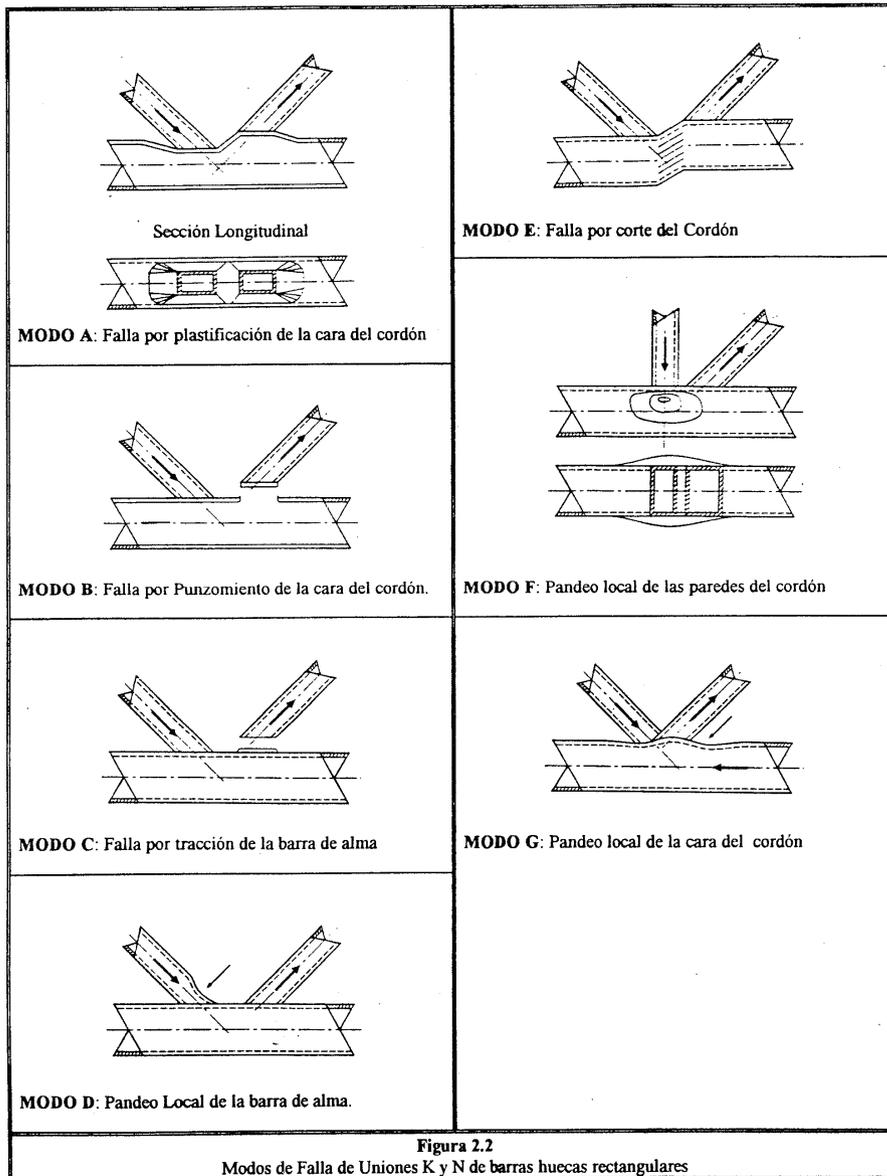
- carga máxima en cizallamiento
- momento máximo de torsión
- carga máxima en tracción

Ruina de la chapa

- carga máxima en compresión (aplastamiento)
- ruina por inclinación del tornillo o del bulón
- desgarrón en los bordes
- rotura en toda la sección
- carga máxima en tracción
- momento máximo de torsión

CONEXIONES

Comportamiento de las conexiones



CONEXIONES

Fig. 18.

