

DE1

Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Cuyo

DISEÑO ESTRUCTURAL I

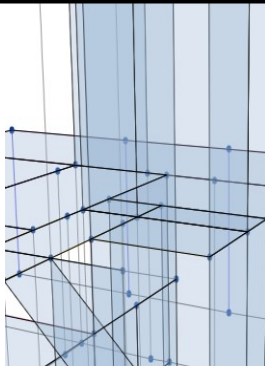
COMPONENTES FLEXIONADOS
ACERO

Eduardo TOTTER - Daniel VIDELA

 **UNCUYO**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

 **FACULTAD DE
INGENIERÍA**

Guía de Estudio 8A



ACERO – REGLAMENTOS DE APLICACIÓN – CODIGOS.

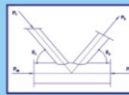
Reglamento CIRSOC 301
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



REGlamento ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE
ACERO
PARA EDIFICIOS

Julio 2005

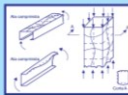
Reglamento CIRSOC 302
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



REGlamento ARGENTINO DE
ELEMENTOS ESTRUCTURALES
DE TUBOS DE ACERO
PARA EDIFICIOS

Julio 2005

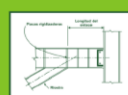
Reglamento CIRSOC 303
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



REGlamento ARGENTINO DE
ELEMENTOS ESTRUCTURALES
DE ACERO DE SECCIÓN ABIERTA
CONFORMADOS EN FRÍO

Julio 2009

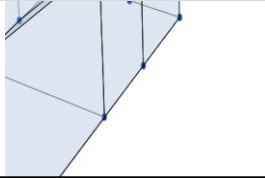
Reglamento INPRES-CIRSOC 103
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



REGlamento ARGENTINO
PARA CONSTRUCCIONES
SISMORRESISTENTES
Parte IV
CONSTRUCCIONES DE
ACERO

Julio 2005

Guía de Estudio 8A



Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

 **UNCUYO**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

 **FACULTAD DE
INGENIERÍA**

1

ACERO – ASPECTOS GENERALES – MATERIAL ACERO

- El **ACERO**: compuesto principalmente por hierro, al cual se le incorpora una reducida cantidad de carbono (0.2 al 2.0%) y de otros materiales como: manganeso, cromo, vanadio, etc, para conferirle propiedades especiales.
- **Fabricación**: a partir del mineral de hierro en procesos sucesivos de reducción – aceración, en hornos se obtiene el acero fundido, se procesa en forma continua, se somete al proceso de laminación para obtener distintos productos.



DIES I Guía de Estudio 5 – Materiales Estructurales Parte A – ARQ. – FI – UNCuyo

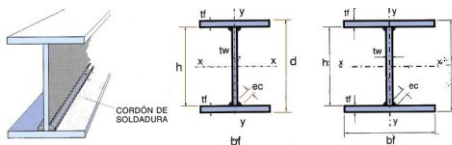
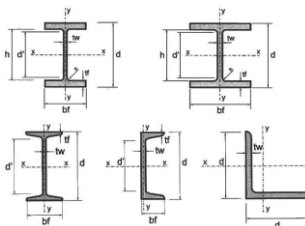
Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – SECCIONES COMUNES

Secciones de acero más comunes:

- Perfiles Laminados en Caliente.
- Tubos plegados con o sin costura.
- Secciones soldadas, abulonadas.
- Perfiles de chapa dobladas conformadas en frío.



Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – ASPECTOS GENERALES – MATERIAL ACERO

Guía de Estudio 8A

- El **correcto diseño** de la estructura resistente de una edificación u obra de arquitectura en general, requiere de un **profundo conocimiento** de los **materiales** disponibles por parte del diseñador y específicamente de aquellos materiales, que han sido seleccionados para la construcción de la obra en estudio.
- Propiedades:
 - Elasticidad:** propiedad mecánica de ciertos materiales, que sufren deformaciones reversibles bajo cargas exteriores y de recuperar la forma original, si las fuerzas exteriores cesan.
 - Plasticidad:** propiedad que posee un material por el cual se deforma de manera permanente cuando se encuentra sometido a tensiones que superan su límite elástico.
 - Resistencia:** término asociado a la capacidad que posee un material de no superar ciertos estados (resistencia a la rotura, fluencia, fatiga, torsión, etc.)
 - Dureza:** propiedad por la cual los materiales resisten el rayado o corte de su superficie.
 - Fragilidad:** propiedad asociada a la capacidad de un material de fracturarse con escasa deformación.
 - Ductilidad:** capacidad de deformarse de manera sostenible sin que disminuya su resistencia bajo la acción de una carga externa.