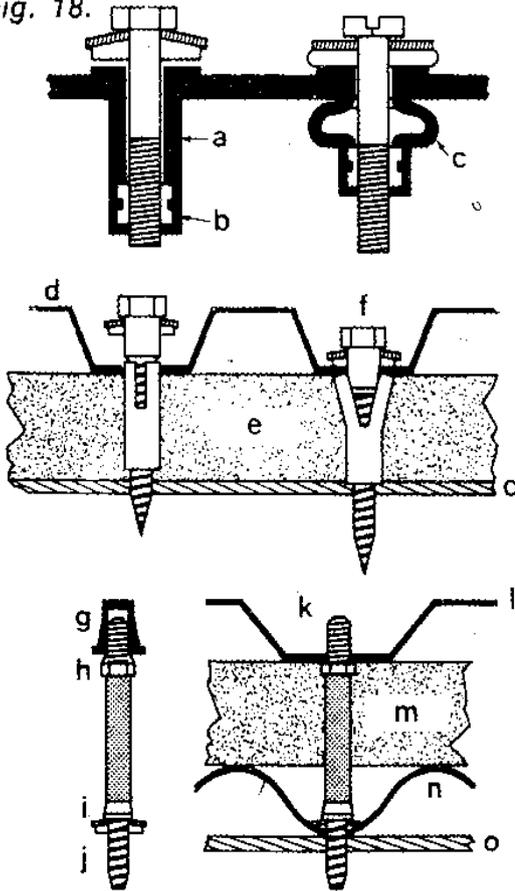


Fig. 19.

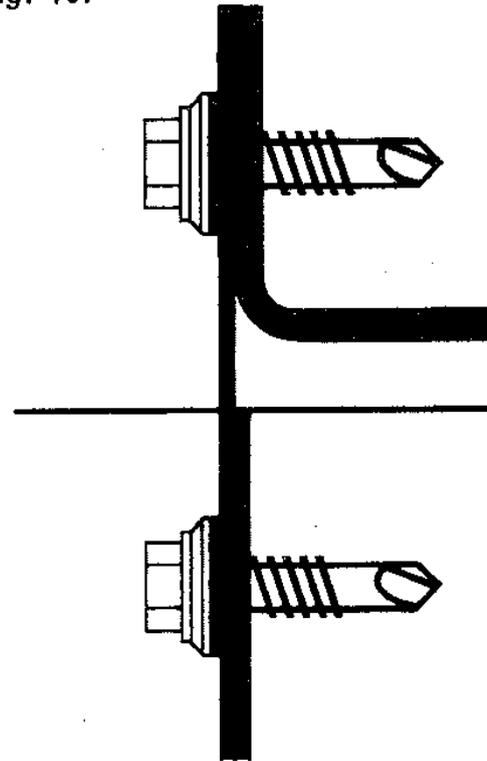


Fig. 18. Medios de fijación típicos para cerramientos.

Arriba:

a) Casquillo de neopreno. d) Tuerca empotrada.
c) Casquillo aplastado bajo la cara inferior de la chapa.

En el centro:

d) Cerramiento. e) Material aislante. f) Avanzando, el tornillo obliga a los dos lados del casquillo a separarse y apoyarse sobre la cara inferior de la chapa.

Debajo:

g) Cofia que sirve para empujar el bulón.
h) Pieza hexagonal. i) Arandela estanca.
j) Autorroscador. k) Capuchón o tuerca (facultativo). l) Revestimiento exterior. m) Material aislante. n) Revestimiento interior. o) Perfil.

Fig. 19. Tornillos autorroscadores Tek.