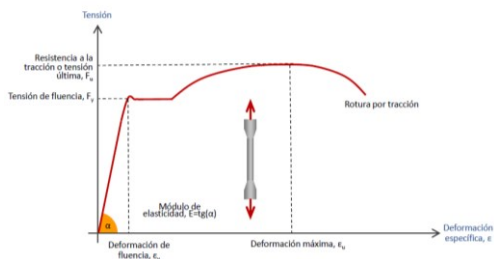
Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – ASPECTOS GENERALES – MATERIAL ACERO

Guía de Estudio 8A

- Las **propiedades mecánicas del acero**, necesarias en las distintas etapas del cálculo y diseño estructural, se relacionan con su **resistencia** y su deformabilidad.
- Estas propiedades, se obtienen de un ensayo estático uniaxial de tracción.
- Se aplica una fuerza de tracción a una probeta de acero, midiendo la fuerza aplicada y las deformaciones en la zona central de la probeta.
- Los resultados se presentan mediante una **curva de tensión – deformación**.



DIES I Guía de Estudio 5 – Materiales Estructurales Parte A – ARQ. – FI - UNCUYO

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



8A

Guía de Estudio

ACERO – DIAGRAMA TENSIÓN - DEFORMACIÓN

DISEÑO I Guía de Estudio 5 – Materiales Estructurales Parte A – ARQ. – FI - UNCuyo

- Rango elástico:** relación lineal entre tensiones y deformaciones específicas (Ley de Hooke). La barra recupera su longitud inicial cuando cesa el estado tensión.
- Rango inelástico:** El material presenta deformaciones permanentes si se realizan ciclos de carga y descarga.
- Rango plástico:** cuando el acero alcanza la tensión de fluencia (F_y), se deforma sin necesidad de aumentar la carga. Es decir que fluye a tensión constante.
- Zona de endurecimiento por deformación:** Alcanzada la máxima deformación específica plástica (ϵ_u), el acero admite tensiones mayores a la de fluencia pero con grandes deformaciones, hasta que alcanza la tensión de rotura (F_u) a la que rompe.

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

8A

Guía de Estudio

ACERO – DISEÑO EN TRACCIÓN

Designación		Módulo Elasticidad (E)		Tensión de fluencia (F_y)		Tensión de rotura (F_u)	
		[MPa]	[kg/cm ²]	[MPa]	[kg/cm ²]	[MPa]	[kg/cm ²]
1	F-24	200.000	2.100.000	240	2400	370	3700
2	F-30	200.000	2.100.000	300	3000	430	4300
3	F-36	200.000	2.100.000	360	3600	520	5200

$R_d = \phi \cdot R_n$

$\phi = 0.9$

$P_n = A_g \cdot F_y$

A_g : Área bruta de la sección.
 F_y : Tensión de fluencia (F24: $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$)

Se debe cumplir que: $P_d = \phi \cdot P_n \geq P_u$.

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

ACERO – DISEÑO A FLEXIÓN – E.L.U.

Se debe verificar la siguiente relación:

Resistencia de Diseño $\geq$ Resistencia Requerida

$$M_d = \Phi \cdot M_n \geq M_u$$

M_u : Momento último, que se obtiene del análisis de cargas y del diagrama de M.

M_n : Momento nominal (capacidad resistente a flexión de la sección).

M_d : Momento de diseño, se obtiene de multiplicar al Momento nominal, por el factor de resistencia Φ .

Φ : Coeficiente de minoración, que afecta a las resistencias nominales, teniendo en cuenta:

- Incertidumbre en los cálculos de dimensionamiento.
- Importancia relativa de los elementos en la estructura.
- Variaciones en la resistencia del material.
- Variaciones en las dimensiones.
- Variaciones en la mano de obra.

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – ESTADOS LÍMITES

Para la determinación de la capacidad resistente de la sección, se debe analizar los posibles estados límites o situaciones de falla.