CONEXIONES

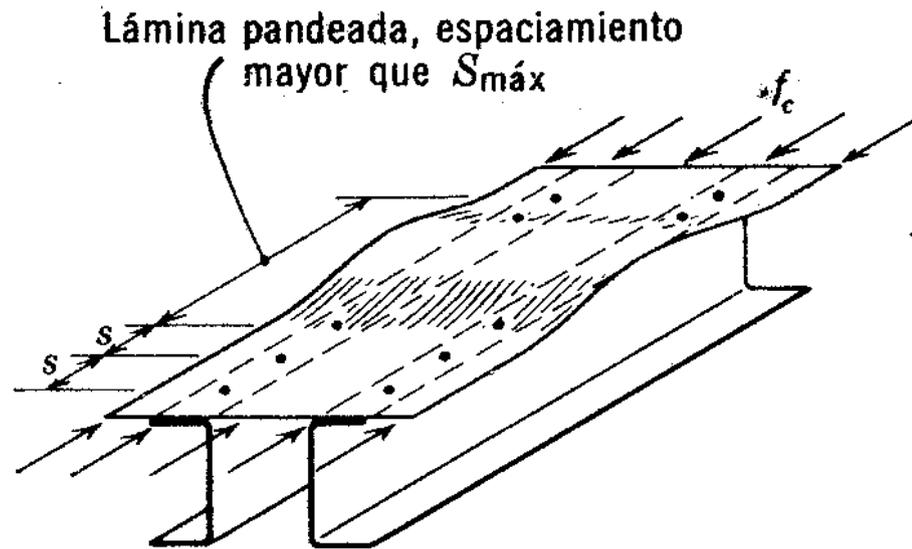


Fig. 14-26 Espaciamiento de conectores para láminas de acero bajo cargas de compresión. $s_{m\acute{a}x}$ = espaciamiento máximo permisible requerido para evitar el pandeo, $s < s_{m\acute{a}x}$.

CONEXIONES

Fig. 8.

a) Los tres tipos principales de roscas por macho. El tipo AB tiene el mismo paso que el tipo B, y la punta cónica a 45° del tipo A. b) Tornillo precinto. c) Precinto exterior. d) Precinto interior. e) Metal. f) Neopreno. g) Arandela estanca neopreno-metal. Bombeado al principio, la arandela se aplasta, el neopreno es estrujado y se introduce en las cavidades de la rosca, a lo largo de la espiga.

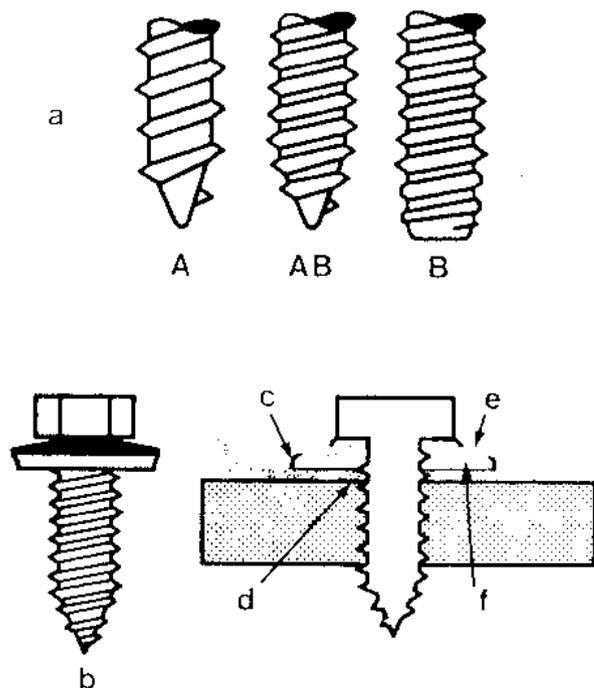
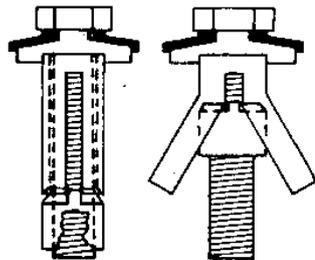


Fig. 7. Algunos medios de ensamblados de cierre energético.

La tuerca avanza, las dos alas se abren y cierran fuertemente la chapa.



Colocación en la unión de cuatro chapas.

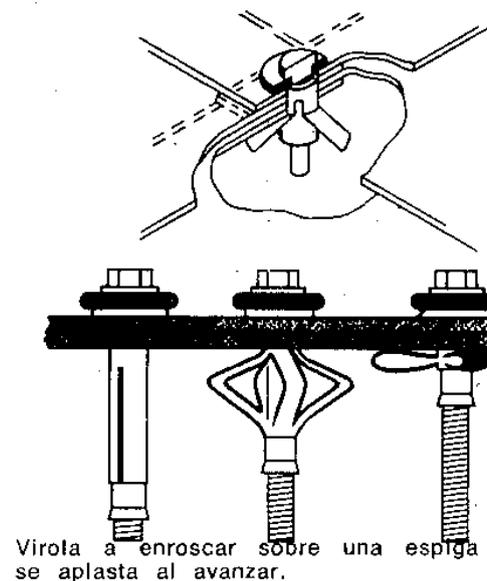
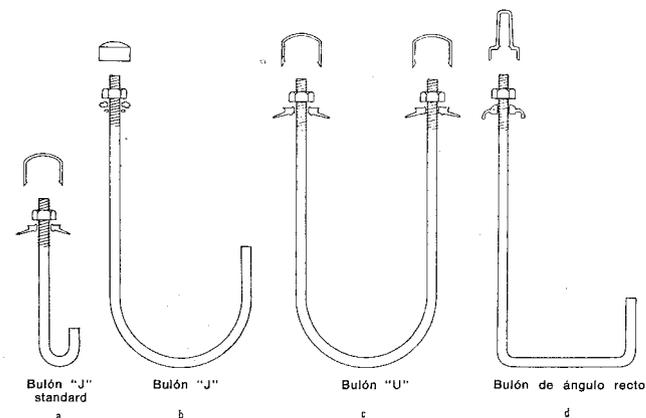


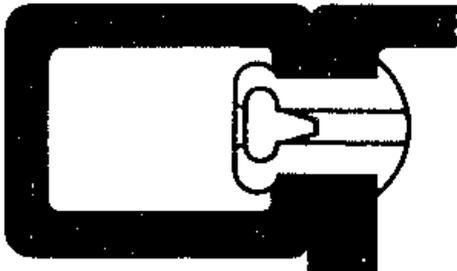
Fig. 16.



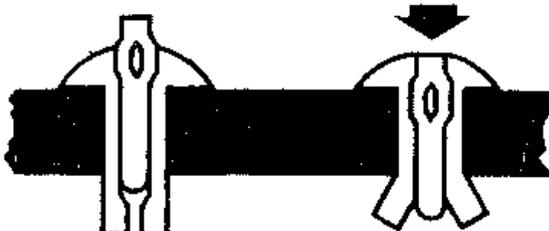
Virola a enroscar sobre una espiga se aplasta al avanzar.

CONEXIONES: REMACHES

Fig. 6. Algunos remaches.

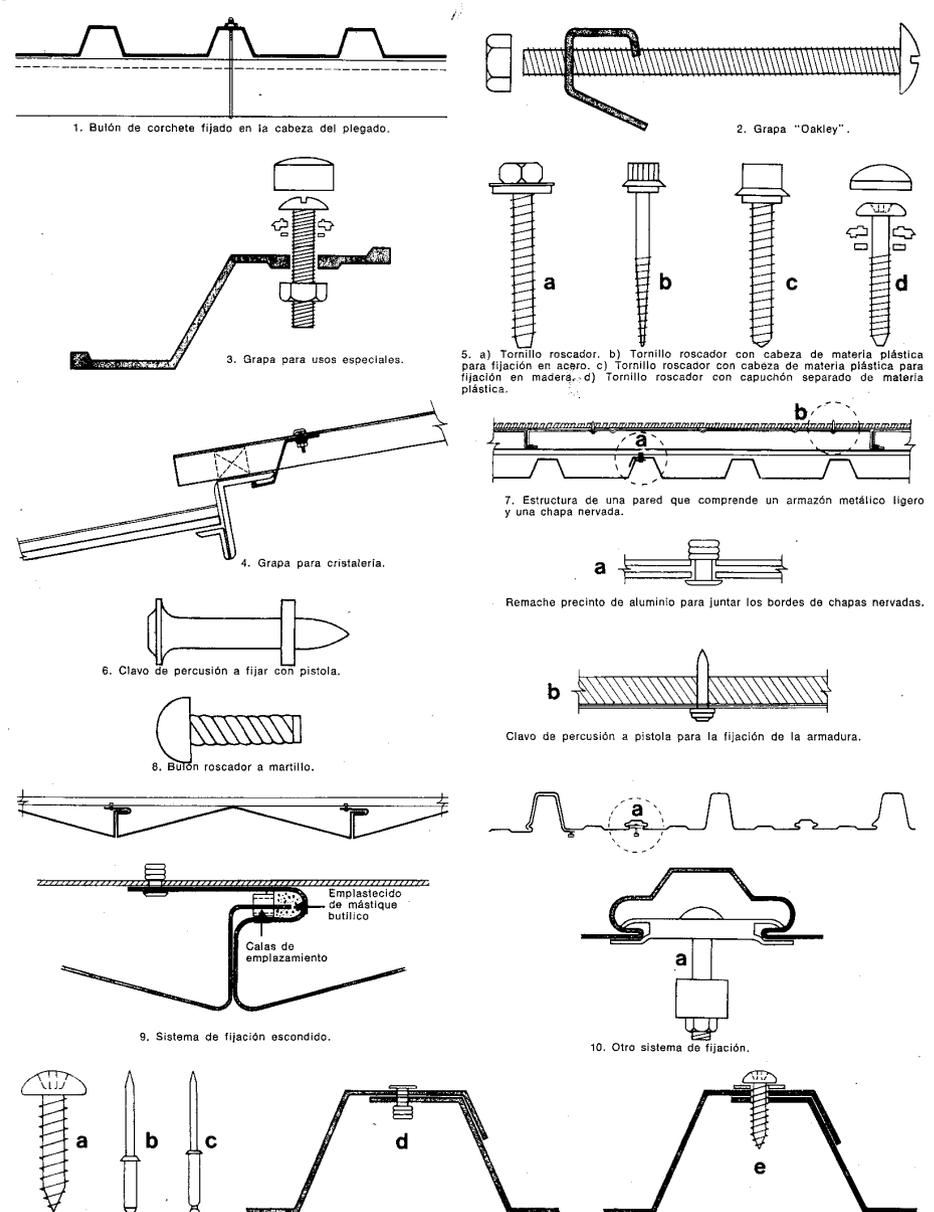


Remache ciego: ideal cuando no hay acceso más que de un solo lado. El espacio necesario atrás está reducido al mínimo.



Este tipo de remache se fija de un solo golpe de martillo.

Fig. 17.



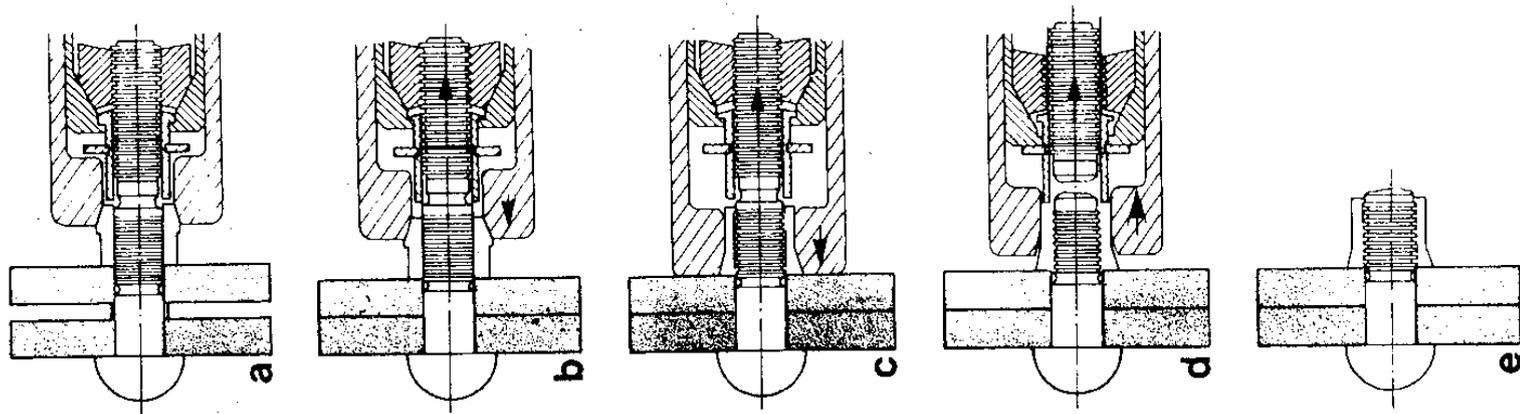
11. a) Tornillos autoroscadores para elementos delgados de acero. b) Remaches precintos de aluminio. c) Remaches precintos de "Metal Monel". Fijación de bordes de chapa. d) Por remaches precintos. e) Por tornillos autoroscadores.

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

CONEXIONES

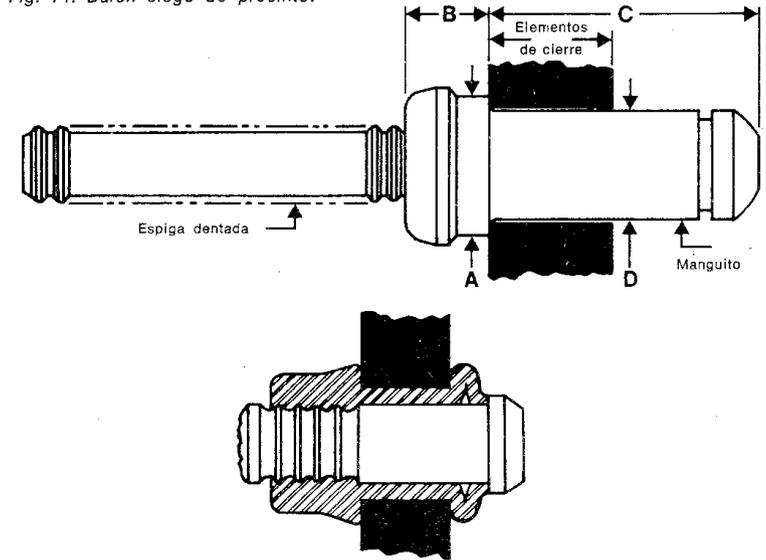
Conexiones de deslizamiento crítico

Fig. 13. Puesto en pretensado por bulones con arandela de cierre, tipo Huck-Bolt (Rivelon).



a) Comienzo de la operación. b) Piezas en contacto. c) Deformación de la arandela, el cabezal del util de colocación entra en contacto con el paquete de chapas. d) Rotura del bulón en la garganta prevista para este efecto. e) Operación acabada.

Fig. 14. Bulón ciego de precinto.



CONEXIONES

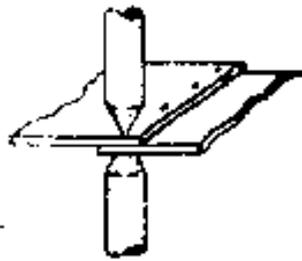
Fig. 9. Soldadura.

a) Electrodo de puntos. b) Roldanas de soldadura. c) Electrodo. d) Después de soldado.

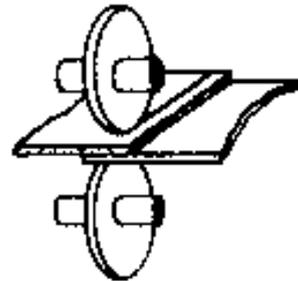
Por puntos

Por roldana

Por protuberancia



a



b



c



d

ELEMENTOS CON CHAPA CONFORMADA

CONEXIONES

Fig. 10. Soldadura al arco con pantalla gaseosa.

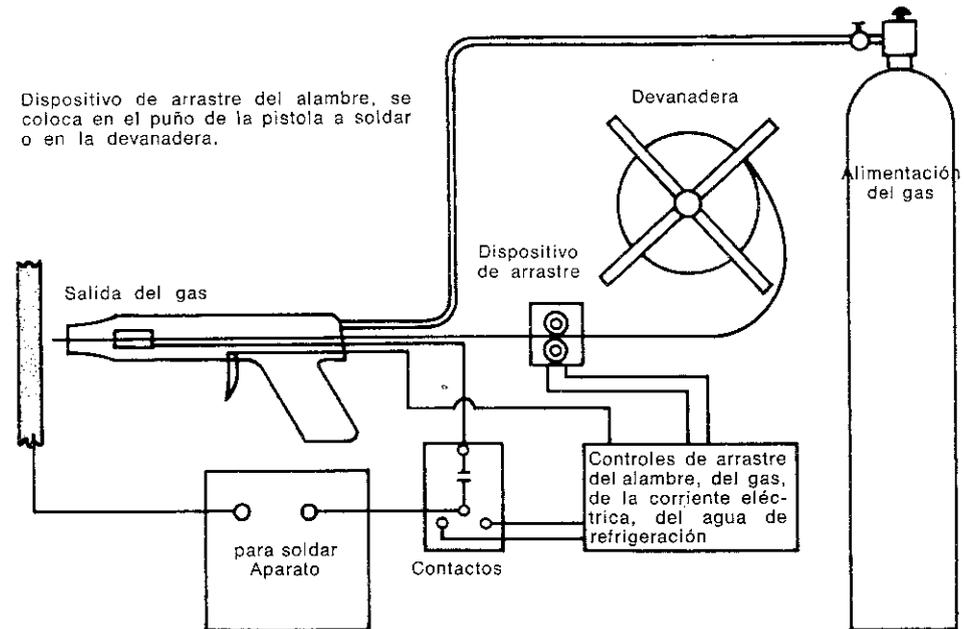


Fig. 11. Soldadura a gas inerte al tungsteno.