E.L.: Estado límite de un elemento estructural, si se supera, se produce el COLAPSO del elemento.

Estados Límites:

- Momento Plástico: plastificación de la sección.
- Pandeo Local del Ala o Alma.
- Pandeo Lateral Torsional.

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

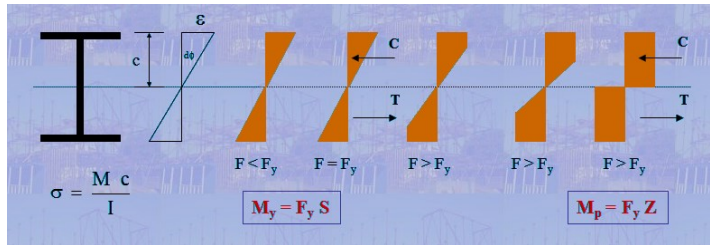


ACERO – MOMENTO PLÁSTICO

En Acero, se deben tener en cuenta dos factores:

1. **Capacidad resistente plástica del material:** nos permite utilizar el $M_p > M_y$
2. **Forma de las Secciones:** se utilizan formas, donde se busca bajar el peso del elemento, sin disminuir las propiedades resistentes del material.

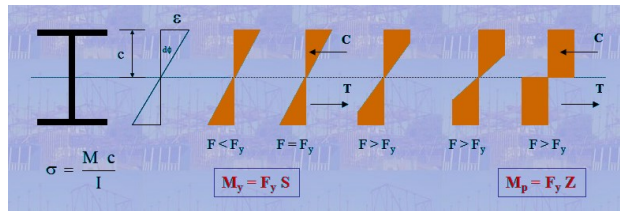
(sección rectangular → doble T).



$$M_n = M_p = F_y \cdot Z \leq 1.5 \cdot M_y \quad \text{para evitar grandes deformaciones plásticas}$$

Diseño Estructural I. - Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

ACERO – MOMENTO PLÁSTICO



Para una sección rectangular (b x d):

$$M_p = T \cdot z = C \cdot z$$

$$T = C = F_y \cdot b \cdot h/2$$

$$M_p = (F_y \cdot b \cdot h/2) \cdot h/2 = F_y \cdot b \cdot h^2/4$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x \leq 1.5 \cdot M_y$$

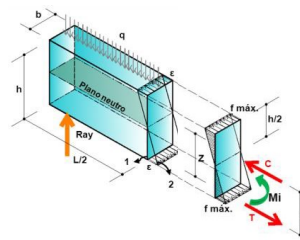
$$z = h/2$$

$$Z_x = b \cdot h^2/4$$

$$Z_{x nec} = M_u / (\Phi \cdot F_y) \quad F = M_u / (\Phi \cdot Z_x) \leq F_y$$

Recordar siempre la Ecuación Fundamental de Diseño en Estructuras de Acero y Hormigón Armado, en E.L.U.

$$M_d = \Phi \cdot M_n \geq M_u$$



Diseño Estructural I. - Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo

ACERO – MOMENTO PLÁSTICO

IPN según
IRAM-IAS
U 500-511



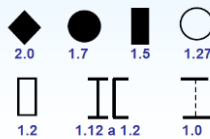
A_g = Área bruta de la sección transversal.
 I = Momento de inercia de la sección, respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
 S = Módulo resistente elástico de la sección.
 Q = Momento estático de media sección.
 Z = Módulo plástico de la sección.



J = Módulo de torsión.
 C_w = Módulo de alabeo.
 X_1, X_2 = Factores de pandeo.
 L_p = Longitud lateralmente no arriostrada límite para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión.
 L_r = Longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional elástico.

Designación	Dimensiones						Relaciones		Aq	Peso	X - X					Y - Y					Aperturas en el Ala		Distancia agujero al borde		Esp.	J	C _w	X ₁ (10) ³	Acero F-24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	d	bf	tf	tw	br	r _s	r ₀	h			h ₀	I _x	I _y	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	Z _x	Z _y	S _x	S _y	r _x					r _y	Q _x	Q _y	1.5 S _y	Z _x	Z _y	m ²	d ₁	d ₂	t ₁	t ₂	m ²	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g	C _g

Factor de forma: Z / S



Para secciones de acero, donde el espesor del ala, es distinto al del alma, el cálculo del Módulo Resistente Plástico, es de difícil determinación → [TABLAS](#).

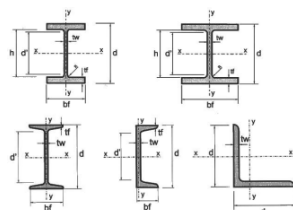
Diseño Estructural I. – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



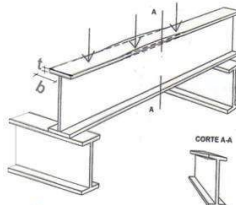
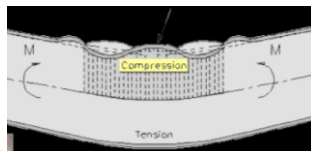
Guía de Estudio 8A

ACERO – PANDEO LOCAL DEL ALA o ALMA

Para los perfiles comúnmente usados, aparece un problema adicional, denominado pandeo local del ala o alma, donde puede hacer que la sección falle localmente, antes de poder desarrollar el Mp.



$$\lambda < \lambda_p = 11$$
$$\lambda = bf / tf$$



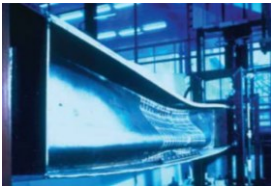
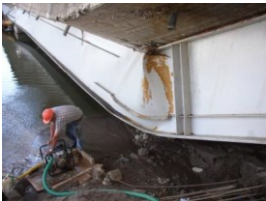
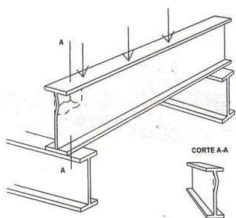
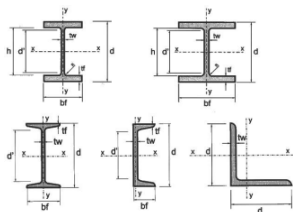
Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



Guía de Estudio 8A

ACERO – PANDEO LOCAL DEL ALA o ALMA

Para los perfiles comúnmente usados, aparece un problema adicional, denominado pandeo local del ala o alma, donde puede hacer que la sección falle localmente, antes de poder desarrollar el Mp.



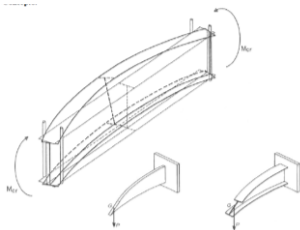
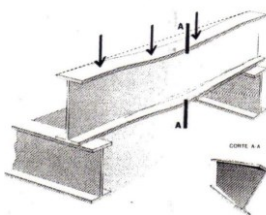
$\lambda < \lambda_p = 108$
 $\lambda = h_w / t_w$

Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – PANDEO LATERAL TORSIONAL

Este estado aparece cuando el elemento flexionado, tiene posibilidad de deformarse hacia los costados.
Se puede controlar si se vincula la sección a un plano rígido.



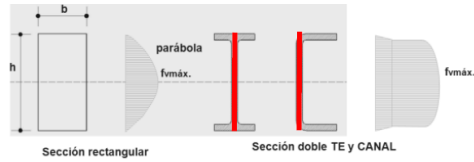
Diseño Estructural I. Eduardo Totter – Daniel Videla
Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo



ACERO – VERIFICACIÓN AL CORTE

Al flexionarse una viga bajo las cargas, aparecen en las secciones de los apoyos, esfuerzos de corte V_u .

La resistencia al corte de la sección, se puede determinar considerando solamente la resistencia al corte del alma, despreciando la colaboración de las alas.



Resistencia Nominal V_n

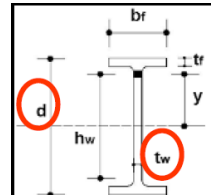
$$V_n = A_w \cdot F_{vy} \quad A_w = h_w \cdot t_w$$

$$V_n = A_w \cdot 0.6 \cdot F_y \quad F_{vy} = 0.6 \cdot F_y$$

área del alma.

Fuerzas: $V_d = \Phi \cdot V_n \geq V_u$

Tensiones: $f_{vd} \geq f_{vu}$
 $0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \geq V_u / (t_w \cdot h_w)$



Diseño Estructural I. – Daniel Videla
 Carrera de Arquitectura - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo